

**INSTITUTO TECNOLOGICO SUPERIOR AERONAUTICO**

**CARRERA DE MECANICA AERONAUTICA**

**CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE PARA EL MOTOR IZQUIERDO  
DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227 CON MATRICULA HC-BHD PARA EL  
TRASLADO DEL ALA DE TRANSPORTE NO.11 HASTA EL CAMPUS  
DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO.**

**POR:**

**TIGSE GUSHCASHO NELSON REINALDO**

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

**TECNOLOGO EN MECANICA AERONAUTICA CON  
MENCION EN MOTORES**

**Año 2012**

## **CERTIFICACION**

Certificó que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. TIGSE GUISHCASHO NELSON REINALDO, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECANICA AERONAUTICA MENCION MOTORES.

---

Ing. M.Sc. Eduardo Toscano Guerrero  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Latacunga, febrero 03 del 2012

## **DEDICATORIA**

A Dios, por concederme la existencia y permitirme llegar a éste momento tan especial en mi vida, logrando culminar una de mis metas bajo su bendición.

A mi Padre y Madre quienes me guiaron desde pequeño, con su esfuerzo, dedicación y amor siempre me han apoyado en todo momento siendo un pilar fundamental en mi desarrollo como persona, por ser ingenioso, brillante y profesional que me han capacitado para un futuro mejor que siempre pondré al servicio del bien, la verdad y la justicia.

A mis Hermanas Ampy y Tyty por el apoyo y confianza que nos hemos tenido y siempre he contado con ellas para todo. Que con su afán y sacrificio, hicieron posible la culminación de mi etapa estudiantil e impulsarme en mi superación personal.

Además a mis amigos y amigas por su apoyo y respaldo incondicional, a Brigitte Lizeth mi amor e inspiración, y en especial a la memoria de un gran amigo Lic. Víctor Hugo Revelo por su amistad y consejos que hoy llevo en mi mente y corazón.

**Nelson Reinaldo Tigse Guishcasho**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, en especial al Divino Niño Jesús de Isinche y Niño Manuelito por haberme guiado e iluminado en mi carrera estudiantil y formación como profesional.

A mis padres que significan un ejemplo de superación, estabilidad familiar y la perfecta entrega de amor. A mis hermanas por su amor, comprensión y apoyo incondicional en mi accionar.

El presente trabajo también va dirigido con una expresión de gratitud para todos mis Maestros del Instituto por sus enseñanzas, amistad, alegría y transparencia de cristal, que con nobleza y sacrificio, vertieron todo su apostolado en mi alma.

Además al Ing. Eduardo Toscano por sus conocimientos brindados, quién contribuyó para el perfeccionamiento del presente trabajo.

Agradecimiento profundo a la familia Sevillano Osorio por su amistad incondicional que directa e indirectamente supo apoyarme hasta la culminación de mi vida estudiantil.

A mis amigos Paul Vargas, Sebastián Sevillano, Felipe Iñiguez por su apoyo y respaldo incondicional quiénes me ayudaron desinteresadamente.

Al ITSA, por haber aportado en el proceso estudiantil, porque en sus aulas recibí los más gratos recuerdos que nunca olvidaré y los llevaré por siempre.

**Nelson Reinaldo Tigse Guishcasho.**

## INDICE DE CONTENIDOS

Certificación .....	ii
Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento .....	iv
Indice de contenidos.....	v
Resumen.....	xiii
Summary.....	xiv

### CAPITULO I

#### EL TEMA

1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos .....	4
1.3.1 Objetivo General .....	4
1.3.2 Objetivos Específicos .....	4
1.4. Alcance .....	4

### CAPITULO II

#### MARCO TEORICO

2.1 Avión Fairchild.....	6
2.1.1 Descripción del Avión FH-227 .....	6
2.1.2 Planta Motriz .....	8
2.2 Definiciones Científicas .....	9
2.3 Resistencia de Materiales .....	13
2.3.1 Resistencia de Materiales, Elasticidad y Cálculo de Estructuras .....	13
2.3.2 Propiedades Mecánicas .....	14
2.3.3 Esfuerzos en los elementos de una estructura.....	15
2.3.4 Esfuerzos a que pueden ser sometidos los materiales .....	16

2.3.5 Ensayos y sus tipos.....	20
2.3.6 Teoría de falla de un material.....	22
2.3.7 Teoría de Energía de Distorsión para Materiales Dúctiles .....	22
2.4 Metales y No metales .....	24
2.4.1 Comparación de los Metales y No metales .....	24
2.5 El Acero Estructural.....	25
2.5.1 Acero ASTM A36.....	26
2.5.2 Requerimientos de Tensión.....	26
2.5.3 Formas .....	27
2.5.4 Métodos de Unión .....	27
2.5.5 Aplicaciones del Acero A36.....	28
2.6 Perfiles Estructurales .....	28
2.6.1 Tipos de Perfiles Estructurales.....	29
2.7 Tecnicas de Construcción .....	35
2.8 Elementos Mecánicos de Sujeción.....	39
2.8.1 Sujetadores Roscados .....	40
2.8.2 Sujetadores sin rosca .....	41
2.9 Electrodo .....	42
2.9.1 Nomenclatura de los Electrodos para Acero Dulce .....	44
2.10 Soldadura Eléctrica .....	45
2.11 Pintado .....	48
2.11.1 La Pintura Anticorrosiva .....	49

**CAPITULO III**  
**DESARROLLO DEL TEMA**

3.1 Preliminares .....	51
3.2 Planteamiento y estudio de alternativas .....	52
3.2.1 Análisis de las opciones establecidas .....	54
3.3 Estudios efectuados a la estructura seleccionada.....	57
3.3.1 Análisis asistido.....	58

3.4 Equipos, Herramientas y Materiales usados para la Construcción .....	66
3.5 Construcción del Soporte .....	68
3.5.1 Orden de Construcción .....	69
3.5.2 Codificación de Máquinas, Herramientas y Materiales.....	81
3.6 Diagrama de Flujo Operacional.....	83
3.6.1 Proceso de construcción de la base del soporte .....	84
3.6.2 Proceso de los apoyos de sujeción del soporte .....	85
3.6.3 Proceso de ensamble de la estructura .....	86
3.7 Evaluación del Soporte .....	87

CAPITULO IV  
ANALISIS ECONOMICO

4.1 Preliminar .....	89
4.1.1 Recursos .....	89
4.1.2 Presupuesto .....	90
4.1.3 Gastos secundarios.....	92
4.1.4 Costo total del Proyecto .....	93

CAPITULO V  
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	94
5.2 Recomendaciones.....	95
Glosario de Términos .....	96
Abreviaturas .....	98
Bibliografía .....	99
Anexos .....	100

## INDICE DE FIGURAS

### CAPITULO II

Figura 2.1: Fairchild-Hiller FH-227B Ciudad de Cataratas Glens .....	6
Figura 2.2: Avión FH-227J Matricula HC-BHD .....	7
Figura 2.3: Vector.....	12
Figura 2.4: Momento flector (m) .....	12
Figura 2.5: Propiedades de un material .....	14
Figura 2.6: Tracción de un material.....	17
Figura 2.7: Compresión de un material .....	17
Figura 2.8: Esfuerzo de flexión.....	18
Figura 2.9: Pandeo de material .....	19
Figura 2.10: Esfuerzo de torsión .....	19
Figura 2.11: Esfuerzo de corte o cizalladura .....	20
Figura 2.12: Teoría de energía de distorsión para materiales dúctiles.....	23
Figura 2.13: Platinas .....	29
Figura 2.14: Ángulos Estructurales .....	30
Figura 2.15: Tees .....	31
Figura 2.16: Perfil G (correas).....	33
Figura 2.17: Medición y tazado del perfil.....	35
Figura 2.18: El Flexometro .....	35
Figura 2.19: El Nivel .....	36
Figura 2.20: Calibrador pie de rey .....	37
Figura 2.21: Tiza Industrial.....	37
Figura 2.22: Corte del perfil.....	38
Figura 2.23: Esmerilado de material.....	38
Figura 2.24: Perno.....	40
Figura 2.25: Arandelas .....	41
Figura 2.26: Electrodo .....	42
Figura 2.27: Soldadura de arco.....	45



Figura 2.28: Equipo de protección personal.....	48
Figura 2.29: Pindado .....	49
Figura 2.30: Pintura amarilla anticorrosiva .....	50

### CAPITULO III

Figura 3.1: Motor Rolls-Royce Dart .....	52
Figura 3.2: Soporte de doble columna .....	53
Figura 3.3: Aplicación de carga al soporte .....	58
Figura 3.4: Representación de resultados.....	59
Figura 3.5: Representación del factor seguridad.....	60
Figura 3.6: Aplicación de carga a la muela .....	64
Figura 3.7: Resultados de la simulación.....	64
Figura 3.8: Kit de protección personal.....	66
Figura 3.9: Conjunto de herramientas para construcción.....	67
Figura 3.10: Máquinas para construcción .....	67
Figura 3.11: Los materiales utilizados para construir .....	68
Figura 3.12: Corte del material.....	70
Figura 3.13: Material Cortado.....	70
Figura 3.14: Soldadura del material .....	71
Figura 3.15: Material soldado.....	71
Figura 3.16: Segmentos soldados a la estructura .....	72
Figura 3.17: Soldadura completa de la estructura.....	72
Figura 3.18: Estructura del soporte .....	73
Figura 3.19: Soldado de las columnas para la sujeción .....	74
Figura 3.20: Estructura y columnas de sujeción.....	74
Figura 3.21: Medición de la plancha para las columnas de sujeción.....	75
Figura 3.22: Soldadura y esmerilado de plancha para las columnas de sujeción .....	75
Figura 3.23: Corte de material para las muelas de sujeción .....	76
Figura 3.24: Orificios para el perno de los sujetadores del motor .....	76
Figura 3.25: Sujetador del motor (muelas de sujeción) .....	76

Figura 3.26: Sujetadores del motor .....	77
Figura 3.27: Placas soldadas a la estructura .....	78
Figura 3.28: Ruedas Industriales para el soporte.....	78
Figura 3.29: Ruedas Industriales acopladas en el soporte.....	79
Figura 3.30: Soporte.....	79
Figura 3.31: Soporte terminado.....	80
Figura 3.32: Soporte con el motor Dart .....	87
Figura 3.33: Soporte terminado y con el motor Dart.....	88

## INDICE DE TABLAS

### CAPITULO II

Tabla 2.1. Comparación entre Metales y No metales.....	24
Tabla 2.2. Especificación A36 .....	27
Tabla 2.3. Propiedades técnicas del perfil G.....	33
Tabla 2.4. Características técnicas de las correas G y Z galvanizadas .....	34

### CAPITULO III

Tabla 3.1. Acero ASTM A36, bar-componente.....	61
Tabla 3.2. Superficie de la fuerza.....	61
Figura 3.3. Superficie de la fuerza 2.....	61
Tabla 3.4. Aceleración/Gravedad .....	62
Tabla 3.5. Resumen de resultados del software .....	62
Tabla 3.6. Información del análisis.....	65
Tabla 3.7. Acero ASTM A36, bar-componente.....	65
Tabla 3.8. Carga aplicada .....	65
Tabla 3.9. Medidas del perfil G para la construcción.....	69
Tabla 3.10. Codificación de Máquinas .....	81
Tabla 3.11. Codificación de Herramientas .....	81

Tabla 3.12. Codificación de Materiales .....	81
Tabla 3.13. Especificaciones de Construcción .....	82
Tabla 3.14. Simbología de los Procesos de Construcción .....	83
Tabla 3.15. Pruebas sometidas al soporte construido.....	87

#### CAPITULO IV

Tabla 4.1. Recursos Humanos .....	90
Tabla 4.2. Costos Primarios .....	90
Tabla 4.3. Gastos Secundarios .....	92
Tabla 4.4. Costo Total .....	93

#### INDICE DE CUADROS

##### CAPITULO II

Cuadro 2.1. Dimensiones del avión Fairchild FH-227 .....	7
Cuadro 2.2. Dimensiones del motor Dart .....	8
Cuadro 2.3. Características del Motor Rolls-Royce Dart.....	9
Cuadro 2.4. Características del Motor Rolls-Royce Dart.....	9

##### CAPITULO III

Cuadro 3.1. Características de la opción N° 01.....	52
Cuadro 3.2. Características de la opción N° 02.....	53
Cuadro 3.3. Factor Rapidez de Construcción .....	54
Cuadro 3.4. Factor Seguridad del Soporte.....	55
Cuadro 3.5. Factor Construcción.....	56

## INDICE DE ANEXOS

Anexo A: Anteproyecto de Grado.....	101
Anexo B: Tabla de las Características del Perfil G.....	151
Anexo C: Manual de seguridad y mantenimiento del soporte construido.....	153
Anexo D: Diseño del soporte construido .....	158
Anexo E: Imágenes del soporte construido con el motor .....	167
Anexo F: Comprobacion de las uniones soldadas al soporte.....	169
Hoja de Vida.....	171
Hoja de Legalización de Firmas .....	173
Cesión de Derechos de Propiedad Intelectual .....	174

## RESUMEN

Previo a un estudio preliminar, se determinó que el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, debe contar con un avión comercial para que los estudiantes puedan relacionar el conocimiento teórico con lo práctico.

El presente trabajo realizado es acerca de la construcción de un soporte para el traslado del motor izquierdo del avión Fairchild FH-227 con la matrícula HC-BHD del Ala de Transporte N°11 hacia el campus del Instituto.

Antes de realizar el proyecto de construcción del soporte del motor fue necesario realizar un estudio bibliográfico y realizar el diseño y simulación respectiva del mismo en el programa Autodesk Simulation y el SolidWorks, programa en el cual se hizo la gráfica del soporte en 3D, para posteriormente construirlo.

Éste soporte construido es de fácil maniobrabilidad y cuenta con la resistencia confiable para soportar el peso del motor, para que el montaje respectivo se lo pueda realizar de forma segura y espontánea.

Tomando en cuenta esto se realizó la construcción de un soporte, con el fin de colocar el motor izquierdo del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD, una vez que el mismo haya sido desmontado.

Concluida la realización del soporte de motor, se realizaron las pruebas de funcionamiento con el propósito de dar cumplimiento a los objetivos de construcción del mismo. En donde se pudo verificar que se encontraba en condiciones óptimas para su trabajo, después se lo traslado al lugar en donde desempeña su función.

Éste soporte facilitó el traslado del motor izquierdo, agilitando así los trabajos para el traslado del avión Fairchild FH-227, desde el Ala de Transporte N°11 hasta el campus Tecnológico.

## SUMMARY

Prior to a preliminary study, we determined that the Aeronautical Technology Institute must have a commercial aircraft to enable students to relate theoretical knowledge with practical.

This work is about building support for the movement of the left engine Fairchild FH-227 aircraft with registration HC- BHD Ala of Transport BHD No. 11 to the campus of the Institute.

Before the construction project of the motor bracket was necessary to conduct a literature review and the simulation compared to the same program Autodesk Simulation and SolidWorks, a program in which the graph was made of the support, and later build.

This support is built easily maneuverable and has the reliable strength to withstand the weight of the engine, so that the respective mounting it can be performed safely and spontaneous.

Considering this was done by building a support to position the plane's left engine Fairchild FH-227 HC-BHD registered, once it has been dismantled.

After the completion of the engine mount were conducted performance tests for the purpose of fulfilling the objectives of construction. Where it was verified that under optimal conditions for their work, then transfer it to the place where it plays its role.

This support facilitated the transfer of the left engine, a smoother and work to move the Fairchild FH-227 aircraft, from the Ala of Transport No. 11 to the Technology campus.

# **CAPITULO I**

## **EL TEMA**

### **1.1 Antecedentes**

El mundo en el que vivimos hoy en día es un mundo actualizado en donde se necesita de técnicos capaces de desenvolverse en el ámbito laboral aeronáutico a nivel mundial por lo cual se necesita de un material práctico para el conocimiento y aprendizaje de los nuevos técnicos en aviación.

El presente proyecto brindará un apoyo al desarrollo aeronáutico en el Ecuador, ya que éste facilitará el desempeño de los nuevos tecnólogos deseosos de formar parte de la vida aeronáutica.

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), creado el 08 de noviembre de 1999 mediante acuerdo ministerial N° 3237, ubicado en la ciudad de Latacunga, tiene como misión formar tecnólogos militares y civiles a través de una educación integral en las áreas técnica, científica y humanística, con el fin de aportar a la seguridad y desarrollo del país, así como planificar y ejecutar cursos de capacitación y perfeccionamiento en áreas afines a la aeronáutica y comunidad en general.<sup>1</sup>

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, actualmente está equipado con diferentes laboratorios con fines didácticos, permitiendo al estudiante realizar sus prácticas estudiantiles en el taller de motores conocido como Bloque 42, el mismo que consta de maquetas didácticas, motores y equipos aeronáuticos, permitiéndoles

---

<sup>1</sup> Prospecto de Admisión ITSA 2006, pág. 4

obtener un mejor conocimiento y desempeño técnico para ser más competitivos en el mundo laboral cada día más exigente, y facilitar así su labor y poder aprender cada vez más acerca del maravilloso mundo de la aviación.

Actualmente la aviación se va modernizando por medio de la tecnología día a día y hay que optar por otras técnicas de enseñanza, las Instituciones educativas de Aviación deben innovarse y ser mucho más competitivas; por lo cual el ITSA tiene que modernizarse adquiriendo nueva tecnología, optando por nuevas maneras de enseñanza, y una de estas nuevas opciones es la adquisición de un avión escuela, por medio del mismo los estudiantes podrán manipular y practicar, consiguiendo así un mejor conocimiento tanto práctico como teórico.

Para realizar de mejor manera los trabajos tanto de desmontaje como de montaje de los componentes del avión Fairchild FH-227, se cuenta con los manuales propios del mismo; tales como el manual de mantenimiento, el Catalogo Ilustrado de Partes (IPC), el manual Dart de los motores del avión, entre otros; puesto que son una herramienta de gran utilidad y en ellos se detallan todas las partes de la aeronave.

## **1.2 Justificación**

El presente proyecto se justifica debido a la necesidad de mejorar la formación y preparación académica de nuevos tecnólogos del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), para brindar un material didáctico y tener un buen desempeño en el campo aeronáutico comercial.

Al mismo tiempo beneficiará a los estudiantes del ITSA, ya que se mejoraran las destrezas prácticas, se alcanzará un mejor nivel profesional, mejorando la imagen institucional ya que se aportará profesionales más preparados para la industria de la aviación.



He ahí la importancia para que el ITSA cuente con un avión escuela que le permita formar mejores tecnólogos con el adecuado nivel técnico científico competitivos a nivel nacional e internacional.

El avión Fairchild FH-227 va ser adecuado como avión escuela en el Instituto siendo éste un buen material técnico-práctico en donde los alumnos reforzaran sus conocimientos para su vida profesional.

Para transportar un avión por tierra se contó con el apoyo de un grupo humano y a la vez con herramientas especiales las mismas que facilitaron el traslado del avión Fairchild FH-227, puesto que para realizar el transporte del avión por vía terrestre se efectuó el desmontaje de casi todos sus componentes. Siendo ésta una gran oportunidad para que los alumnos del Instituto puedan colaborar e integrarse, enriqueciendo y fortaleciendo sus conocimientos mediante la manipulación de herramientas, partes y equipos aeronáuticos.

Para la realización del desmontaje del avión se necesitó crear ciertas herramientas especiales que sirvieron para ubicar cada una de las partes del avión.

Se procedió a construir un soporte para colocar el motor izquierdo del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD desmontado, para así facilitar su traslado desde la Base Aérea de Quito (Ala de Transporte N° 1) hasta el campus del ITSA.

Con la creación de un soporte para el motor izquierdo se aportó muchas ventajas al momento de llevar a cabo el proceso de traslado del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD, puesto que se colocó el motor al momento de ser desmontado para mantenerlo seguro y efectuar su traslado.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General:**

- ✓ Construir un soporte para el motor izquierdo del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD, para el traslado del Ala de Transporte N°11 hasta el campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

### **1.3.2. Objetivos Específicos:**

- ✓ Indagar opciones referentes a los distintos tipos de soportes para motores de aviación.
- ✓ Realizar un estudio bibliográfico para la construcción del soporte del motor izquierdo del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD.
- ✓ Crear el estudio adecuado para el soporte del motor considerando alternativas para soportar el motor y realizar su traslado.
- ✓ Construir el soporte.
- ✓ Analizar el soporte construido mediante pruebas de funcionamiento.
- ✓ Facilitar el traslado del motor izquierdo del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD, mediante el soporte construido.
- ✓ Elaborar manuales para el mantenimiento del soporte.

## **1.4. Alcance**

El presente proyecto se basa en construcción y elección de un soporte para el motor izquierdo del avión Fairchild FH-227, además que ofrece beneficios al ITSA, como la optimización de diversas áreas en las que brinda su educación académica de manera primordial a los estudiantes e instructores de la Carrera de Mecánica Aeronáutica; tanto en su formación práctica como académica, logrando así obtener conocimientos avanzados acerca de los pasos grandes que la aviación continuamente lo hace.

También se propiciará a que el estudiante desarrolle su destreza práctica, y se incentive en el campo aeronáutico, trazándose metas para poseer un mejor desempeño en su vida profesional, obteniendo experiencia laboral y técnica, capaces de generar propuestas creativas que permitan el desarrollo de nuestro país en general y de la aérea aeronáutica en particular.

## CAPITULO II MARCO TEORICO

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1 Avión Fairchild

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. Estos modelos iniciales fueron motorizados con Dart 532-7, los mismos motores de los F-27J.



**Figura 2.1:** Fairchild-Hiller FH-227B Ciudad de Cataratas Glens.

**Fuente:** Wikipedia. /Fairchild\_hiller\_FH-227

#### 2.1.1 Descripción del Avión FH-227

El FH-227 es la última versión de las series F-27 y sus características son básicamente toda la construcción de metal, el diseño de la estructura fue hecho mediante el uso de un proceso para obtener un menos peso, alta fortaleza y una estructura resistente a la fatiga.

La presión neumática es provista por dos bombas manejadas por el motor que actúan los frenos de las llantas, los frenos de las hélices, frenos de resistencia, la dirección de la llanta de nariz y el escalón integral de la puerta de carga de pasajeros.

Tiene dos tanques de tipo integral en las alas que pueden ser llenados por gravedad, con una capacidad de 2.063 galones

La presurización en la cabina es provista por los dos motores es decir de sus respectivos compresores.

Una turbina de gas es la unidad de poder auxiliar localizada en la parte posterior de la nácula derecha.



**Figura 2.2:** Avión FH-227J Matricula HC-BHD

**Fuente:** Investigación de campo

**Cuadro 2.1** Dimensiones del avión Fairchild FH-227

Dimensiones	
Longitud	25.50m
Envergadura Alar	29m
Altura	8.41m

**Fuente:** Wikipedia. /Fairchild\_hiller\_FH-227

**Elaborado por:** Nelson Tigse

## 2.1.2 Planta Motriz

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.

### ✓ Descripción física:

Tipo: Valoración del turbopropulsor de energía: 1.353 kW (1.815 EHP) a 15.000 rpm del compresor: 2 etapas de Combustión centrífuga: 7 cámaras de combustión de la turbina: 3 etapas de peso axial: peso vacío de 561.1kgf (1236.79 lbs-f).

### ✓ Dimensiones:

**Cuadro 2.2** Dimensiones del motor Rolls-Royce Dart

❖ País de origen:	Reino Unido
❖ Longitud	247,9 cm (97,6 pulgadas)
❖ Diámetro	96,3 cm (37,9 pulgadas)
❖ Peso vacío	561.1 kgf

Fuente: [Nasm.si.edu/collections/cons.cfm?](http://Nasm.si.edu/collections/cons.cfm?)

Elaborado por: Nelson Tigse

✓ **Características Generales:**

**Cuadro 2.3** Características del Motor Rolls-Royce Dart

1. Tipo	Turbohélice
2. Compresor	Centrífugo de dos etapas
3. Combustión	7 cámaras
4. Turbina	3 etapas
5. Combustible	Kerosene

Fuente: Wikipedia Commons.com; Motores de avión

Elaborado por: Nelson Tigse

✓ **Performance:**

**Cuadro 2.4.** Características del Motor Rolls-Royce Dart

✓ Potencia	1800 shp
✓ Compresión	5,4:1
✓ Consumo de aire	9,7 kg/s

Fuente: Wikipedia Commons.com; Motores de avión

Elaborado por: Nelson Tigse

## 2.2 Definiciones Científicas

En Estática se trata de estudiar las condiciones de equilibrio que deben cumplir las fuerzas exteriores o cargas aplicadas sobre cuerpos, a los que se considera resistentes e indeformables.

Para que un objeto este en equilibrio es necesario que todas las fuerzas que actúan sobre él, se compense exactamente. Cuando, empleado este criterio, se establece que un objeto este en equilibrio, se puede deducir la estabilidad de dicho equilibrio.

La estática tiene como objetivo, establecer si bajo la acción simultánea de varias fuerzas, un cuerpo se halla o no en equilibrio.

### **2.2.1 Condiciones de Equilibrio**

Si se aplican fuerzas a un cuerpo rígido, su equilibrio con respecto a un sistema de referencia inercial estará determinado por:

- **Primera condición de equilibrio:** que es la suma de las fuerzas aplicadas al cuerpo es cero.
- **Segunda condición de equilibrio:** es la suma algebraica de los momentos con respecto a un punto de las fuerzas aplicadas es igual a cero.

### **2.2.2 Centro de Gravedad**

Es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre las distintas porciones materiales de un cuerpo, de tal forma que el momento respecto a cualquier punto de esta resultante aplicada en el centro de gravedad es el mismo que el producido por los pesos de todas las masas materiales que constituyen dicho cuerpo.

Es decir, el centro de gravedad de un cuerpo es el punto respecto al cual las fuerzas que la gravedad ejerce sobre los diferentes puntos materiales que constituyen el cuerpo producen un momento resultante nulo.

### **2.2.3 Gravedad**

Es la fuerza de atracción que una masa ejerce sobre otra, y afecta a todos los cuerpos. La gravedad es una fuerza muy débil y de un sólo sentido, pero de alcance infinito.



Esta fuerza produce la caída de los cuerpos hacia la superficie terrestre con una aceleración independiente de la masa del cuerpo que cae, la aceleración de la gravedad es aproximadamente  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

#### **2.2.4 Fuerza**

Es una magnitud física que mide la intensidad del intercambio de momento lineal entre dos partículas o sistemas de partículas. Según una definición clásica, fuerza es todo agente capaz de modificar la cantidad de movimiento o la forma de los cuerpos materiales.

En el Sistema Internacional de Unidades, la fuerza se mide en Newton (N).

#### **2.2.5 Masa**

Es la cantidad de materia de un cuerpo. Es una propiedad intrínseca de los cuerpos que determina la medida de la masa inercial y de la masa gravitacional. La unidad utilizada para medir la masa en el Sistema Internacional de Unidades es el kilogramo (kg).

#### **2.2.6 Inercia**

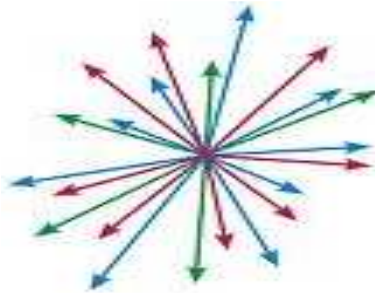
Es la propiedad que tienen los cuerpos de permanecer en su estado de movimiento, mientras no se aplique fuerza alguna. Como consecuencia, el elemento conserva su fase de calma o movilidad uniforme en línea recta si no hay una fuerza actuando sobre él. Cuanto mayor es la masa, mayor es la inercia.

#### **2.2.7 Vector**

Es un término que deriva de un vocablo latino y que significa “que conduce”. Un vector es un agente que transporte algo de un lugar a otro.

Un vector puede utilizarse para representar una magnitud física, quedando definido por un módulo y una dirección u orientación.

Su expresión geométrica consiste en segmentos de recta dirigidos hacia un cierto lado, asemejándose a una flecha.



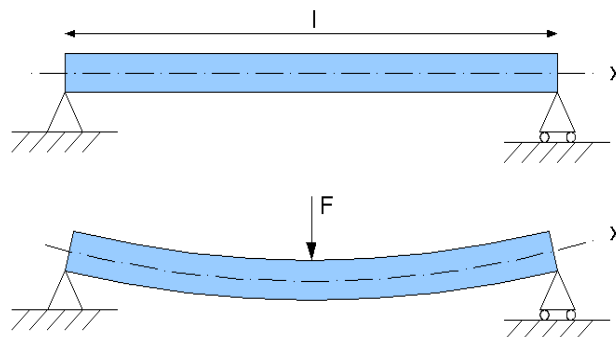
**Figura 2.3:** Vector

Fuente: [Es.wikipedia.org/wiki/vectores](https://es.wikipedia.org/wiki/vectores)

### 2.2.8 Momento Flector (m)

Se denomina momento flector un momento de fuerza resultante de una distribución de tensiones sobre una sección transversal de un prisma mecánico flexionado o una placa que es perpendicular al eje longitudinal a lo largo del que se produce la flexión.

El momento flector es positivo cuando considerada la sección a la izquierda tiene una rotación en sentido horario.



**Figura 2.4:** Momento flector (m)

Fuente: [es.wikipedia.org/wiki/momento\\_flector](https://es.wikipedia.org/wiki/momento_flector)

### **2.2.9 Fuerza Cortante (v)**

Es la suma algebraica de todas las fuerzas externas perpendiculares al eje de la viga o elemento estructural que actúan a un lado de la sección considerada.

## **2.3 Resistencia de Materiales**

La Resistencia de Materiales es la disciplina que estudia las sollicitaciones internas y las deformaciones que se producen en el cuerpo sometido a cargas exteriores.

La Resistencia de Materiales radica en que para ésta lo esencial son las propiedades de los cuerpos deformables, y tiene como finalidad elaborar métodos simples de cálculo, aceptables desde el punto de vista práctico, de los elementos típicos más frecuentes de las estructuras, empleando para ello diversos procedimientos aproximados.

Tanto la resistencia como la rigidez de una pieza estructural son función de:

- Dimensiones
- Forma
- Propiedades físicas del material

### **2.3.1 Resistencia de Materiales, Elasticidad y Cálculo de Estructuras**

La Resistencia de Materiales, o Mecánica de los Cuerpos Deformables, estudia los efectos que las fuerzas aplicadas ejercen sobre los cuerpos. De estos efectos, los más importantes son los esfuerzos, o fuerzas por unidad de superficie, y las deformaciones, o desplazamientos por unidad de longitud.

El Cálculo de Estructuras tiene por objeto el estudio de la estabilidad y resistencia de las construcciones de manera que bajo las acciones que aquellas soportan tanto las fuerzas internas denominadas tensiones o esfuerzos, como las deformaciones que se presentan han de quedar dentro de ciertos límites establecidos. Límites que se determinan ensayando los materiales de diversas maneras: tracción, compresión, fatiga, choque, etc.

