

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE PARA EL MOTOR JT8-D
UBICADO EN LOS TALLERES DE LA CARRERA DE MECÁNICA
AERONÁUTICA**

POR:

BRITO DIAZ JONATHAN ISAAC

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

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES**

2013

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de graduación fue realizado en su totalidad por el **Sr. BRITO DIAZ JONATHAN ISAAC**, como requerimiento parcial para la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA-MOTORES**.

ING. PABLO ESPINEL
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Latacunga, Octubre 19 del 2013

DEDICATORIA

Por el apoyo oportuno que se me brindó para poder cumplir con una meta más en mi vida, quiero agradecer a mis tías; Marcia y Nelly, quienes me brindaron su apoyo en lo moral y económico, sin ellos el ideal propuesto no hubiera sido alcanzado.

Por otra parte le agradezco a mi padre quien me apoyó incondicionalmente y contribuyó en mi formación profesional para llegar a ser una persona dispuesta a brindar mi trabajo a quien lo necesite.

De manera especial a mi esposa Katherine Molina y mi hija Krisstell Brito, ya que ellas son las que me impulsan día a día a seguir superándome e incentivándome a cumplir mis objetivos en cualquier circunstancia de mi vida, ellas fueron la base fundamental para lograr con la meta deseada ahora.

BRITO DIAZ JONATHAN ISAAC

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios que me ha dado la vida, salud, buenos maestros, amistades y oportunidades necesarias para seguir con el camino forjado.

Mi agradecimiento más sincero a los maestros que me guiaron por el camino de la excelencia durante mi vida como estudiante en el prestigioso Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, ya que ellos me brindaron sus conocimientos, paciencia y sabiduría para que yo pueda aprender y ser un gran profesional.

Agradezco a los Ingenieros; Guillermo Trujillo, Rodrigo Bautista y Pablo Espinel por haberme brindado sus conocimientos y haber sido más que maestros, amigos durante el desarrollo del trabajo de graduación.

BRITO DIAZ JONATHAN ISAAC

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Índice general de contenidos.....	v
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Índice de anexos	x
Glosario.....	xi
Bibliografía	xix
Resumen.....	1
Summary.....	2

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 Introducción.....	3
1.2 Justificación e importancia	4
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Alcance.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción.....	6
2.2 Datos técnicos del motor	7
2.3 Tipos de estructuras para soporte de motores	9
2.4 Manejo de soportes	13
2.5 Suelta	14
2.5.1 Clasificación de las uniones soldadas.....	14
2.6 Esfuerzo	16
2.6.1 Unidades del esfuerzo.....	17
2.7 Tipos de esfuerzos	17

2.7.1 Tracción.....	18
2.7.2 Compresión	18
2.7.3 Torsión	19
2.7.4 Flexión.....	20
2.7.5 Cortante.....	20
2.8 Acero.....	21
2.8.1 Clasificación	22
2.8.1.1 Aceros al carbono	22
2.8.1.2 Aceros aleados.....	22
2.8.1.3 Aceros de baja aleación ultrarresistentes.....	24
2.8.1.4 Aceros inoxidables	24
2.9 Acero A36.....	24
2.10 La rueda	25
2.11 Historia	25
2.12 Rueda de TPU.....	27
2.13 Propiedades del poliuretano termoplástico.....	28
2.14 Aplicaciones	29
2.15 Características	30

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares	31
3.1.1 Distribución de cargas	31
3.1.2 Datos del motor	35
3.1.3 Esfuerzos soportados.....	35
3.1.4 Selección de los materiales idóneos	37
3.1.5 Selección del tipo de electrodo.....	37
3.1.6 Diagrama de procesos	38
3.1.7 Diagrama del proceso de construcción	39
3.1.8 Flujograma de construcción	40
3.2 Diseño	41
3.2.1 Poste posterior y frontal.....	41
3.2.2 Diseño de la base.....	43
3.2.3 Expectativa final de diseño.....	45

3.3 Construcción e implementación	46
3.3.1 Procesos de construcción	47
3.4 Pruebas y análisis de resultados	51
3.5 Elaboración de Manuales	57
3.5.1 Manual de seguridad	58
3.5.2 Manual de operación	61
3.5.3 Manual de Mantenimiento	63

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.....	65
4.2 Recomendaciones.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Datos relevantes relacionados con el motor.....	35
Tabla 3.2 Características del electrodo seleccionado	38
Tabla 3.3 Símbolos del proceso de construcción	38
Tabla 3.4 Pruebas de funcionamiento.....	52
Tabla 3.5 Manuales.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Motor JT8-D	6
Figura 2.2 Plano de un motor con sistema fan	7
Figura 2.3 Cotas referenciales del motor JT8-D.....	8
Figura 2.4 Soporte tipo cama	9
Figura 2.5 Soporte estático de elevación variable.....	10
Figura 2.6 Estructura tipo cama para transporte del motor JT8-D.....	10
Figura 2.7 Cama de transporte de alto tráfico para el motor JT8-D	11
Figura 2.8 Soporte para el motor JT8-D de configuración estática didáctica ...	12
Figura 2.9 Sistema de transporte AM-1641 JT8-D	12
Figura 2.10 Comparación de soportes tipo	13
Figura 2.11 Tipos de soldadura.....	15
Figura 2.12 Soldadura a tope con penetración completa	15
Figura 2.13 Soldadura a tope con penetración parcial	16
Figura 2.14 Ejemplo del esfuerzo en vigas.....	17
Figura 2.15 Tracción	18
Figura 2.16 Compresión	19
Figura 2.17 Torsión	19
Figura 2.18 Flexión.....	20
Figura 2.19 Cortante	21
Figura 2.20 Varillas de acero.....	22
Figura 2.21 Rollos de acero inoxidable	23
Figura 2.22 Rueda.....	25
Figura 2.23 Rueda de madera.....	26
Figura 2.24 Rueda neumática	26
Figura 2.25 Rueda de TPU.....	27
Figura 2.26 Granza o pellets de poliuretano termoplástico (TPU).....	28
Figura 3.1 Detalle del aro montante del motor JT8-D.....	32
Figura 3.2 Detalle del pin de soporte CONE BOLT Y FLANGE	32
Figura 3.3 Fotografía del pin de soporte instalado en el anillo montante	33
Figura 3.4 Detalle de la simetría de fuerzas aplicadas por el motor	34
Figura 3.5 Detalle superior/frontal de la distribución de cargas.....	34
Figura 3.6 Cota de separación entre los anillos montantes 1875 mm.....	35
Figura 3.7 Cotas del poste frontal derecho	41

Figura 3.8 Vista frontal de los postes de popa	42
Figura 3.9 Diseño del poste posterior cotas de soporte CONE BOLT.....	42
Figura 3.10 Expectativa de construcción de la base	43
Figura 3.11 Vistas explosionadas de construcción (base) dimétrica	43
Figura 3.12 Vistas explosionadas de construcción (base) isométrica	44
Figura 3.13 Vistas explosionadas de construcción (base) trimétrica.....	44
Figura 3.14 Rueda TPU de alta resistencia.....	45
Figura 3.15 Esbozo tridimensional del soporte del motor JT8-D	46
Figura 3.16 Autor del proyecto utilizando las medidas de seguridad	47
Figura 3.17 Autor del proyecto en el proceso de preparación de suelda	48
Figura 3.18 Autor del proyecto en el proceso de soldadura	49
Figura 3.19 Autor del proyecto en el proceso de construcción.....	49
Figura 3.20 Autor del proyecto en el proceso de corte.....	50
Figura 3.21 Autor del proyecto en el proceso de pintura	50
Figura 3.22 Autor del proyecto en el proceso de esmerilado	51
Figura 3.23 Imagen comparativa del diseño y el ensamble final	52
Figura 3.24 Bigas verticales sometidas a esfuerzos	53
Figura 3.25 Cálculo de masas y dimensiones de la estructura	53
Figura 3.26 Selección de estudio de pandeo	54
Figura 3.27 Aplicación de cargas en cada nodo.....	54
Figura 3.28 Descripción del peso distribuido.....	55
Figura 3.29 Muestra las tenciones axiales y flexionantes en la base	55
Figura 3.30 Muestra las tenciones y el posible desplazamiento estático	56
Figura 3.31 Muestra el factor de seguridad más bajo 3.1	56

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A	
Planos	67
ANEXO B	
Normas ASTM.....	72
ANEXO C	
Especificación técnica AGA sueldas	75
ANEXO D	
Especificaciones del poliuretano termoplástico	78
ANEXO E	
Ata 71 y 06	81
ANEXO F	
Hoja de vida	82
Hoja de legalización de firmas.....	86
Cesión de derechos de propiedad intelectual.....	87

RESUMEN

Este trabajo de graduación tiene como meta dar a conocer de manera didáctica la construcción de un soporte para el motor JT8-D, se debe mencionar que este motor se lo puede encontrar instalado en la actualidad en el avión Boeing 727 de uso comercial para pasajeros.

Se realizó la construcción del soporte mediante procesos guiados al cumplimiento del trabajo realizado, como son; investigación de datos técnicos, distribución de cargas, diseño y construcción.

Además esta tesis contiene de manera detallada los aspectos más importantes para la construcción de dicho soporte, pasos y diferentes tipos de materiales empleados en la fase de construcción con la finalidad que la estructura cumpla con los parámetros de seguridad.

También se utilizaron cálculos en base a fórmulas ya existentes para determinar los diferentes tipos de esfuerzos a los que la estructura estará posteriormente sometida.

Gracias a la ayuda de nuevos softwares y programas se hizo posible el diseño y la construcción de este soporte de manera eficaz y eficiente.

Se da inicio detallando la idea del tema que es la construcción de un soporte para el motor JT8-D ubicado en los talleres de la carrera de Mecánica Aeronáutica.

SUMMARY

This graduation work aims to present an educational way to build a engine support JT8-D, it should be mentioned that this engine can find currently installed on the Boeing 727 commercial passenger.

Construction was performed by guided processes to support compliance work such as, research technical data, load distribution, design and construction.

Besides, this argument contains a detailed manner the most important aspects for the construction of said support different types of steps and materials used in the construction phase in order that the structure complies with the security parameters.

Calculations were also used based on existing formulas to determine the different types of stresses to which the structure is subsequently subjected.

With the help of new softwares and programs made possible the design and construction of this support effectively and efficiently.

It begins detailing the theme idea is to build a engine support JT8-D located in the workshops of Aeronautical Mechanics race.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 Introducción

De gran importancia es citar aquellos ejes principales en los cuales se basa la indagación, de la fase del anteproyecto se pudo recoger información acerca de la necesidad inherente de poseer herramientas adecuadas para que la asimilación de los conocimientos sea eficaz y su vez eficiente con la optimización de recursos.

Además se pudo determinar la necesidad de construir una plataforma de soporte y transporte para el motor JT8-D seccionado, que se encuentra soportado sobre neumáticos los cuales incumplen con cualquier norma básica de seguridad y almacenamiento de este tipo de motores, además puede causar daño físico a quién se encuentre cerca, este es un problema muy puntual y de gran exigencia ya que en sus perímetros suelen encontrarse alumnos civiles, militares e incluso niños.

Una institución de formación aeronáutica debe poseer estándares altos de seguridad en el empleo de las herramientas físicas y tecnológicas de la manera más idónea ya que son aspectos muy importantes para la formación de futuros profesionales y con la finalidad de proveer un ambiente confortable y seguro para quienes son docentes, alumnos y a su vez a todas aquellas personas que deseen formar parte de este tema en la institución.

1.2 Justificación e importancia

La justificación para la creación de este proyecto se basa en tres aspectos importantes, el principal es que el motor previamente mencionado sería de gran ayuda si este estuviera soportado en una plataforma de transporte, esto con el fin de mejorar la calidad en la enseñanza teórica y práctica por parte de los docentes a los alumnos.

Otro causa por la que el presente proyecto debe desarrollarse es por los conocimientos que se darán a conocer en este trabajo gracias a la utilización del software Solid Works, herramienta actual y básica para los futuros tecnólogos mecánicos del instituto tecnológico superior aeronáutico.

Por otra parte este trabajo de grado ayudaría a promover nuevas ideas a futuro para la seguridad interna dentro del instituto, todo esto a favor de un mejoramiento continuo en aspectos de aprendizaje y también un entorno seguro operacional.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Construir un soporte para el motor JT8-D ubicado en los talleres de la carrera de mecánica aeronáutica.

1.3.2 Objetivos específicos

- Recopilar información de libros, manuales y otras fuentes para desarrollar una buena construcción.
- Construir el soporte y cumplir con los requisitos de seguridad y resistencia al diseño para este tipo de plataformas.

- Fabricar una construcción durable y funcional, además que permita transportar el motor de ser necesario.
- Diseñar una estructura la cual permita el montaje y desmontaje del motor, todo esto con el objetivo de realizar inspecciones y mantenimiento a la estructura.
- Elaborar manuales de seguridad, operación y mantenimiento los cuales servirán para la correcta manipulación de la estructura por parte del operador.
- Realizar pruebas de funcionamiento al diseño.

1.4 Alcance

Su alcance está determinado para todas aquellas personas que se encuentran formándose como futuros profesionales de mantenimiento en aviación, pero en un aspecto mayor a todos aquellos que se encuentran inmiscuidos en el manejo de este tipo de motores y estructuras, también a cualquier persona que desee adentrarse en la visualización de sistemas de motores aeronáuticos.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Introducción

El campo del mantenimiento aeronáutico es amplio y poco flexible al momento de tratar con las plantas motrices, en este caso se hace referencia al motor JT8-D, mismo del cual se espera construir una plataforma de transporte, este motor construido por el fabricante Pratt & W. está aún en funcionamiento montado en los pocos aviones 727.



Figura 2.1: Motor JT8-D

Fuente: <http://www.slideshare.net/PeruvianFLy/motor-jt8-d>

Es de construcción muy sólida, de compresor axial y su principal discrepancia con los motores actuales es la falta de un sistema FAN de alto rendimiento, este es el motivo por el cuál fue uno de los últimos de su clase, dependiendo de su serie puede variar su rendimiento, pero tiene un promedio de 15000lbsF.

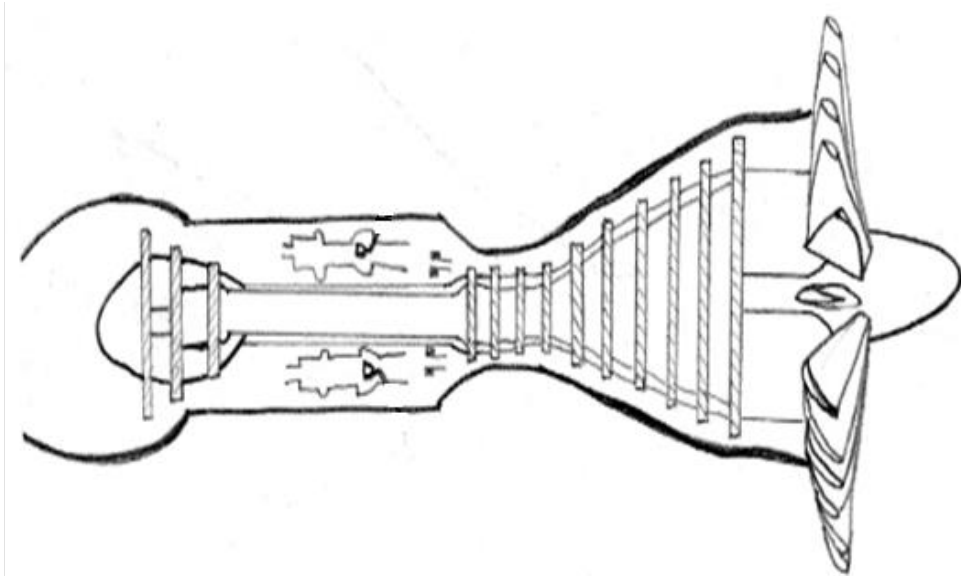


Figura 2.2: Plano de un motor con sistema fan

Elaborado por: Jonathan Brito

Es necesario recalcar que esta investigación no abarcará información detallada del motor antes mencionado, ya que el motor no es materia de estudio para la presente búsqueda, pero si se tomará en cuenta datos de su peso y de sus dimensiones además de los procedimientos estándar para su asentamiento en una estructura como la que se espera construir, puesto a que de esos datos dependerá el tipo de estructura que se desea diseñar.

2.2 Datos técnicos del motor

Toda la información que se recolectará en esta parte de la investigación estará basada en el manual de mantenimiento y procedimientos estándar del motor, haciéndose referencia al ATA 71 del motor antes mencionado, en la parte 71-00-00 página 401 literal "D" el peso del motor JT8-D es de 5000 libras distribuidas de manera equilibrada en las ubicaciones de los pines CONE BOLT, también se especifica que el motor para su montaje y asentamiento para posterior mantenimiento debe ser soportado en una estructura que tenga la resistencia

equivalente al peso o superior para poder evitar posibles daños al personal que trabajan en él.

“La planta de energía pesa aproximadamente 5,000 libras. El equipo de elevación y soporte debe ser capaz de soportar este peso, se debe tener precaución en todo momento al manipular el motor para evitar daños al personal, daños materiales y daños en el motor durante el montaje y desmontaje del motor”¹.

Otro dato técnico de vital importancia son las dimensiones y diámetros aplicados en la turbina exterior, las mismas que se obtendrán a través del documento ATA 06-61-00.

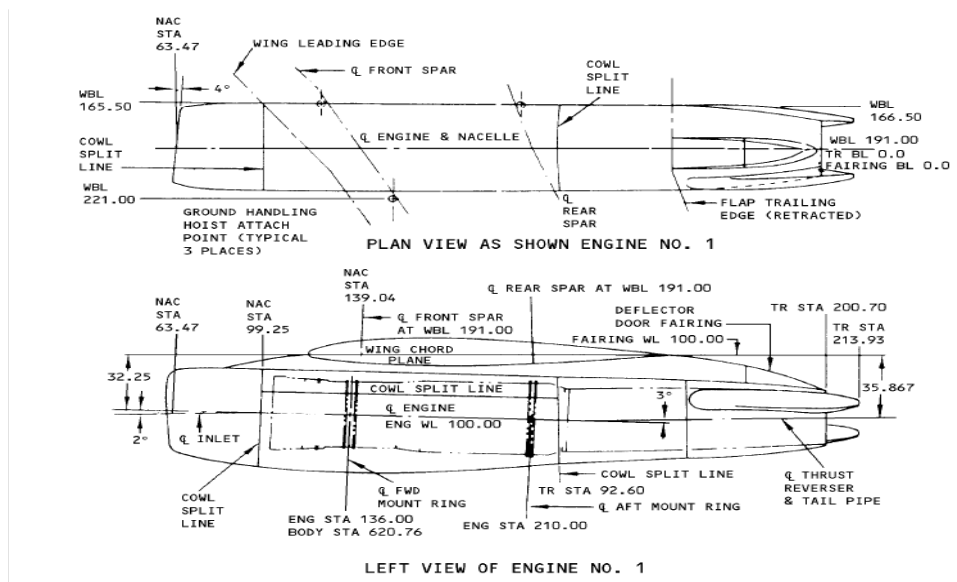


Figura 2.3: Cotas referenciales del motor JT8-D

Fuente: BOEING. 1990. Boeing 737 Maintenance Manual. P 201. ATA 06-61-00 Engine and Nacelle Station Diagram.

¹ BOEING. 1990. Boeing 737 Maintenance Manual. P 401.ATA 71-00-00 Power Plant (JT8-D)-Removal/Installation.

2.3 Tipos de estructuras para soporte de motores

Puesto que no existe un manual específico para diseñar soportes de motores es indispensable para la presente investigación basar su diseño en modelos encontrados en imágenes, medidas y peso del motor realizando un estudio estructural para determinar la sustentabilidad del diseño, además de aportar datos importantes para determinar el tipo de material que se utilizará para la presente construcción.



Figura 2.4: Soporte tipo cama

Fuente: <http://www.slideshare.net/PeruvianFLy/motor-jt8-d>

En la siguiente figura se puede apreciar la configuración de un soporte estático pero con la facilidad de un sistema de elevación, el cual permitirá a futuro mediante un sistema integrado de gatas que se accionan manualmente, la elevación o degradación del motor, permitiendo de esta manera efectuar inspecciones visuales y un mejor mantenimiento ayudando a la ergonomía de los estudiantes, docentes y de toda el área interesada.

Se puede decir entonces que los soportes son estructuras que permiten la sujeción de herramientas u equipos en tierra y son fabricados con diferentes tipos de materiales dependiendo el tipo de carga al que sea expuesto.



Figura 2.5: Soporte estático de elevación variable

Fuente: <http://www.slideshare.net/PeruvianFLy/motor-jt8-d>

Diferente es el caso del soporte que se observa a continuación, ya que este permite el fácil traslado de la maquinaria de un lugar a otro mediante un sistema de ruedas rotativas que permiten el direccionamiento del equipo sin necesidad de un sistema de dirección ya sea hidráulico, neumático o mecánico, ayudando a la libre movilización en cierta área designada para su diseño.



Figura 2.6: Estructura tipo cama para transporte del motor JT8-D

Fuente: <http://www.slideshare.net/PeruvianFLy/motor-jt8-d>

La foto en la que se observa el soporte en el que está el motor JT8-D en una plataforma, esta estructura consta con un sistema de dirección mecánica en la cual el operario del equipo deberá hacer uso de un esfuerzo físico para girar y cambiar el sentido de la trayectoria y con al menos tres personas más como mínimo para empujar al motor.



Figura 2.7: Cama de transporte de alto tráfico para el motor JT8-D

Fuente: <http://www.slideshare.net/PeruvianFLy/motor-jt8-d>

El soporte diseñado a continuación es estático, representa una desventaja económica, si se quisiera cambiar de lugar se deberá hacer uso de un montacargas para su desplazamiento.

Por lo general los soportes estáticos son construidos con finalidades didácticas en su totalidad, ya que pueden ser observados como obras de arte de la ingeniería moderna.

Una estructura como esta representa un gasto menos en la construcción pero un gasto mayor a futuro si se considera que se lo deberá transportar en alguna ocasión, debido a que presentan este inconveniente es que no se los construye mucho en estos días.