### 2.3.2 Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas de los materiales son las que definen el comportamiento de estos. Las más importantes son elasticidad, rigidez, plasticidad, dureza, fragilidad, tenacidad, resistencia a la fatiga, resistencia y resistencia mecánica.



**Figura 2.5:** Propiedades de un material

**Fuente:** Rincondelvago.com/estructuras\_1.html

**La elasticidad.-** Es la capacidad que tienen los materiales elásticos de recuperar la forma primitiva cuando cesa la carga que los deforma. Si se rebasa el límite elástico, la deformación que se produce es permanente.

**La rigidez.-** Es su opuesto, en este caso se rebasara antes el límite de elasticidad y el material se fracturará. Es decir cuando la carga actúa y NO produce deformación.

Es la capacidad de un cuerpo para resistir una fuerza sin deformarse.

**La plasticidad.-** Es la capacidad que tienen los materiales de adquirir deformaciones permanentes bajo la acción de esfuerzos exteriores, sin llegar a la ruptura.

**La dureza.-** Es la mayor o menor resistencia que oponen los cuerpos a ser rayados o penetrados.

**La fragilidad.-** Es la propiedad opuesta a la tenacidad; el intervalo plástico es muy corto y por tanto, sus límites elásticos y de rotura están muy próximos.

**La tenacidad.-** Es la capacidad de resistencia a la rotura por la acción de fuerzas exteriores.

**Resistencia.-** Es cuando la carga actúa y produce deformación. Es la capacidad de un cuerpo para resistir una fuerza aun cuando haya deformación.

**La resistencia a la fatiga.-** Es la resistencia que ofrece un material a los esfuerzos repetitivos.

**La resistencia mecánica.-** Es la capacidad de los materiales a soportar esfuerzos de tracción o compresión, cizalladura o esfuerzos cortantes, flexión y torsión.

### 2.3.3 Esfuerzos en los elementos de una estructura<sup>2</sup>

Esfuerzo ( $\sigma$ ), intensidad de fuerza que actúa en una determinada área. El esfuerzo se debe justamente a que las fuerzas internas de un elemento están ubicadas dentro del material por lo que se distribuyen en toda el área.

La fuerza por unidad de área, o la intensidad de las fuerzas distribuidas de una sección dada, se llama *esfuerzo* sobre esa sección y se representa con la letra griega  $\sigma$  (sigma).

---

<sup>2</sup> Mecánica de Materiales, Cap. 1; Esfuerzos en los elementos de una estructura, pág. 5

El esfuerzo en un elemento con área transversal ( $A$ ) sometido a una carga axial ( $P$ ) se obtiene, por lo tanto, al dividir la magnitud  $P$  de la carga entre el área  $A$ :

$$\sigma = P / A$$

Se empleará un signo positivo para indicar un esfuerzo de tensión (el elemento a tensión) y un signo negativo para indicar un esfuerzo compresivo (el elemento a compresión).

El esfuerzo utiliza unidades de fuerza sobre unidades de área, en el sistema internacional (SI) la fuerza ( $P$ ) es en Newton (N) y el área ( $A$ ) en metros cuadrados ( $m^2$ ), el esfuerzo ( $\sigma$ ) se expresa en ( $N/m^2$ ). Esta unidad se denomina pascal (Pa).

Sin embargo, el pascal es una unidad muy pequeña, por lo que en la práctica, deben emplearse múltiplos de esta unidad, como el kilopascal (kPa), el megapascal (MPa) y el gigapascal (GPa)

#### **2.3.4 Esfuerzos a que pueden ser sometidos los materiales**

Los esfuerzos son las fuerzas internas, debido a las cargas, sometidas a un elemento resistente.

Los materiales sólidos responden a fuerzas externas como la tensión, la compresión, la torsión, la flexión o la cizalladura.

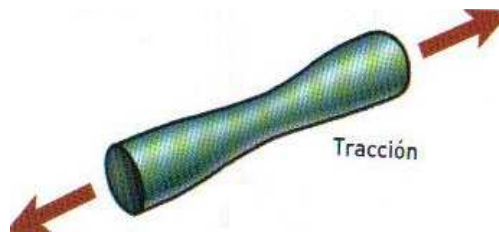
Los materiales sólidos responden a dichas fuerzas con:

- Una deformación elástica (en la que el material vuelve a su tamaño y forma originales cuando se elimina la fuerza externa).
- Una deformación permanente.
- Una fractura.

**Tracción.-** Cuando las fuerzas que actúan sobre la pieza tienden a estirla. Es una fuerza que tira; por ejemplo, la fuerza que actúa sobre un cable que sostiene un peso.

Cuando un material está sometido a tensión suele estirarse, y recupera su longitud original (deformación elástica), si esta fuerza no supera el límite elástico del material.

Bajo tensiones mayores, el material no vuelve completamente a su situación original (deformación plástica), y cuando la fuerza es aún mayor, se produce la ruptura del material.

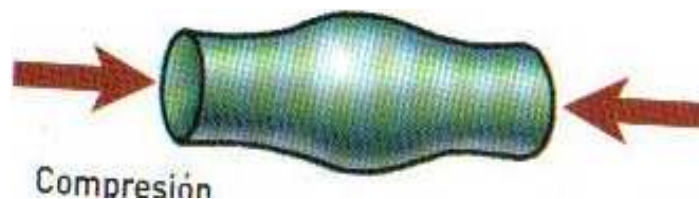


**Figura 2.6:** Tracción de un material

Fuente: [www.educaciontecnologica.cl/esfuerzos\\_que.htm](http://www.educaciontecnologica.cl/esfuerzos_que.htm)

**La compresión.-** Es una fuerza que prensa, esto tiende a causar una reducción de volumen. Si el material es rígido la deformación será mínima, siempre que la fuerza no supere sus límites; si esto pasa el material se doblaría y sobre él se produciría un esfuerzo de flexión.

Si el material es plástico se produciría una deformación en la que los laterales se deformarían hacia los lados. Cuando las fuerzas que soporta la pieza tienden a aplastarla, como es el caso, por ejemplo, de los pilares.

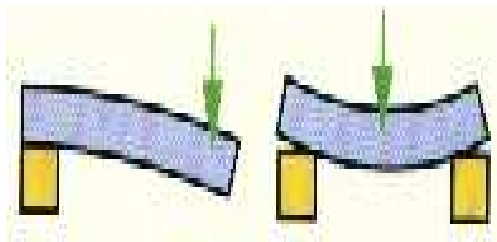


**Figura 2.7:** Compresión de un material

Fuente: [www.educaciontecnologica.cl/esfuerzos\\_que.htm](http://www.educaciontecnologica.cl/esfuerzos_que.htm)

**La flexión.-** Es una fuerza en la que actúan simultáneamente fuerzas de tensión y compresión; por ejemplo, cuando se flexiona una varilla, uno de sus lados se estira y el otro se comprime.

Si estas fuerzas no superan los límites de flexibilidad y compresión del material este solo se deforma, si las supera se produce la ruptura del material.



**Figura 2.8:** Esfuerzo de flexión

**Fuente:** Nuestratecnologiaafgp.blogspot.com

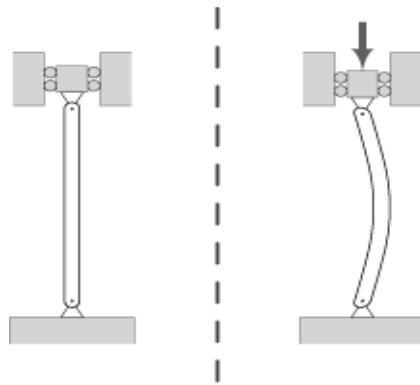
- **Pandeo.-** Aparición de una flexión adicional en el pilar cuando se halla sometido a la acción de esfuerzos axiales de cierta importancia. Existen diferentes maneras o modos de fallo por pandeo. Para un elemento estructural frecuentemente hay que verificar varios de ellos y garantizar que las cargas están lejos de las cargas críticas asociadas a cada modo o manera de pandear. Los modos típicos son:

**1. Pandeo flexional.** Modo de pandeo en el cual un elemento en compresión se flecta lateralmente sin giro ni cambios en su sección transversal.

**2. Pandeo torsional.** Modo de pandeo en el cual un elemento en compresión gira alrededor de su centro de corte.

**3. Pandeo flexo-torsional.** Modo de pandeo en el cual un elemento en compresión se flecta y gira simultáneamente sin cambios en su sección transversal.





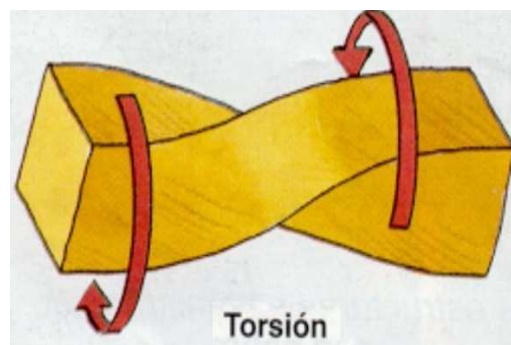
**Figura 2.9:** Pandeo de material

**Fuente:** [tecnolowikia.wikispaces.com/Esfuerzos en los materiales II](http://tecnolowikia.wikispaces.com/Esfuerzos+en+los+materiales+II)

**La torsión.-** Es una fuerza que dobla el material, esto se produce cuando el material es girado hacia lados contrarios desde sus extremos.

En este tipo de fuerza también actúan simultáneamente tensión y compresión.

Si no se superan sus límites de flexión este se deformara en forma de espiral, si se superan el material sufrirá una ruptura.

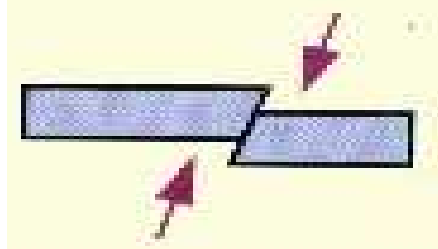


**Figura 2.10:** Esfuerzo de torsión

**Fuente:** [tecnolowikia.wikispaces.com/Esfuerzos en los materiales II](http://tecnolowikia.wikispaces.com/Esfuerzos+en+los+materiales+II)

**La Cizalladura o Corte.-** Es una fuerza que corta, esto se produce cuando el material presionado (en dos partes muy cercanas) por arriba y por abajo. En este tipo de fuerza también actúan simultáneamente tensión y compresión.

Si esta fuerza no supera los límites de flexión y compresión del material este se deformará, si los supera la fuerza producirá un corte en este.



**Figura 2.11:** Esfuerzo de corte o cizalladura

**Fuente:** Nuestratecnologiaafgp.blogspot.com

### ➤ Otros Esfuerzos

**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.

### 2.3.5 Ensayos y sus tipos

Los ensayos son procedimientos normalizados que permiten conocer o comprobar las características y propiedades de los materiales. Debido a la gran cantidad de tipos de ensayos que se realizan en la industria, se han clasificado en tres criterios para clasificarlos.

### 1. Dependiendo de la rigurosidad de sus ejercicios:

- ❖ **Ensayos técnicos de control.** Son aquellos que se realizan con rapidez y simplicidad.
- ❖ **Ensayos científicos.** Son aquellos que se realizan con gran precisión, fidelidad y sensibilidad; para investigar características técnicas de nuevos materiales.

### 2. Dependiendo de la forma de realizar los ensayos:

- ❖ **Ensayos destructivos.** Son aquellos en los que los materiales sometidos a este tipo de experimentos ven alteradas su forma y presentación inicial.
- ❖ **Ensayos no destructivos.** Son aquellos en los que los materiales sometidos a este tipo de experimentos no ven alteradas su forma y presentación inicial.

### 3. Dependiendo de los métodos empleados en la determinación de las propiedades de los materiales:

- ❖ **Ensayos químicos.** Son aquellos que nos permiten conocer la composición química cualitativa y cuantitativa del material, así como su comportamiento ante los agentes químicos.
- ❖ **Ensayos metalográficos.** Son aquellos en los que se estudia la estructura interna del material con ayuda del microscopio.
- ❖ **Ensayos físicos y físico-químicos.** Son aquellos que nos permiten determinar las propiedades físicas, las imperfecciones y las malformaciones del material.
- ❖ **Ensayos mecánicos.** Son aquellos que determinan las características elásticas y de resistencia de los materiales sometidos a esfuerzos o deformaciones.

Los materiales como el acero dulce, que presentan una gran capacidad de deformación antes de alcanzar la rotura, se denominan “dúctiles”. Podemos decir que estos materiales avisan la rotura física, ya que antes de alcanzarse la misma las deformaciones son tan grandes, que la estructura llega a la falla por este motivo. Los materiales como el acero duro, para los cuales la rotura se produce bruscamente, sin grandes deformaciones previas, se denominan frágiles.

### **2.3.6 Teoría de falla de un material<sup>3</sup>**

Al diseñar elementos mecánicos que resistan las fallas se debe estar seguro de que los esfuerzos internos no rebasen la resistencia del material.

Si el que se empleará es dúctil entonces lo que más interesa es la resistencia de fluencia, ya que una deformación permanente sería considerada como falla.

La resistencia de los materiales dúctiles son casi las mismas a tensión que a compresión.

La falla en el caso de materiales dúctiles con carga estática a la tensión es provocada por los esfuerzos cortantes.

### **2.3.7 Teoría de Energía de Distorsión para Materiales Dúctiles**

La teoría de la energía de distorsión, también conocida como teoría de Von Mises, es mejor para materiales dúctiles uniformes, cuyas resistencias a la tensión y a la compresión son aproximadamente las mismas, y cuyas resistencias cortantes son menores que sus resistencias a la tensión. Se considera que estos materiales fallan con el esfuerzo cortante, y la teoría de distorsión es la mejor que predice sus fallas.<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> Diseño en Ingeniería Mecánica, Cap. 6; Diseño por Resistencia Estática, pág. 245

<sup>4</sup> Diseño de Máquinas, Cap. 3; Teoría de Fallas Estáticas, pág. 215

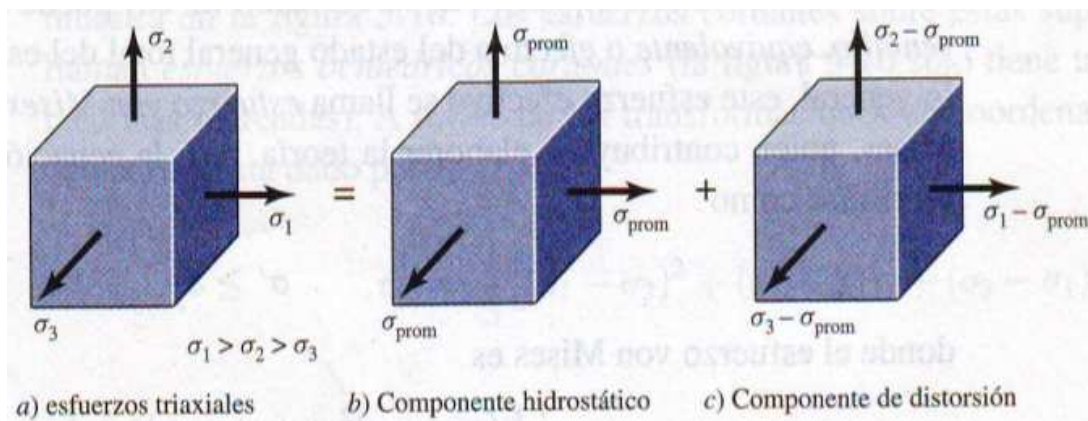
La teoría de la energía de distorsión se originó debido a que se comprobó que los materiales dúctiles sometidos a esfuerzos hidrostáticos (de igual tensión o compresión) presentan resistencias a la fluencia que exceden en gran medida los valores que resultan del ensayo de tensión simple. Por lo tanto se postuló, que la fluencia no era un fenómeno de tensión o compresión simples, sino más bien, que estaba relacionada de alguna manera con la distorsión angular del elemento esforzado.<sup>5</sup>

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

El esfuerzo efectivo de Von Mises  $\sigma'$ , Se define como el esfuerzo de tensión uniaxial que crearia la misma energía de distorsión que la combinación real de los esfuerzos aplicados. El esfuerzo efectivo de Von Mises  $\sigma'$ , combiene en situaciones que implican esfuerzos de tensión y cortante combinados que actuan sobre un mismo punto.<sup>6</sup>

Factor Seguridad ( $N$ ), en materiales dúctiles bajo carga estática<sup>7</sup>:  $N = \frac{S_y}{\sigma'}$

$\frac{S_y = \text{resistencia de fluencia del material}}{\sigma' = \text{esfuerzo efectivo}}$  } obtenemos la resistencia a la fluencia del material.



**Figura 2.12:** Teoría de energía de distorsión para materiales dúctiles

**Fuente:** Teoría de Von Mises, Cap. 5 fallas resultantes de carga estática, pág. 213

<sup>5</sup> Teoría Von Mises, Cap5; Fallas Resultantes de la Carga Estática, pág. 213

<sup>6</sup> Diseño de Máquinas, Cap3; Teoría de Fallas Estáticas, pág. 179

<sup>7</sup> Diseño de Máquinas, Cap3; Teoría de Fallas Estáticas, pág. 216

Descripción de la Figura 2.12: (Teoría de energía de distorsión para materiales dúctiles).

- a) Elemento con esfuerzos triaxiales; este elemento experimenta cambio de volumen y distorsión angular.
- b) Elemento sometido a tensión hidrostática que solo experimenta cambio de volumen.
- c) Elemento con distorsión angular sin cambio de volumen.

## 2.4 Metales y No metales

- **Metales:** Elementos que son buenos conductores del calor y la electricidad y tienen tendencia a formar iones positivos en los compuestos iónicos.
- **No metales:** Elemento que por lo general son malos conductores del calor y la electricidad.

### 2.4.1 Comparación de los Metales y No metales

**Tabla 2.1** Comparación entre Metales y No metales

<b>Metales</b>	<b>No metales</b>
Tienen un lustre brillante; diversos colores, pero casi todos son plateados.	No tienen lustre; diversos colores.
Los sólidos son maleables y dúctiles.	Los sólidos suelen ser quebradizos; algunos duros y otros blandos.
Buenos conductores del calor y la electricidad.	Malos conductores del calor y la electricidad.
Casi todos los óxidos metálicos son sólidos iónicos básicos.	La mayor parte de los óxidos no metálicos son sustancias moleculares que forman soluciones ácidas.

Tienden a formar cationes en solución acuosa.	Tienden a formar aniones u oxianiones en solución acuosa.
Las capas externas contienen poco electrones habitualmente tres o menos.	Las capas externas contienen cuatro o más electrones*.
* Excepto hidrógeno y helio	

Fuente: Monografias.com

Elaborado por: Nelson Tigse

## 2.5 El Acero Estructural

Es el material estructural más usado para construcción de estructuras en el mundo.

Es fundamentalmente una aleación de hierro (mínimo 98 %), con contenidos de carbono menores del 1 % y otras pequeñas cantidades de minerales como manganeso, para mejorar su resistencia, y fósforo, azufre, silicio y vanadio para mejorar su soldabilidad, resistencia a la corrosión y resistencia a la fractura.

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

Como el acero tiene propiedades prácticamente idénticas a tensión y compresión, por ello su resistencia se controla mediante el ensayo de probetas pequeñas a tensión.

La deformación del acero a partir de la fluencia es denominada ductilidad. Esta es una cualidad muy importante en el acero como material estructural y es la base de los métodos de diseño plástico.

Permite, que la estructura absorba grandes cantidades de energía por deformación, circunstancia muy importante en zonas sísmicas, en las cuales es necesario que la estructura libere la energía introducida en su base por los terremotos.

El Módulo de Elasticidad es prácticamente independiente del tipo de acero está alrededor de  $2000000 \text{ kgf/cm}^2$ .

### **2.5.1 Acero ASTM A36**

El acero A36 es una aleación de acero al carbono de propósito general muy comúnmente usado en los Estados Unidos, aunque existen muchos otros aceros, superiores en resistencia, cuya demanda está creciendo rápidamente.

La denominación A36 fue establecida por la ASTM, American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Prueba de Materiales).

### **2.5.2 Requerimientos de Tensión**

El A36, tiene una densidad de  $7850 \text{ kg/m}^3$  ( $0.28 \text{ lb/in}^3$ ). El acero A36 en barras, planchas y perfiles estructurales tiene un esfuerzo mínimo de fluencia ( $F_y$ ) de 250 MPA (36 ksi), y un límite de rotura mínimo de 410 MPa (58 ksi).

Normalmente, el material de conexión se especifica como A36, sin importar el grado de sus propios componentes primarios. El esfuerzo último de tensión ( $F_u$ ) de este acero varía de 58ksi a 80 ksi (400-550 Mpa); para cálculos de diseño se utiliza el valor mínimo especificado.



**Tabla 2.2** Especificación A36

<b>Nombre</b>	<b>Designación</b>
Acero Estructural al carbono	Designado A36
Esfuerzo mínimo de fluencia	$F_y=2400 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia mínima especificada a la tensión	( $F_u$ ) de 58-80 ksi. (400-550 Mpa)

**Fuente:** Citing ASTM Standards

**Elaborado por:** Nelson Tigse

### 2.5.3 Formas

El acero A36 se produce en una amplia variedad de formas, que incluyen:

- Planchas
- Perfiles estructurales
- Tubos
- Barras
- Láminas

### 2.5.4 Métodos de Unión

Las piezas hechas a partir de acero A36 son fácilmente unidas mediante casi todos los procesos de soldadura. Los más comúnmente usados para el A36 son los menos costosos y rápidos como la Soldadura por arco metálico protegido (SMAW, Shielded metal arc welding), Soldadura con arco metálico y gas (GMAW, Gas metal arc welding), y soldadura oxiacetilénica.

Para el acero A36 se recomienda utilizar las siguientes tipos de soldaduras: 6010, 6011, 6013, 7018, 7024, 308, 309, 312, 316, ER70S-6, ER70S-3, E71T-1.

El acero A36 es también comúnmente atornillado y remachado en las aplicaciones estructurales: edificios, puentes, torres, etc.

### **2.5.5 Aplicaciones del Acero A36**

Las aplicaciones comunes del acero estructural A36 es en la construcción, y es moldeado en perfiles y láminas, usadas en edificios e instalaciones industriales; cables para puentes colgantes, atirantados y concreto reforzado; varillas y mallas electrosoldadas para el concreto reforzado; láminas plegadas usadas para techos y pisos.

### **2.6 Perfiles Estructurales**

Conjunto de elementos resistentes, convenientemente vinculados entre sí, que accionan y reaccionan bajo los efectos de las cargas. Su finalidad es resistir y transmitir las cargas a los apoyos manteniendo el espacio arquitectónico, sin sufrir deformaciones incompatibles.

Para la construcción de estructuras metálicas y obras públicas, se obtiene a través de la laminación de acero en una serie de perfiles normalizados.

Los Perfiles Estructurales se forjan en un proceso que modifica la forma de los metales por deformación plástica cuando se somete al acero a una presión o a una serie continuada de impactos.

La forja generalmente se realiza a altas temperaturas porque así se mejora la calidad metalúrgica y las propiedades mecánicas del acero.

El sentido de la forja de piezas de acero es reducir al máximo posible la cantidad de material que debe eliminarse de las piezas en sus procesos de mecanizado.

Las clasificaciones normalizadas de aceros como la AISI, ASTM y UNS, establecen valores mínimos o máximos para cada tipo de elemento.

Estos se agregan para obtener unas características determinadas como templabilidad, resistencia mecánica, dureza, tenacidad, resistencia al desgaste, soldabilidad o maquinabilidad, entre otras.

## 2.6.1 Tipos de Perfiles Estructurales

### ➤ PLATINAS

#### **Descripción**

Platinas en acero de baja aleación laminadas en caliente de sección rectangular.

#### **Usos**

Se utilizan para múltiples propósitos dentro del sector metal-mecánico, cerrajería ornamental, manufactura de muebles, carrocerías vehiculares, herramientas manuales y trabajos de carpintería metálica en general.

#### **Presentación**

Fabricadas en largo estándar de 6 metros.

Longitudes especiales bajo pedido.



**Figura 2.13:** Platinas

**Fuente:** Dipac.com.ec

## **Normas Técnicas**

Perfiles de acero laminados en caliente.

Barras cuadradas, redondas y pletinas de acero laminadas en caliente.

### ➤ **ÁNGULOS ESTRUCTURALES**

#### **Descripción**

Ángulos a 90° de alas iguales, en acero de baja aleación, laminados en caliente.

#### **Usos**

En la construcción de estructuras espaciales, celosías, vigas, columnas, arcos, diafragmas, serchas.

Metal-mecánica: Industria de muebles, carrocerías para vehículos. Puertas, ventanas.

Elementos ornamentales, verjas y cerramientos. Herramientas manuales. Refuerzo para anclaje de maquinaria.



**Figura 2.14:** Ángulos Estructurales

**Fuente:** Dipac.com.ec

## ➤ TEES

### **Descripción**

Tees de alas iguales, en acero de baja aleación, laminadas en caliente, de sección en forma de "T".

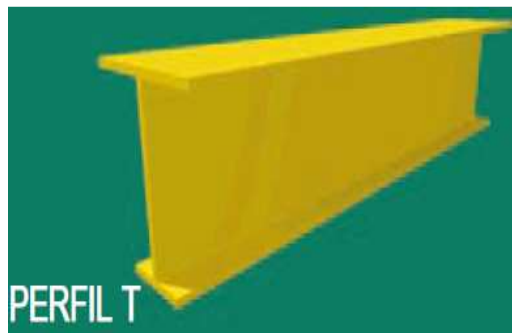
### **Usos**

Construcción de estructuras espaciales; celosías, serchas, arcos, bóvedas, etc.; metal-mecánica: puertas, ventanas, muebles, carrocerías para vehículos, elementos ornamentales, verjas y cerramientos; herramientas manuales, maquinarias.

### **Presentación**

Fabricadas en largos estándar de 6 metros.

Longitudes especiales bajo pedido.



**Figura 2.15:** Tees

**Fuente:** Femoglass.com

### **Normas Técnicas.**

Perfiles de acero laminados en caliente.

Perfiles estructurales T de acero laminados en caliente.

## ➤ **PERFILES “G” (CORREA)**

El perfil “G” (correa) es el que se ha utilizado para la construcción del presente proyecto.

Perfil tipo “G”, se fabrican en chapa laminada en caliente o galvanizada, a partir de los flejes que provienen del corte de bobinas. Estos flejes son conformados en frío en conformadoras continuas de rodillos que deforman la chapa hasta la obtener la sección deseada.

Se utilizan para todo tipo de estructuras, simples y reticuladas; como columnas, vigas, paneles, entrepiso entre otros.

### **Características de perfiles G:**

- En la industria de construcción, los perfiles brindan un soporte sólido e ideal para un rango ilimitado de trabajos.
- Los perfiles G estándar ofrecen un equilibrio sólido y mecánicamente balanceado fácil de fijar al esqueleto de la estructura de cualquier construcción.
- El acero base del perfil G es acero estructural de alto grado, galvanizado al caliente en algunos casos.
- Fáciles de instalar, con excelentes propiedades de anti-curvatura.
- Ventajas de alta confiabilidad, durabilidad, apariencia agradable.



**Figura 2.16:** Perfil G (correas)  
**Fuente:** Dipacmanta.com/images

**Datos Técnicos:**

**Tabla 2.3** Propiedades técnicas del perfil “G”

Nombre	Características
Perfil “G” (correa)	Perfiles estructurales especiales.
Limite de fluencia mínimo	$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$
Norma INEN	1 623: 2000
Espesores	desde 1.50mm hasta 12.00mm
Tolerancia	6000mm + 40mm – 0mm
Acabado	Natural.

**Fuente:** Dipac\_manta.com.ec

**Elaborado por:** Nelson Tigse

Actualmente la empresa está introduciendo en el mercado ecuatoriano el nuevo tipo de correa Z y G, las cuales garantizan menor peso y mayor resistencia basado en su forma y características que maximizan la inercia en la sección transversal.

Plycem Rootec Plytec S.A conscientes que la variación de la inercia solo permitirá la absorción de mayores esfuerzos dados en flexo-compresión, vio la opción de alterar la composición de estos perfiles doblados de acero ASTM A-36 a perfiles de acero estructural ASTM A653 SS, Grado 50, Clase 3 brindando con esto, que el mismo perfil absorba mayores esfuerzos tanto a tracción como a compresión; esto es logrado a través de la introducción al mercado de correas zeta Z y G.

Los elementos actuales se encuentran formados por perfiles doblados en frío, presentando diferentes secciones transversales uniformes, puesto que están dispuestos a soportar tensión o compresión dado su posición como elemento dentro de una estructura.

Además son fáciles de instalar, con excelentes propiedades de anti-curvatura, tiene ventajas como alta confiabilidad, durabilidad, apariencia agradable, etc.

**Tabla 2.4** Características técnicas de las correas G y Z galvanizadas

Tipo de Acero:	Acero Estructural, ASTM A 653 SS, grado 50, clase 3
Punto de Fluencia:	3.525 Kg/cm <sup>2</sup> (50 Ksi)
Resistencia a la Rotura:	4.935 Kg/cm <sup>2</sup> (70 Ksi)
Módulo de Elasticidad:	2.1 x 10 <sup>6</sup> Kg/cm <sup>2</sup>
Presentación:	6 metros de longitud (estándar). Longitudes mayores (bajo pedido especial)

**Fuente:** Dipac\_manta.com.ec

**Elaborado por:** Nelson Tigse



## 2.7 Técnicas de Construcción

### ▪ MEDICIÓN Y TRAZADO



**Figura 2.17:** Medición y trazado del perfil

**Fuente:** Wikipedia.org/w/index.php

**Medir.** Es obtener determinada dimensión, altura, longitud, superficie, volumen, entre otras.

**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.

El objetivo de esta técnica consiste en medir exactamente el material y hacer un trazado perfecto para luego realizar y obtener un corte preciso del mismo.

### Herramientas para medir y trazar

**1) Flexometro (metro).** Tiene gran exactitud y vale para tomar todo tipo de medidas.



**Figura 2.18:** El Flexometro

**Fuente:** Wikipedia.org/w/index.php

**2) Escuadra.** Con la escuadra se puede comprobar el escuadrado de un ensamble y además sirve para trazar líneas perpendiculares de 0 a 45°.

**3) Nivel.** El nivel sirve para medir la horizontalidad o verticalidad de un elemento. Es una herramienta que no puede faltar ya que se utiliza constantemente.



**Figura 2.19:** El Nivel

**Fuente:** [Www.amig.es/es/nivel-mod-247/g](http://www.amig.es/es/nivel-mod-247/g)

**4) Calibrador Pie de Rey.** El calibrador pie de rey es un instrumento para medir con precisión elementos pequeños como: tornillos, orificios, pequeños objetos, etc.

La precisión de esta herramienta llega a la décima e incluso a la media décima de milímetro. Para medir exteriores se utilizan las dos patas largas, para medir interiores (Diámetros de orificios) las dos patas pequeñas.

Y para medir profundidades un vástago que va saliendo por la parte trasera. Para efectuar una medición, ajustaremos el calibre al objeto a medir y lo fijaremos.

La pata móvil tiene una escala graduada (10 o 20 rayas, dependiendo de la precisión).

La primera raya (0) nos indicará los milímetros y la siguiente raya que coincida exactamente con una de las rayas de la escala graduada del pie nos indicará las décimas de milímetro (calibre con 10 divisiones) o las medias décimas de milímetro (calibre con 20 divisiones).



**Figura 2.20:** Calibrador pie de rey

**Fuente:** portaleso.com/usuarios/Toni/web-medición

**5) Tiza Industrial.** Es un elemento el cual sirve para trazar o señalar las medidas donde se va a realizar algún proceso de mecanizado.



**Figura 2.21:** Tiza Industrial

**Fuente:** Wikipedia.org/w/index.php

#### ▪ CORTE

El método de corte más apropiado es el de corte con disco abrasivo, ya que es el que provoca la menor cantidad de daños en relación con el tiempo de la operación.

Para el corte con disco abrasivo (amoladora) se utiliza un disco de corte construido por un abrasivo y se recomienda utilizar un líquido refrigerante para lavar el disco e impedir el daño del material por el calor generado por el rozamiento.



**Figura 2.22:** Corte de material

Fuente: [Wikipedia.org/w/index.php](http://Wikipedia.org/w/index.php)

#### ▪ **ESMERILADO**

Consiste en la eliminación del material mediante la utilización de partículas de abrasivos fijas a un disco que tiene movimiento rotacional, estas partículas extraen virutas del material en el que se está trabajando.

Es un proceso que produce un grado de deformación de la muestra bastante bajo si se trabaja con el cuidado y habilidad necesaria.



**Figura 2.23:** Esmerilado de material

Fuente: [Wikipedia.org/w/index.php](http://Wikipedia.org/w/index.php)

## 2.8 Elementos Mecánicos de Sujeción

En la mayoría de los casos, los métodos de sujeción implican el uso de componentes de equipo separados, llamados sujetadores, que se agregan a las partes durante el ensamblado.

En otros casos, el mecanismo de sujeción implica el formado o reformado en uno de los componentes que se van a ensamblar y no se requieren sujetadores separados.

Además de los productos industriales, que van desde aparatos electrónicos hasta equipos de construcción, casi siempre implican cierto ensamble mecánico.

Los sujetadores roscados como tornillos, pernos, tuercas y los remaches son ejemplos de ensambles mecánicos, además estos son preferibles por las siguientes razones:

- ✓ Facilidad de manufactura.
- ✓ Facilidad de ensamble y transporte.
- ✓ Facilidad de desarmado, mantenimiento y reemplazo o reparación de partes.
- ✓ Facilidad de crear diseños que requieran uniones móviles, como bisagras, mecanismos de corredera y componentes y soportes ajustables.
- ✓ Menor costo general de manufactura del producto.

El método más común de sujeción mecánica es el uso de tornillos, tuercas, roscas, pernos y una diversidad de fijadores o sujetadores. Estos procesos también se llaman ensamblado mecánico.

En general, la sujeción mecánica requiere que los componentes posean orificios a través de los cuales se inserten los sujetadores. Esas uniones pueden

someterse a esfuerzos cortantes y de tensión, y deben estar diseñadas para resistirlos.

### 2.8.1 Sujetadores Roscados

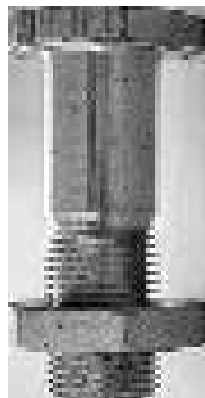
Los tornillos y tuercas son los sujetadores o fijadores roscados de uso más frecuente.

Los tornillos y pernos se pueden asegurar con tuercas o se pueden hacer autorroscantes: en estos el tornillo corta o conforma la rosca en la pieza que se va a fijar.

#### ✓ Pernos

El perno o espárrago es una pieza metálica larga de sección constante cilíndrica, normalmente hecha de acero o hierro.

Está relacionada con el tornillo pero tiene un extremo de cabeza redonda, una parte lisa, y otro extremo roscado para la chaveta, tuerca, o remache, y se usa para sujetar piezas en una estructura, por lo general de gran volumen.



**Figura 2.24:** Perno

**Fuente:** [es.wikipedia.org/wiki/tornillo](https://es.wikipedia.org/wiki/tornillo)

## ✓ **Tuercas**

La tuerca es un dispositivo mecánico con rosca que se emplea en los extremos roscados de un perno o tornillo para metales.

Las tuercas hexagonales y cuadradas son los tipos más comunes que se conocen en la industria, ya sea en clasificaciones comunes o pesadas.

### **2.8.2 Sujetadores sin rosca**

Los sujetadores sin rosca son dispositivos mecánicos que en general, sirven para impedir el movimiento entre piezas que acoplan. Los pasadores, remaches, chavetas y anillos de retención son ejemplos de este tipo de sujetadores.

Las arandelas, que son también sujetadores sin rosca, se utilizan para asegurar sujetadores o proporcionarles una superficie lisa.

## ✓ **Arandela**

Una arandela es un disco delgado con un agujero, por lo común en el centro. Normalmente se utilizan para soportar una carga de apriete.



**Figura 2.25:** Arandelas.

**Fuente:** [gstatic.com/images](http://gstatic.com/images)

Las arandelas normalmente son de metal o de plástico. Los pernos y tornillos con cabezas de alta calidad requieren de arandelas de algún metal duro para prevenir la pérdida de pre-carga una vez que el torque requerido sea aplicado.

## 2.9 Electrodo



**Figura 2.26:** Electrodos

**Fuente:** [Indura.net/productos\\_detalle.asp](http://Indura.net/productos_detalle.asp)

Son varillas metálicas en su centro a la que se denomina núcleo, generalmente de forma cilíndrica recubierta de sustancias no metálicas con composiciones químicas que pueden ser variadas según las características que se necesiten.

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

### Características

El electrodo 6011 posee un revestimiento de tipo celulósico diseñado para ser usado con corriente alterna, pero también se le puede usar con corriente continua, electrodo positivo.

La rápida solidificación del metal depositado facilita la soldadura en posición vertical y sobrecabeza.

El arco puede ser dirigido fácilmente en cualquier posición, permitiendo altas velocidades de deposición (soldadura).



Las reacciones de reducción se desarrollan en una atmósfera de hidrógeno que cubre el metal fundido.

#### ➤ **Usos**

Este electrodo es apto para ser utilizado en todas las aplicaciones de soldadura en acero dulce, especialmente en trabajos donde se requiera penetración.

- Aplicaciones en cordón de raíz en cañerías.
- Cañerías de oleoductos.
- Reparaciones generales.
- Estructuras: Planchas galvanizadas.
- Formato envase de 1 Kg.

#### ➤ **Escoria**

Es poco voluminosa ya que, recordemos, la protección del baño es esencialmente de tipo gaseoso. Se desprende con facilidad.

#### ➤ **Arco**

Producen una gran penetración gracias al hidrógeno procedente de la celulosa que el calor del arco libera. La velocidad de soldeo es elevada; sin embargo, se producen abundantes pérdidas por salpicaduras.

#### ➤ **Metal depositado**

El metal depositados por estos electrodos carece prácticamente de oxígeno (O<sub>2</sub> £ 0,02%). En cambio, contiene una gran cantidad de hidrógeno (15-25 cm<sup>3</sup> por cada 100 gr. de metal depositado).

La superficie del cordón es rugosa y éste se enfría rápidamente.

➤ **Rendimiento gravimétrico**

El arco produce un fuerte chisporroteo, con abundantes pérdidas por salpicaduras. El rendimiento estándar suele ser inferior al 90%.

➤ **Seguridad de uso.**

Por lo enérgico del arco aconseja emplear con más rigor los materiales de protección, tales como gorras, guantes, mandiles, polainas, etc.

### 2.9.1 Nomenclatura de los Electrodo para Acero Dulce

La designación de los electrodos es dada por la A.W.S y A.S.M.E (Sociedad Americana de Soldadura y Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).

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

<u>E</u>	<u>XX</u>	<u>X</u>	<u>X</u>
A	B	C	D

- A. Prefijo de electrodo para soldar por arco.
- B. Resistencia a la tracción mínima del depósito expresada en miles libras por pulgada cuadrada (lbs/plg<sup>2</sup>).
- C. Posición de soldar, ya sea:
  - 0) Posiciones plana y horizontal
  - 1) Todas las posiciones
- D. Tipo de revestimiento y corriente eléctrica

## 2.10 Soldadura Eléctrica



**Figura 2.27:** Soldadura de arco

**Fuente:** [arqhys.com/construcción/soldadura-electrica.html](http://arqhys.com/construcción/soldadura-electrica.html)

### Principios Fundamentales

En la soldadura por arco se emplea un electrodo como polo del circuito y en su extremo se genera el arco eléctrico. En algunos casos, también sirve como material fundente. El electrodo o varilla metálica suele ir recubierta por una combinación de materiales diferentes según el empleo del mismo.

Las funciones de los recubrimientos pueden ser: eléctrica para conseguir una buena ionización, física para facilitar una buena formación del cordón de soldadura y metalúrgica para conseguir propiedades contra la oxidación y otras características. Soldar es unir dos o más metales, asegurando la continuidad de la materia. Para realizar este proceso es necesario producir calor a través del paso de una corriente eléctrica que genera un arco entre el electrodo y la pieza, alcanzando una temperatura que varía entre 4000 y 5000 °C. Existen dos tipos de soldadura:

- **Homogénea.** La cual se realiza cuando el metal de aporte es igual al metal de base.
- **Heterogénea.** Cuando el metal de aporte es diferente al metal de base.

El arco produce la unión del metal de aporte en forma instantánea y progresiva y del metal base. Durante esta tarea, si se quiere calentar más se aportara más metal y no abra calentamiento sin aporte. En soldadura un circuito simple está formado por una maquina de soldar con dos terminales, uno que corresponde a una porta electrodo y el otro a tierra.

La corriente circula a través del cable porta electrodo, el electrodo forma el arco y retorna por el cable de tierra cerrando el circuito.

Luego de encender la maquina soldadora se establece un contacto entre el electrodo y la pieza, en ese momento se produce un corto circuito luego se genera el arco moviendo el electrodo hasta que la distancia entre este y la pieza mantenga un arco estable. Posteriormente el arco fundirá progresivamente el electrodo y la pieza hasta llegar a la unión completa del mismo.

**Todas las instalaciones deben cumplir con cinco puntos:**

1. Reducir la tensión de la red de alimentación 250V 50.
2. Permitir la regulación de la intensidad de corriente de soldadura.
3. En ciertos casos, permitir la tensión de cebado (dinamos y rectificadores).
4. Asegurar en forma automática la regulación de la tensión en el momento en que desciende el arco.
5. Asegurar un arco estable.

Para un diámetro determinado de electrodo, la velocidad de fusión y el volumen de metal aportado, dependen de la intensidad de corriente de soldadura. Todos los equipos de soldadura poseen dos tensiones diferentes, una que corresponde al momento en que esta encendido sin soldar, que va desde 45 a 100V. La segunda durante el mantenimiento del arco cuando se trabaja que va desde 15 a 45V.

Mediante una corriente eléctrica (ya sea corriente alterna o corriente continua) se forma un arco eléctrico entre el metal a soldar y el electrodo utilizado, produciendo la fusión de éste y su depósito sobre la unión soldada. Los electrodos suelen ser de acero suave, y están recubiertos con un material fundente que crea una atmósfera protectora que evita la oxidación del metal fundido y favorece la operación de soldeo.

La polaridad de la corriente eléctrica afecta la transferencia de calor a las piezas unidas. Normalmente el polo positivo (+) se conecta al electrodo aunque, para soldar materiales muy delgados, se conecta al electrodo el polo negativo (-) de una fuente de corriente continua.

### **Normas de seguridad**

- Al realizar este tipo de trabajos hay que tener en cuenta que las emisiones que se generan en el arco eléctrico (luminosas, ultravioletas e infrarrojas) puede producir daños irreversibles en la retina si se fija la vista directamente sobre el punto de soldadura, además de quemaduras en la piel.
- Para la protección ocular existen pantallas con cristales especiales, denominados cristales inactínicos, se tintan de tono verde o azul.
- Existen caretas automáticas en las que al empezar a soldar automáticamente se activa la protección y cuando se deja de soldar se quita la protección ocular.
- Antes de empezar cualquier operación de soldadura de arco, se debe hacer una inspección completa del soldador y de la zona donde se va a usar.
- Los porta electrodos deben ir recubiertos de aislante, así como seco y libre de grasas y aceite.
- La operación de soldadura deberá llevarse a cabo en un lugar bien ventilado pero sin corrientes de aire que perjudiquen la estabilidad del arco.

## Equipo de protección personal

- La radiación de un arco eléctrico es perjudicial para la retina y puede producir cataratas, pérdida parcial de visión, o incluso ceguera, los ojos y la cara del soldador deben estar protegidos con un casco de soldar homologado equipado con un visor filtrante de grado apropiado.
- La ropa apropiada para trabajar con soldadura por arco debe ser holgada y cómoda, resistente a la temperatura y al fuego. Debe estar en buenas condiciones, sin agujeros ni remiendos y limpia de grasas y aceites, las camisas deben tener mangas largas, y los pantalones deben ser largos, acompañados con zapatos o botas aislantes que cubran.
- Deben evitarse por encima de todo las descargas eléctricas, que pueden ser mortales, los cables de soldadura deben permanecer alejados de los cables eléctricos, y el soldador separado del suelo; bien mediante un tapete de caucho, madera seca o mediante cualquier otro aislante eléctrico.
- Los electrodos nunca deben ser cambiados con las manos descubiertas o mojadas o con guantes mojado.



**Figura 2.28:** Equipo de protección personal

**Fuente:** Investigación de campo

### 2.11 Pintado

Es el proceso final de la construcción donde se le da un acabado, con el objetivo de cuidar la estructura de los ataques de la oxidación producida por el ambiente.

El objetivo del pintado es el de dar un recubrimiento a los productos de fabricación.

La función del revestimiento puede ser desde el puramente decorativo a anticorrosivo.

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



**Figura 2.29:** Pindado

**Fuente:** [Blogdereformas.es/obras y reformas](http://Blogdereformas.es/obras-y-reformas)

Las pinturas constituyen desde un punto de vista técnico-económico la mejor alternativa para controlar el fenómeno corrosivo en hierros y aceros.

### **2.11.1 La Pintura Anticorrosiva**

Es una base o primera capa de imprimación de pintura que se ha de dar a una superficie, que se aplica directamente a los cuerpos de acero, y otros metales. Para ello puede usarse un proceso de inmersión o de aspersion.

Tiene el propósito principal de inhibir la oxidación del material, y secundariamente el de proporcionar una superficie que ofrezca las condiciones propicias para ser pintada con otros acabados, esmaltes y lustres coloridos, su función es, principalmente la de evitar la degradación del hierro.

Esta pintura anticorrosiva tiene la primordial función de proteger el acero, y para ello, no sólo se adhiere a la superficie, sino que procura reaccionar químicamente con la superficie metálica con la que toma contacto para modificarla y compenetrarse químicamente.

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



**Figura 2.30:** Pintura amarilla anticorrosiva

**Fuente:** [Blogdereformas.es/obras y reformas](http://Blogdereformas.es/obras-y-reformas)

El pintado se debe realizar lo más uniforme posible para evitar una mala presentación en el producto final y de esta manera también se economiza al gastar una menor cantidad de pintura.



## **CAPITULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1 Preliminares**

Concerniente a la investigación ejecutada se comprobó que el avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD donado al Instituto, se encontraba situada en la Base Aérea de la ciudad de Quito (Ala de Transporte N° 11), aeronave que se encontraba en perfecta condiciones ya que sus componentes y equipos como son los motores con sus hélices, alas, trenes de aterrizaje, paneles e instrumentos de navegación, estabilizadores tanto horizontal y vertical se encuentran en buenas condiciones y listos para adecuarlos en el campus tecnológico (ITSA) y contar con un avión escuela para la enseñanza práctica.

Para adecuarlo al avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD como avión escuela en nuestro Instituto, con un gran grupo humano se planificó realizar el desmontaje de sus componentes en la ciudad de Quito para facilitar el traslado del mismo hasta el campus tecnológico (ITSA) ubicado en la ciudad de Latacunga y realizar ahí el montaje respectivo.

El soporte se realizó con la finalidad de colocar el motor izquierdo del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD, al momento en el cual éste motor fue desmontado.

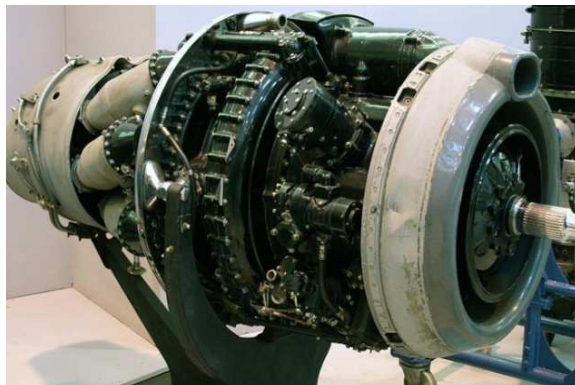
Soporte el cual se utilizó para el traslado del motor izquierdo del avión Fairchild FH-227 desde el Ala de Transporte N°11 de la ciudad de Quito hasta el campus Tecnológico del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

### 3.2 Planteamiento y Estudio de Alternativas

Antes de realizar el proyecto se planteó dos opciones de soportes para los motores del avión Fairchild FH-227, para el desarrollo del presente trabajo, se creyó conveniente tomar dos modelos de soportes:

#### ❖ OPCIÓN N° 01

**Nombre: SOPORTE EN U**



**Figura 3.1:** Motor Rolls-Royce Dart

**Fuente:** Rolls-royce.com

**Cuadro 3.1** Características de la opción N° 01

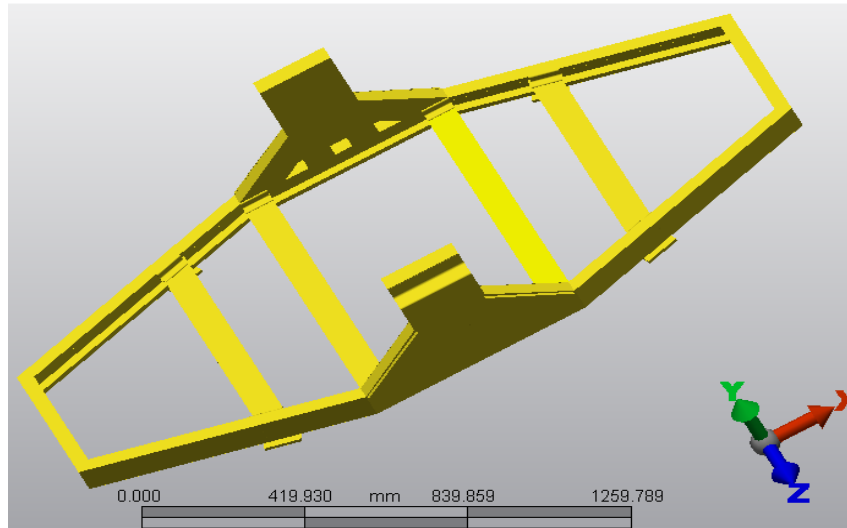
<b>Tipo de soporte</b>	<b>Características</b>
<b>Soporte en U</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Base cuadrada con ruedas desplazables.</li><li>✓ Punto de sujeción lateral delantero.</li><li>✓ Apoyo de una placa de acero en forma de U.</li><li>✓ Punto de sujeción posterior hecho a base de perfil tipo I.</li></ul>

**Fuente:** Gift of Rolls-Royce, Ltd Regalo de Rolls.Royce, Ltd

**Elaborado por:** Nelson Tigse

❖ Opción N° 02

Nombre: SOPORTE DE DOBLE COLUMNA



**Figura 3.2:** Soporte de doble columna

**Fuente:** Investigación de Campo

**Cuadro 3.2** Características de la opción N° 02

Tipo de soporte	Características
<b>Soporte de doble columna</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Base hexagonal.</li><li>✓ Ruedas desplazables, facilitaran su izamiento.</li><li>✓ Dos puntos de sujeccion en sus respectivas columnas.</li><li>✓ Estructura realizada con perfil tipo G (correa).</li></ul>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

### 3.2.1 Análisis de las Opciones Establecidas

En este punto nos referimos a los factores que ambas opciones tienen en mayor o menor porcentaje.

A continuación para mejor apreciación, detalló en un cuadro los factores referidos.

#### ❖ FACTOR RAPIDEZ DE CONSTRUCCION

**Cuadro 3.3** Factor Rapidez de Construcción

<b>1. Factor Rapidez de Construcción</b>	
<b>Opción N°01</b> (Soporte en U)	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Tiempo de fabricación más retardado y minucioso.</li><li>▪ Su construcción retrasaría el trabajo de desmontaje del motor.</li></ul>
<b>Opción N°02</b> (Soporte de doble columna)	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Su construcción es más rápida</li><li>▪ Apresuraría el desmontaje del motor.</li><li>▪ Rapidez en el traslado del motor.</li></ul>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

#### **Análisis del factor planteado:**

El factor de rapidez de construcción indica que la opción N° 02, es la apropiada ya que su construcción e implementación del soporte se lo hará en un corto tiempo.

## ❖ FACTOR SEGURIDAD DEL SOPORTE

**Cuadro 3.4** Factor Seguridad del Soporte

<b>2) Factor Seguridad del Soporte</b>	
<b>Opción N°01</b> (Soporte en U)	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Puede ocasionar accidentes al trasladar el motor.</li><li>▪ Tiene la base sumamente menor longitudinalmente al tamaño del motor.</li><li>▪ Falta de estabilidad.</li><li>▪ Puede ocasionar un desbalance y se puede desplomar el motor al transportar.</li></ul>
<b>Opción N°02</b> (Soporte de doble columna)	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Carece de inconvenientes.</li><li>▪ El tamaño y forma de su base lo hace más seguro.</li></ul>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

### **Análisis del factor propuesto:**

Este factor indica que la opción N° 02, posee la seguridad necesaria para mantenerlo estable al motor y por ende facilitará el traslado del mismo.

## ❖ FACTOR CONSTRUCCIÓN

**Cuadro 3.5** Factor Construcción

<b>3) Factor Construcción</b>	
<b>Opción N°01</b> (Soporte en U)	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Elaboración estructural tiene complejidad.</li><li>▪ Llevaría mucho tiempo en construirlo.</li><li>▪ Material difícil de hallar.</li></ul>
<b>Opción N°02</b> (Soporte de doble columna)	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Resulta menos complicada la realización de su estructura.</li><li>▪ Facilidad de material, no es difícil de hallar.</li></ul>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

### **Análisis del factor planteado:**

El factor construcción ayudará mucho en la elección de la mejor alternativa siendo la más factible el soporte de doble columna.

## ❖ FACTOR COSTO

### **Análisis**

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

## ❖ SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA PLANTEADA

Después de haber planteado las opciones anteriores se comprobó que existe una gran diferencia de una de la otra, por lo cual se puede plantear que la alternativa más idónea es la opción N° 02, siendo la más segura, económica y sencilla en su construcción beneficiando así el proceso de traslado del motor y disminuyendo cualquier tipo de accidentes.

Una vez indagado sobre soportes para el motor Rolls Royce Dart, y haber realizado estos factores se tomó como opción idónea la del soporte con doble columna de sujeción teniendo en cuenta a la misma como favorita por su buen desempeño y así seguir con el proceso de construcción de esta propuesta.

Para facilitar el traslado de los motores del avión Fairchild Fh-227 se hizo un diseño preliminar en función de las necesidades de contar con una herramienta para colocar el motor izquierdo que se estaba desmontando.

Por lo expuesto el investigador construyó mencionado soporte con la finalidad de poner al motor izquierdo del avión Fairchild para poder trasladarlo desde el Ala de Transporte N° 11 hasta el campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

El esquema realizado para el soporte seleccionado se encuentra en el **Anexo D**, pág. 158.

### **3.3 Estudios efectuados a la estructura seleccionada**

Se hizo un estudio para determinar que la estructura sea apta para soportar el peso del motor para su posterior traslado. Se hace un análisis de las partes críticas del soporte mediante la utilización del software de diseño mecánico. El modelo y los elementos que conforman la estructura portante se estimaron en base a una estructura ya existente.

Las partes analizadas van a ser las columnas de estructura del soporte, los puntos de sujeción del motor (muelas), esto de acuerdo a las especificaciones del material; calculados con una carga de 561kgf (5501.53N), que es la carga que soportará la estructura al momento de colocar el motor.

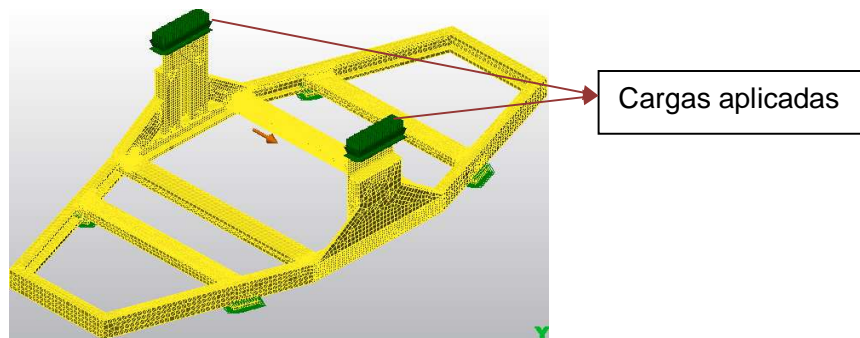
Además se efectuará la comprobación de las uniones soldadas. (Ver **Anexo F**, pág. 169).

### 3.3.1 Análisis Sometido a la Estructura:

#### ❖ Análisis de las columnas del soporte

Se procedió a realizar un análisis computarizado con la ayuda del software de solidworks para realizar el diseño y con la aplicación del Autodesk Simulation para obtener datos importantes del análisis estructural.

La carga a la cual va ser sometido este proyecto será 561kgf (5501.53N) la misma que es el peso vacío del motor Rolls Royce Dart.

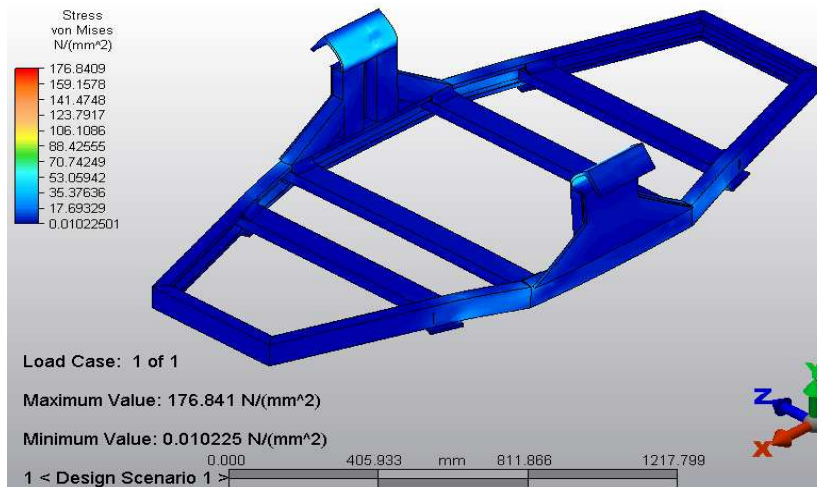


**Figura 3.3:** Aplicación de carga al soporte

**Fuente:** Investigación de campo

Esta fuerza de 5501.53N está distribuida para las dos columnas del soporte y será de 2750.765N.





**Figura 3.4:** Representación de resultados

**Fuente:** Investigación de campo

La simulación realizada en el software nos muestra un esfuerzo máximo igual a 176.8410 N/mm<sup>2</sup> (176MPa), que indica que el acero es indicado ya que soporta 36ksi.

### El factor seguridad

Si se tiene que evitar una falla estructural, las cargas que una estructura es capaz de soportar deben ser mayores que las cargas a las que se va a someter cuando este en servicio. Como la resistencia es la capacidad de una estructura para resistir cargas, el criterio anterior se puede replantear como sigue; la resistencia real de una estructura debe ser mayor que la resistencia requerida. La relación de la resistencia real entre la resistencia requerida se llama factor de seguridad n:

$$\text{factor seguridad } (n) = \frac{\text{resistencia real}}{\text{resistencia requerida}}$$

Debemos obtener el factor seguridad con el valor máximo dado y con el valor del esfuerzo del material 36ksi (248MPa)

$$N = \frac{sy}{sc}$$

Donde:

Sy = esfuerzo del material

Sc = valor máximo dado

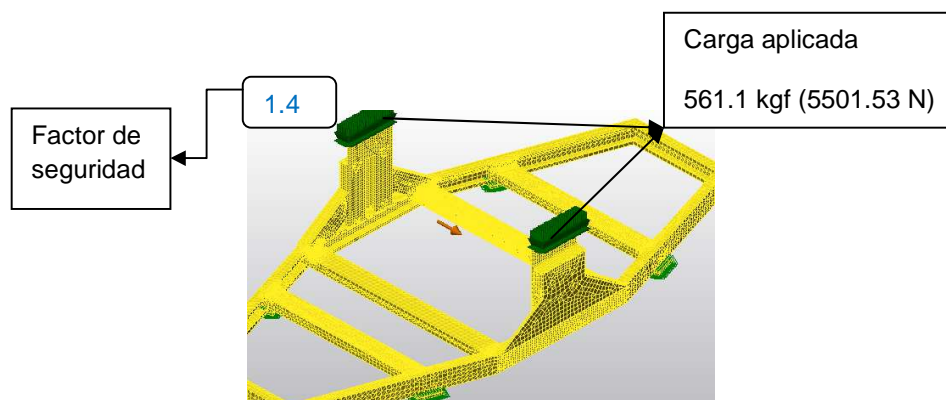
$$N = \frac{248}{176} = 1.4$$

Factor de seguridad = 1.4

Naturalmente, el factor de seguridad debe ser mayor que 1.0 para evitar falla. Dependiendo de las circunstancias, los factores de seguridad varían desde un poco más que 1.0 hasta 10.

### Resistencia de la estructura (S):

Se debe hacer la revisión de un estado límite de seguridad en función del valor correspondiente a la resistencia de la estructura, multiplicando el esfuerzo último por un factor de seguridad menor que la unidad.



**Figura 3.5:** Representación del factor seguridad

**Fuente:** Investigación de campo

Con la simulación realizada adquirimos un FS= 1.4 al usar el acero A36 y al aplicar 5501.53N de fuerza. Tenemos también un  $\sigma_{\max} = 176\text{MPa}$ , que indica que el acero es adecuado ya que resiste 36 ksi (248MPa).