Figura 2.8: Soporte para el motor JT8-D de configuración estática didáctica

Fuente: http://www.pw.utc.com/JT8D_Engine

En la siguiente imagen se puede observar diversos tipos de soportes para el motor JT8-D, se puede discernir la importancia que tiene la movilidad de las estructuras soportadoras, así como el tipo de material a utilizar, se observa que existen diferencias entre los sistemas estructurales diseñados para el asfalto de la pista así como el de tipo laboratorio, es evidente ver que son estructuras simples con pocas bigas, con alta resistencia y limitado volumen además del poco espacio que ocupan.

AM-1641 JT8D SINGLE PIECE STAND

✉ EMAIL TO A FRIEND 🖨️ PRINT

LAST UPDATED: 11:04am, September 12, 2012

This transport system is designed for air/truck transport of the JT series engines listed above. Forward and aft mounting adapters are interchangeable for the different engine types (see illustration). The stand is towable from both ends and has two telescoping towbars which stow on the stand when not in use. The base is supported by four shock absorbing caster assemblies with swivel locks and face brakes, and is equipped with integral shock mounts which dampen ground handling loads and vibrations. Optional AM-1641-320 Risers (shown below) are available.

[REQUEST A QUOTE](#)




Figura 2.9: Sistema de transporte AM-1641 JT8-D

Fuente: http://www.pw.utc.com/JT8D_Engine

Una diferencia notable entre las estructuras que están dedicadas a brindar soporte para mantenimiento y las que están destinadas a realizar soporte para la enseñanza o la praxis de la docencia es el tipo de material y la configuración que la estructura tendrá; para reconocer las diferencias obsérvese las figuras a continuación.



Figura 2.10: Comparación de soportes tipo
Fuente: http://www.pw.utc.com/JT8D_Engine

2.4 Manejo de soportes

Para todo el personal que trabaje en el mantenimiento a motores es imprescindible que las herramientas de soporte al mantenimiento como las camas de transporte o los teclés de asentado de plantas motrices e incluso las gatas para el avión no solo trabajen de manera eficiente si no también que puedan ser fáciles de utilizar y sencillas al momento de aprender su operación, además de proporcionar seguridad a todos los operadores de las mismas.

Estas plataformas están dotadas de refuerzos y soportes de distribución de cargas para que su trabajo sea efectivo, cuentan con un ancla para ser transportadas a donde sea necesario, y sobre todo poseen ruedas que les permiten su movilización.

En conclusión es necesario tomar todas estas especificaciones para poder tomar la mejor decisión al momento de diseñar el soporte y la función que este va a desempeñar durante su vida útil, así como la selección del material, resistencia y rigidez a la que se quiera llegar con los respectivos diseños además del proceso de construcción.

2.5 Suelda

La suelda está definida como la unión de dos metales con las mismas propiedades mecánicas, teniendo como objetivo la construcción de estructuras como la del proyecto.

2.5.1 Clasificación de las uniones soldadas

“Las uniones soldadas se pueden clasificar según la posición relativa de las chapas soldadas en:

- **Soldaduras en ángulo:** En este tipo de configuración no se realiza ningún tipo de preparación en los bordes de las piezas a unir antes de soldar y la penetración del cordón se debe exclusivamente a la fusión que se genera durante el proceso.
- **Soldaduras a tope:** En este tipo antes de soldar se realiza una preparación de bordes en las piezas, con el objeto de favorecer la penetración del cordón (en las piezas de poco espesor no es necesaria). A la vez, en las uniones a tope se puede distinguir:
 - **De penetración completa:** Cuando la fusión y mezcla entre el material base y el de aportación alcanza a todo el espesor de la unión.
 - **De penetración parcial:** si esta fusión y mezcla no alcanzan a todo el espesor².

² ARATEC. 2011. Cálculo Mecánico de las uniones de sueldas. P 3-4

Entre los diferentes tipos definidos por la geometría de la unión, se pueden combinar de la forma indicada en las siguientes imágenes.




Tipo de soldadura	Tipo de unión		
	Unión a tope	Unión a tope en T	Unión de solape
Soldadura en ángulo			
Soldadura de ojal (o en ranura)			

Figura 2.11: Tipos de soldadura

Fuente: ARATEC. 2011. Cálculo Mecánico de las uniones sueltas. P 3-4

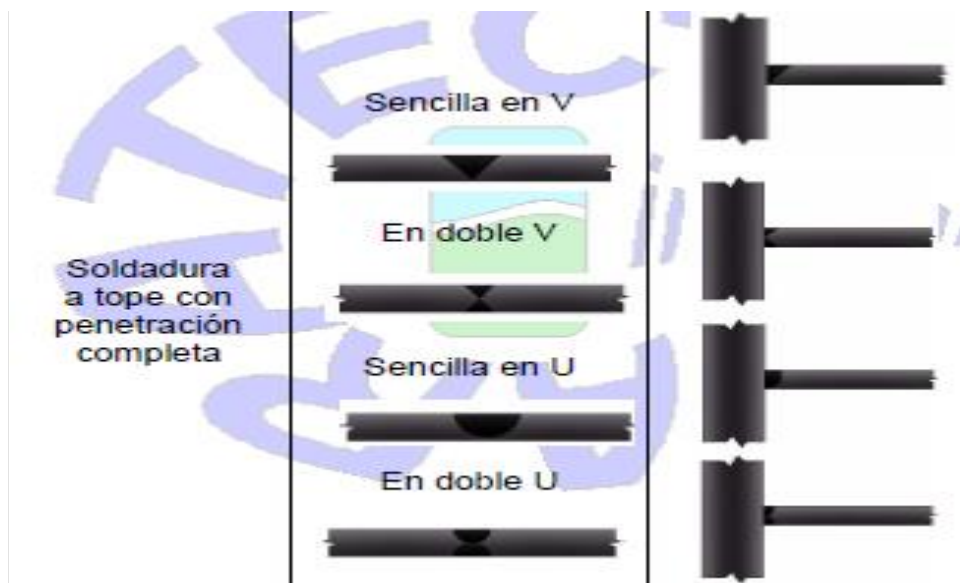


Figura 2.12: Soldadura a tope con penetración completa

Fuente: ARATEC. 2011. Cálculo Mecánico de las uniones de soldas. P 3-4

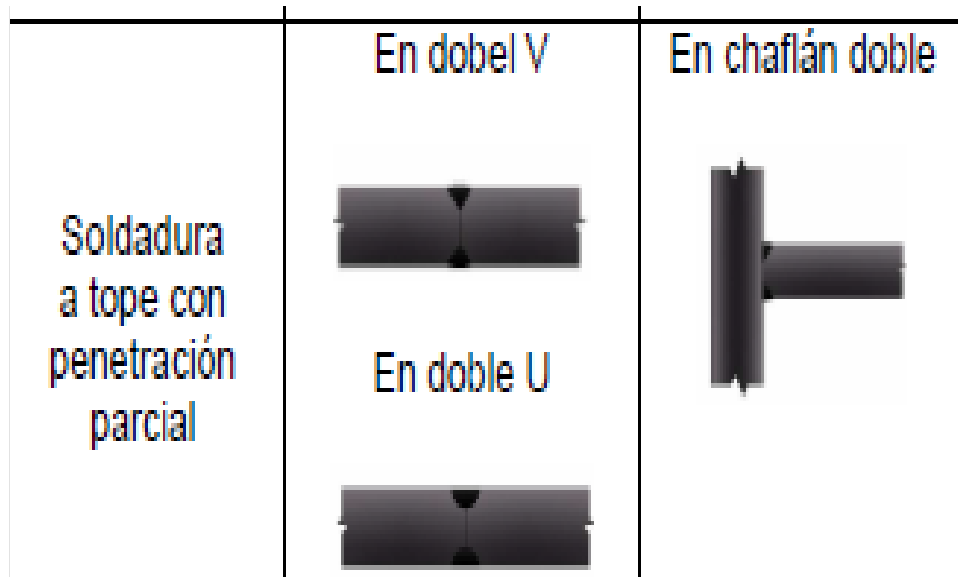


Figura 2.13: Soldadura a tope con penetración parcial

Fuente: ARATEC. 2011. Cálculo Mecánico de las uniones de soldas. P 3-4

2.6 Esfuerzo

“Se define entonces el **esfuerzo (σ) axial o normal** como la relación entre la fuerza aplicada y el área de la sección sobre la cual actúa. O en otros términos como la carga que actúa por unidad de área del material.

Cuando una fuerza **P** actúa a lo largo de una barra su efecto sobre la misma depende no solo del material sino de la sección transversal que tenga la barra, de tal manera que a mayor sección mayor será la resistencia de la misma”³.

$$\sigma = P/A$$

Siendo: P: Fuerza axial
 A: Sección transversal

O a nivel diferencial:

$$\sigma = dA/dP$$

³ JORGE.S. 2007. Resistencia de materiales básica para estudiantes de ingeniería. P 18. 1^{ra} Edición. Ed. I.S.B.N.

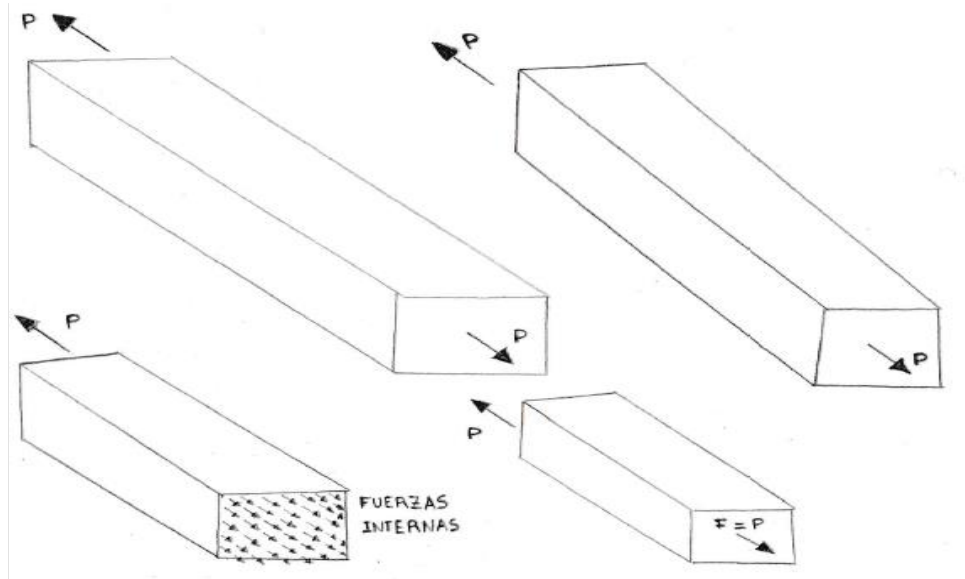


Figura 2.14: Ejemplo del esfuerzo en vigas
Elaborado por: Jonathan Brito

2.6.1 Unidades del esfuerzo

Esfuerzo (σ): Kg/ cm² ; lb/ in²=psi ; N/m²= Pascal
 MKS Inglés Sistema internacional

2.7 Tipos de Esfuerzos

En una estructura se necesitan; un diseño adecuado y elementos que sean capaces de soportar las cargas, fuerzas y acciones a las que va a estar sometida.

Existen varios tipos de esfuerzos que deben soportar las diferentes piezas en las estructuras y son:

2.7.1 Tracción

“Hace que se separen entre sí las distintas partículas que componen una pieza, tendiendo a alargarla. Por ejemplo, cuando se cuelga de una cadena una lámpara, la cadena queda sometida a un esfuerzo de tracción, tendiendo a aumentar su longitud”⁴.