La resistencia (S) llegaría a ser:  $\sigma_{\text{ultimo}} \times FS$ :

$$S = 248 \times 1.4$$

$$S = 347.2 \text{ MPa}$$

### Parámetros del análisis

#### 1) Información del material

**Tabla 3.1** Acero ASTM A36, bar-componente

Modelo de material	Standard
Material de origen	Autodesk Simulation Material Library
Material de origen (archivo)	C:\Program Files\Autodesk\Algor Simulation 2012\matlibs\algormat.mlb
Fecha de la última actualización	2004/10/28-16:02:00
Descripción del material	Ninguno
Densidad de la masa	7 N·s <sup>2</sup> /mm/mm <sup>3</sup>
Modulo de elasticidad	200000 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de poisson	0.26
Modulo elástico de cizalladura	79300 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	0 1/°C

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

#### 2) Cargas

**Tabla 3.2** Superficie de la Fuerza

ID	Descripción	Parte ID	Superficie ID	Magnitud (N)	Vx	Vy	Vz
1	Columna 1	22	9	2750,7650	0,00	0,00	0,00

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

**Tabla 3.3** Superficie de la fuerza 2

ID	Descripción	Part ID	Superficie ID	Magnitud (N)	Vx	Vy	Vz
2	Columna 2	25	3	2750,7650	0,00	0,00	0,00

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

A continuación se enumeran los valores utilizados si la aceleración o la gravedad se incluyeron en el análisis. El multiplicador de la dirección de aceleración / gravedad es multiplicada por la aceleración debido a la fuerza del cuerpo que se multiplica por el multiplicador de la carga de aceleración / gravedad de caso. La aceleración debido a la fuerza del cuerpo =  $981 \text{ mm / s}^2$  ( $0.981\text{m/s}^2$ ).

**Tabla 3.4** Aceleración/Gravedad

Aceleración / gravedad X Multiplicador	Aceleración / gravedad Y Multiplicador	Aceleración / gravedad Z Multiplicador
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Nelson Tigse

**Tabla 3.5** Resumen de resultados del software

Part ID	Part Name	Element Type	Material Name
<u>1</u>	Soporte (Miembro estructural16)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>2</u>	Soporte (Miembro estructural36)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>3</u>	Soporte (Recortar/Extender5[1])	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>4</u>	Soporte (Saliente-Extruir5[4])	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>5</u>	Soporte (Recortar/Extender18)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>6</u>	Soporte (Miembro estructural34)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>7</u>	Soporte (Recortar/Extender2[1])	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>8</u>	Soporte (Miembro estructural33)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>9</u>	Soporte (Recortar/Extender17[1])	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>10</u>	Soporte (Saliente-Extruir2)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>11</u>	Soporte (Saliente-Extruir1)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>12</u>	Soporte (Recortar/Extender16)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>13</u>	Soporte (Recortar/Extender36[2])	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>14</u>	Soporte (Recortar/Extender36[1])	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>15</u>	Soporte (Recortar/Extender12[2])	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>17</u>	Soporte (Recortar/Extender12[1])	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>18</u>	Soporte (Recortar/Extender32)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>19</u>	Soporte (Saliente-Extruir5[3])	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>

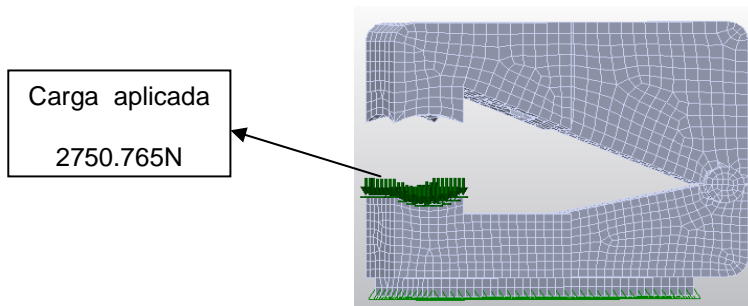
<u>20</u>	Soporte (Miembro estructural13)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>21</u>	Soporte (Saliente-Extruir5[2])	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>22</u>	Soporte (Miembro estructural22)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>23</u>	Soporte (Saliente-Extruir5[1])	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>24</u>	Soporte (Miembro estructural10)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>25</u>	Soporte (Miembro estructural49)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>26</u>	Soporte (Recortar/Extender30)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>27</u>	Soporte (Miembro estructural48)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>28</u>	Soporte (Recortar/Extender8[1])	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>29</u>	Soporte (Recortar/Extender28)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>30</u>	Soporte (Miembro estructural47)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>31</u>	Soporte (Recortar/Extender7[1])	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>32</u>	Soporte (Miembro estructural45)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>33</u>	Soporte (Miembro estructural17)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>34</u>	Soporte (Miembro estructural44)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>35</u>	Soporte (Recortar/Extender6[1])	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>
<u>36</u>	Soporte (Miembro estructural37)	Brick	<u>ASTM A36 Steel, bar</u>

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Nelson Tigse

### ❖ Análisis de los puntos de sujeción (muelas)

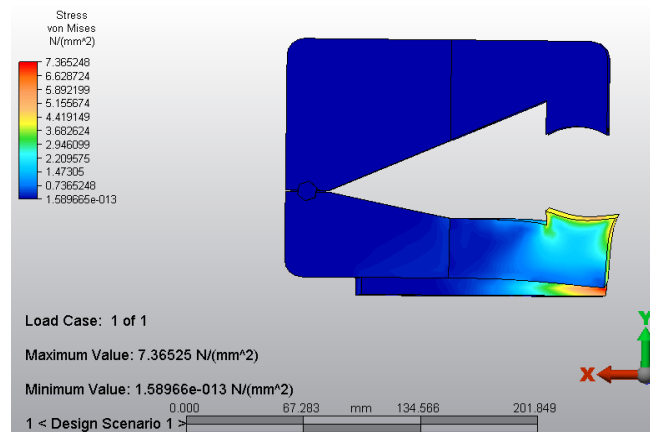
Mediante el software del solidworks y el autodesk simulation, se procede analizar los puntos de sujeción (muelas). La carga a la cual va ser sometido estos puntos de sujeción son los 561kgf (5501.53N). El peso vacío del motor Rolls Royce Dart.



**Figura 3.6:** Aplicación de carga a la muela

**Fuente:** Investigación de campo

Como son dos puntos de apoyo, va ser distribuida dicha carga para los dos puntos, y esta es de 2750.765N.



**Figura 3.7:** Resultados de la simulación

**Fuente:** Investigación de campo

La simulación realizada en el software nos muestra un esfuerzo máximo igual a 7.36525 N/mm<sup>2</sup> (7.3MPa). Debemos obtener el factor seguridad con el valor máximo obtenido y con el valor del esfuerzo del material 36ksi (248MPa)

$$N = \frac{s_y}{s_c}$$

Donde:

Sy = esfuerzo del material

Sc = valor máximo dado

$$N = \frac{248}{7.3} = 33.9$$

Factor de seguridad = 33.9

El acero por lo general tiene un alto límite de fluencia, es decir, tiene un alto valor del esfuerzo máximo permisible, por lo que, aunque el factor de seguridad depende de los requerimientos del diseño, y del diseño del producto en sí. El esfuerzo de trabajo sea la mitad del esfuerzo máximo permisible del acero usado. Entre más alto el factor de seguridad, más seguro es el soporte.

**Tabla 3.6** Información del análisis

Nº	Part Name	Element Type	Material Name
<u>1</u>	Muela simulación 1 (Redondeo7)	Brick	ASTM A36 Steel, bar
<u>2</u>	muela simulación 1 (Cortar-Extruir20)	Brick	ASTM A36 Steel, bar

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

**Tabla 3.7** Acero ASTM A36, bar-componente

Modelo de material	Standard
Material de origen	Autodesk Simulation Material Library
Material de origen (archivo)	C:\Program Files\Autodesk\Algor Simulation 2012\matlibs\algor.mat.mlb
Fecha de la última actualización	2004/10/28-16:02:00
Descripción del material	Ninguno
Densidad de la masa	7.85e-009 N·s <sup>2</sup> /mm/mm <sup>3</sup>
Modulo de elasticidad	200000 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de poisson	0.26
Modulo elástico de cizalladura	79300 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	0 1/°C

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

### 3) Cargas

**Tabla 3.8** Carga aplicada

ID	Description	Part ID	Surface ID	Magnitude (N)	Vx	Vy	Vz
1	Muela1	1	1	2750.76500	0.00	0.00	0.00

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

### 3.4 Equipos, Herramientas y Materiales usados para la Construcción

#### ❖ Equipo de protección

Para empezar con el proceso de construcción del soporte se debe tomar en cuenta las medidas de protección y seguridad para no tener ningún percance durante la realización del trabajo. Y este equipo de protección consta de:

- ✓ Guantes anti corte
- ✓ Gafas protectoras
- ✓ Zapatos punta de acero
- ✓ Overol
- ✓ Protector para los oídos
- ✓ Careta o casco de soldadura



**Figura 3.8:** Kit de protección personal

**Fuente:** Investigación de campo

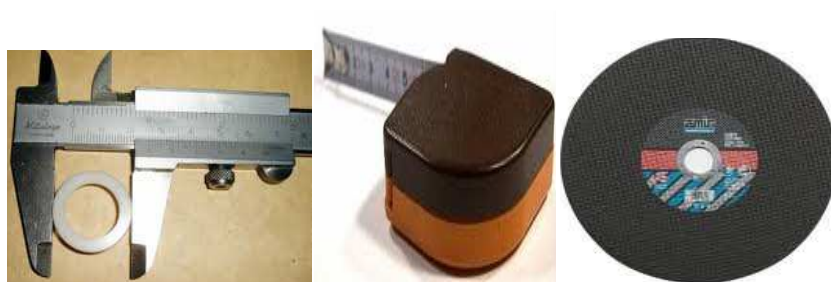
#### ❖ Herramientas

Las herramientas que se utilizó para la construcción son del tipo industrial y fue de gran ayuda para trabajos específicos, estas son:

- ✓ Discos de corte
- ✓ Disco de desbaste



- ✓ Playo de presión
- ✓ Alicata de presión
- ✓ Nivel
- ✓ Flexómetro
- ✓ Escuadra
- ✓ Tiza industrial
- ✓ Pie de rey
- ✓ Llaves # 13,14 y 15



**Figura 3.9:** Conjunto de herramientas para construcción

**Fuente:** Investigación de campo

### ❖ Máquinas

Las máquinas empleadas en la construcción y elaboración de este proyecto son:

- ✓ Soldadora
- ✓ Amoladora
- ✓ Taladro
- ✓ Compresor
- ✓ Pistola de pintura



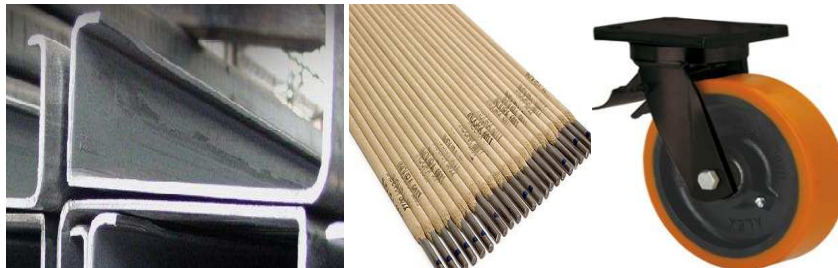
**Figura 3.10:** Máquinas para construcción

**Fuente:** Investigación de campo

### ❖ Materiales a utilizar

Los materiales que se utilizaron fueron los siguientes:

- ✓ Electrodo
- ✓ Perfiles estructurales tipo G
- ✓ Ruedas o garruchas industriales
- ✓ Pintura amarilla
- ✓ Anticorrosivo
- ✓ Broca para acero
- ✓ Pernos para sujeción



**Figura 3.11:** Los materiales utilizados para construir

**Fuente:** Investigación de campo

### 3.5 Construcción del Soporte

Después del análisis de las opciones disponibles y una vez verificado el comportamiento físico de la estructura se procede a elegir el material para la construcción, el cual fue el perfil “G” obtenidos de la proveedora DIPAC, para economizar gastos. Para el presente trabajo se compró dos unidades de perfil “G”, siendo un total de 12 m, los cuales se procedió a marcar las diferentes distancias donde se realizarían los cortes comenzando por uno de los extremos, para aprovechar cada uno de sus espacios sobrantes.

**Tabla 3.9** Medidas del perfil “G” para la construcción

<b>CANTIDAD</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>TOTAL</b>
4	80 cm	320 cm
4	25 cm	100 cm
4	27.5 cm	110 cm
4	10 cm	40 cm
4	15 cm	60 cm
2	62 cm	124 cm
2	45 cm	90 cm
2	68 cm	136 cm
2	88 cm	176 cm
2	22cm	44 cm

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

### **3.5.1 Orden de Construcción**

- **Proceso de construcción de la estructura del soporte**

Se procedió a realizar la medición del mismo y se empezó a realizar pequeños cortes para hacer un doblado y formar la estructura.

Además de colocar y asegurar el disco de corte en la amoladora para iniciar a cortar el material.

Se debe tomar muy en cuenta la protección al momento de hacer el corte ya que las limallas que se desprende del material al momento de cortar suelen ingresar a los ojos, es recomendable usar gafas de protección y guantes.



**Figura 3.12:** Corte del material

**Fuente:** Investigación de campo

Se empezó cortando: dos segmentos del material, cada uno de 62cm; dos segmentos de 46.5cm y cuatro segmentos de 80cm los mismos se los adecuó para le estructura es decir la base e inmediatamente se procedió a soldar.



**Figura 3.13:** Material Cortado

**Fuente:** Investigación de campo

Partimos desde la realización de su base colocando los perfiles “G” de tal forma que su estructura coincida con respecto a sus distancias y forma de tipo hexagonal.

Utilizando la escuadra, nivel y playos de presión para unir el material y que no se deformen o no se desenganchen al momento de realizar el proceso de soldadura.

En el proceso de soldadura no se soldó por completo, ya que primero se debe cerciorar que la estructura esté unida para posteriormente soldar por completo.



**Figura 3.14:** Soldadura del material

**Fuente:** Investigación de campo

Una vez soldado los ocho segmentos del perfil en sus respectivos puntos se verificó con el flexómetro y el nivel su medida original de corte además de observar que estén en ángulo recto.



**Figura 3.15:** Material soldado

**Fuente:** Investigación de campo

Luego se procedió a realizar una nueva medición al perfil, con la amoladora y el disco de corte se hizo cortes nuevos, cuatro segmentos de material para instalarlos en la base de la estructura.

Se procedió a realizar la soldadura respectiva a los segmentos cortados para darle forma a la estructura base del soporte.



**Figura 3.16:** Segmentos soldados a la estructura

**Fuente:** Investigación de campo

Se soldó los segmentos del perfil que se cortó en la base principal de la estructura.

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

Con la ayuda del playo de presión, el cual mantiene las partes a unir estables para proceder a la unión mediante soldadura con el método punto de suelda, ayudándonos a armar la estructura y se procede a unir en su totalidad mediante la suelda las partes que quedaron en rellenar.



**Figura 3.17:** Soldadura completa de la estructura

**Fuente:** Investigación de campo

Ya con la estructura realizada se procedió a verificar y continuar con el trabajo propuesto.



**Figura 3.18:** Estructura del soporte

**Fuente:** Investigación de campo

- **Proceso de construcción de los puntos de sujeción del soporte**

Para esta fase de igual manera se empezó a cortar el perfil para construir los puntos de sujeción para colocar el motor.

Como van dos puntos de sujeción en la estructura, se cortó varios segmentos pequeños del perfil a utilizar.

Posteriormente procedemos a efectuar la medición y trazado del material sobrante para cortarlo y realizar las columnas en donde van los puntos de sujeción del motor de la misma manera que lo hicimos con la base del soporte.



**Figura 3.19:** Soldado de las columnas para la sujeción

**Fuente:** Investigación de campo

Una vez realizado el proceso de soldadura se procede a eliminar el exceso de material producido por la suelta, comúnmente llamado escoria, para realizarlo de una manera rápida se utilizó la amoladora con el disco de desbaste.



**Figura 3.20:** Estructura y columnas de sujeción

**Fuente:** Investigación de campo

Se procedió a medir y cortar una plancha de acero para colocarla como refuerzo en los puntos de sujeción y así tener más resistencia en éstos.





**Figura 3.21:** Medición de la plancha para las columnas de sujeción

**Fuente:** Investigación de campo

Una vez obtenida la medición de la plancha se procede a cortar y a soldar en las columnas respectivas del soporte, con la amoladora y el disco de desbaste se efectúa trabajos de esmerilado de las escorias dejadas por la suelda respectiva.



**Figura 3.22:** Soldadura y esmerilado de plancha para las columnas de sujeción

**Fuente:** Investigación de campo

Adicional a esto se efectuó trabajos para ensamblar unas denominadas muelas o sujetadores del motor, y para realizar éstos sujetadores (muelas) se procede a efectuar la medición del material para después cortarlo con la amoladora.



**Figura 3.23:** Corte de material para las muelas de sujeción

**Fuente:** Investigación de campo

Estos sujetadores del motor (muelas) irán sujetadas en las columnas del soporte por medio de un perno. Una vez hechas las muelas de sujeción del motor, en las columnas del soporte se proceden a realizar trabajos de perforación de orificios para insertar las denominadas muelas.



**Figura 3.24:** Orificios para el perno de los sujetadores del motor

**Fuente:** Investigación de campo



**Figura 3.25:** Sujetador del motor (Muelas de sujeción)

**Fuente:** Investigación de campo

Una vez ya efectuada esta operación procedemos a cortar y perforar dos platinas de 5 cm de ancho por 15 cm de largo para después soldar a cada sujetador, finalmente se une los sujetadores del motor (muelas) a las columnas y éstas con la base del soporte.



**Figura 3.26:** Sujetadores del motor (Muelas)

**Fuente:** Investigación de campo

#### ▪ **Proceso de acople de las ruedas industriales**

Seguimos con la parte inferior las cuales se trata de dos pares de ruedas las mismas que sostendrán la estructura, con un diseño para izamiento mediante un montacargas. Estos tienen una distancia de 1,25 cm de largo y 92 cm con respecto a las otras ruedas laterales.

Se realiza cuatro cortes de platinas de 10 x 8 cm, las mismas que con la ayuda del talado y una broca de acero procedemos hacer orificios para acoplarle la rueda.



**Figura 3.27:** Placas soldadas a la estructura

**Fuente:** Investigación de campo

Las ruedas que se utilizaron para el soporte, son ruedas de polipropileno marca supo ideales para de pisos de concreto, hierro fundido entre otras, con un recubrimiento de caucho duro, son de 4 pulgadas, cada rueda soporta 205 kgf de peso. Las cuatro soportarán un peso compartido de 820 kgf.



**Figura 3.28:** Ruedas Industriales para el soporte

**Fuente:** Investigación de campo

Para completar este proceso unimos por medio de suelda las placas en la base y con sus respectivos agujeros mediante pernos procedemos a acoplar las ruedas desplazables.



**Figura 3.29:** Ruedas Industriales acopladas en el soporte  
**Fuente:** Investigación de campo



**Figura 3.30:** Soporte  
**Fuente:** Investigación de campo

▪ **Proceso final de pintura**

Para realizar el proceso final de pintura del soporte se utilizaron:

- Compresor de aire
- Pistola de pintura
- Amoladora (disco de desbaste), lijas
- Tiñer
- Pintura amarilla

El proceso de pintura se empezó lijando la superficie de las estructura, con la ayuda del disco de desbaste acoplado a la amoladora, una franela humedecida de tiñer fue utilizada para limpiar el polvo metálico sobrante en el soporte y posteriormente se pintó una primera capa de pintura.

Finalmente se procede a pintarlo con un fondo anticorrosivo y pintura amarilla la misma que permitirá identificar el soporte por seguridad de las personas a ocuparlo.



**Figura 3.31:** Soporte Terminado

**Fuente:** Investigación de campo

Posteriormente se realizarán las pruebas necesarias para verificar y probar que el soporte construido para el motor Dart izquierdo del avión Fairchild FH-227 se encuentre bien estructuralmente.

### 3.5.2 Codificación de Máquinas, Herramientas y Materiales

**Tabla 3.10** Codificación de Máquinas

<b>Nº</b>	<b>Máquina</b>	<b>Características</b>	<b>Código</b>
1	Soldadora	110 – 220 V	Mq-1
2	Amoladora	110 V	Mq-2
3	Taladro	110 V	Mq-3
4	Compresor	220 V	Mq-4
5	Pistola para pintar	-	Mq-5

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

**Tabla 3.11** Codificación de Herramientas

<b>Nº</b>	<b>Herramienta</b>	<b>Código</b>
1	Calibrador pie de rey	H-1
2	Flexometro	H-2
3	Tiza industrial	H-3
4	Escuadra	H-4
5	Playo de presión	H-5
6	Disco de corte	H-6
7	Disco de desgaste	H-7
8	Nivel	H-8
9	Llaves # 13,14 y 15	H-9

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

**Tabla 3.12** Codificación de Materiales

<b>Nº</b>	<b>Material</b>	<b>Código</b>
1	Electrodos	M-1
2	Broca para acero	M-2
3	Pernos para sujeción	M-3

4	Ruedas industriales	M-4
5	Anticorrosivos	M-5
6	Pintura	M-6

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

**Tabla 3.13** Especificaciones de Construcción

Actividad	Descripción	Herramienta	Máquina	Material
1	Medición del material	1-2-4		
2	Trazado del material	3-4		
3	Corte y esmerilado del material	6-7	2	
4	Inspección de dimensiones	2-4		
5	Proceso de soldadura	5	1	1
6	Verificación de soldadura	8		
7	Medición de material para los puntos de sujeción	1-2-4		
8	Corte de material para los puntos de sujeción	6-7	2	
9	Soldadura de los puntos de sujeción	5	1	1
10	Perforación y colocación de pernos	9	3	2-3
11	Corte y medición de platinas	1-2-3-4-6-7	2	
12	Perforación de platinas	1	3	2
13	Soldadura de platinas	5	1	1
14	Colocación de ruedas	2-5-9		3-4
15	Proceso de pintado final		4-5	5-6

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse



En la tabla 3.13, detalló el proceso de construcción en función a las herramientas, máquinas y material utilizado, para lo cual se debe relacionar la información de la mencionada tabla y la que contiene las tablas del número 3.5.2.

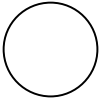
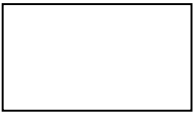
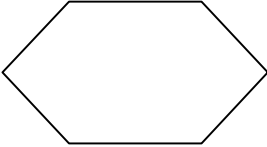
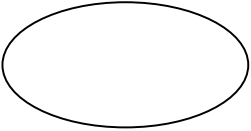
### 3.6 Diagrama de Flujo Operacional

- **Simbología del proceso de construcción.**

Para realizar la construcción del soporte se debe considerar la existencia de normas que se debe tomar en cuenta para evitar daños materiales o personales, así que la construcción será un proceso de pasos y parámetros a ser cumplidos.

En la siguiente tabla se describe la simbología que se va a utilizar para cada uno de los procesos de construcción del soporte.

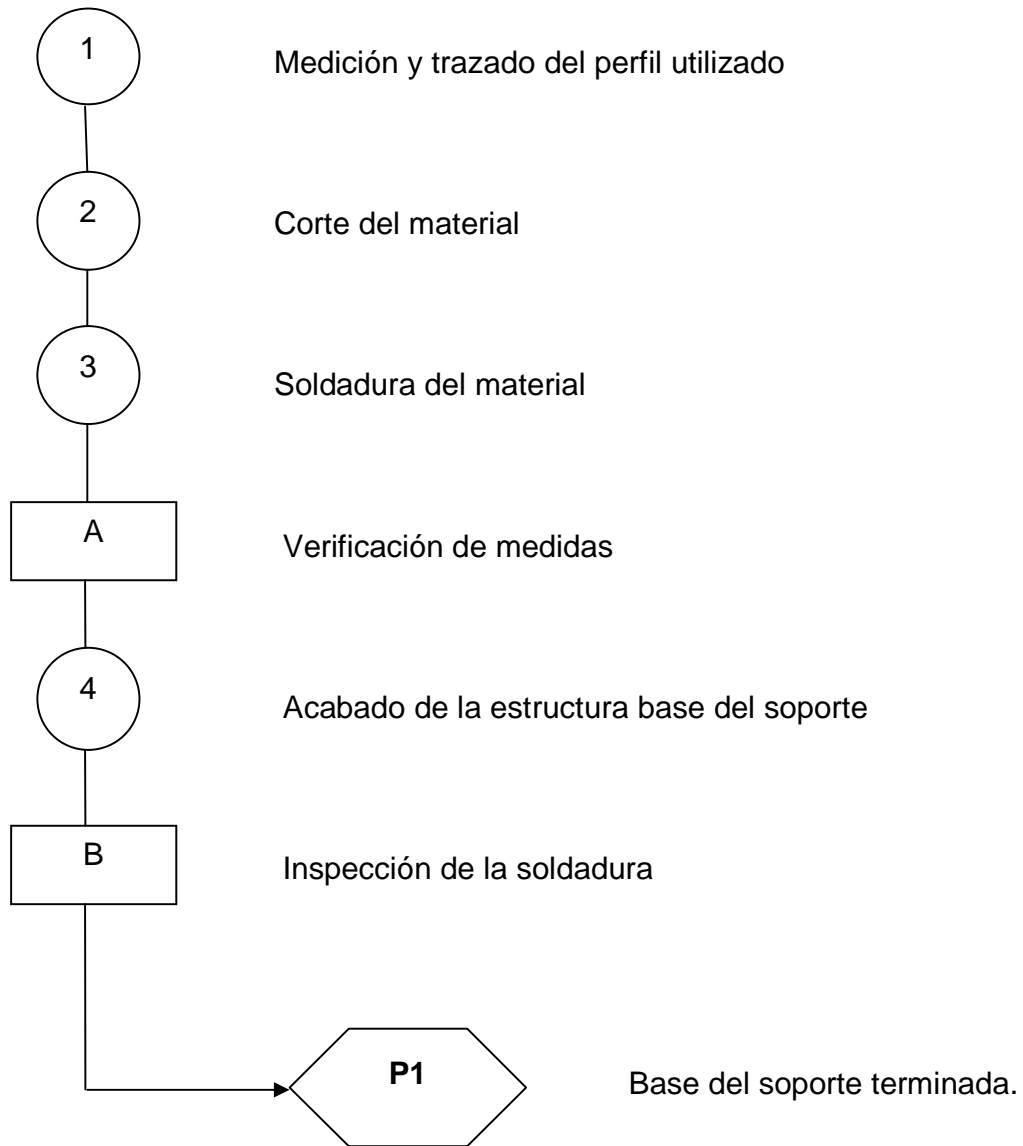
**Tabla 3.14** Simbología de los Procesos de Construcción

Nº	Simbología	Significado
1		Proceso
2		Inspección y Verificación
3		Procesos terminados
4		Ensamble
5		Conector

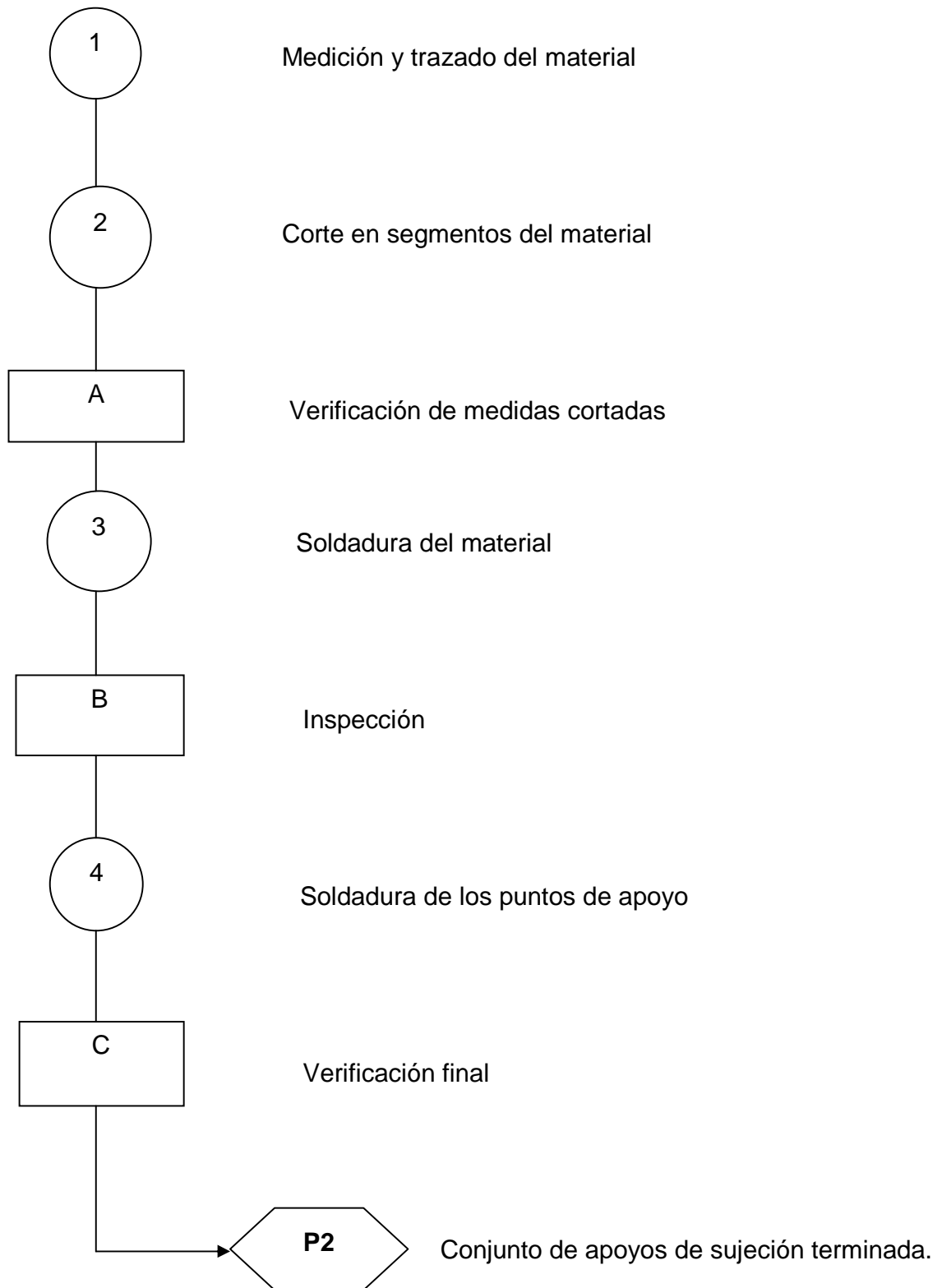
**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

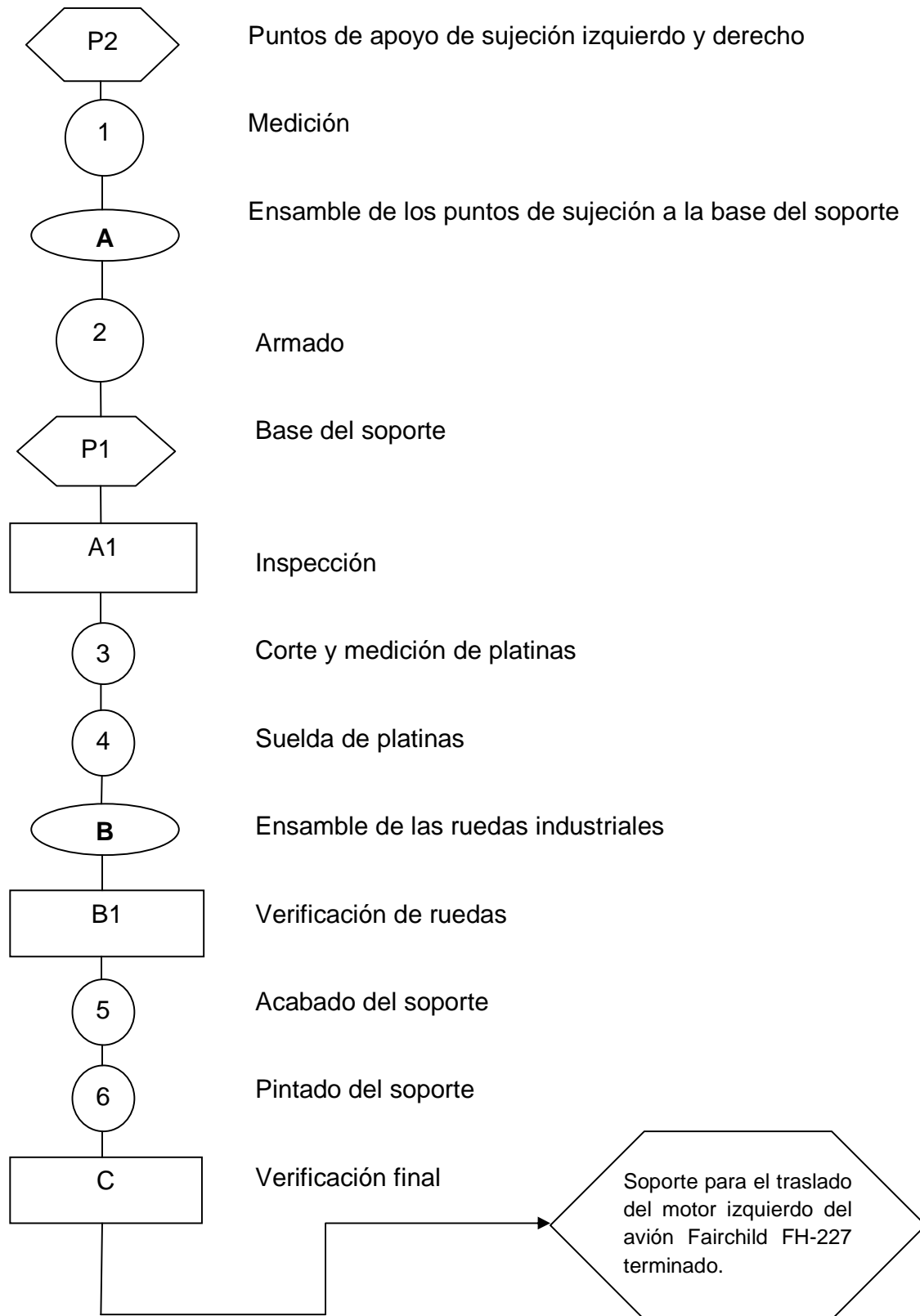
### 3.6.1 Proceso de construcción de la base del soporte



### 3.6.2 Proceso de los apoyos de sujeción del soporte



### 3.6.3 Proceso de ensamble de la estructura



### 3.7 Evaluación del Soporte

Una vez terminado la construcción del soporte se realizó pruebas con distintas cargas, e incluso con el motor Dart, el cual va a ocuparlo. Con la ayuda del teclé se procedió a colocar el motor Dart para probar que el soporte construido se encuentre apropiado para dicho motor.