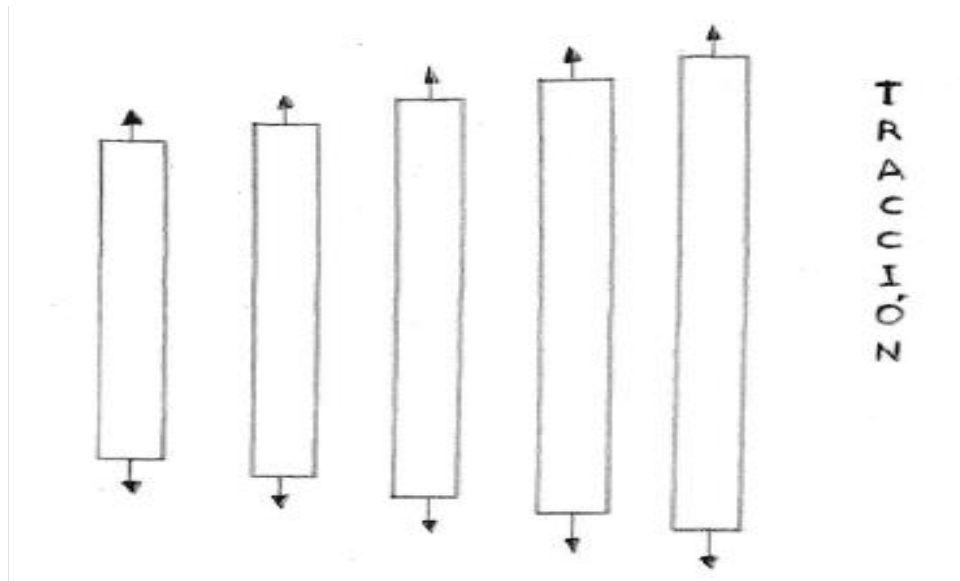


Figura 2.15: Tracción

Elaborado por: Jonathan Brito

2.7.2 Compresión

Esta fuerza hace que se aproximen las diferentes partículas de un material, y produce aplastamientos o acortamientos. Cuando nos acostamos en una cama provocamos fuerzas de compresión en las cuatro bigas de soporte.

⁴ www.google.com.ec

http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0053-02/contenido/4_esfuerzos.htm

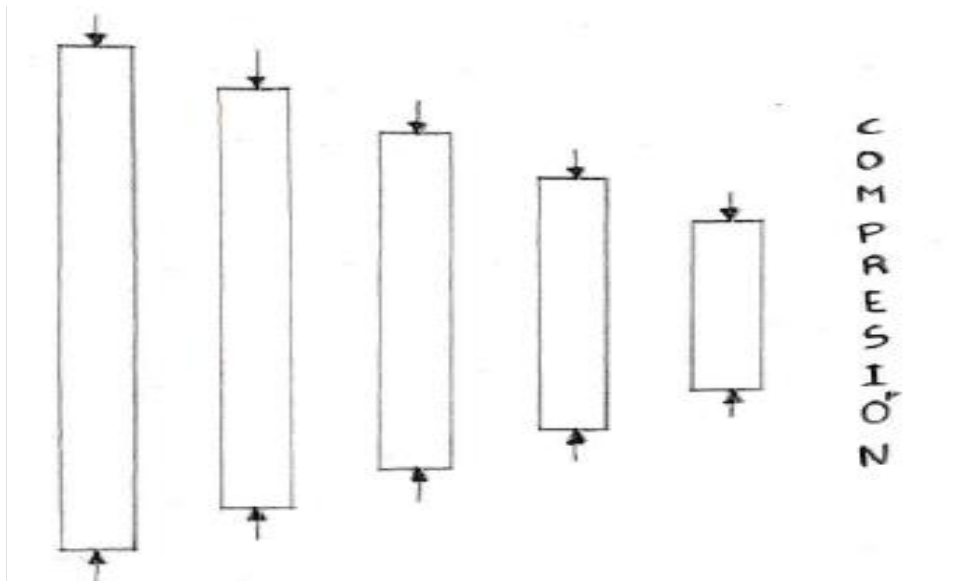


Figura 2.16: Compresión
Elaborado por: Jonathan Brito

2.7.3 Torsión

La torsión hace a la biga retorcerse en su eje central. Los cigüeñales y las manivelas son ejemplos de estas fuerzas.

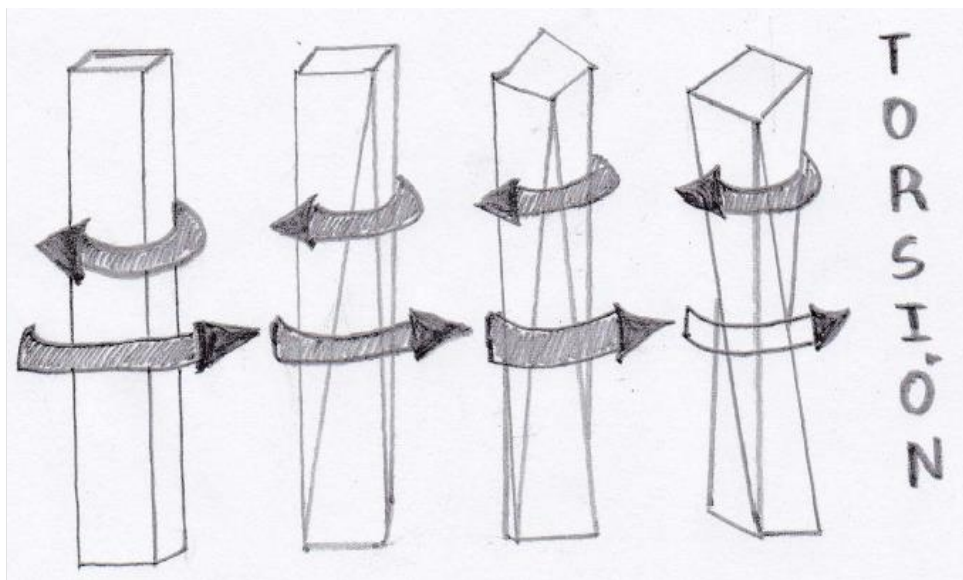


Figura 2.17: Torsión
Elaborado por: Jonathan Brito

2.7.4 Flexión

Combina la fuerza de compresión y de tracción. Cuando la superficie de la biga es sometida a una fuerza de flexión, las partículas se alargan y la superficie inferior se acorta. Un ejemplo común de esta fuerza está en las tablas de una repisa de libros, cuando se colocan los libros esta queda sometida a esta fuerza.

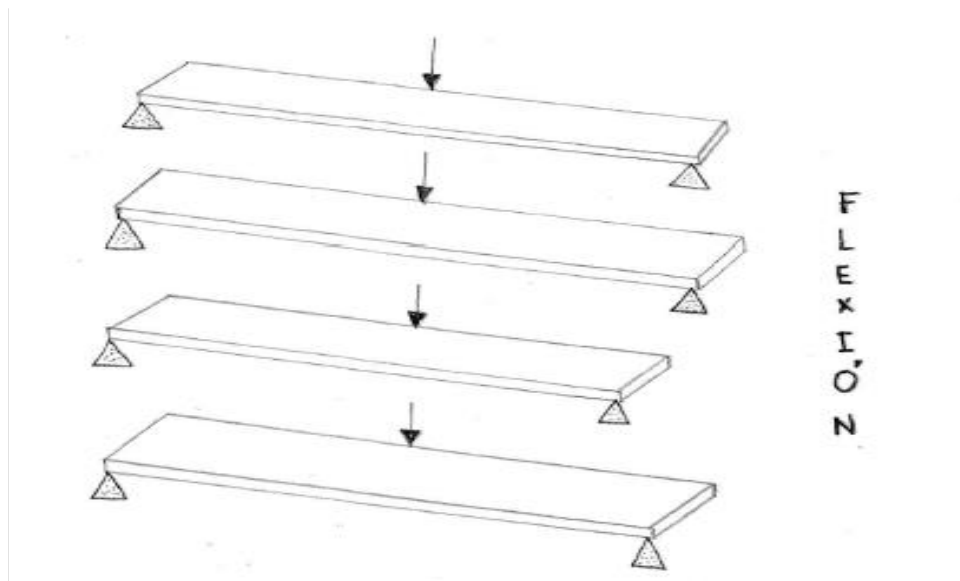


Figura 2.18: Flexión

Elaborado por: Jonathan Brito

2.7.5 Cortante

Al producir fuerzas perpendiculares a la pieza, se hace que las partículas del material desplazarse las unas sobre las otras. Se puede producir esta fuerza al cortar un trozo de alambre o al aplicar fuerzas en sentido contrario la una a la otra en puntos diferentes como lo muestra la figura.

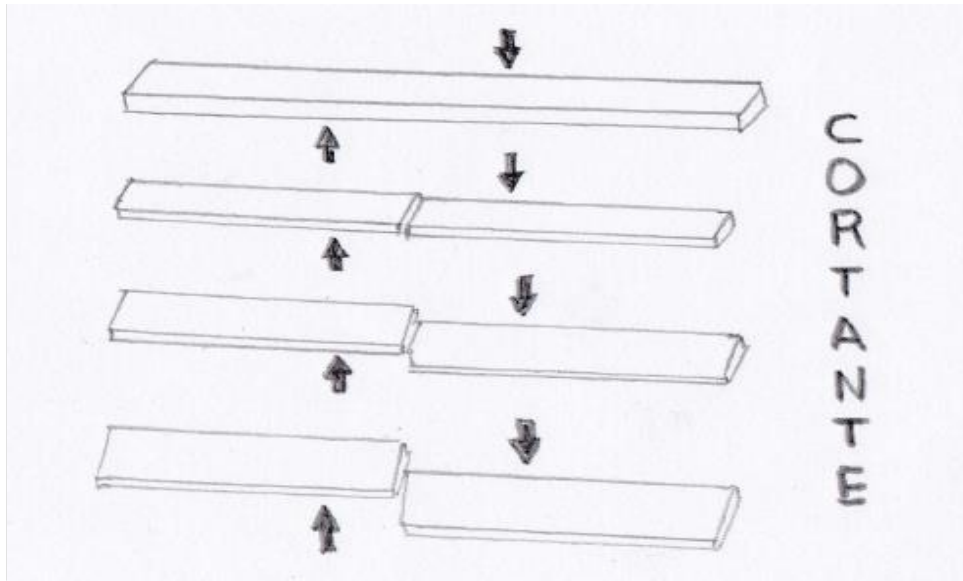


Figura 2.19: Cortante
Elaborado por: Jonathan Brito

2.8 Acero

“El acero es básicamente una aleación de hierro y de carbono. El contenido del carbono en el acero es relativamente bajo. La mayoría de los aceros tienen menos de 9 átomos de carbono por cada 100 de hierro en el acero. Como el carbono es más ligero que el hierro, el porcentaje de masa de carbono en el acero es casi siempre menos del 2%. La forma convencional de expresar el contenido de los elementos en las aleaciones es por el porcentaje de la masa total con que cada uno contribuye”⁵.

⁵ ING. GUILLERMO C. 2009. Departamento de ingeniería mecánica. P 7. 1^{ra} Edición. Ed. F.I.U.B.A.

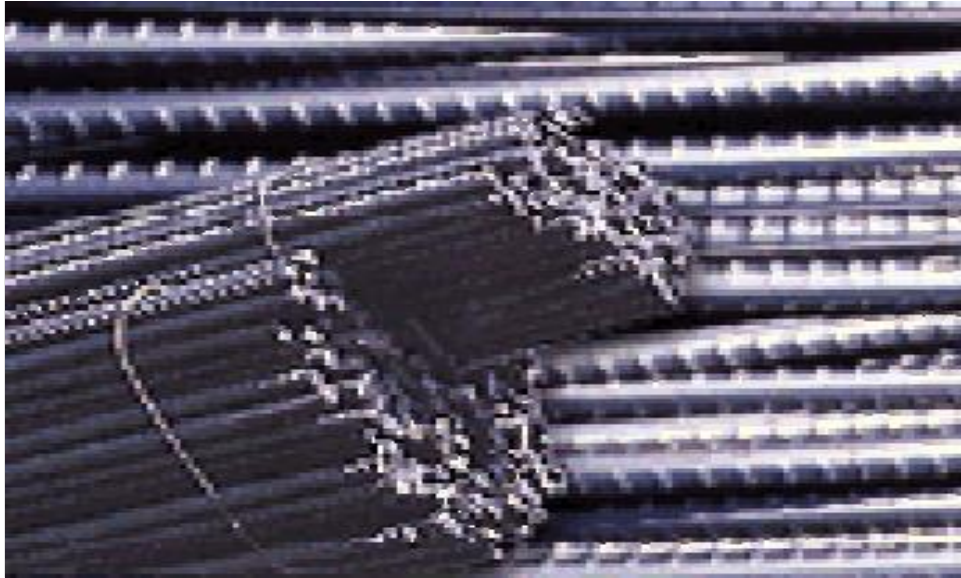


Figura 2.20: Varillas de acero
Elaborado por: Jonathan Brito

2.8.1 Clasificación

El acero se clasifica por las diferentes aleaciones que producen un distinto efecto en él:

2.8.1.1 Aceros al carbono

El 90 % de los aceros son al carbono que poseen diferentes cantidades de carbono, menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre. Este acero es empleado para la construcción de máquinas, carrocerías de automóvil, la mayor parte de las estructuras de construcción de acero y cascos de buques.

2.8.1.2 Aceros aleados

Poseen cantidades significativas de molibdeno, vanadio y otros materiales, también cantidades mayores de silicio, manganeso y cobre que aceros al carbono normales. Los aceros aleados se pueden clasificar en:

- **Aceros estructurales:** Se emplean para diversas partes de máquinas, como engranajes, ejes y palancas. También se utilizan en las estructuras de edificios, puentes, barcos, chasis de automóviles y otras estructuras parecidas. Los porcentajes de aleación varían desde 0,25% a un 6%.
- **Aceros para construcción de herramientas:** Son aceros de alta calidad que se usan en herramientas para modelar metales y no-metales y cortar. Estos aceros son utilizados en materiales empleados para cortar y construir herramientas como son: taladros, fresas, tornos y entre otros.
- **Aceros especiales:** Son aceros inoxidables con porcentajes de cromo por lo general superior al 12%. Son aceros de alta resistencia tanto estructural como térmica y resistencia a la corrosión que se usan para construir cigüeñales, turbinas de vapor, engranajes, ejes, rodamientos entre otras estructuras que se desee que posean características especiales.



Figura 2.21: Rollos de acero inoxidable

Fuente: ING. GUILLERMO C. 2009. Departamento de ingeniería mecánica. P 7. 1^{ra} Edición. Ed. F.I.U.B.A.

2.8.1.3 Aceros de baja aleación ultrarresistentes

Son más económicos que otros aceros aleados. Estos aceros tienen un tratamiento especial dándoles una resistencia mayor que la del acero al carbono. Una característica está en los vagones construidos de acero de baja aleación, pesan menos y las cargas pueden ser más pesadas.

2.8.1.4 Aceros inoxidables

Poseen cromo, níquel y otros materiales de aleación los cuales mantienen brillantes y resistentes al óxido en presencia de sustancias corrosivas y humedad. Existen aceros inoxidables muy duros, otros resistentes a la temperatura por largos periodos de tiempo.

“Debido a sus superficies brillantes, en arquitectura se emplean muchas veces con fines decorativos. El acero inoxidable se utiliza para las tuberías y tanques de refinerías de petróleo o plantas químicas, para los fuselajes de los aviones o para cápsulas espaciales. También se usa para fabricar instrumentos y equipos quirúrgicos, o para fijar o sustituir huesos rotos, ya que resiste a la acción de los fluidos corporales. En cocinas y zonas de preparación de alimentos los utensilios son a menudo de acero inoxidable, ya que no oscurece los alimentos y pueden limpiarse con facilidad”⁶.

2.9 Acero 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”⁷.

⁶ www.google.com.ec

http://www.infoacero.cl/acero/que_es.htm

⁷ http://es.wikipedia.org/wiki/Acero_A36

La denominación A36 fue establecida por la ASTM (American Society for Testing and Materials).

2.10 La rueda

La rueda es una “Máquina elemental, en forma circular y de poco grueso respecto a su radio, que puede girar en torno a su eje”⁸.



Figura 2.22: Rueda

Fuente: Agustín de Betancourt. 2004. LA ENCICLOPEDIA. P 13629. 1^{ra} Edición. Ed. Salvat

2.11 Historia

Las ruedas más antiguas que se conocen fueron construidas en la antigua Mesopotamia, entre el año 3500 a.C. y el 3000 a.C. Se cree que los vehículos de ruedas aparecieron después de la invención del torno de alfarero, y el carro no tardó en sustituir al trineo como medio de transporte. En su forma más simple la rueda era un disco sólido de madera fijado a un eje redondo mediante espigas de madera.

⁸ Agustín de Betancourt. 2004. LA ENCICLOPEDIA. P 13629. 1^{ra} Edición. Ed. Salvat

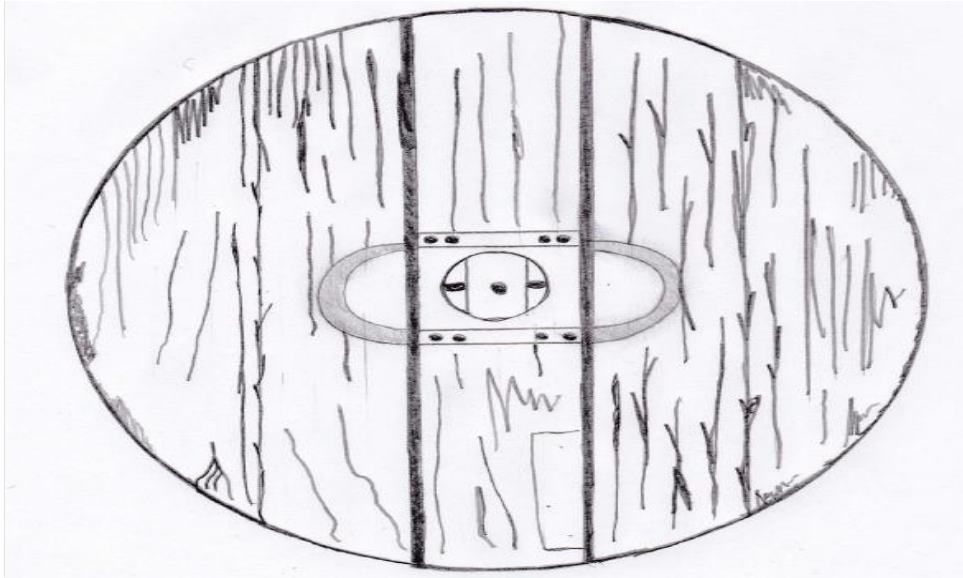


Figura 2.23: Rueda de madera
Elaborado por: Jonathan Brito

En la actualidad existen muchos tipos de ruedas, las más comunes utilizadas en la mecánica son las ruedas neumáticas usadas por todos los vehículos hoy en día.



Figura 2.24: Rueda neumática
Elaborado por: Jonathan Brito

Los neumáticos de hoy en día, no se parecen absolutamente en nada de los anteriormente mencionados, hoy en día tienen unas calidades asombrosas y son fabricadas por empresas únicamente dedicadas a la construcción de neumáticos como Michelin, Pirelli, Bridgestone, etc.

2.12 Rueda de TPU

La rueda TPU es un poliuretano termoplástico, se caracteriza por su alta resistencia a la abrasión, al desgaste, al desgarre, al oxígeno, al ozono y a las bajas temperaturas. Esta combinación de propiedades hace del poliuretano termoplástico un plástico de ingeniería; por esta razón, se utiliza en aplicaciones especiales.



Figura 2.25: Rueda de TPU
Elaborado por: Jonathan Brito

“El poliuretano termoplástico es una de las variedades existentes dentro de los poliuretanos. No requiere vulcanización para su procesado, pero en el año 2008 se ha introducido un novedoso proceso para reciclarlo. Este elastómero puede ser conformado por los procesos habituales para termoplásticos, como moldeo por inyección, extrusión y soplado. Se designa comúnmente como TPU (TPU, por las iniciales en inglés de Thermoplastic Polyurethane)”⁹.

⁹ www.google.com
http://es.wikipedia.org/wiki/Poliuretano_termopl%C3%A1stico

El poliuretano termoplástico se caracteriza por su alta resistencia a la abrasión, al desgaste, al desgarre, al oxígeno, al ozono y a las bajas temperaturas. Esta combinación de propiedades hace del poliuretano termoplástico un plástico de ingeniería; por esta razón, se utiliza en aplicaciones especiales.

El poliuretano termoplástico se forma por la reacción de tres materias primas principales, que son:

- a. Polioles. (Dioles de cadena larga)
- b. Isocianatos.
- c. Dioles de cadena corta.

Los TPU, al igual que los termoplásticos en general, también pueden contener aditivos o cargas para conferir propiedades especiales: plastificantes, fibras, etc.

2.13 Propiedades del poliuretano termoplástico



Figura 2.26: Granza o pellets de poliuretano termoplástico (TPU)

Elaborado por: Jonathan Brito

2.14 Aplicaciones

Entre sus aplicaciones se encuentran:

- Recubrimiento de cables para robots, para sistemas de seguridad del automóvil y otros cables especiales.
- Mangueras, tubos y perfiles flexibles, para máquinas y aparatos.
- Fibra textil elástica, empleadas en ropa (deportiva y de baño) y aplicaciones industriales.
- Láminas y películas, para embalaje y para impermeabilizaciones de ropa y colchones, dada su permeabilidad al vapor de agua.
- Componentes para automóvil, tanto en el habitáculo como piezas del chasis y compartimento motor. Pomos de cambio de marchas, recubrimiento de tiradores de puerta y consola central, topes de amortiguadores, conectores y fijaciones eléctricas, antenas, taloneras y estribos, fuelles.
- Artículos deportivos, interiores de cascos de fútbol americano, balones oficiales de distintos deportes.
- Suelas de calzado, tanto de moda como calzado profesional y tapetes para tacones.
- Ruedas para maquinaria, juntas, cribas, topes de amortiguación y mangos de herramientas.
- Artículos para agricultura, ganadería y pesca.