**Tabla 3.15** Pruebas sometidas al soporte construido.

Nº	PRUEBAS	CUMPLE	NO CUMPLE
		SI	NO
1	Estabilidad	✓	
2	Resistencia al peso	✓	
3	Movilidad y transporte del mismo	✓	
4	Seguridad	✓	

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse



**Figura 3.32:** Soporte con el motor Dart

**Fuente:** Investigación de campo



**Figura 3.33:** Soporte terminado y con el motor Dart

**Fuente:** Investigación de campo

Con esto se demuestra que el soporte construido para el motor izquierdo del avión Fairchild FH-227, es factible y va ser de gran uso, ya que además se lo podrá trasladar de un lugar a otro sin causar daños.

Después de haber terminado con las pruebas al soporte se implementa el manual de mantenimiento del mismo con el objetivo de dar uso adecuado al soporte de una forma correcta y segura además de facilitar así su operación a desempeñar.

El Manual de Seguridad y los Manuales de Mantenimiento del soporte construido están detallados en el **Anexo C**, pág. 153.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS ECONÓMICO**

#### **4.1 Preliminar**

De acuerdo a la planificación de materiales, costos y ejecución del presente proyecto éste resulta económicamente factible.

Se describirá a continuación los costos requeridos para el desarrollo del proyecto, mediante tablas en donde consta la cantidad, detalle y el costo de cada elemento utilizado en la construcción tomando en consideración las herramientas, maquinas, pinturas, transporte, alimentación, estadía, entre otros.

Para detallar y facilitar el estudio económico de mejor manera se ha dividido en tres grupos que a continuación se especifica:

- ✓ Recursos
- ✓ Presupuesto
- ✓ Gasto total del proyecto

#### **4.1.1 Recursos:**

Se contará con el talento humano que en este caso será el apoyo del director del proyecto y el autor del mismo.

**Tabla 4.1 Recursos Humanos**

<b>Nº</b>	<b>Talento Humano</b>	<b>Denominación</b>
1	Tigse Guishcacho Nelson Reinaldo	Autor e investigador del proyecto
2	Ing. M.Sc. Eduardo Toscano Guerrero	Director del proyecto

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

#### 4.1.2 Presupuesto:

Posteriormente a los análisis económicos efectuados se deduce que los materiales adquiridos presentan sus características técnicas y financieras las cuales se necesitaban para realizar la construcción del proyecto, por lo que la realización del mismo se considera factible en relación a lo económico y beneficioso.

En la siguiente tabla se detalla los gastos con cada uno de los costos y materiales que fue necesario durante el proceso de construcción.

- Costos Primarios:

**Tabla 4.2 Costos Primarios**

<b>DESCRIPCIÓN DE MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO USD</b>	<b>COSTO TOTAL USD</b>
Perfil canal G de 80x40x15x2.0mm	2	23.00	46.00
Ruedas Industriales	4	20.00	80.00



Disco de corte de metal 7x1/16	3	1.90	5.70
Disco de desgaste de metal	1	2.20	2.20
Pernos	2	1.10	2.20
Arandela plana	4	0.21	0.84
Arandela de presión	2	0.25	0.50
Broca de acero 7/16	1	3.00	3.00
Muecas de sujeción de acero.	2	25.00	50.00
Tiza industrial	2	0.50	1.00
Electrodos	8 lbs.	2.00	16.00
Cepillo de acero	1	0.80	0.80
Brochas y Lijas de agua	-	-	8.00
Anticorrosivo	1 lt.	6.00	6.00
Pintura-Esmalte	5 lts.	2.00	10.00
Tiñer	1 lt.	2.00	2.00
Disolventes	-	-	10.00
<b>TOTAL</b>			<b>244.24</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

### 4.1.3 Gastos secundarios

Se detalla los gastos realizados aparte de la construcción del proyecto.

**Tabla 4.3** Gastos Secundarios

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO</b>
Derechos de asesoría	120.00
Cuota Proyecto del avión	700.00
Mano de obra (pintado)	25.00
Mano de obra (soldadura)	25.00
Hospedaje	128.00
Transporte	50.00
Copias, anillado, empastado	100.00
Internet e impresiones	70.00
Transporte del soporte	50.00
Varios	80.00
<b>Total</b>	<b>1.348.00</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

#### 4.1.4 Costo Total del Proyecto:

Detalla el costo final del proyecto realizado, el mismo que es asumido por el investigador.

**Tabla 4.4** Costo Total

<b>COSTOS</b>	<b>VALOR USD</b>
Primario	244.24
Secundario	1.348,00
<b>Total</b>	<b>1.592,24</b>

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** Nelson Tigse

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- ✓ Se encontró información necesaria para la realización y desarrollo del presente proyecto.
- ✓ Se planteó dos opciones para efectuar la construcción del soporte para el motor izquierdo del avión Fairchild FH-227, y mediante un proceso de evaluación y análisis se eligió la opción más eficaz para ejecutar el presente proyecto.
- ✓ Se hizo un estudio para elegir de manera apropiada el material adecuado para la estructura a construir teniendo en cuenta la seguridad y economía.
- ✓ Se construyó un soporte para el motor izquierdo del avión Fairchild FH-227 capaz de soportar la carga que posee el motor, además de facilitar el traslado del mismo hacia el campus tecnológico.
- ✓ Se elaboró manuales de mantenimiento para el soporte, teniendo como objetivo documentar y mantener las partes del mismo en buen estado, además de cuidar la seguridad de quienes lo operaran, teniendo en cuenta el adecuado estado y funcionamiento de la estructura.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda alojar al soporte en un lugar seguro mientras se realizan los trabajos de desmontaje del motor, para no tener daños al momento de colocarlo en el soporte y hacer su traslado.
- ✓ Se recomienda asegurar el motor en los puntos de sujeción del soporte verificando que este se encuentre alineado y estable.
- ✓ Se recomienda embalar el motor en el soporte para evitar accidentes físicos al momento de realizar el transporte.
- ✓ Se recomienda utilizar el soporte solo para el trabajo del motor designado y no superar el peso máximo recomendado.
- ✓ Se recomienda colocar el soporte en pisos resistentes ya sean de ladrillo, cemento, o similar; para mantenerlo seguro.
- ✓ Es necesario prestar atención al manual del soporte al momento de realizar el chequeo respectivo cada cierto tiempo.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**Aeronave.-** Es un dispositivo que es usado con la intención de ser usado para el vuelo en el aire.

**Autonomía.-** Capacidad máxima de un vehículo para efectuar un recorrido sin añadir combustible.

**Avión.-** Aerodino propulsado por motor, que debe su sustentación en vuelo principalmente a reacciones aerodinámicas ejercidas sobre superficies que permanecen fijas en determinadas condiciones de vuelo.

**Corrosión.-** Se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno.

**Desmontar.-** Desarmar, desunir las piezas de algún aparato siguiendo instrucciones establecidas y recomendadas.

**Dúctil.-** Que puede alargarse, estirarse, y adelgazarse.

**Energía Mecánica.-** Es la parte de la física que estudia el equilibrio y el movimiento de los cuerpos sometidos a la acción de fuerzas.

**Estructura.-** Es un conjunto de piezas armadas y conectadas, que se destinan a soportar y transmitir cargas temporales o definitivas, fabricadas con acero de calidad estructural o de alta resistencia.

**Kit.-** Conjunto de piezas o instrumentos que sirven para realizar alguna función o desarrollar alguna actividad.

**Material didáctico.-** Se refiere a aquellos medios y recursos que facilitan la enseñanza y el aprendizaje dentro de un contexto educativo, estimulando la función de los sentidos para acceder de manera fácil a la adquisición de conceptos, habilidades, actitudes o destrezas

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

**Mantenimiento.-** Ejecución de trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de alguna herramienta de constante uso, lo que incluye varias tareas como: reacondicionamiento, inspección, reemplazo de piezas, rectificación de defectos e incorporación de una modificación o reparación.

**Manual de Operaciones.-** Manual que contiene procedimientos, instrucciones y orientación que permiten al personal encargado de operaciones desempeñar sus obligaciones.

**Presurizar.-** Comprimir el aire en lo interior de un avión que vuela muy alto.

**Presión.-** Relación entre la fuerza ejercida por un fluido sobre una superficie y esta superficie.

**Presión atmosférica.-** La que el aire ejerce al nivel del suelo.

**Soporte o montante.-** Es una herramienta el cual mantiene al motor en una posición estable y asegurado, además de ser necesario para facilitar el transporte del mismo.

## **ABREVIATURAS**

**ITSA:** Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

**FAE:** Fuerza Aérea Ecuatoriana

**IPC:** Catalogo Ilustrado de Partes

**AWS:** Sociedad Americana de Soldadura

**ASME:** Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos

**AISC:** American Institute of Steel Construction (Instituto Americano de la Construcción en Acero).

**ASTM:** American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).

**ASTM A36:** Standard Specification for Carbon Structural Steel. (Especificación estándar para acero estructural carbón).

**Ksi:** miles de libras sobre pulgada cuadrada.

**MPa:** Mega Pascales.

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

**ISO:** International Organization for Standardization



## BIBLIOGRAFÍA

### Libros:

- ✓ Libro de Von Mises (Teoría de Von Mises)
- ✓ Shanley 1967. "Mechanics of materials".
- ✓ Gran diccionario enciclopédico visual.
- ✓ Teoría de estructuras: cálculo estructural, construcción y normativa (autor Javier Pajon Permuy)
- ✓ Mecánica de Materiales, 4ª.ed., de Ferdinand P. Beer y E. Russell Johnston, Jr.
- ✓ Diseño en Ingeniería Mecánica 4ta.ed., de Joseph Edward Shigley y Larry D. Mitchell
- ✓ Código de Dibujo Técnico-Mecánico.
- ✓ Diseño de Maquinas, 4ª.ed., de Robert L Norton

### Páginas web

- ✓ [http://www.Ingeniería rural.com](http://www.Ingeniería_rural.com)
- ✓ <http://www.uahe.es>
- ✓ <http://www.es.wikipedia.org/wiki/Perfil>
- ✓ [http://www.es.wikipedia.org/wiki/Acero\\_A36#Propiedades](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Acero_A36#Propiedades)
- ✓ <http://www.nuestratecnologia.blogspot.com>
- ✓ [http://www.tecnolowikia.wikispaces.com/Esfuerzos en los materiales II](http://www.tecnolowikia.wikispaces.com/Esfuerzos_en_los_materiales_II)
- ✓ <http://www.mastertecno-mario.blogspot.com/2011>
- ✓ <http://www.educaciontecnologica.cl/esfuerzos>
- ✓ <http://ibiguridp3.wordpress.com>
- ✓ <http://vickoant.blogspot.com>
- ✓ [http://www.tecnoficio.com/soldadura\\_electrica5](http://www.tecnoficio.com/soldadura_electrica5).
- ✓ [http://www.indura.net/productos\\_detalle.asp](http://www.indura.net/productos_detalle.asp)

# **ANEXOS**

# **Anexo A**

**COMO PRIMER ANEXO DE ESTE PROYECTO ESTA EL  
ANTEPROYECTO DE GRADO**

## **1. EL PROBLEMA**

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

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), está ubicado en la ciudad de Latacunga, dentro de su amplia oferta académica cuenta con carreras únicas a nivel nacional, y con un alto grado de preparación de los docentes y personal administrativo, brindando así a la ciudadanía ecuatoriana la posibilidad de aprender y ser parte del mundo de la aviación a través del estudio de la mecánica aeronáutica, con sus diferentes especialidades como es mención en motores de aviación y estructuras de aeronaves.

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), dentro de sus instalaciones cuenta con varios laboratorios y talleres totalmente equipados, uno de los más importantes que utilizamos en el proceso de enseñanza y aprendizaje práctico de docentes y alumnos es el laboratorio de mecánica aeronáutica mención motores (Bloque 42), el cual es básico y necesario para el aprendizaje de motores de aviación en general.

A pesar de que sus laboratorios y talleres poseen elementos necesarios para el aprendizaje y conocimiento en el campo aeronáutico, siempre es importante optar por otras formas de enseñanza como el de un avión escuela.

Con el fin de conseguir este objetivo, en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), es necesario implementar nuevos materiales didácticos actualizados como es el caso de un avión escuela, el cual será de vital importancia en la preparación académica de nuevos tecnólogos, familiarizándolos con aviones comerciales y brindándole una herramienta técnica para el buen desempeño en el campo aeronáutico.

En la actualidad existe un avión Fairchild FH-227 el cual es perfecto para ser adecuado como avión escuela en el campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA).

Para transportar un avión por tierra es preciso planificar una logística y contar con el apoyo de un grupo humano y a la vez con herramientas especiales las mismas que facilitarían el traslado del avión Fairchild FH-227, puesto que para realizar el transporte del avión por vía terrestre será necesario desmontar todos sus componentes. Siendo esta una gran oportunidad para que los alumnos del Instituto puedan colaborar e integrarse, enriqueciendo y fortaleciendo sus conocimientos mediante la manipulación de herramientas, partes y equipos aeronáuticos.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo realizar la logística y procesos técnicos para el traslado del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD, del Ala de Transporte N°11 hacia el campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA)?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Con la necesidad de mejorar la formación y preparación académica de nuevos tecnólogos del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), se lleva a cabo esta investigación, para brindar un material didáctico y tener un buen desempeño en el campo aeronáutico comercial.

Este proyecto beneficiará a los estudiantes del ITSA, ya que se mejoraran las destrezas prácticas, se logrará un mejor nivel profesional, además de mejorar la imagen institucional ya que se logrará proporcionar profesionales más preparados para la industria de la aviación.

El avión Fairchild FH-227 va ser adecuado como avión escuela en el Instituto siendo este un buen material técnico-practico en donde los alumnos reforzaran sus conocimientos para su vida profesional, para el traslado se necesita crear una herramienta especial para colocar cada una de las partes del avión desmontado, y esta herramienta será un soporte el cual permitirá el transporte del motor izquierdo del avión hasta el campus del ITSA.

#### **1.4. OBJETIVOS**

##### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL:**

- ✓ Planificar la logística y los procesos técnicos para el traslado del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD, del Ala de Transporte N°11 hacia el campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA).

##### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- ✓ Investigar y recopilar información necesaria que nos ayude a realizar el traslado por tierra del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD.
- ✓ Conocer el estado actual del avión Fairchild FH-227.
- ✓ Conocer los obstáculos que dificulta el traslado del avión.
- ✓ Analizar y determinar alternativas de ubicación.
- ✓ Analizar las fortalezas y debilidades del estado del avión.
- ✓ Indagar el tiempo de duración para el traslado del avión Fairchild FH-227.
- ✓ Construir soportes para los motores del avión Fairchild FH-227, tanto para el izquierdo como para el derecho facilitando el traslado.

## **1.5. ALCANCE**

El presente trabajo de investigación pretende ofrecer beneficios al ITSA, optimizando las diversas áreas en las que el ITSA brinda su educación académica y de manera primordial a los estudiantes e instructores de la Carrera de Mecánica Aeronáutica; tanto en su formación práctica y académica, logrando así obtener un conocimiento más amplio acerca de pasos grandes que la aviación continuamente lo hace, además facilitara a que el estudiante desarrolle su destreza practica, y se incentive en el campo aeronáutico, trazándose metas y poseer un mejor desempeño en su vida profesional.

## 2. PLAN METODOLÓGICO

### 2.1. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

No experimental, debido a que no se manipularan ninguna de las variables, ya que únicamente se observara y se recopilara la información de los adelantos que vayan ocurriendo durante el proceso de la investigación.

### 2.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN:

Se aplicaran los siguientes:

- ❖ **INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL O BIBLIOGRÁFICA:** Para elaborar el proyecto se buscara y recopilara información del manual del avión Fairchild FH-227 y libros de aviación; además de las regulaciones DGAC.
- ❖ **INVESTIGACIÓN DE CAMPO:** El presente proyecto se va a recopilar información en el lugar donde se su citan los hechos; es decir en donde se desarrollara la investigación.

### 2.3. NIVELES DE INVESTIGACIÓN:

- ❖ **NIVEL EXPLORATORIA:** Porque se hace revisión bibliográfica y nos ayuda a explorar el fenómeno de investigación.
- ❖ **NIVEL DESCRIPTIVA:** Porque se realiza una investigación de campo que permite al investigador describir lo que sucede con el fenómeno de la investigación, y también debido a que ya existe conocimiento del problema y no es ajeno a nuestra realidad. Este nivel dará resultados más profundos y ayudara a encontrar las diferentes soluciones necesarias.



## **2.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Para realizar un correcto procesamiento y análisis de la información se realizara por medio de la observación la cual será de gran ayuda para optimizar tiempo y obtener resultados positivos.

### **2.4.1. TÉCNICAS:**

- **Bibliográfica.-** Para recolectar información complementaria acerca de estudios que se realizaran ya sea por medio del internet u otros registros concernientes a la investigación.
- **De campo:**
  - **Observación.-** La observación ayudara a conseguir un registro sistemático de las tareas que se deban realizar en los sitios en donde se va a desarrollar la investigación, para que sea el complemento idóneo de enseñanza teórica de la Carrera de Mecánica Aeronáutica.

### **2.5. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN:**

La información para el presente trabajo de investigación se obtendrá una vez recolectada la información y eliminando la información defectuosa, de esta forma se obtendrá una información detallada acorde con la investigación.

### **2.6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:**

Los resultados serán analizados de acuerdo a la información de la observación y los datos obtenidos se presentaran en forma escrita. Esta información servirá para buscar una solución adecuada al problema investigado.

### **2.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

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

### **3. EJECUCIÓN DEL PLAN METODOLÓGICO**

#### **3.1. MARCO TEÓRICO**

##### **3.1.1. ANTECEDENTES**

En el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), no existe ningún antecedente concerniente a la investigación, es por ello que va ser la primera vez que se realiza un proyecto de esta índole.

Además que para la realización de este estudio y el análisis del mismo recurriremos a los manuales propios del avión Fairchild FH-227, como el manual de mantenimiento, el Catalogo Ilustrado de Partes (IPC), el manual Dart de los motores del avión, entre otros; puesto que son una herramienta de gran importancia ya que en ellos se detallan todas las partes de la aeronave, y serán importantes para realizar de mejor manera el proceso de investigación.

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, actualmente está equipado con diferentes laboratorios con fines didácticos, permitiendo al estudiante realizar sus prácticas estudiantiles en el taller de motores conocido como Bloque 42, el mismo que consta de maquetas didácticas, motores y equipos aeronáuticos, permitiéndoles obtener un mejor conocimiento y desempeño técnico para ser más competitivos en el mundo laboral cada día más exigente, y facilitar así su labor y poder aprender cada vez más acerca del maravilloso mundo de la aviación.

Actualmente la aviación se va modernizando por medio de la tecnología día tras día y hay que optar por otras técnicas de enseñanza, obligando a Instituciones educativas de Aviación a innovarse y a ser mucho más competitivas; por lo cual el ITSA se ve obligado a modernizarse adquiriendo nueva tecnología y optando por nuevas maneras de enseñanza, y una de estas nuevas opciones es la adquisición de un avión escuela y por medio del mismo los estudiantes podrán manipular y practicar, consiguiendo así un mejor conocimiento tanto práctico como teórico.

### **3.1.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **3.1.2.1. INTRODUCCIÓN:**

Las relaciones entre Fokker y Fairchild comienzan hacia el año 1952. Ambos constructores habían trabajado anteriormente en la búsqueda de un avión que lograra remplazar el DC-3. En un principio Fairchild logra obtener la licencia de fabricación de los aviones de entrenamiento Fokker S.11, S.12 y S.14. Fairchild desarrolla versiones propias, como la F-27F (un avión VIP en configuración ejecutiva), el F-27J, más pesado y remotorizado con Dart Mk 532-7.

En 1964 Fairchild se fusiona con el fabricante Hiller, creando así la Fairchild Hiller Corporation y comienzan los estudios de desarrollo para un avión de mayor capacidad, siempre utilizando como base de desarrollo el Fokker F-27 y su planta motriz Rolls-Royce Dart. Se cambia la denominación de los aviones producidos, que en el futuro se llamarán FH-227.

#### **3.1.2.2. DESARROLLO DEL FH-227:**



**Figura 3.1:** Fairchild-Hiller FH-227B

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. Estos modelos iniciales fueron motorizados con Dart 532-7, los mismos motores de los F-27J.

El objetivo básico de la Fairchild Hiller era lograr un avión que fuera económicamente rentable, fiable y de fácil operación para las aerolíneas regionales. El primer aparato realizó su primer vuelo el 27 de enero de 1966, recibió la certificación de la FAA en junio del mismo año.

### 3.1.2.3. Versiones:

**Tabla 3.1** Versiones del avión Fairchild

<b>Aviones</b>	<b>Versión inicial motorizada</b>	<b>Peso máximo en despegue</b>
<b>FH-227</b>	Dart 7 Mk 532-7 de 2.250 cv / reduction gear de 0.093:1.	19.730 kg (43.500 lbs).
<b>FH-227B</b>	Dart Mk 532-7L de 2.250 cv	20.640 kg (45.500 lbs).
<b>FH-227C</b>	Dart Mk 532-7L de 2.250 cv	20.640 kg (45.500 lbs).
<b>FH-227D</b>	Dart 7 532-7C o Dart 7 Mk 532-7L de 2.300 cv / reduction gear de 0.093:1	20.640 kg (45.500 lbs).
<b>FH-227E</b>	Dart 7 Mk 532-7L de 2.300 cv.	19.730 kg (43.500 lbs).

**Fuente:** www.Fairchild.com

**Elaborado por:** Investigador

### 3.1.2.4. PRODUCCIÓN:

Los números de constructor de Fairchild Hiller van de C/N 501 al C/N 579, dando una producción de 78 aviones FH-227. Muchos de estos aviones fueron modificados a lo largo de su vida útil y pasaron de ser por ejemplo, convertidos de FH-227 a FH-227B u otras posibilidades según los deseos de los operadores. Pero en términos generales la producción puede dividirse en:

**Cuadro 3.1** Producción del FH

<b>FH-227</b>	33 aviones
<b>FH-227B</b>	37 aviones
<b>FH-227D</b>	8 aviones

**Fuente:** www.Fairchild.com

**Elaborado por:** Investigador

### 3.1.2.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE FAIRCHILD HILLER FH-227:

El **FH-227** fue un derivado del transporte civil holandés Fokker F27 construido bajo licencia por la Fairchild Hiller.



**Figura 3.2:** Dos Fairchild Hiller 227 del Vuelo 571 de la Fuerza Aérea Uruguaya

#### **Cuadro 3.2** 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>Producción</b>	78 modelos FH-227
<b>Desarrollo del...</b>	Fokker F27
<b>Usuarios principales</b>	Fuerza Aérea Uruguaya, Aces Colombia, Marina Peruana
<b>Estado</b>	Algunos ejemplares aun en servicio

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

Elaborado por: Investigador

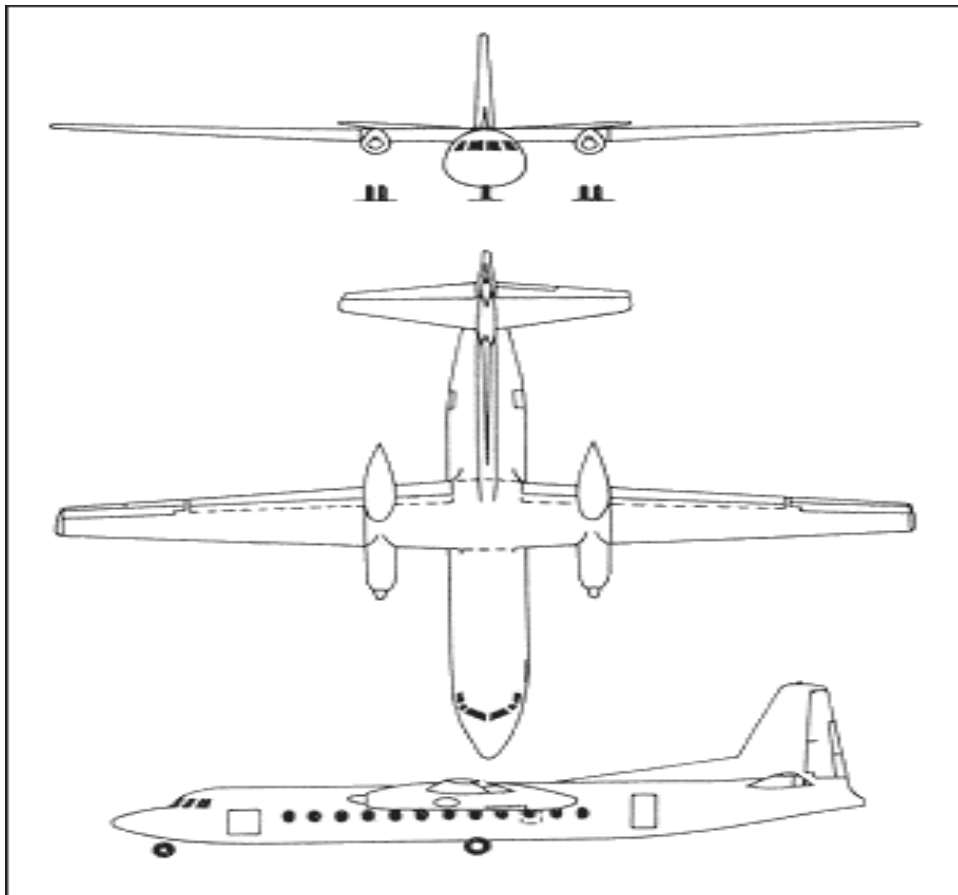
### 3.1.2.6. DIMENSIONES DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227

#### **Dimensiones**

- Longitud: 25,50 m
- Envergadura alar: 29 m
- Altura: 8,41 m

## Pesos

- **Máximo al despegue(MTOW):** 20.640 kg (45.500 lbs)
- **Máximo al aterrizaje(MLW):** 20.410 kg (45.000 lbs)
- **Vacío(ZFW):** 18.600 kg (41.000 lbs)
- **Planta motriz:** 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° en el arranque y 905° en la fase de despegue por cinco minutos.
- **Hélices:** 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°.



## Prestaciones

- **Velocidad máxima(Vne):** 259 kts (478 km/h)
- **Velocidad de crucero:** 220 kts (407 km/h)
- **Velocidad máxima de operación(Vmo):** 227 kts( 420 km/h) a 19.000 ft
- **Velocidad de extracción de flaps(Vfe):** 140 kts (259 kph)
- **Velocidad de operación del tren de aterrizaje:**170 kts (314 km/h)
- **Velocidad mínima de control:** 90 kts (166 kph) (sin tren ni flaps abajo)
- **Velocidad mínima de control:** 85 kts (157 kph) (todo abajo, dependiendo peso)
- **Flaps:** 7 posiciones
- **Combustible:** 5.150 l (1.364 galones)
- **Consumo:** 202 gal/hora
- **Máxima autonomía:** 2.661 km (1.437 nm)
- **Techo de servicio:** 8.535 m
- **Tripulación:** 2
- **Pasajeros:** 48 a 52
- **Carga útil:** 6.180 kg(13.626 lbs)
- **Producción:** de 1966 a 1972 (cierre de la producción)
- **Ejemplares producidos:** 78

### 3.1.2.7. MOTOR DE AVIACIÓN.

En la actualidad de la joven aviación se puede prever que la tecnología y los avances en el performance de las aeronaves cada día se han ido perfeccionándose en habilidades y diseños más seguros para tener vuelos más tranquilos y rápidos pero debido a esta investigación en proceso, nos basaremos en el modelo aeronáutico del FH-227 el cual usa el tipo de motor aeronáutico de turbohélice.