2.15 Características

- Elevada flexibilidad, incluso a bajas temperaturas.
- Muy buena resistencia a la abrasión.
- Buena resistencia a grasas y aceites.
- No emite olor (sin migración de plastificantes).
- No resiste la hidrólisis en agua caliente (vapor).
- No resiste al cloro ni a muchos disolventes orgánicos.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares

3.1.1 Distribución de cargas

Primero es importante definir algunos conceptos básicos de ¿cómo son transmitidas las fuerzas de un motor y donde se encuentran ubicados estos puntos? también es necesario tener estricta observancia a los métodos físico mecánicos de transmisión de las cargas aplicadas, todo esto para seleccionar el método más acertado en términos de diseño para construir el sistema de soporte para el motor JT8-D, asimismo se debe entender que el soporte estará estacionado dentro del “bloque 42” lugar de descanso de este tipo de motores y su fin es didáctico puesto que el motor se encuentra seccionado.

Como se aprecia en la figura 3.1 el motor se encuentra soportado sobre 2 anillos montantes estos son de una aleación de alta resistencia, pero además sirven como método de transmisión de vibración del motor hacia la aeronave y el consiguiente aislamiento del mismo mediante el conjunto de aislantes de vibración instalados en la unión de la nacela.

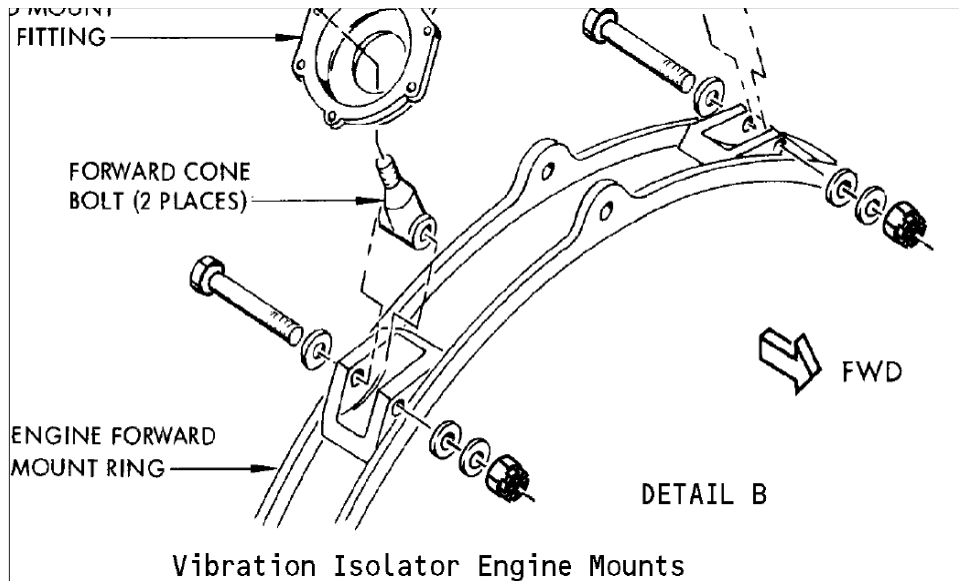


Figura 3.1: Detalle del aro montante del motor JT8-D

Fuente: BOEING. 1990. Boeing 737 Maintenance Manual. P 603. ATA 71-20-00
Vibration Isolator Engine Mounts.

Para la investigación en curso interesa saber el número de anillos montantes. El motor JT8-D cuenta con 2 anillos montantes, los cuales sirven para la instalación del CONE BOLT que no es otra cosa que un pin de soporte de carga para el asentamiento del motor en plataformas de transporte, además el mismo anillo posee la resistencia necesaria para soportar la planta motriz.

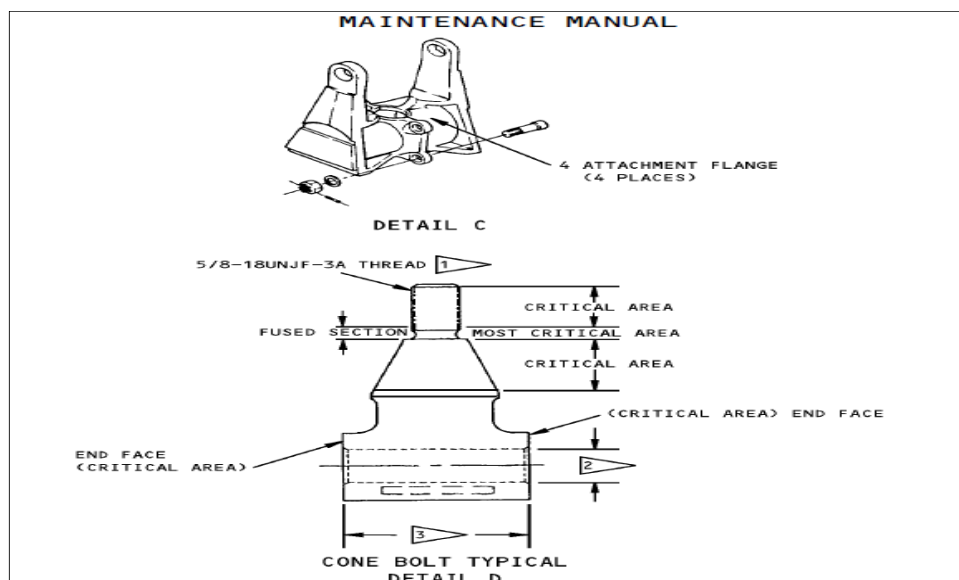


Figura 3.2: Detalle del pin de soporte "CONE BOLT y FLANGE"

Fuente: BOEING. 1990. Boeing 737 Maintenance Manual. P 604. ATA 71-20-00
Cone bolt typical.

Las cargas que se despliegan de forma axial son transmitidas a través del motor a los anillos montantes que están a una distancia específica diseñada para que las cargas allí expuestas sean transmitidas de manera simétrica hacia los montantes de la nacela o hacia plataformas de transporte.



Figura 3.3: Fotografía del pin de soporte instalado en el anillo montante

Elaborado por: Jonathan Brito

Es decir que el motor descarga todo su peso en los cuatro puntos de apoyo que se conectan en los anillos montantes y estos a su vez a toda la estructura del soporte.

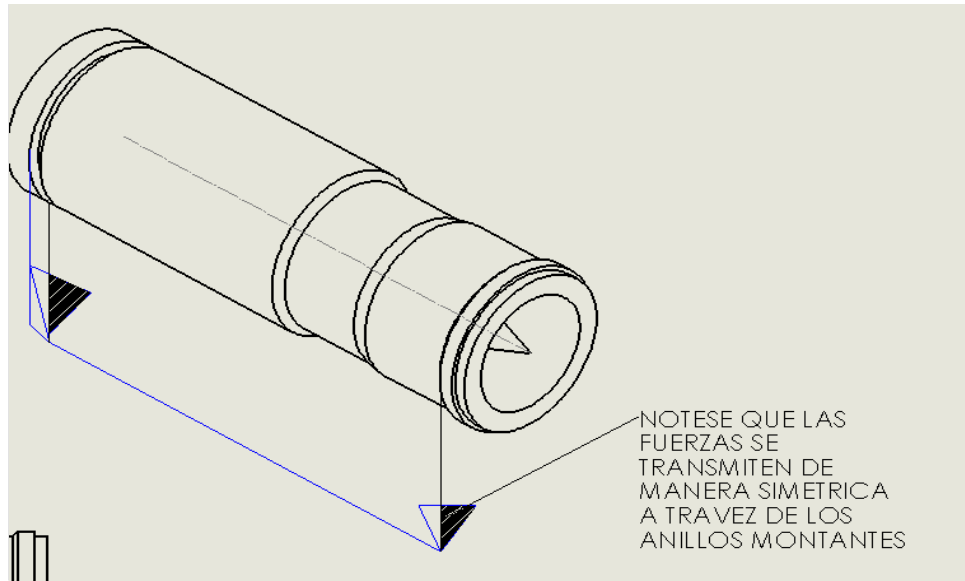


Figura 3.4: Detalle de la simetría de fuerzas aplicadas por el motor
Elaborado por: Jonathan Brito

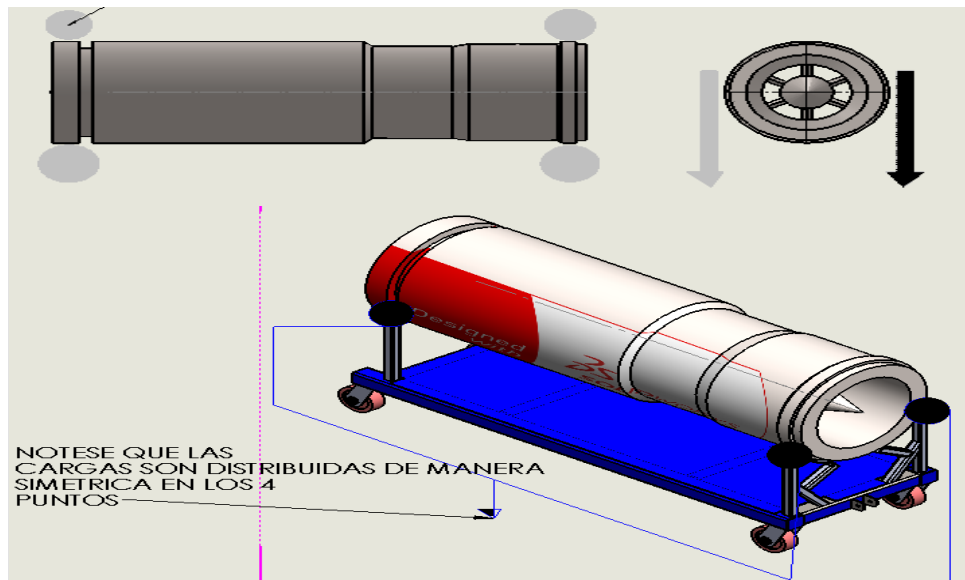


Figura 3.5: Detalle superior/frontal de la distribución de cargas
Elaborado por: Jonathan Brito

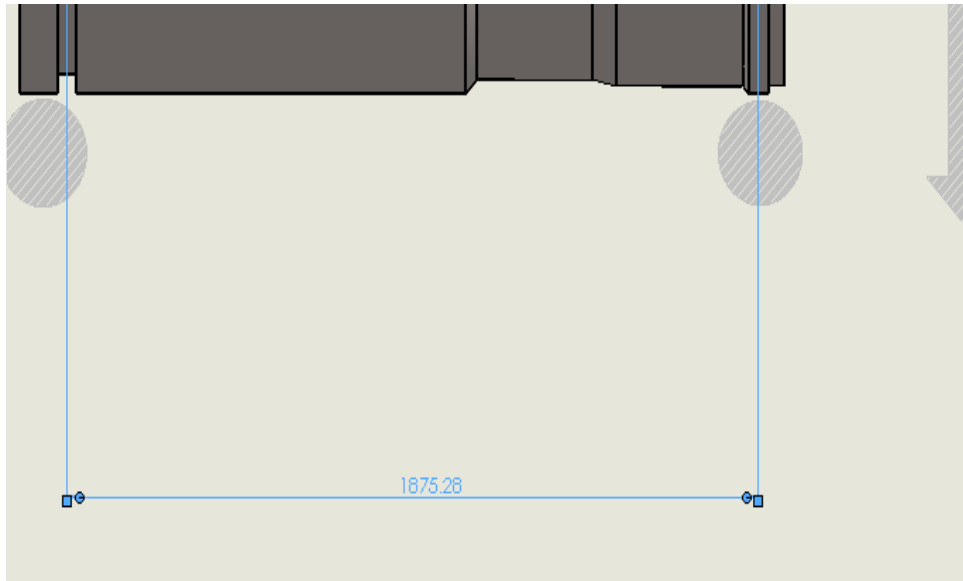


Figura 3.6: Cota de separación entre los anillos montantes 1875 mm

Elaborado por: Jonathan Brito

3.1.2 Datos del motor

Estos son los datos más importantes que se tomarán en cuenta para su construcción; peso y dimensiones entre aros montantes:

Tabla 3.1: Datos relevantes relacionados con el motor

DIAMETRO MAYOR DEL ARO MONTANTE	600 MM
LONGITUD ENTRE AROS MONTANTES	1930mm
PESO APROXIMADO	5000 lb

Fuente: Manual de mantenimiento del avión Boeing 737

3.1.3 Esfuerzos soportados

Dado que se espera soportar el motor en una cama de transporte las mismas que tendrán que soportarse en bigas verticales que transmitirán el peso a la cama de transporte generando un esfuerzo específico que resulta de la diferencia entre el peso total para 4 unidades, es decir:

Esfuerzo aplicado de forma unitaria 568.18 kg

Este servirá para determinar qué tipo de biga se utilizará para soportar el peso del motor y servirá para determinar el tipo de material para la construcción.