El tipo de Motor Turbohélice, produce dos tipos de empuje, uno con la hélice tractora y el otro a través del escape. No pueden alcanzar velocidades muy elevadas de

vuelo porque la punta de la hélice puede llegar a la velocidad de desprendimiento del aire.

Se emplean turbohélices en aviones de no muy altas velocidades, como transporte militar o regional civil (El Lockheedm,C-130 Hércules es un exitoso ejemplo de lo que el motor turbohélice ha constituido para los transportes aéreos medianos, también se encuentran las versiones en turbohélice que varios fabricantes de aeronaves de aviación general ofrecieron al público como el Cessna 441 Conquest, el Piper PA-42 Cheyenne IIIA, o el Piper PA-46T Malibu; así mismo Beechcraft tiene los bimotores de serie King Air. La aplicación del turbohélice también se ha extendido a aviones militares de entrenamiento y/o ataque como el Embraer EMB 314 Super Tucano, el Beechcraft T-34C Mentor o el FMA IA-58 Pucará, en este caso un bimotor).



**Figura 3.3:** Aviones con Motor turbohélice (C-130, Cessna 404)

**Turbohélice.**-También llamado turboprop. Estos motores no basan su ciclo operativo en la producción de potencia a partir del empuje de los gases que circulan a través de ellos, sino que la potencia que producen se usa para mover una hélice. De manera similar a los turbofan, los gases de la turbina se emplean en su totalidad para mover en este caso una hélice que genera el empuje necesario para propulsar la aeronave.

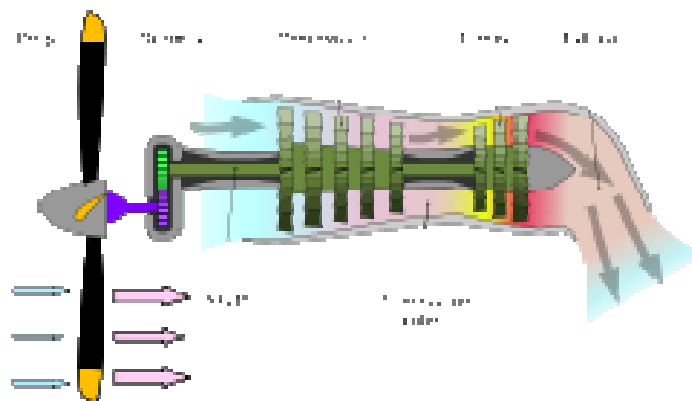


Esto se logra mediante una caja reductora de engranajes, ya que las velocidades de operación de un Turboprop son superiores a las 10.000 RPM, demasiado rápido para una hélice. Al igual que en la mayoría de motores recíprocos, los motores cuentan con gobernadores que mantienen fija la velocidad de la hélice y regulan el paso de sus palas (constant speed, variable pitch propeller).

La potencia de los motores turbohélice se mide en **turbocaballos** o **SHP** (shafted horse power).

El turbohélice más complejo y potente existente en el mundo es el Kuznetsov NK-12MA, el cual produce 15.000hp. Y solo los turbohélices Progress D-27 y el Europrop TP400 más recientes se le acercan.

Alrededor de un 90% de la energía de los gases expandidos se absorbe en la parte de la turbina que mueve la hélice y el 10% restante se emplea para acelerar el chorro de gases de escape; esto hace que el chorro solo suponga una pequeña parte del empuje total.



**Figura 3.4:** Secciones del Motor Turbohélíce

Las características y usos del turbohélíce:

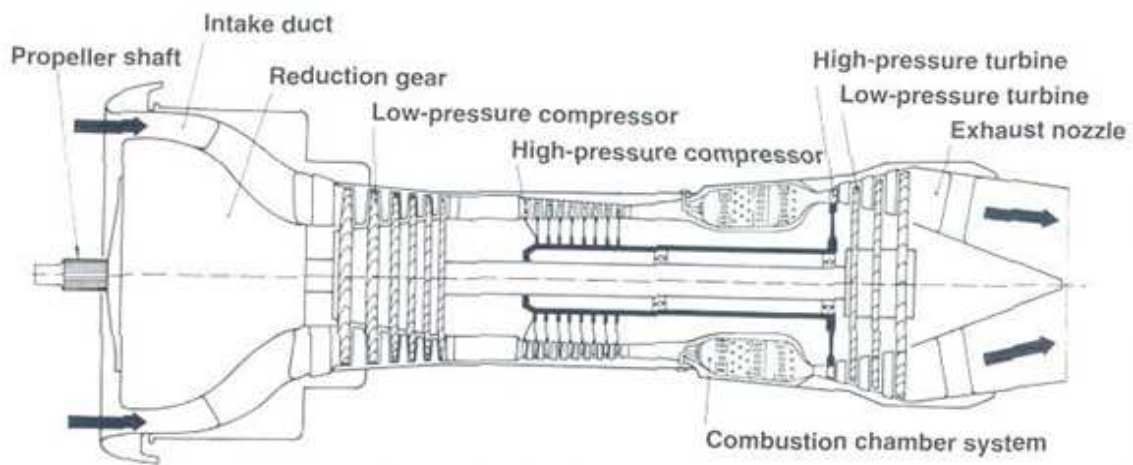
- ✓ Alto rendimiento propulsivo a bajas velocidades, lo cual resulta en cortas carreras de despegue pero que disminuye rápidamente a medida que la velocidad aumenta. El motor es capaz de desarrollar alto empuje a bajas

velocidades porque la hélice puede acelerar grandes cantidades de aire a partir de velocidad 0 hacia delante del avión.

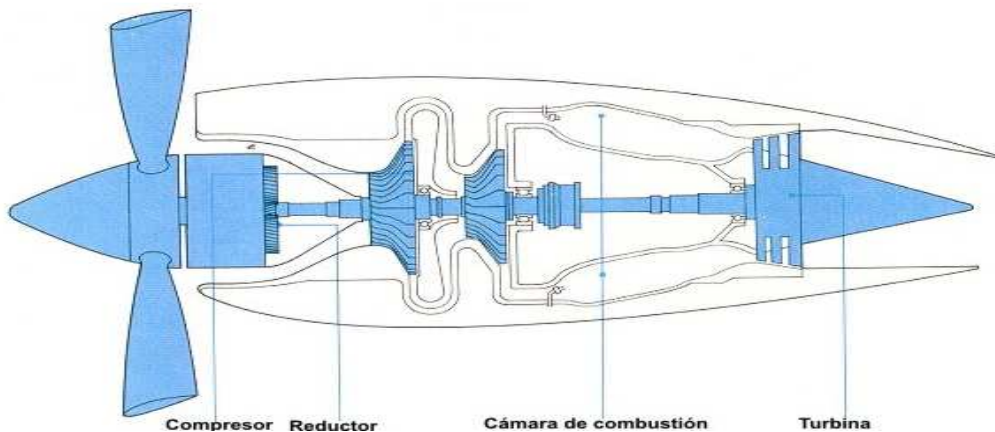
- ✓ Tiene un diseño más complicado y es más pesado que un turboreactor.
- ✓ Un consumo específico de combustible (TSFC) más bajo que el del turboreactor.
- ✓ Combinación motor y hélice con mayor área frontal lo cual necesita trenes de aterrizaje mayores para los aviones de ala baja, pero que no necesariamente aumenta la resistencia parasitaria.
- ✓ Posibilidad de empuje inverso eficaz.

Estas características demuestran que los motores turbohélices son superiores para despegar con cargas pesadas en pistas de longitud corta y media. Normalmente los turbohélices están limitados en velocidades hasta aproximadamente 500 mph (805 km/h), ya que el rendimiento de la hélice cae rápidamente con velocidades mayores a causa de la formación de ondas de choque.

Investigadores en la Hamilton Standard division of United Technologies Corporation y otros están intentando superar, o ampliar esta limitación experimentando con hélices multipalas de cuerda ancha y diámetro pequeño, que dicen ser más rentables que el turbofan de gran relación de paso, con un 20 por ciento de reducción en el consumo específico de combustible.



**Figura 3.5:** Partes del motor Turbohélice



**Figura 3.6:** Secciones del motor

El motor turbopropulsor típico puede descomponerse en conjuntos como:

1. El conjunto de la sección de potencia, que comprende los componentes principales usuales de los motores de turbina de gas (compresor, cámara de combustión, turbina, y la sección de escape).
2. El conjunto de la caja o engranaje del reductor que contiene aquellas secciones peculiares para las configuraciones de turbopropulsor.
3. El conjunto medidor de torque, usado para indicar la potencia desarrollada por el motor turbopropulsor. El torque del motor o momento de torsión es proporcional a los caballos de potencia y se transmite a través del reductor de la hélice.
4. El conjunto de arrastre de accesorios.

Atendiendo a la forma en que la hélice recibe el movimiento, los turbopropulsores pueden ser:

- De turbina libre.
- De turbina ligada.

Mientras que el diseño básico de un turbopropulsor es similar a un turbojet puro, principalmente difiere en:

- una turbina adicional para arrastrar a la hélice.
- una disposición de dos conjuntos de rotación.

- un engranaje reductor para convertir la alta velocidad rotacional de la turbina en una velocidad más moderada para la hélice.

Un turborreactor está diseñado para acelerar una masa de flujo de aire relativamente baja a una alta velocidad de escape, inversamente, un **turbohélice** está diseñado para acelerar una gran masa de flujo de aire a baja velocidad. Esto como resultado nos da un rendimiento de combustible inmejorable, aunque a costa de la velocidad de vuelo y el ruido en cabina.

El ciclo termodinámico en el turbohélice se obtiene por medio de la tracción de la hélice que recibe la energía procedente de la aplicada a la turbina que la mueve.

La velocidad de salida de los gases de escape es pues ya muy reducida, porque la energía cinética de los gases en la expansión ha sido captada casi en su totalidad por las turbinas para mover al compresor o compresores y la hélice.

Solo un pequeño empuje residual se obtiene en el turborreactor base, procedente de la energía que aún queda en la expansión después de la última turbina, pero este empuje es muy pequeño comparado con la tracción de la hélice.

La energía obtenida en un turbohélice se puede expresar en forma de potencia transmitida al árbol de la hélice.

En un turbohélice funcionando pero estando aun en reposo, hay una verdadera potencia en el árbol de la hélice de forma similar a la de los motores alternativos, esto es, potencia disponible. La cual se puede medir mediante un freno.

### 3.1.2.8. MOTOR ESTUDIADO:



**Figura 3.7:** Motor Rolls-Royce Dart

El Rolls-Royce RB.53 Dart fue un diseño de turbohélice británico de larga vida, fabricado por Rolls Royce Limited. Entró en producción a fines de los 40, equipando en principio el Vickers Viscount, que voló por primera vez en 1948.

El Dart (toma su nombre del río inglés) se mantuvo en producción hasta 1987, cuando los últimos F-27 y H.S. 748 fueron fabricados. Motorizó a varios modelos europeos y japoneses en las décadas de 1950 y 1960, incluyendo:

- Armstrong Whitworth AW.660 Argosy, transporte de medio alcance (variante C Mk 1)
- Avro 748 Feeder
- Breguet Alizé, avión antisubmarino: Dart RDa 21 de 1950 hp con inyección de agua/metanol
- Fokker F27
- NAMC YS-11, diseño japonés, de alcance medio/corto
- Algunos transportes Douglas DC-3 fueron modificados con motores Darts.

La potencia de salida era de alrededor de 1500 hp (1120 kW) en las primeras versiones, y cerca del doble en las últimas, como la que equipó al NAMC YS-11 para las líneas aéreas. Algunas versiones tenían incorporada la inyección de

agua/metanol, que actuaba como un restaurador de energía en condiciones de altura y calor.

### Características Generales:

**Cuadro 3.3** Características del Dart

6. Tipo	Turbohélice
7. Compresor	Centrífugo de dos etapas
8. Combustión	7 cámaras
9. Turbina	3 etapas
10. Combustible	Kerosene

Fuente: [www.roll Royce.com](http://www.roll Royce.com)

Elaborado por: Investigador

### Performance:

**Cuadro 3.4** Performance del motor

Potencia	1800 shp
Compresión	5,4:1
Consumo de aire	9,7 kg/s

Fuente: [www.roll Royce.com](http://www.roll Royce.com)

Elaborado por: Investigador

Un desarrollo muy prolijo de la Rolls-Royce.

#### **3.1.2.9. SOPORTE PARA EL MOTOR ROLL-ROYCE DART**

Para el desmontaje de los motores tanto para el derecho como para el izquierdo, los soportes son muy necesarios, puesto que los mismos ayudaran al motor a no sufrir ningún daño ni desperfecto físico.

El soporte o montante es una herramienta el cual mantiene al motor en una posición estable y asegurado, además de ser necesario para facilitar el transporte del mismo.

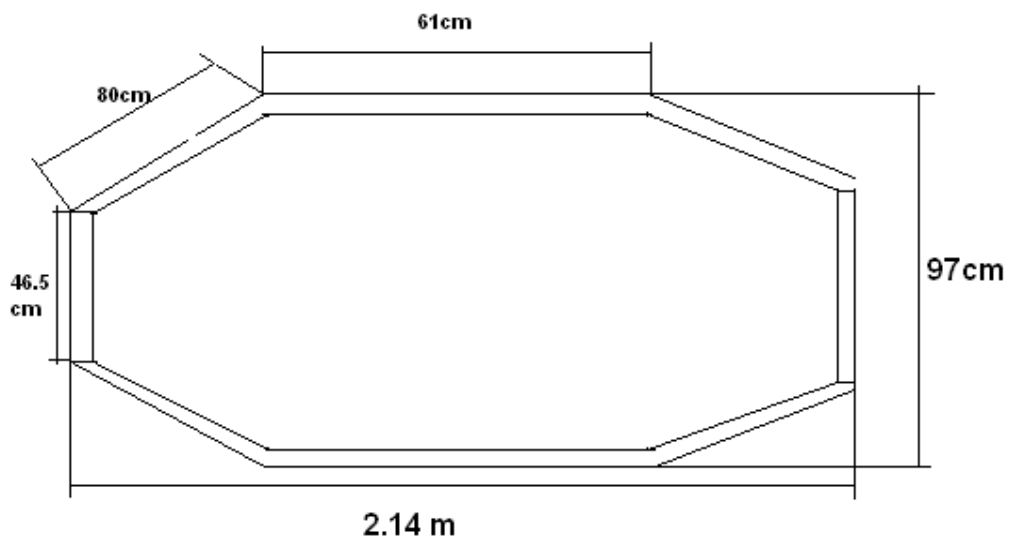
En la actualidad existen una gran variedad de tipos de soportes para instalar al motor una vez que el mismo sea desmontado, además que depende del tipo del motor a utilizarse. Para el presente proyecto se construirá un soporte para el motor Turbohélice Roll-Royce Dart 532-7, del avión Fairchild FH-227; fabricado por la compañía Roll-Royce.

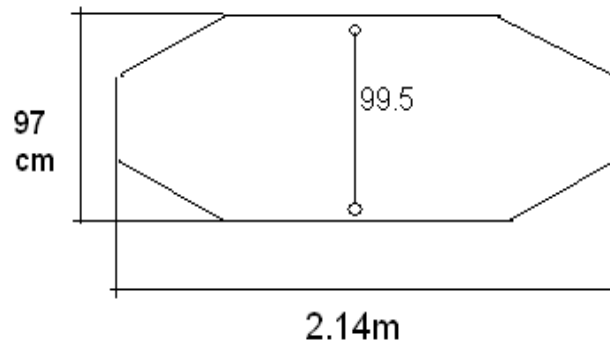
**Material:**

Se construirá un soporte para el motor izquierdo del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD. Este soporte será construido a base de hierro-metálico, soportando el peso de más o menos 35Lb.Ft a 100Lb.Ft.

Con unas extensiones de 2.14m de largo, 97cm de ancho y con una altura de 41cm. Soporte el cual servirá de gran ayuda para el traslado del motor izquierdo del avión Fairchild FH-227.

**Esquema:**





**Figura 3.8:** Soporte para un motor Rolls-Royce (Dart)

### Recomendaciones:

- Nunca superar el peso máximo recomendado para cada soporte.
- Todos los soportes deben colocarse sobre la superficie o lugar recomendado.
- Los soportes NO pueden utilizarse sobre escayola, falsos pisos, etc. Siempre sobre pisos resistentes ya sean de ladrillo, cemento, o similar.



**Figura 3.10:** Soporte con el motor Rolls-Royce (Dart)



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

### **3.2.1.1 De Campo:**

La investigación de campo me permitió conocer que en la Base de Transporte Aéreo, Ala de Transporte N°11 del aeropuerto de la ciudad de Quito se encuentra el avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD en condiciones favorables como para ser adecuado como avión escuela en el campus tecnológico, además de constatar que el avión posee sus manuales tanto de mantenimiento, de vuelo, IPC, ordenes técnicas entre otras.

- ❖ **Descripción de las respectivas imágenes de la investigación, tomadas del lugar de los acontecimientos:**



**Figura 3.11: Avión Fairchild FH-227.**

Como se aprecia a simple vista en la figura, el avión Fairchild FH-227 se encuentra con sus diferentes componentes como son sus motores y hélices respectivamente, alas, trenes de aterrizaje, estabilizadores tanto vertical como horizontal. Respecto a la estructura del avión están en perfectas condiciones, posee los cobertores para la toma de admisión de sus dos motores, y la barra del remolque es propia de la aeronave.

### Características:

- Avión de Ala alta.
- Bimotor con Hélices tipo cuatri-pala respectivamente.
- Tren de aterrizaje retráctil de tipo triciclo.



**Figura 3.12: Avión Fairchild FH-227(motor, fuselaje, alas).**

Como se observa en la figura, los motores están alojados en las alas además estos posan en sus trenes, las alas cuentan con sus perfiles aerodinámicos de control como: alerones, flaps, se observa un detalle importante el cual no presentan corrosión, están en buen estado.



**Figura 3.14: Trenes de Aterrizaje.**

Los trenes de aterrizaje del Avión Fairchild FH-227 están en buen estado, son de tipo triciclo retráctil, en estos se encuentran las cañerías en sus posiciones seguras y no existe ningún tipo de anomalías ni fallas, además se constato que no ha ocurrido alguna fuga o derrame de líquido hidráulico en su tiempo de inoperatividad.



**Figura 3.15: Empenaje del Avión Fairchild FH-227**

El timón de profundidad y de dirección se encuentra en buenas condiciones, además que los mismos no presentan corrosión alguna.



**Figura 3.16: Cabina del Avión Fairchild FH-227**

La cabina del avión está en perfectas condiciones y es totalmente completa ya que cuenta con todos sus paneles e instrumentos de navegación, equipos de radio, con sus dos cabrillas y asientos para el piloto y copiloto, adicional a esto no presenta fisura en el parabrisas.



**Figura 3.17: El interior del Avión Fairchild FH-227**

En el interior de la aeronave se constato que sus asientos están en estado regular por los años de uso que haya tenido, además un baño en condiciones desfavorables. En general sus condiciones son regulares, debe readequarse el interior de la aeronave.



**Figura 3.18: El interior del Avión Fairchild FH-227**

También se logro constatar que en el interior de la aeronave se encuentran algunas especificaciones de la misma y copias de sus manuales y partes; además se encuentran algunas herramientas y equipos de apoyo.

## SITIO DE UBICACIÓN DEL AVIÓN EN EL CAMPUS DEL ITSA

### Obstáculos:

- ❖ Desniveles en la ruta.
- ❖ Tendido eléctrico, el internet, el tv cable y las obras publicas.

### Necesidad:

- Infraestructura operativa como: soportes, eslingas, herramientas especiales, escaleras, etc.

Al avión Fairchild FH-227 se lo colocaría en la parte sur-oeste respecto al bloque 42 del ITSA.



**Figura 3.19: Sitio de ubicación para el avión**

### 3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

- **INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL O BIBLIOGRÁFICA:** La información se obtuvo de libros y manuales técnicos del avión Fairchild FH-227, como el manual general de mantenimiento, el Catalogo Ilustrado de Partes (IPC), manuales de overhaul, y los manuales de los motores el Dart, manuales que se los encuentran en el departamento de abastecimiento en el Ala de Transporte N°11, también se obtuvo información del internet, además se ha usado como guía los aportes de compañeros del ITSA.
- **INVESTIGACIÓN DE CAMPO:** Se recopiló la información en el lugar donde se suscitaron los hechos, en este caso el Ala de Transporte N°11 puesto que ahí se encuentra el avión Fairchild FH-227.

### 3.4. NIVELES DE INVESTIGACIÓN

- **NIVEL EXPLORATORIA:** Fue una revisión bibliográfica, por medio de los manuales de mantenimiento, el Catalogo Ilustrado de Partes (IPC), los manuales de overhaul, y los manuales pertenecientes a los motores el Dart, los mismos que ayudó al investigador a explorar el fenómeno de una manera profunda y más precisa.
- **NIVEL DESCRIPTIVA:** Fue una investigación de campo la cual me permitió constatar que el avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD se encuentra en el Ala de Transporte N°11, y describir que el avión Fairchild tiene sus partes y componentes en un buen estado, partes como sus motores con sus hélices, el estabilizador horizontal el estabilizador vertical, sus trenes de aterrizaje, sus panel de control y equipos electrónicos de cabina. Además que gran parte de la aeronave no presenta corrosión, constatando así el estado real que posee el avión facilitando conocer de forma clara y concisa lo que sucedió con el fenómeno de la investigación.

### **3.5. RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.5.1.1 técnicas**

##### **3.5.1.1.1 de campo**

- **Observación:**

La técnica investigativa se efectuó mediante una ficha de observación, adicional a esto con el apoyo de fotografías se logro observar, detallar y constatar que el avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD se encuentra en la Base Aérea de la ciudad de Quito, Ala de Transporte N°11.

Además que el avión Fairchild, sus componentes y equipos como son los motores con sus hélices, alas, trenes de aterrizaje, paneles e instrumentos de navegación, equipos de radio, estabilizadores tanto horizontal y vertical, se encuentran en buenas condiciones como para ser adecuados en el campus tecnológico y tener un avión escuela para la enseñanza práctica.

- **Bibliográfica:**

Por medio de esta técnica se encontró información concerniente a la investigación, en base a los manuales propios de la aeronave, los mismos que son encontrados en el Centro de Abastecimiento del Ala de Transporte N°11 y en la misma aeronave. Diferentes manuales como es el manual general de mantenimiento del avión Fairchild FH-227, el Catalogo Ilustrado de Partes (IPC), los manuales de overhaul, el manual de reparación estructural y el manual de motor Dart del avión Fairchild, entre otros, ya que estos son una herramienta de gran importancia porque en ellos se detalla todas las partes de la aeronave, y serán importantes para realizar de mejor manera nuestro procedimiento.

## INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

**Lugar de observación:** En el Ala de Transporte No 11

**Fecha de observación:** 28/01/2011

**Observadores:**

Sr: Nelson Tigse

Sr: Paúl Vargas

Sr: Darwin Casa

### **Objetivo:**

- Observar y verificar a simple vista las condiciones en las cuales se encuentra la aeronave.

### **Observaciones:**

- Ver las Fortalezas y las debilidades del avión.

PARTES DEL AVIÓN	CONDICIONES EN LAS QUE SE ENCUENTRA		
	Bueno	Regular	Malo
Trenes	X		
Cabina	X		
Alas	X		
Helices	X		
Motores	X		
Estabilizador horizontal	X		
Estabilizador Vertical	X		
Ventanas	X		
Pintura			X
Puertas			X
Asientos		X	
Baño		X	
Tapiceria		X	



### 3.6. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Una vez que se ha obtenido la información requerida para la investigación por medio de las diferentes técnicas y niveles de investigación, se empezará a realizar una revisión crítica mediante la limpieza de información errónea; para obtener así una información más segura.

#### Tabla de Estadística de Frecuencia

**Tabla 3.2** Estado en el que se encuentra el avión.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje valido	Porcentaje acumulativo
Fortalezas	9	69.2	69.2	69.2
Debilidades	4	30.8	30.8	100.0
Total	13	100.0	100.0	

Fuente.- Observación de campo.

### 3.7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

**Análisis.-** De la tabla 01(la ficha de observación). Se realizo con la finalidad de establecer un criterio real del estado del avión puesto que la información obtenida de la misma será de gran importancia para concluir con la investigación.

**Interpretación.-** De la tabla 01(la ficha de observación). El 69.2 % del avión se encuentra en perfectas condiciones y un 30.8% tiene deficiencia por el tiempo inoperable.

### **3.8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **Conclusiones:**

- Una vez culminada la investigación se concluye que para el traslado del avión es necesario desmontar todos sus componentes.
- Se ha podido identificar la necesidad de algunas herramientas especiales y equipos de apoyo que son necesarios para realizar el traslado por tierra del avión.
- En base a la observación que se la realizó en la Base Aérea de Quito, se ha podido describir y determinar que la mayor parte del avión Fairchild se encuentra en buen estado.
- El 69.2 % del avión se encuentra en perfectas condiciones y un 30.8% tiene deficiencia por el tiempo inoperable.
- Se determinó que se cuenta con las herramientas necesarias para realizar la investigación, ya que el avión cuenta con información necesaria para realizar el trabajo.
- El ITSA cuenta con espacio adecuado para la ubicación del avión, puesto que éste es acorde con su tamaño.
- El proyecto va a ser sumamente necesario para que los estudiantes del ITSA tengan facilidades de enriquecer sus conocimientos tanto prácticos como teóricos por medio de un avión escuela.

### **Recomendaciones:**

- Se recomienda construir un soporte para el motor izquierdo del avión Fairchild FH-227, el mismo que facilite los trabajos prácticos para el traslado del avión hacia el campus tecnológico.
- Se recomienda realizar el desmontaje de los siguientes componentes del avión como son: las alas, estabilizador horizontal y vertical, y de los motores para facilitar el traslado del avión por tierra.
- Recomiendo la realización de soportes para ubicar los componentes del avión Fairchild que van a ser desmontados.
- Se recomienda seguir las instrucciones de seguridad al momento en el cual se estén efectuando los trabajos en el avión.
- Se recomienda revisar la información obtenida, la cual ayudara a realizar el traslado por tierra del avión Fairchild FH-227.
- Se recomienda un estudio preciso para la ubicación del avión, y hacer un mejoramiento al lugar en donde se va a ubicar el avión.
- Se recomienda realizar más proyectos similares para los estudiantes de la carrera de mecánica del ITSA, puesto que esto fomentara más su formación académica y además se estará cumpliendo con los requerimientos de la regulación de la R-DAC147.

## 4. FACTIBILIDAD DEL TEMA

### 4.1. FACTIBILIDAD TÉCNICA

**Tabla 4.1** Factibilidad técnica

<b>SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>PROPUESTA</b>
➤ Avión ubicado en la ciudad de Quito	Construcción de un soporte para instalar el motor izquierdo una vez que el mismo este desmontado.
➤ Motor izquierdo desmontado	Encontrar los medios y herramientas adecuadas para construir un soporte para el motor izquierdo del avión Fairchild FH-227 para que brinde las facilidades para el traslado.
➤ Adquisición de materiales	Realizar e identificar la mejor cotización para la construcción del soporte del motor izquierdo.
➤ Motor Izquierdo del avión Fairchild FH-227	Construir un soporte para el motor izquierdo del avión Fairchild FH-227, para su posterior traslado por tierra.

**Fuente.-** Observación de campo.

Para el presente proyecto es factible realizar un soporte para el motor izquierdo del avión Fairchild FH-227, el mismo que será de construcción metálica puesto que dará mayor seguridad y facilitara el traslado del mismo.

## 4.2. FACTIBILIDAD LEGAL.

Se incluye la parte de la Dirección General de Aviación Civil RDAC 147 (ro 346: 24-dic-1999) Escuelas de Técnicos de Mantenimiento Aeronáutico.

### **RDAC 147.17** Requerimientos del Equipo de Instrucción:

a) Un solicitante de un certificado de Escuela de Técnicos de Mantenimiento Aeronáutico y sus habilitaciones o de una habilitación adicional, deberá tener los siguientes equipos de instrucción, como sean apropiados para las habilitaciones que solicita:

(1) Varias clases de estructuras de aeronaves, sistemas y componentes de aeronaves, motores, sistemas y componentes de motores (incluyendo las hélices) de una cantidad y tipo conveniente para completar los proyectos prácticos requeridos por su plan de estudios aprobado; y,

(2) Al menos una aeronave de un tipo actualmente certificado por la DGAC. Para operación privada o comercial, con motor, hélices, instrumentos, equipos de navegación y comunicación, luces de aterrizaje, y otros equipos y accesorios en los cuales el Técnico de Mantenimiento podría ser requerido para trabajar y con los cuales el Técnico debe estar familiarizado;

(b) El equipo requerido por el párrafo (a) de esta sección, no necesita estar en condición aeronavegable. Sin embargo, si estuviere dañado, éste debería ser reparado lo suficiente para conservar su integridad;

(c) En aquellas aeronaves, motores, hélices, aparatos y componentes en los cuales la instrucción se va a dar, y de los cuales se va a ganar experiencia práctica, deben ser tan diversificados como para mostrar los diferentes métodos de construcción, ensamblaje, inspección y operación cuando están instalados en la aeronave para su

uso. Deben haber unidades suficientes, de manera que no más de ocho alumnos trabajen en una unidad al mismo tiempo; y,

(d) Si la aeronave utilizada para propósitos de instrucción, no tiene tren de aterrizaje retráctil ni flaps, la escuela debe proveer ayudas de instrucción o maquetas operacionales de aquellos.

#### **4.3. FACTIBILIDAD OPERACIONAL.**

El proyecto debe ser implementado por la falta de herramientas necesarias para el traslado del avión; y dicho soporte para el motor izquierdo del avión Fairchild FH-227 va a ser de fácil uso.

Además este soporte facilitara el traslado de dicho motor, agilitando así los trabajos de traslado y logística del avión Fairchild FH-227.