Para el estudio de las cargas disipadas en la base se utilizará la herramienta digital Solid Works la cual permitirá determinar las deformaciones en un material específico, a continuación se describe las fórmulas a utilizar para determinar el esfuerzo en la biga y determinar el material.

$$E = F/A \quad 3.1$$

$$F_s = \frac{\text{CARGA PERMISIBLE}}{\text{CARGA APLICADA}} \quad 3.2$$

$$F = m \times a \quad 3.3$$

Dónde:

E= Esfuerzo

F= Fuerza aplicada

A= Área donde se aplica la fuerza

F_s= Factor de seguridad

m = masa

a = Valor de la gravedad

Aplicando la fórmula 3.3 al valor de la carga distribuida de manera unitaria, se obtiene;

$$F = 568.18 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 5568.16 \text{ N}$$

Aplicando la fórmula 3.1 para el cálculo del esfuerzo unitario, se obtiene;

$$E = F/A$$

$$E = \frac{5568.16 \text{ N}}{129420 \text{ mm}^2}$$

$$E = 0.04 \text{ N/mm}^2$$

3.1.4 Selección de los materiales idóneos

Para determinar qué tipo de material se utilizará en el sistema de construcción es necesario aplicar la fórmula de la teoría de resistencia de materiales para el cálculo de los esfuerzos admisibles de un material, así; si no se conoce el material se lo calcula en base al factor de seguridad deseado.

$$\sigma \text{ admisible} = \frac{\sigma \text{ resistente del material}}{\text{factor de seguridad esperado}} \quad 3.4$$

Aplicando la fórmula 3.4 a un acero ASTM A 36 para la construcción estructural y basándose en las tablas de resistencia de materiales (Ver anexo B), se obtiene;

$$\begin{aligned} \sigma \text{ admisible} &= \frac{250 \text{ Nmm}^2}{3} \\ \sigma \text{ admisible} &= 83.33 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Entonces comparando los valores obtenidos de la fase de cálculos de carga para determinar el material idóneo, es decir la carga máxima que debería aplicarse en una biga de acero ASTM A 36 es de 83.33 para un factor de seguridad de 3 en las cargas, y por los datos anteriores se determinó que la carga aplicada en cada punto simétrico es de $E = 0.04 \text{ N/mm}^2$, entonces la selección de material más idóneo es el acero estructural ASTM A 36.

3.1.5 Selección del tipo de electrodo

Puesto que la selección de suelda es una variable de importancia en este tipo de estructuras se utilizará el electrodo 7016 por su alta resistencia y antecedentes de durabilidad en este tipo de construcciones (Ver anexo C).

Tabla 3.2: Características del electrodo seleccionado

ELECTRODO 7016	
RESISTENCIA TENCIL	70000 A 78000 PSI
LÍMITE ELÁSTICO	63000 A 70000 PSI
ELONGACIÓN	32%

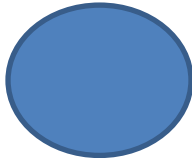

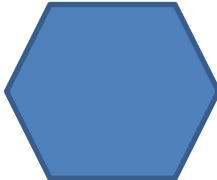
Fuente: Especificación técnica AGA sueldas

3.1.6 Diagrama de procesos

El diagrama de procesos está constituido por símbolos los cuales indican los pasos del proceso de construcción de la estructura de soporte.

En la siguiente tabla se describirán los símbolos para cada uno de los procesos a realizar para que la construcción sea efectiva.

Tabla N° 3.3: Símbolos del proceso de construcción

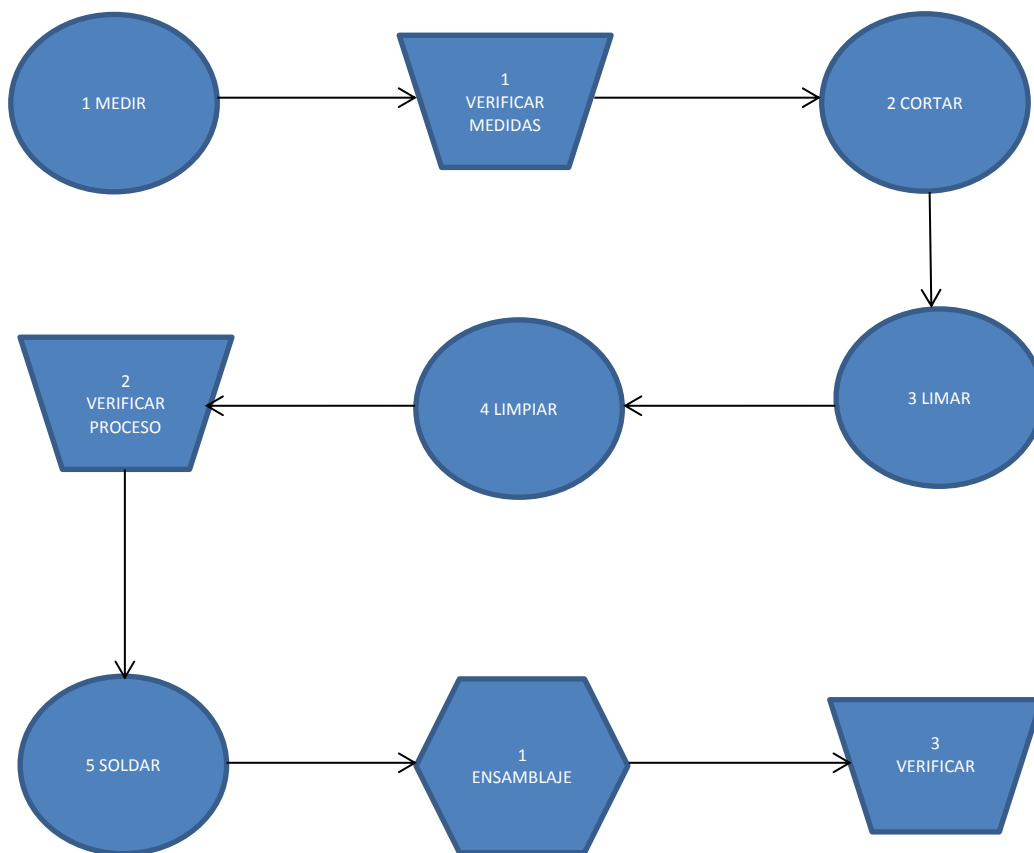
N°	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
1		Operación
2		Comprobación
3		Ensamblaje

Elaborado por: Jonathan Brito

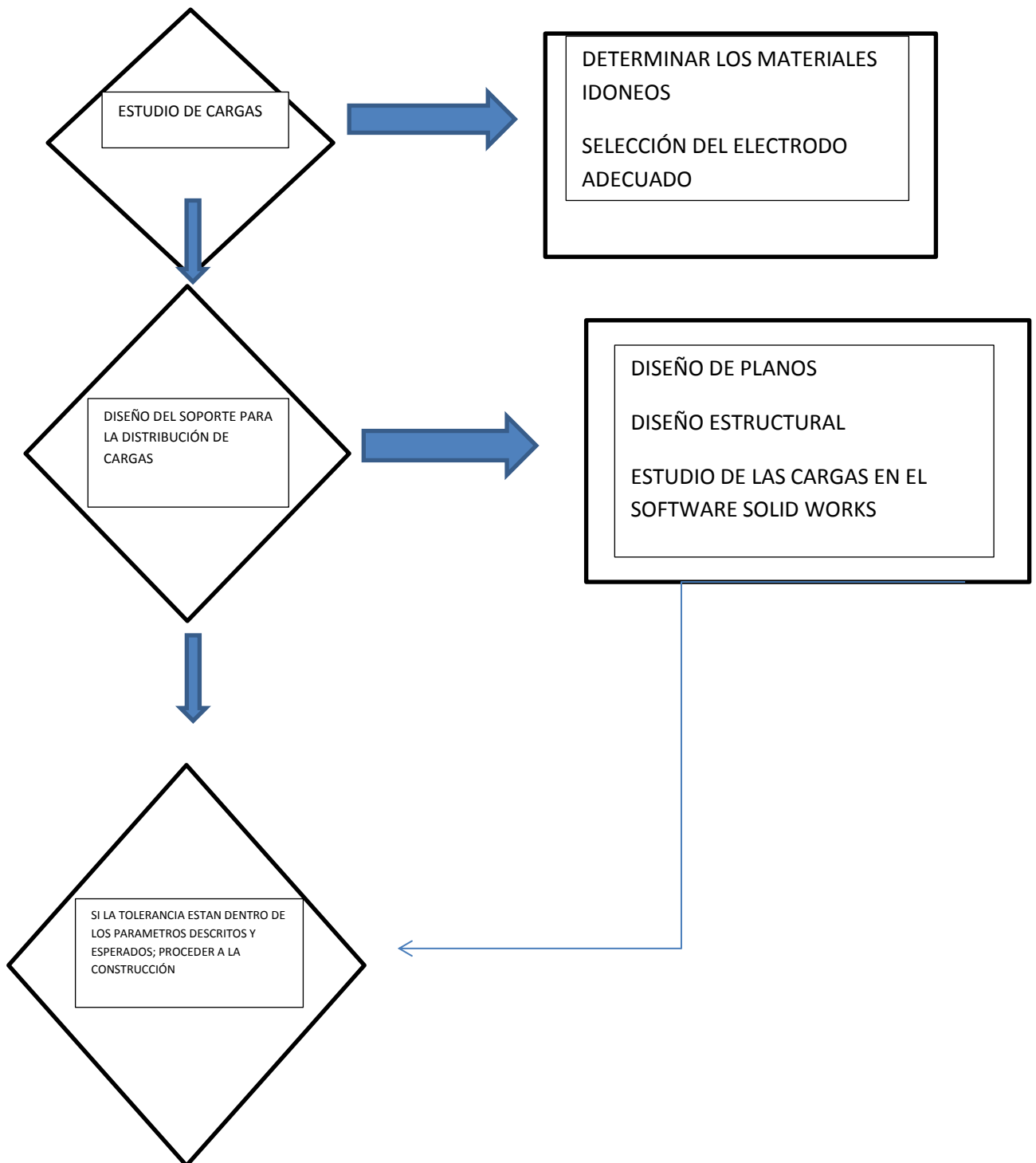
3.1.7 Diagrama del proceso de construcción

En el siguiente diagrama se mostrará el proceso a seguir para la construcción de la estructura.