#### 4.4. ECONÓMICO Y FINANCIERO

<b>Gasto</b> <b>Actividad/ materiales</b>	<b>Directo</b>	<b>Indirecto</b>
<b>Tubo rectangular de hierro</b>	250	
<b>Angulo de 1 plg * 1/16</b>	30	
<b>Suelda (luz)</b>		20
<b>Electrodos</b>	30	
<b>Uso de maquinaria especial</b>	100	
<b>Pernos de diferentes diámetros</b>	15	
<b>Servicios profesionales</b>	80	
<b>Transporte del material</b>	55	
<b>Estructura</b>	60	
<b>Transporte personal</b>		30
<b>Impresiones</b>		30
<b>Gastos varios imprevistos y otros</b>		30
<b>Total</b>	620	110
	<b>Presupuesto</b>	<b><u>730</u></b>

Es factible económicamente, de fácil elaboración, y se está en condiciones para realizarlo; se lo puede financiar. El costo de este proyecto entre gastos directos e indirectos haciende a 730 dólares cantidad que puede ser costeadada por el investigador lo que convierte a este proyecto en algo tangible y posible de realizar.

## **DENUNCIA DEL TEMA**

“Construcción de un soporte para el motor izquierdo del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD, para el traslado del Ala de Transporte No.11 hasta el campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico”.



### 5.1. CRONOGRAMA

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

## 5.2. Glosario de Términos

### A

**Aeroespacial.-** Es una industria de alta tecnología, sus productos incluyen desde transbordadores o lanzadores espaciales, satélites, motores para cohetes, helicópteros, aviones privados, jets, aviones militares y comerciales.

**Aeronave.-** Es un dispositivo que es usado con la intención de ser usado para el vuelo en el aire.

**Alas.-** Es la parte del avión que se encarga de mantenerlo en vuelo, es decir, la que genera la sustentación. También suele contener los depósitos de combustible y el armamento del avión.

**Alerones.-** Se encarga de controlar el movimiento del avión de balance, con la deflexión de manera asimétrica (un alerón hacia arriba y otro hacia abajo) se consigue que el avión gire sobre su eje longitudinal. De esta forma el avión puede hacer giros laterales.

### C

**Controles de vuelo.-** Los componentes necesarios para el control de vuelo de los aviones modernos constan de varios sistemas que se manejan desde la cabina de pilotos mediante una palanca de mando, con o sin volante, los pedales de dirección y un conjunto de instrumentos que proporcionan la información necesaria para su uso.

**Cabina.-** La cabina de vuelo es el área de la parte frontal de un avión en la que la tripulación técnica, piloto y copiloto controlan la aeronave. Además contiene el instrumental y los controles que permiten al piloto hacer volar, dirigir y aterrizar el aparato.

### E

**Esquemas.-** Esquema, organización del contenido de una obra en partes, componiendo un texto o figura gráfica y visualmente sencilla que deja claro las relaciones que hay establecidas en dicha obra.

**Estructura.-** En los albores de la aviación, el fuselaje consistía en una estructura abierta que soportaba los otros componentes del avión. La parte inferior de la estructura servía de tren de aterrizaje. Después, la necesidad de aumentar la

resistencia y mejorar las prestaciones llevó a desarrollar fuselajes cerrados, afianzados y sujetos por medio de montantes y cables de riostramiento, que mejoraban las condiciones aerodinámicas, proporcionaban protección a los pilotos y pasajeros y conseguían mayor espacio para el equipaje y la carga. Poco tiempo después aparecieron los fuselajes monocasco, una novedad que consistía en integrar en un solo cuerpo la estructura y su recubrimiento.

**Empenaje.-** El modelo normal de empenaje de cola consta de dos superficies básicas, la horizontal y la vertical. Cada una tiene secciones fijas para proporcionar estabilidad y móviles para controlar mejor el vuelo. La sección fija de la superficie horizontal se llama estabilizador horizontal y suele estar en la parte frontal, mientras que en la posterior se encuentra la parte móvil llamada timón de profundidad o elevador. Algunas veces toda la superficie se puede mover y el elevador se elimina. La parte fija de la superficie vertical es el estabilizador vertical y la móvil el timón de dirección. Hay diseños que tienen dos superficies verticales y, por tanto, dos timones de dirección. Los empenajes de cola inclinados combinan las funciones de dirección y profundidad en un solo mecanismo.

**Envergadura.-** Distancia entre los extremos de las alas de un avión.

## F

**Factibilidad.-** Que se lo puede realizar, hacer.

**Flaps.-** Superficie hipersustentadora de borde de salida. Están diseñados para aumentar la sustentación del ala, están situados junto al encastre y actúan a la vez en ambas semialas.

## H

**Hélices.-** Es un dispositivo formado por un conjunto de elementos denominados palas o alabes, montados de forma concéntrica alrededor de un eje, girando alrededor de este en un mismo plano. Su función es transmitir a través de las palas su propia energía cinética un fluido, creando una fuerza de tracción.

**Holísticos.-** Doctrina que propugna la concepción de cada realidad como un todo distinto de la suma de las partes que lo componen.

## L

**Logística.-** Conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa o de un servicio.

## M

**Material didáctico.-** Se refiere a aquellos medios y recursos que facilitan la enseñanza y el aprendizaje dentro de un contexto educativo, estimulando la función de los sentidos para acceder de manera fácil a la adquisición de conceptos, habilidades, actitudes o destrezas

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

## O

**Obstáculos.-** Como obstáculos físicos se pueden enumerar todas aquellas barreras físicas que se interponen a una acción e impiden el avance o la consecución de algún objetivo concreto.

**Optimización.-** Acción y efecto de optimizar, es decir; buscar la mejor manera de realizar una actividad.

## T

**Tren de Aterrizaje.-** Suele ser uno de los mecanismos más complicados de un avión. Entre sus componentes se incluye el amortiguador principal, que es una pata con una estructura muy resistente, en cuya parte inferior y antes del ensamblaje de las ruedas lleva un amortiguador hidráulico para absorber el impacto del aterrizaje. Va sujeto a los largueros del ala o del fuselaje. El mecanismo de accionamiento del tren permite extenderlo y retraerlo al accionar desde la cabina de pilotos la palanca de mando. Por lo general, se actúa con energía hidráulica. Los frenos también suelen ser hidráulicos y provistos de sistema antideslizante. Suelen llevar un mecanismo detector de modo, aire/tierra, que activa o desactiva varios sistemas del avión, según esté volando o en el suelo.

**Timón de profundidad.-** Permite el movimiento de cabeceo y hace girar al avión sobre el eje transversal. Al tirar hacia atrás de la palanca de mando se levanta el timón; disminuye su sustentación, baja la cola y por lo tanto; sube el morro. Si se

mueve la palanca hacia adelante se produce el efecto contrario haciendo picar al avión.

**Transporte aéreo.-** El transporte por avión es el servicio de trasladar de un lugar a otro pasajeros, cargamento, etc. Mediante la utilización de aeronaves con fin lucrativo. El transporte aéreo tiene siempre fines comerciales. Si fuese con fines militares, este se incluye en las actividades de logística.

## **S**

**Slats.-** Aumentan la sustentación para reducir la velocidad de despegue y aterrizaje.

**Spoilers.-** Son unos elementos usados para destruir la sustentación del ala. Son usados durante el aterrizaje, una vez que el avión toca suelo con las ruedas de despliegan estos dispositivos que evita que el avión vuelva al aire de nuevo, a su vez también son usados en caso de descompresión en cabina, al romper la sustentación el avión baja rápidamente a un nivel de vuelo donde la presión sea la adecuada. Son también llamados aerofrenos.

### **5.2.1 Abreviaturas**

**ITSA.-** Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

**FAE.-** Fuerza Aérea Ecuatoriana

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

**Shp.-** (Shaft horse power) Caballos de potencia en el eje

**TSFC.-** Consumo específico de combustible

**IPC.-** Catalogo Ilustrado de Partes.

### 5.3. Bibliografía.

#### Libros:

- ✓ Manual General de Mantenimiento del avión Fairchild FH-227
- ✓ Catalogo Ilustrado de Partes (IPC) del avión Fairchild FH-227.
- ✓ Manual Dart del avión Fairchild FH-227.
- ✓ Air International, vol.44N5 mayo 1993,Stanford

#### Páginas Web:

- ✓ [http://es.wikipedia.org/wiki/Fairchild\\_hiller\\_FH-227](http://es.wikipedia.org/wiki/Fairchild_hiller_FH-227)
- ✓ <http://fh227.rwy34.com/> Sitio dedicado a el FH-227(en inglés)
- ✓ <http://www.airliners.net/> Con información técnica y general de los FH-227(en inglés)
- ✓ <http://www.pilotoviejo.com/> Informaciones y fotos de los FH-227 de la Fuerza Aérea Uruguaya
- ✓ *Wikimedia foundation. 2010.*
- ✓ [www.taringa.com](http://www.taringa.com)
  
- Wikimedia Commons; Motores de avión.
- Página de la NASA sobre motores turbohélice
- Web de IAE (International Aero Engines)
- Web de Rolls Royce
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_aeronautico"](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_aeronautico)
- <http://www.google.com/> fotos de los soportes y motores Dart.

# ANEXOS

## (Anexo A1)

### La Ficha de Observación:

#### INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

**Lugar de observación:** En el Ala de Transporte No 11

**Fecha de observación:** 28/01/2011

**Observadores:**

Sr: Nelson Tigse

Sr: Paúl Vargas

Sr: Darwin Casa

#### **Objetivo:**

- Observar y verificar a simple vista las condiciones en las cuales se encuentra la aeronave.

#### **Observaciones:**

- Ver las Fortalezas y las debilidades del avión.

PARTES DEL AVIÓN	CONDICIONES EN LAS QUE SE ENCUENTRA		
	Bueno	Regular	Malo
Trenes	X		
Cabina	X		
Alas	X		
Helices	X		
Motores	X		
Estabilizador horizontal	X		
Estabilizador Vertical	X		
Ventanas	X		
Pintura			X
Puertas			X
Asientos		X	
Baño		X	
Tapicería		X	



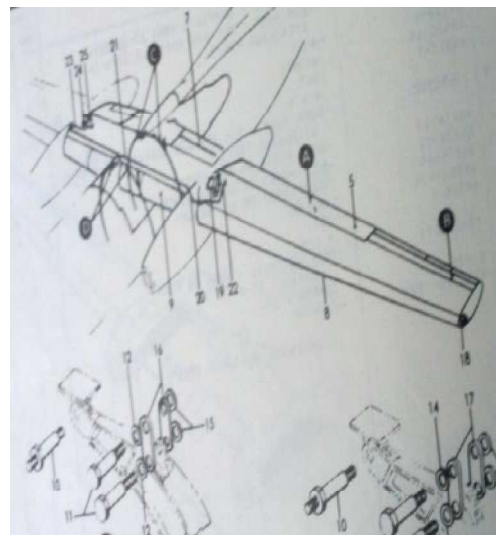
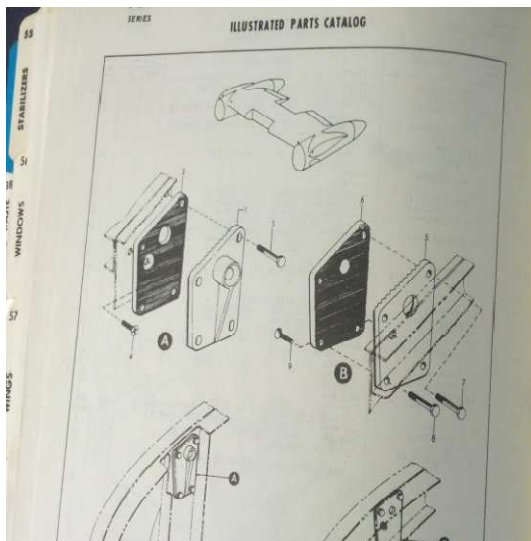
## (Anexo B1)

Imágenes actuales del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD, que se encuentra en la Base Aérea de la ciudad de Quito, Ala de Transporte N°11.



## (Anexo C1)

Imágenes de los manuales del avión Fairchild FH-227.



(Anexo D1)

Copia del Acta Entrega-Recepción del Señor Comandante General de la FAE.



FUERZA AEREA ECUATORIANA  
TELEGRAMA OFICIAL

ZA 63  
NUMERO 2011 1005-EJ-2F-0  
FECHA Quito, DM 05-FEB-11  
DESTINATARIO EN  
C.C. EX, EN-2I ABASTOS, EX-I-5-0,

EN CUMPLIMIENTO H.C.D. No. 9035, OFICIOS NRS. 2010-102 Y 103-EJ-2F-0 DE FECHA 09-DIC-10 DEL SEÑOR COMANDANTE GENERAL FAE, MEDIANTE CUAL AUTORIZA CONTINUAR DONACION AERONAVES FAIRCHILD, F27J SERIE No.122, BOEING 737-400-BLY SERIE No.328, MOTOR JT8D, MANUALES, AGRADECERE DISPONER QUIEN CORRESPONDA REALIZAR TRAMITES ADMINISTRATIVOS REGLAMENTARIOS PARA ENTREGA DE MENCIONADAS AERONAVES AL INSTITUTO SUPERIOR AERONAUTICO, ADICIONAL REMITA COPIAS RESPECTIVAS ACTAS ENTREGA-RECEPCION.

Gustavo Valverde H.  
Cml. Táp. Avc.  
DIRECTOR DE ABASTECIMIENTOS FAE

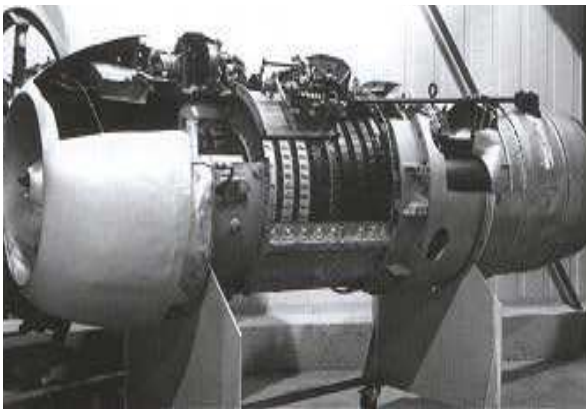
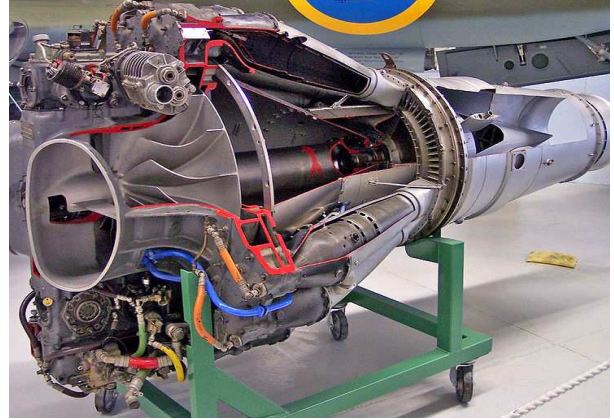
SP/Lb

1:55:02 AM

3679	
02 FEB 2011	

## (Anexo E1)

Imágenes de diferentes soportes con sus respectivos motores obtenidos por sitio web.



## **ANEXO B**

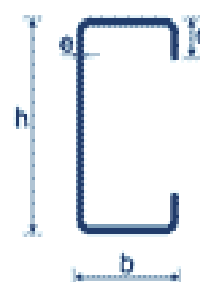
### **TABLA DE LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PERFIL “G”**

# PERFILES ESTRUCTURALES

## Características Generales:

Norma : INEN 1623-00  
 Limite de fluencia (mínimo)  $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$   
 Longitud de Entrega : 6 metros, otras longitudes bajo pedido  
 Tolerancia : En 6.000 mm + 40 mm - 0 mm

## 1. Correas



DENOM.	DIMENSIONES				PESO		ÁREA
	$h$	$b$	$c$	$e$			
	mm	mm	mm	mm	Kg/m	Kg/6m	cm <sup>2</sup>
CG	60	30	10	1,50	1,43	8,59	1,82
CG	60	30	10	2,00	1,92	11,94	2,44
CG	80	40	15	1,50	1,98	11,87	2,52
CG	80	40	15	2,00	2,78	16,66	3,54
CG	80	40	15	3,00	4,01	24,06	5,11
CG	100	50	15	2,00	3,41	20,43	4,34
CG	100	50	15	3,00	4,95	29,71	6,31
CG	125	50	15	2,00	3,80	22,80	4,84
CG	125	50	15	3,00	5,54	33,24	7,06
CG	150	50	15	2,00	4,19	25,14	5,34
CG	150	50	15	3,00	6,13	36,78	7,81
CG	200	50	15	2,00	4,98	29,85	6,34
CG	200	50	15	3,00	7,31	43,84	9,31

# **ANEXO C**

## **MANUAL DE SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO DEL SOPORTE CONSTRUIDO PARA EL MOTOR IZQUIERDO DEL AVION FAIRCHILD FH-227**

 <b>I.T.S.A</b>	<b>MANUAL DE SEGURIDAD</b>		<b>Pág. 1 de 1</b>
	<b>SOPORTE PARA EL MOTOR IZQUIERDO DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227</b>		<b>Código:</b> ITSA-LMB-STA
	Elaborado por: A/C Nelson Tigse		<b>Revisión N°:</b> <b>001</b>
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Eduardo Toscano	<b>Fecha:</b> 18-10-11	<b>Fecha:</b> 18-10-11


**OBJETIVOS:**

- ✓ Prevenir accidentes y daños físicos de quienes van a operar y hacer uso del soporte.
- ✓ Operar correctamente el soporte para no tener daños en la estructura del mismo.

**MEDIDAS DE SEGURIDAD:**

- Utilizar el equipo de protección personal adecuada, como: overol, guantes, protección para oídos, zapatos punta de acero, gafas, etc.
- Verificar que los sujetadores del motor (muelas) se encuentren ajustados a los puntos de sujeción del soporte.
- Contar con área libre para realizar el trabajo de izamiento del motor.
- Mantener una distancia prudente entre el motor y el soporte al momento en el cual se estén realizando trabajos de izamiento del motor.
- Verificar que el motor esté correctamente apoyado en los puntos de sujeción del soporte para poder liberar la eslinga del motor.
- Verificar que el motor se encuentre correctamente alineada con la estructura.
- Examinar que no existan roces entre los componentes del motor y la estructura del soporte.



 <b>I.T.S.A</b>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>		<b>Pág. 1 de 3</b>
	<b>SOPORTE PARA EL MOTOR IZQUIERDO DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227</b>		<b>Código:</b> ITSA-LMB-STA
	Elaborado por: A/C Nelson Tigse		<b>Revisión N°:</b> <b>001</b>
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Eduardo Toscano	<b>Fecha:</b> 18-10-11	<b>Fecha:</b> 18-10-11
<p><b>OBJETIVO:</b></p> <p>Documentar y mantener las partes del soporte en buen estado, capaz de funcionar para trabajos en el mismo lo cual es necesario que el personal encargado para el mantenimiento tenga conocimientos.</p> <p><b>ALCANCE:</b></p> <p>Proporcionar los pasos a seguir para el mantenimiento del soporte.</p> <p><b>PROCEDIMIENTO:</b></p> <p>El mantenimiento preventivo será realizado cada semana en el caso de que el mencionado soporte se encuentre en funcionamiento continuo.</p> <p><b>RECOMENDACIÓN:</b></p> <p>Leer el manual antes de realizar el mantenimiento respectivo. No someterlo a un sobrepeso ya que puede deteriorarse la estructura.</p> <p><b>PRECAUCIÓN:</b></p> <p>Realizar el mantenimiento bajo supervisión profesional, utilizando herramientas y materiales recomendados.</p>			



I.T.S.A

## MANUAL DE MANTENIMIENTO

### SOPORTE PARA EL MOTOR IZQUIERDO DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227

Pág. 2 de 3

Código:

ITSA-LMB-STA

Elaborado por: A/C Nelson Tigse

Revisión N°:  
001

Aprobado por: Ing. Eduardo Toscano

Fecha: 18-10-11

Fecha: 18-10-11

#### MANTENIMIENTO:

##### ➤ Materiales:

- Guaípe
- Lubricante W40
- Herramientas necesarias

#### MANTENIMIENTO SEMANAL:

Proceder a revisar que no existan golpes, fisuras o deficiencias en la estructura.

#### MANTENIMIENTO MENSUAL:

- ✓ Revisar que no existan golpes en la estructura.
- ✓ Lubricar las partes móviles.
- ✓ Revisar el desgaste de las ruedas del soporte.

#### MANTENIMIENTO ANUAL:

- ✓ Revisar si existe algún golpe en la estructura
- ✓ Revisar que las ruedas no estén desgastadas
- ✓ Revisar la presencia de corrosión en los tornillos y otras partes del soporte.



I.T.S.A

**MANUAL DE MANTENIMIENTO**

**SOPORTE PARA EL MOTOR IZQUIERDO DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227**

Elaborado por: A/C Nelson Tigse

**Aprobado por:** Ing. Eduardo Toscano

**Fecha:** 18-10-11

**Pág. 3 de 3**

**Código:**

ITSA-LMB-STA

**Revisión N°:**  
**001**

**Fecha:** 18-10-11

**CARTILLA PARA EL MANTENIMIENTO DE PREVENCIÓN DEL SOPORTE**

Supervisor a cargo: .....

Aprobado por: .....

Descripción de tareas	Periodo: Trimestral				
	(d-m)	(d-m)	(d-m)	(d-m)	(d-m)
1 Verificación del soporte en general.					
2 Realizar el aseo del equipo sin utilizar solventes.					
3 Realizar una inspección visual al equipo en caso de corrosión, desgaste de pintura.					
4 Revisar que ninguna rueda tenga algún daño o desgaste excesivo.					
5 Lubricar las ruedas.					
6 Efectuar un chequeo operacional del equipo.					

**Realizado por:**

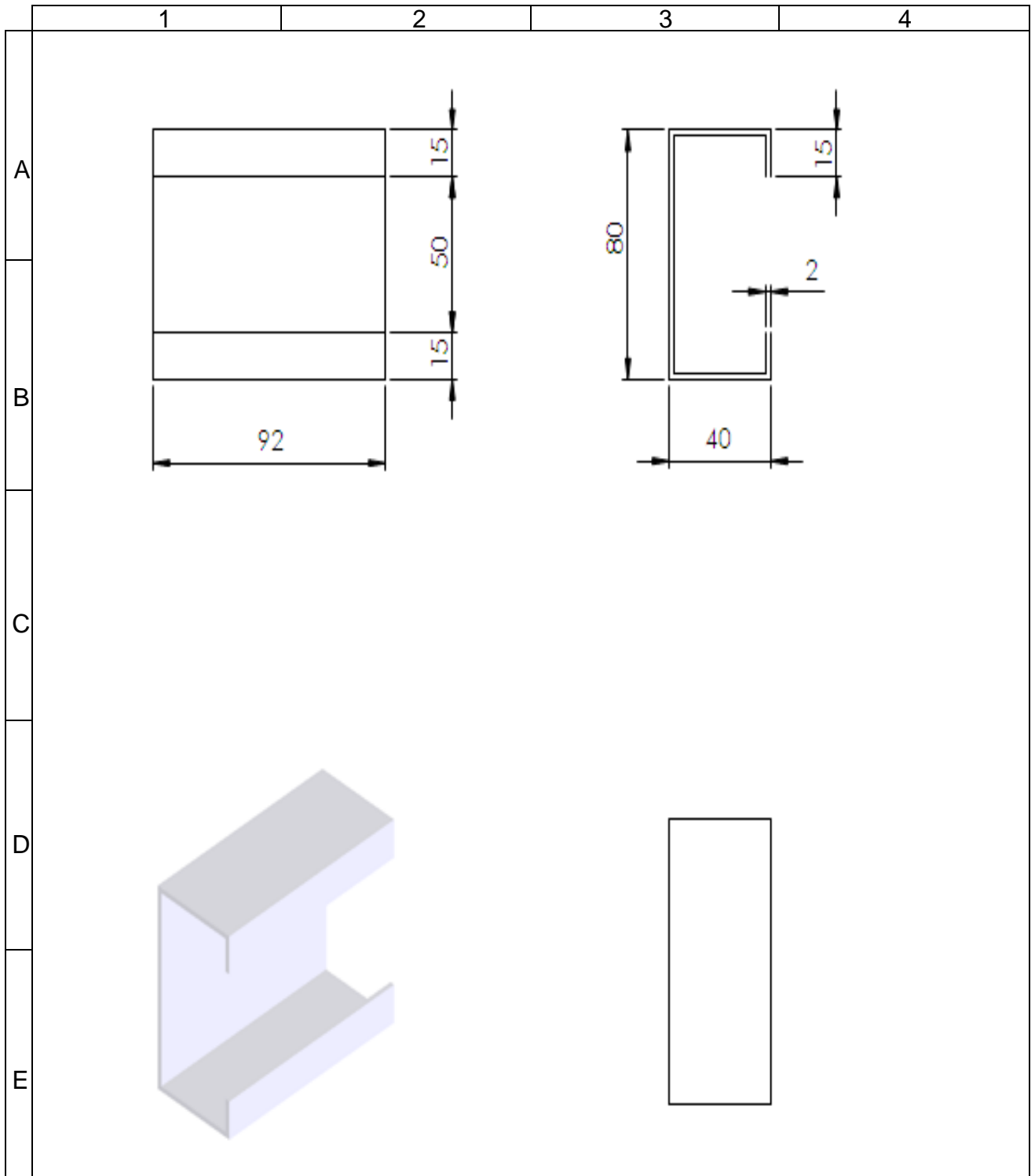
**Verificado por:**

**Observaciones:**

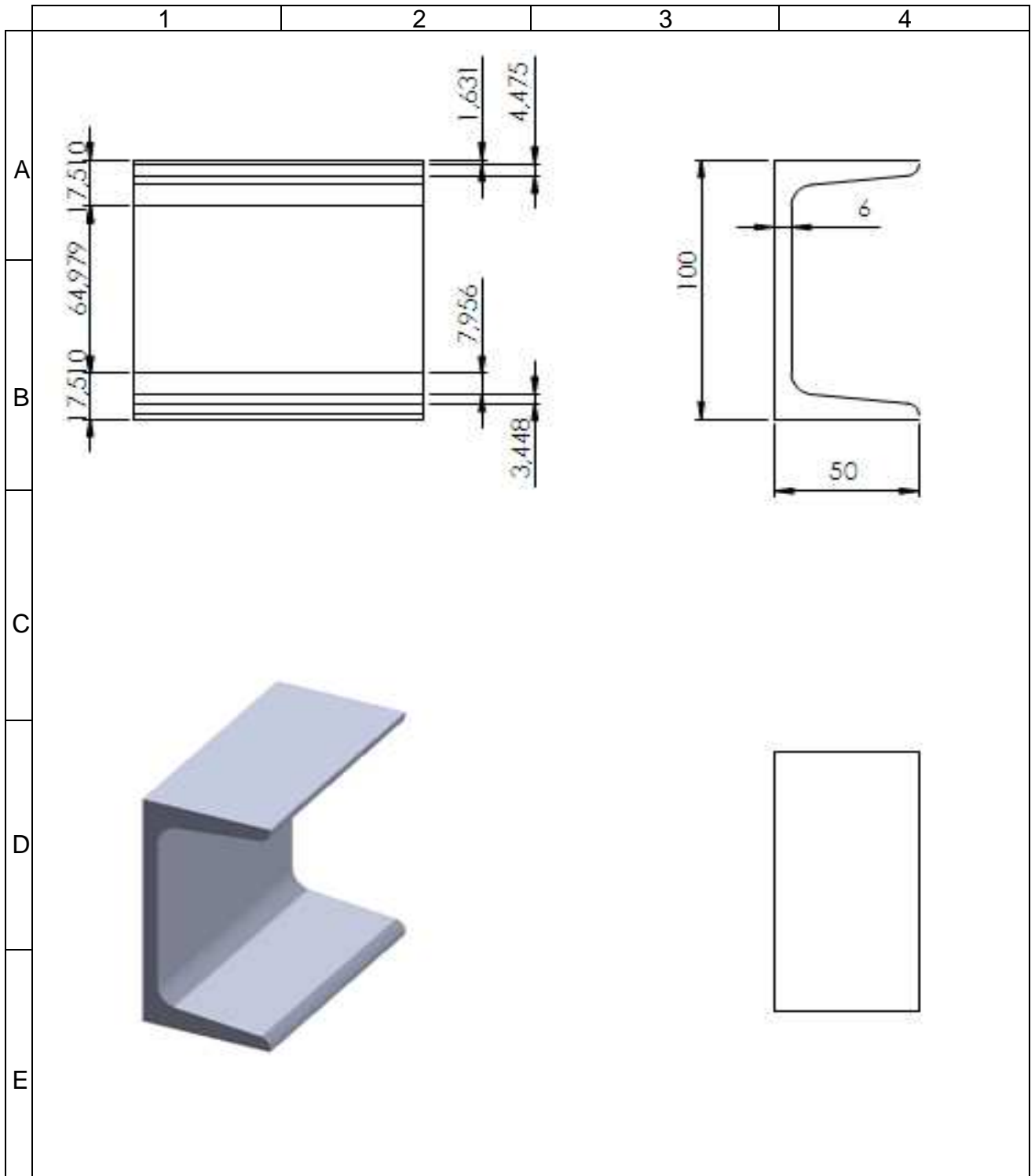
.....  
 .....  
 .....

# **ANEXO D**

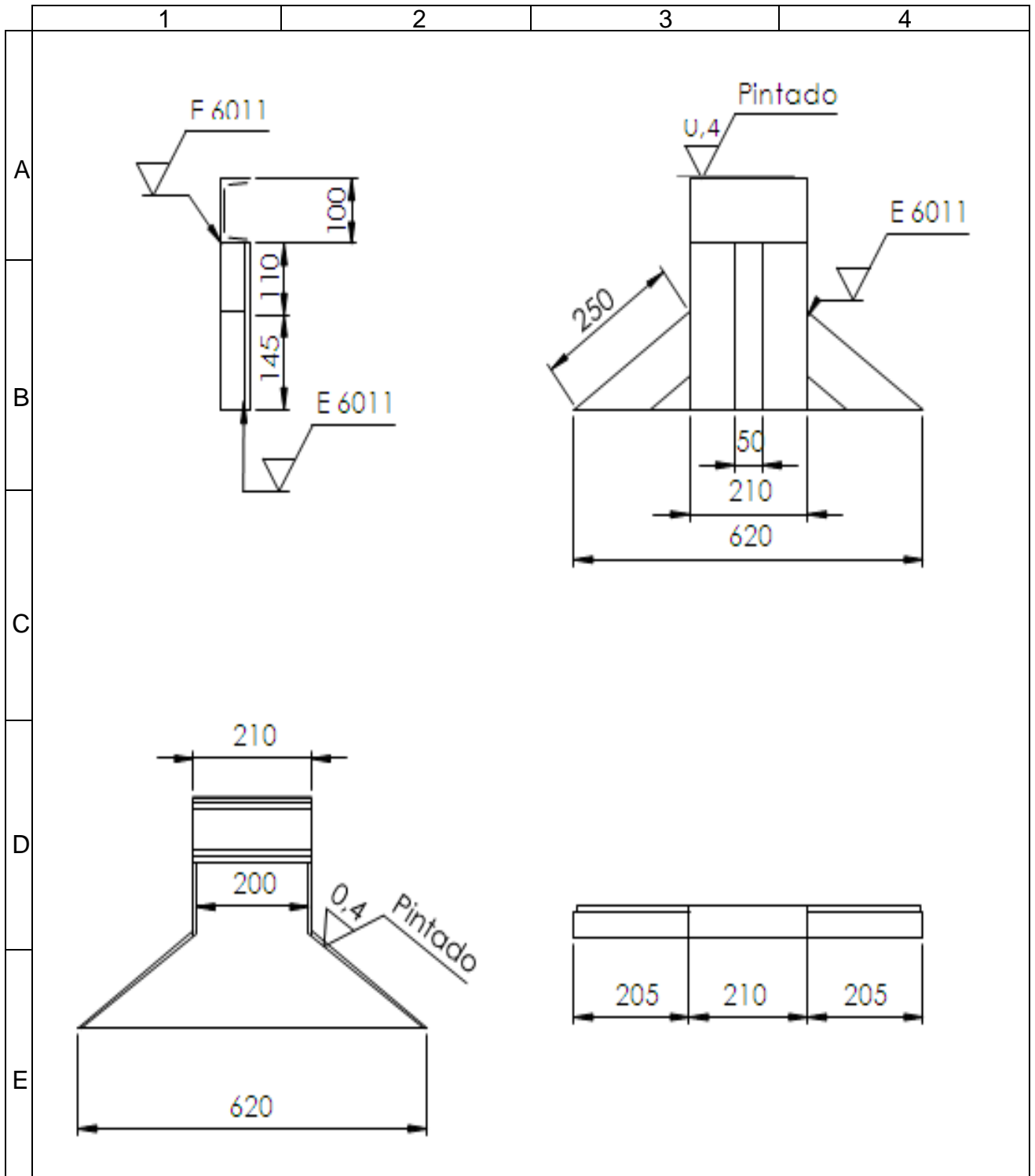
## **PLANOS DEL SOPORTE CONSTRUIDO**

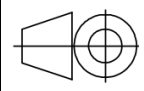


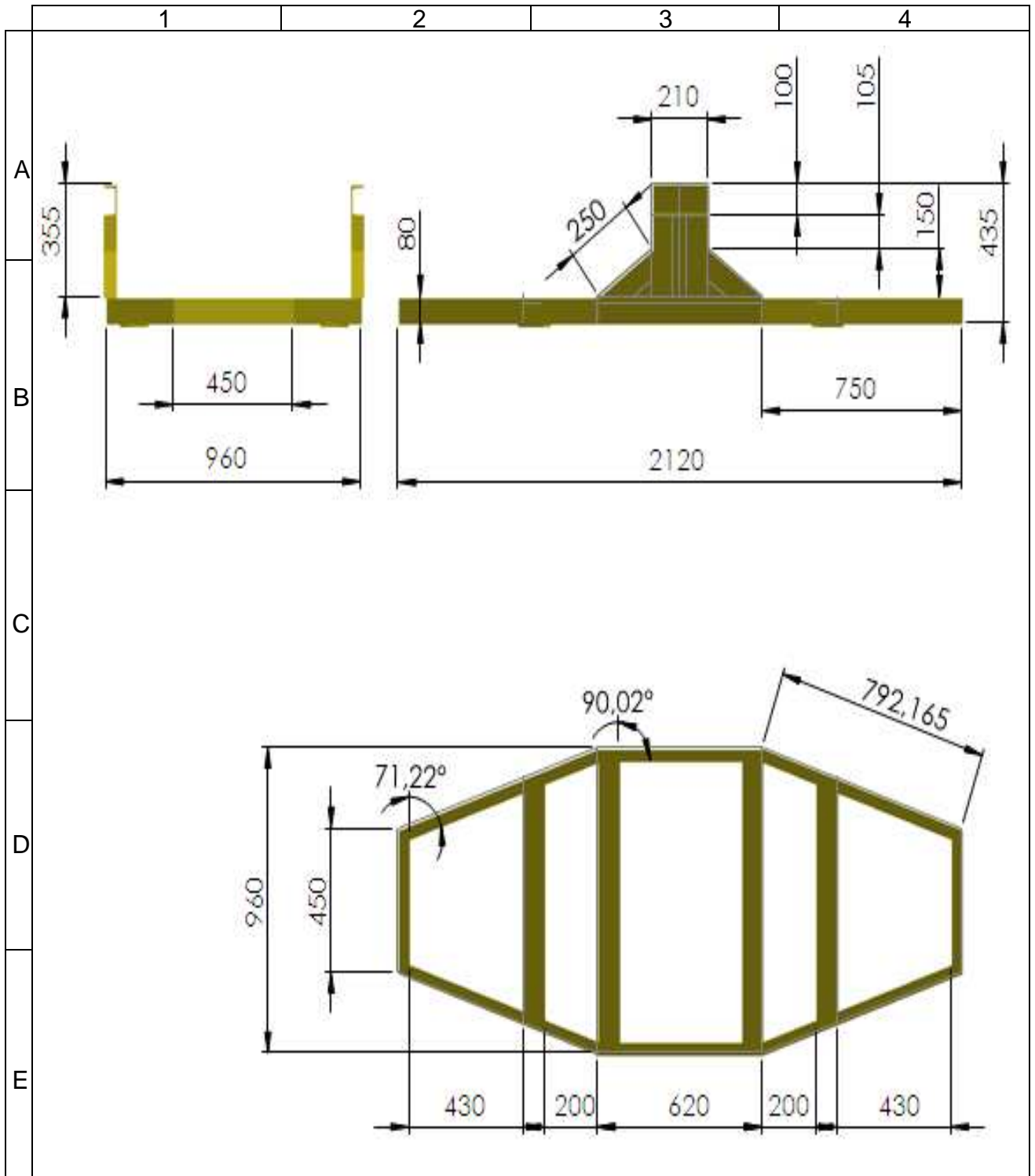
				Tolerancia ± 0.01	Peso 36.729 Lbs	ASTM A36	
						PERFIL ESTRUCTURAL "G"	Escala: 1:2
				Fecha	Nombre		
				Dib. 06-01-12	Sr. Tigse N		
				Rev. 06-01-12	Ing. Toscano E		
				Apro. 06-01-12	Ing. Toscano E		
				I.T.S.A Mecánica Aeronáutica		Diseño: 001	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre				



				Tolerancia ± 0.01	Peso 40.212 Lbs	ASTM A36	
					Fecha	Nombre	PERFIL ESTRUCTURAL "C"
				Dib.	06-01-12	Sr. Tigse N	
				Rev.	06-01-12	Ing. Toscano E	
				Apro.	06-01-12	Ing. Toscano E	ESCALA: 1:2
				I.T.S.A Mecánica Aeronáutica		Diseño: 002	
Edi- ción	Modific- ación	Fecha	Nombre				

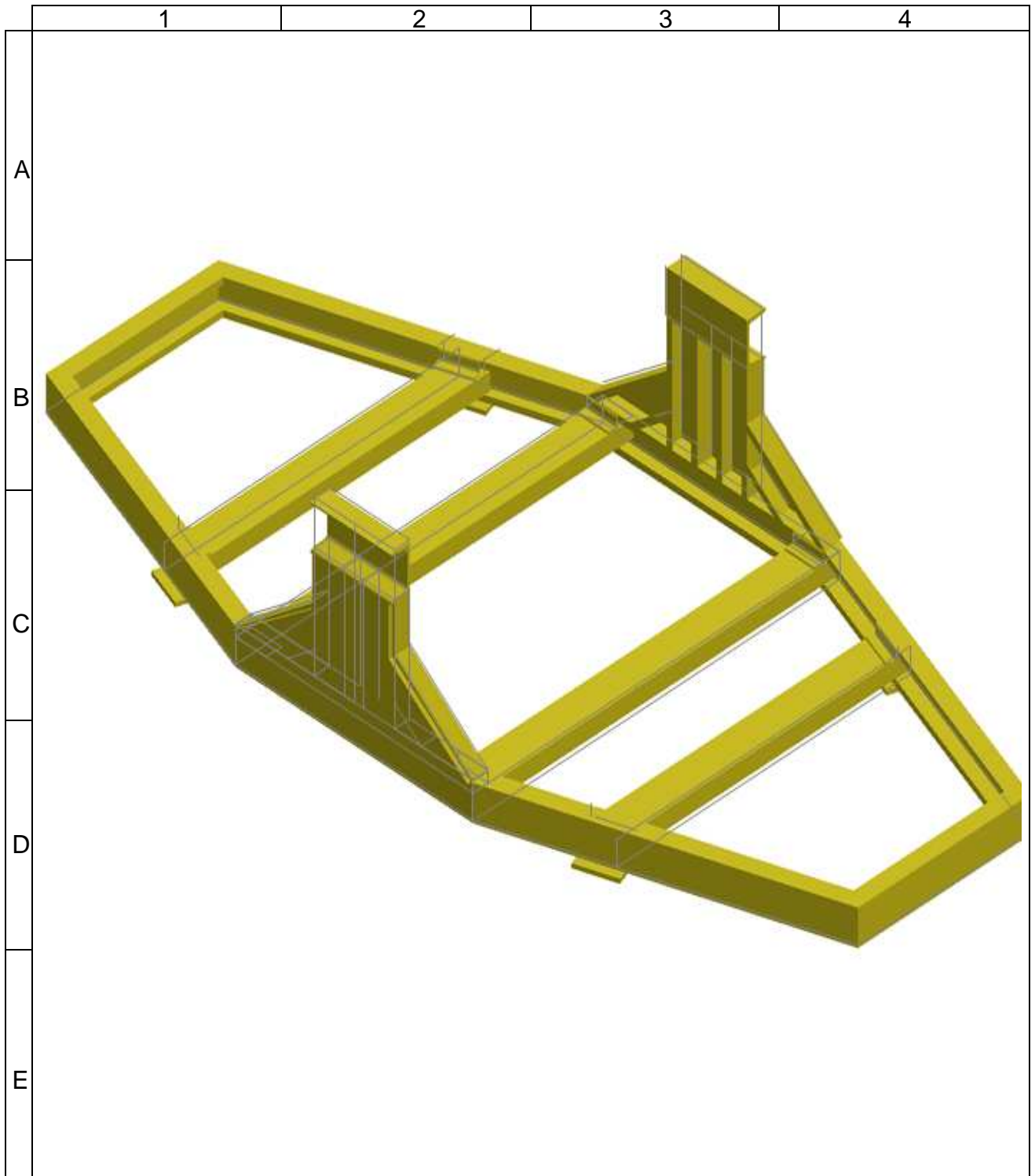


				Tolerancia ± 0.01	Peso 2750.765 N	ASTM A36	
						COLUMNA DEL SOPORTE ESTRUCTURAL PARA EL MOTOR IZQUIERDO DEL AVIÓN FAIRCHILD	Escala: 1:10
				Fecha	Nombre		
				Dib. 06-01-12	Sr. Tigse N		
				Rev. 06-01-12	Ing. Toscano E		
				Apro. 06-01-12	Ing. Toscano E		
				I.T.S.A Mecánica Aeronáutica		Diseño: 003	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre				

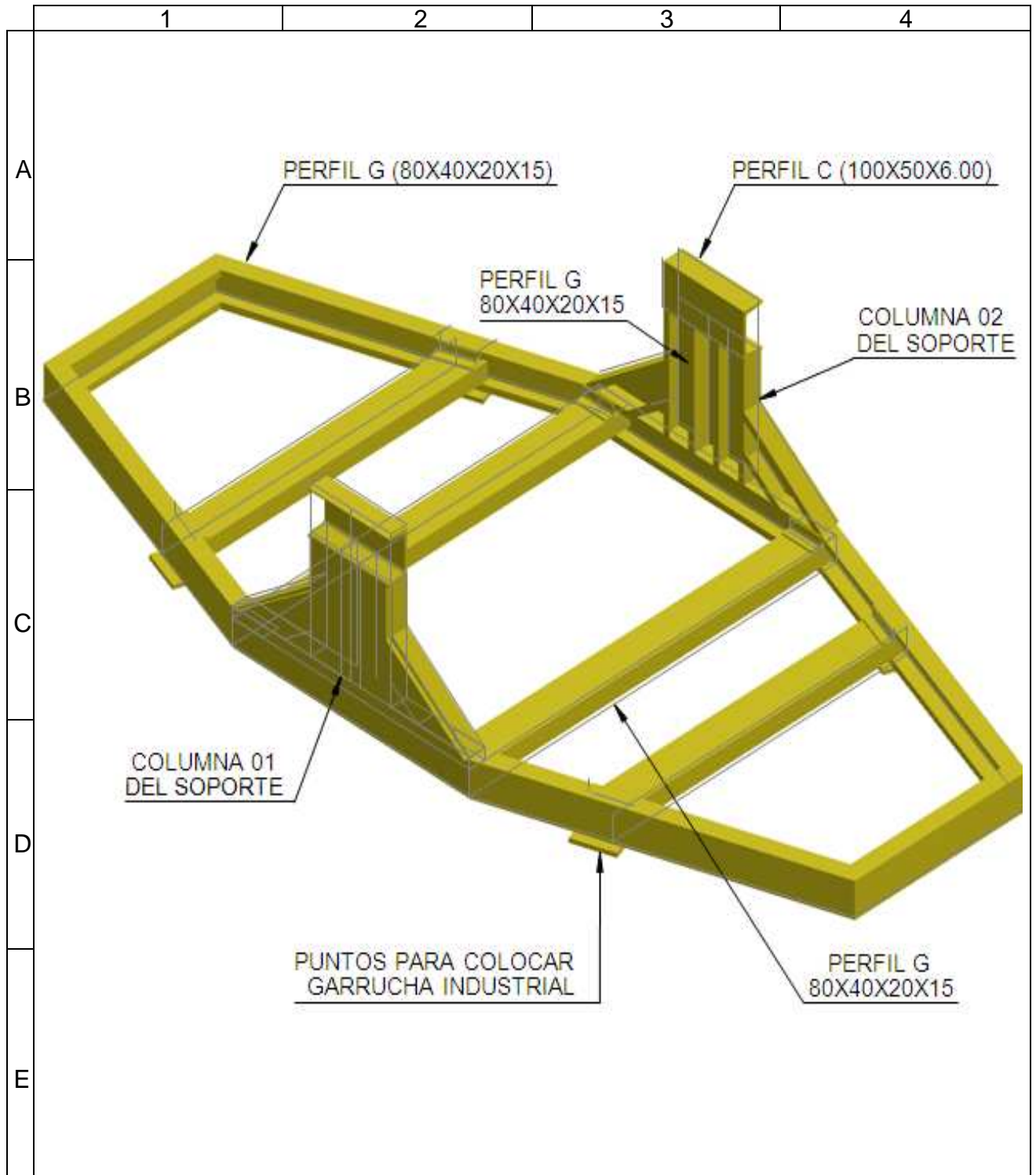


				Tolerancia ± 0.01	Peso 5501.53N	ASTM A36	
						SOPORTE ESTRUCTURAL DEL MOTOR IZQUIERDO	Escala: 1:20
				Fecha	Nombre		
				Dib. 06-01-12	Sr. Tigse N		
				Rev. 06-01-12	Ing. Toscano E		
				Apro. 06-01-12	Ing. Toscano E		
				I.T.S.A Mecánica Aeronáutica		Diseño: 004	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre				

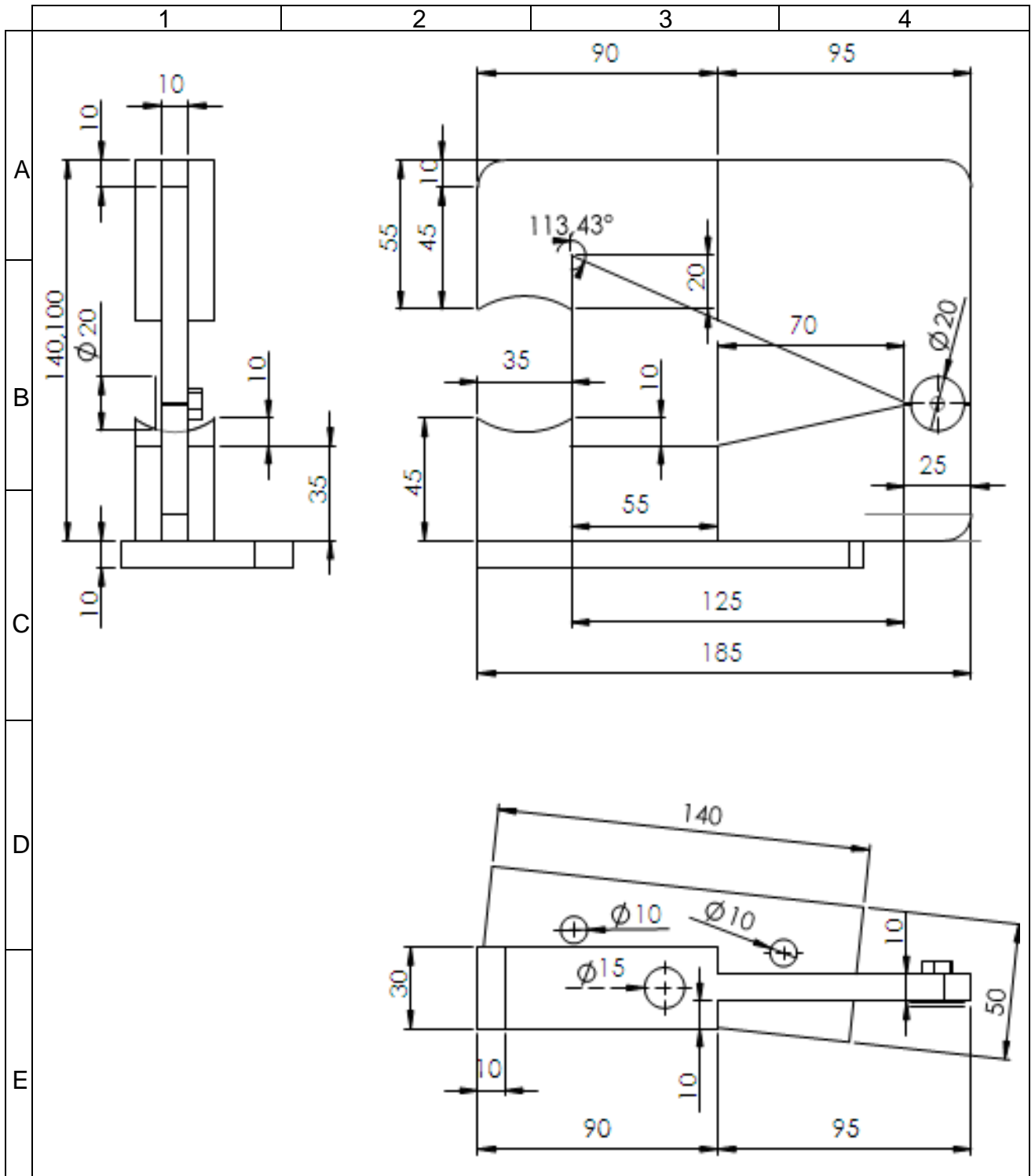




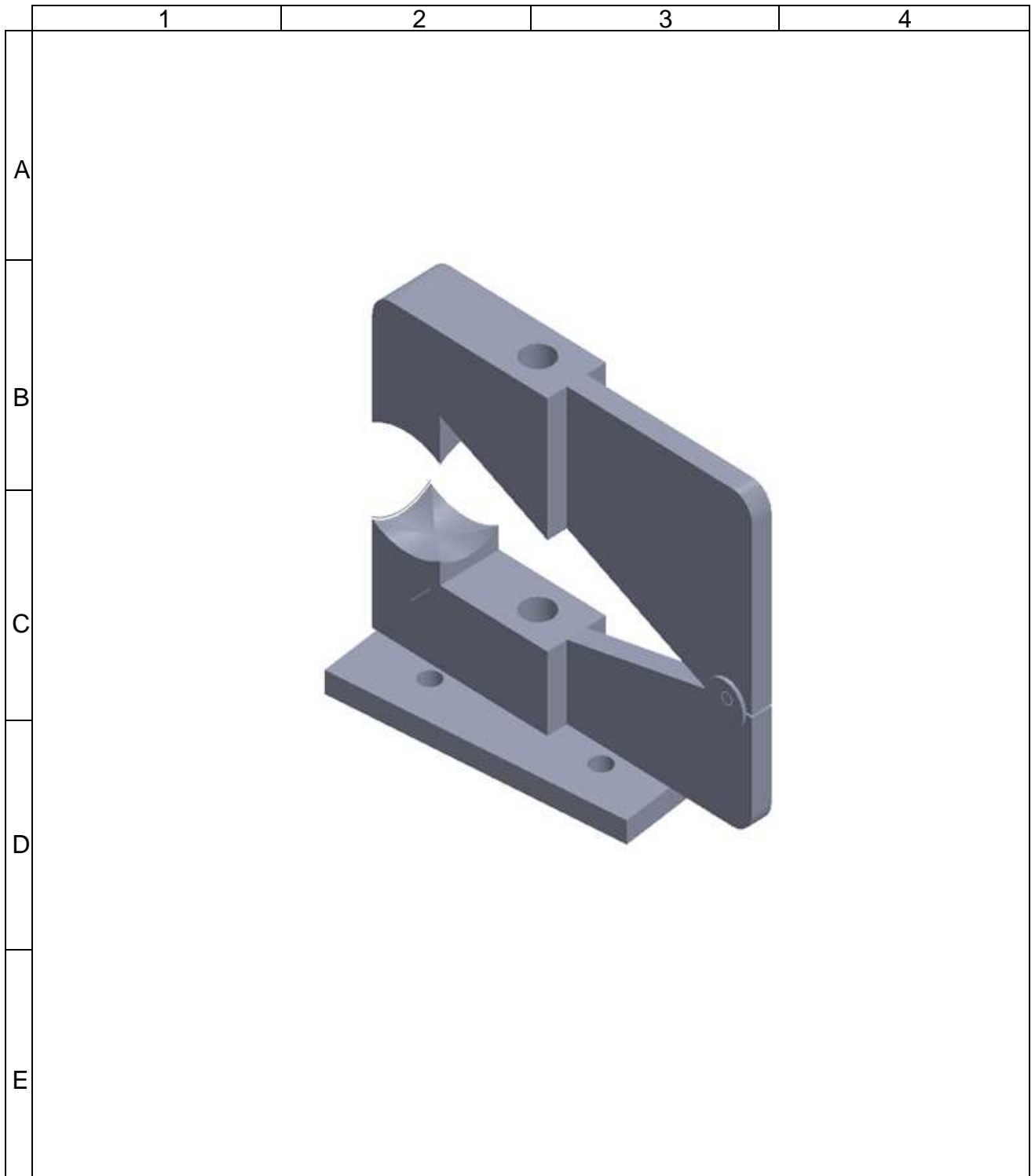
				Tolerancia ± 0.01	Peso 5501.53N	ASTM A36	
					Fecha	Nombre	SOPORTE ESTRUCTURAL DOBLE COLUMNA
				Dib.	06-01-12	Sr. Tigse N	
				Rev.	06-01-12	Ing. Toscano E	
				Apro.	06-01-12	Ing. Toscano E	
				I.T.S.A Mecánica Aeronáutica		Diseño: 005	Escala: 1:20 
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre				




				Tolerancia ± 0.01	Peso 5501.53N	ASTM A36	
					Fecha	Nombre	SOPORTE ESTRUCTURAL DOBLE COLUMNA
				Dib.	06-01-12	Sr. Tigse N	
				Rev.	06-01-12	Ing. Toscano E	
				Apro.	06-01-12	Ing. Toscano E	
				I.T.S.A Mecánica Aeronáutica			Diseño: 006
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre				Escala: 1:20



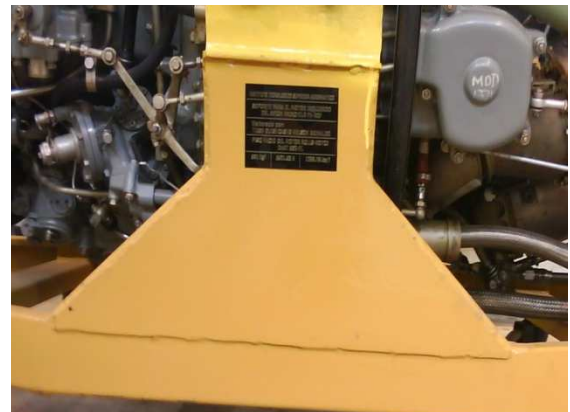
				Tolerancia ± 0.01	Peso 2750.765N	ACERO ASTM A36	
				Fecha	Nombre	PUNTOS DE SUJECIÓN DEL MOTOR (MUELAS)	Escala: 1:2
			Dib.	06-01-12	Sr. Tigse N		
			Rev.	06-01-12	Ing. Toscano E		
				Apro.	06-01-12	Ing. Toscano E	
				I.T.S.A Mecánica Aeronáutica		Diseño: 007	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre				



				Tolerancia ± 0.01	Peso 2750.765N	ACERO ASTM A36	
						PUNTO DE SUJECIÓN DEL MOTOR (VISTA ISOMETRICA)	Escala: 1:2
				Fecha	Nombre		
				Dib. 06-01-12	Sr. Tigse N		
				Rev. 06-01-12	Ing. Toscano E		
				Apro. 06-01-12	Ing. Toscano E		
				<b>I.T.S.A</b> Mecánica Aeronáutica		Diseño: 008	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre				

# **ANEXO E**

**IMÁGENES DEL SOPORTE CONSTRUIDO CON EL  
MOTOR IZQUIERDO DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227**



**Figura del Anexo E:** Imágenes del soporte con el motor  
**Fuente:** Investigación de campo  
**Elaborado por:** Nelson Tigse

# **ANEXO F**

**COMPROBACION DE LAS UNIONES SOLDADAS AL  
SOPORTE CONSTRUIDO PARA EL MOTOR IZQUIERDO  
DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227**

## COMPROBACION DE LA SOLDADURA REALIZADA

$$\text{Von Mises: } \sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

Se busca comparar la resistencia de la unión soldada con la resistencia a la tracción del tipo de electrodo usado que es 60 ksi tomando en cuenta el uso de electrodos E 6011.

Se determina los esfuerzos generados en el cordón de soldadura, a través de la siguiente relación.

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

Donde:

A = Área transversal de garganta de la soldadura

$\tau$  = Esfuerzo cortante

F= Es la fuerza máxima o peso a soportar

### Relación de Juntas (sueda)

$$r = \frac{F}{h + L}$$

Donde:

h = Cateto de la soldadura

L = Longitud del cordón de la soldadura

$$r = \frac{1236.7}{\left(\frac{3}{16} IN\right) \times (3.14 IN)}$$

$$r = 2100.7 \frac{Lbs}{IN^2} \rightarrow \text{Carga aplicada a la sueda}$$

Se compara la resistencia del tipo de electrodo con la carga a la que se encuentra sometida la soldadura realizada teniendo: (2100 PSI < 36000PSI).

Por ende es resistente y cumple con la necesidad.



## HOJA DE VIDA



### DATOS PERSONALES

<b>Nombres</b>	Nelson Reinaldo
<b>Apellidos</b>	Tigse Guishcacho
<b>Fecha de Nacimiento</b>	28 de mayo de 1989
<b>Nacionalidad</b>	Ecuatoriana
<b>Cédula de Ciudadanía</b>	180452840-2
<b>Estado Civil</b>	Soltero
<b>Dirección</b>	Tungurahua/Píllaro-San Andrés
<b>Teléfono</b>	(03) 2860-504
<b>Celular</b>	098620469
<b>Email</b>	Nelson.rey.et@gmail.com Rey_tig@hotmail.com

### ESTUDIOS REALIZADOS

<b>Primaria</b>	Centro Educativo “La Inmaculada” Píllaro (1995–2001).
<b>Secundario</b>	Colegio Nacional Mixto “Jorge Álvarez” Bachiller Técnico Industrial en la Especialidad de ELECTRÓNICA (2001–2007).
<b>Superiores</b>	Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico “ITSA” (2007–2011) Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica Mención Motores.

## **CURSOS REALIZADOS**

Curso de Computación Básica del Centro de Informática del cantón Píllaro (duración 03 meses. Año 2006).

Curso de Inglés Departamento Centralizado de Idiomas del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, obteniendo la suficiencia en el idioma Inglés (duración 06 semestres).

## **EXPERIENCIA LABORAL**

Pasantía Laboral realizada en Taller Electrónico, para aprobación de curso superior. (Para aprobar quinto curso con la duración de 02 meses, año lectivo 2005 -2006).

Pasantía Laboral realizada en el Aeroclub "Pastaza", acantonado en la ciudad de Puyo-Shell. (Desde el 16 de marzo hasta el 04 de abril del 2009, duración de 160 horas).

Pasantía Laboral realizada en el Centro de Mantenimiento Aeronáutico CEMA, acantonado en la ciudad de Latacunga. (Desde el 24 de agosto hasta el 18 de septiembre del 2009, duración 160 horas).

Pasantía Laboral realizada en La Empresa AEROFAQ; empresa dedicada a la fumigación por vía aérea, acantonado en la ciudad de Quevedo-Valencia. (Desde el 01 de marzo hasta el 09 de abril del 2010, duración 200 horas).

Pasantía Laboral realizada en la Empresa TAME; Línea Aérea del Ecuador, en la ciudad de Quito. (Desde el 02 de agosto hasta el 17 de septiembre del 2010, duración de 200 horas).

## **OTROS CURSOS Y PROYECTOS:**

Participación en Colonias Navideñas, Campaña Rayuela Social, Cotopaxi. (Desde el 21 al 31 de diciembre del 2009).

Participación en el proceso de Desmontaje, Traslado y Montaje del Avión Fairchild FH-227 del Ala de Transporte No.11 al campus tecnológico ITSA.

**HOJA DE LEGALIZACION DE FIRMAS**

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

---

**A/C: NELSON REINALDO TIGSE GUISHCASHO**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECANICA AERONAUTICA**

---

**SUBS.TEC.AVC.ING. HEBERT LEONIDAS ATENCIO VIZCAINO**

Latacunga, febrero 03 del 2012

## **CESION DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

Yo, **NELSON REINALDO TIGSE GUISHCASHO**, Egresado de la carrera de **MECANICA AERONAUTICA MENCION MOTORES**, en el año **2011**, con Cédula de Ciudadanía N° **180452840-2**, autor del Trabajo de Graduación “**CONSTRUCCION DE UN SOPORTE PARA EL MOTOR IZQUIERDO DEL AVION FAIRCHILD FH-227 CON MATRICULA HC-BHD, PARA EL TRASLADO DEL ALA DE TRANSPORTE NO.11 HASTA EL CAMPUS DEL INSTITUTO TECNOLOGICO SUPERIOR AERONAUTICO**”, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

---

**A/C: NELSON REINALDO TIGSE GUISHCASHO**  
**CI: 180452840-2**

Latacunga, febrero 03 del 2012