Material: Acero ASTM A-36



3.1.8 Flujoograma de construcción



3.2 Diseño

Con los datos obtenidos de la parte anterior se procede a realizar los bocetos de diseño básicos para poder asentar el motor.

3.2.1 Postes posterior y frontal

Los diagramas de los postes posterior e inferior se realizaron tomando en cuenta las medidas de los anillos del soporte del motor, además es importante destacar que el motor solo cuenta con los pines CONE BOLT en una cantidad de dos y por este motivo no se podrá apoyar el motor en todos los puntales, así que se decidió que la parte donde se encuentra el compresor se apoye en una correa de 3 mm de espesor que soportará de manera radial todas las cargas aplicadas.

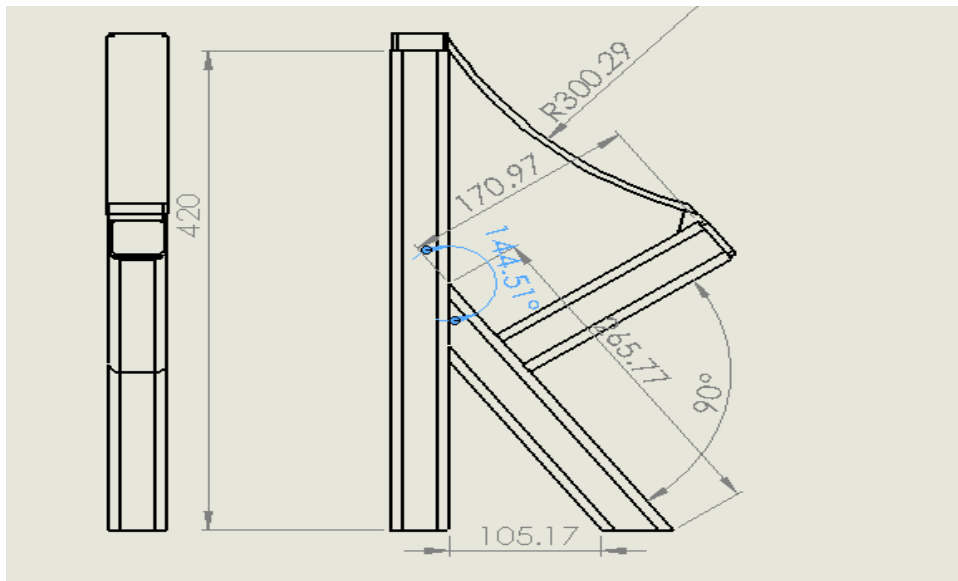


Figura 3.7: Cotas del poste frontal derecho

Elaborado por: Jonathan Brito

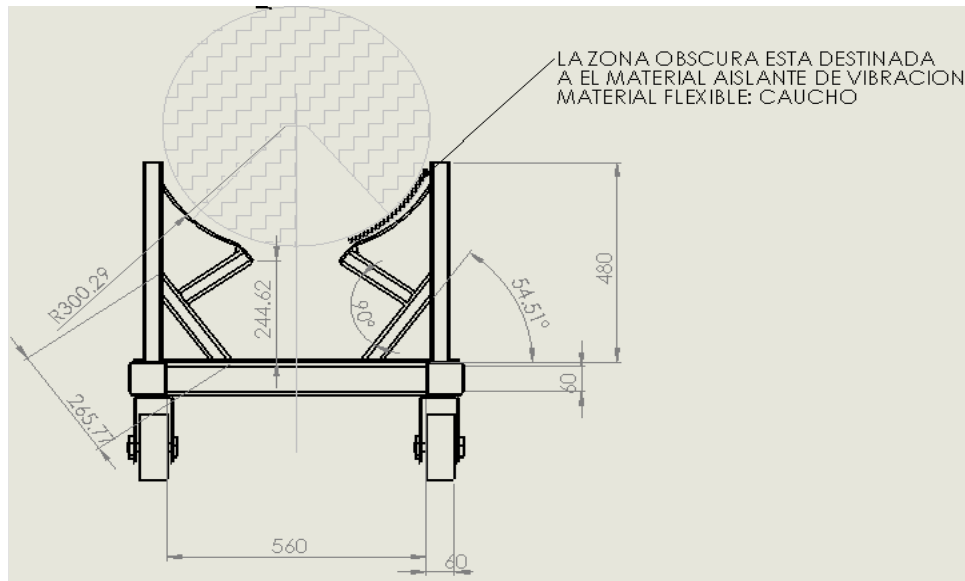


Figura 3.8: Vista frontal de los postes de popa

Elaborado por: Jonathan Brito

Para el diseño de los postes posteriores se tomó en cuenta que estos se apoyarán en los CONE BOLT de soporte individual, razón por la cual están sujetos a un diseño diferente y un estudio individual de cargas.

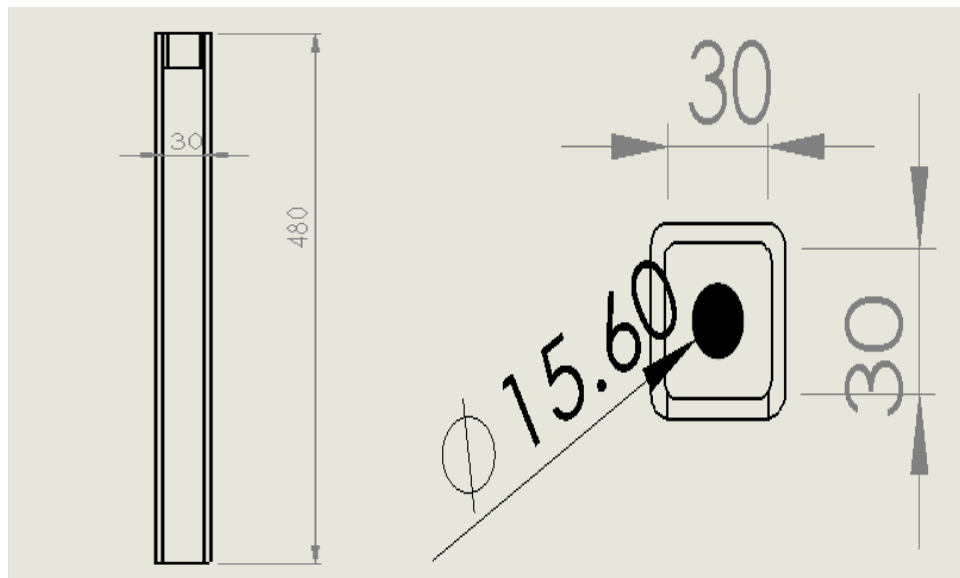


Figura 3.9: Diseño del poste posterior cotas de soporte CONE BOLT

Elaborado por: Jonathan Brito

3.2.2 Diseño de la base

Dado que todas las fuerzas aplicadas se distribuirán de manera simultánea y simétrica a través de toda la base, se ha decidido utilizar un diseño de rectángulos continuos soldados a dos bigas principales que servirán de transmisores de tensión y carga.

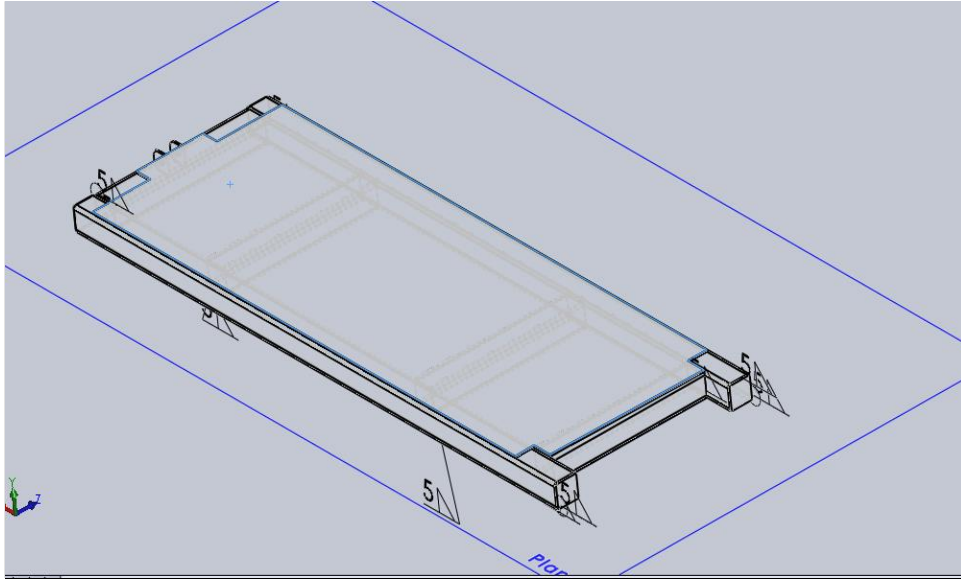


Figura 3.10: Expectativa de construcción de la base

Elaborado por: Jonathan Brito

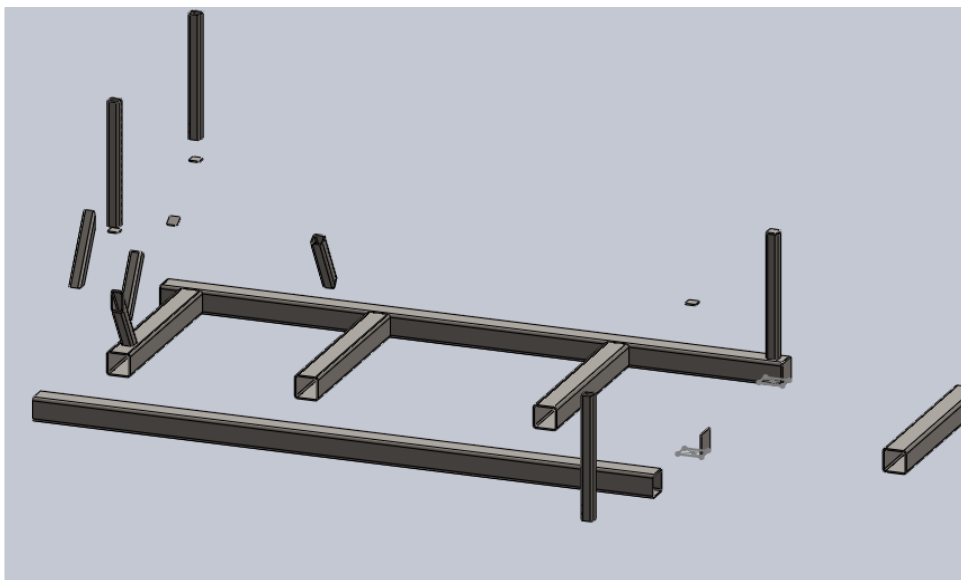


Figura 3.11: Vistas explosionadas de construcción (base) dimétrica

Elaborado por: Jonathan Brito

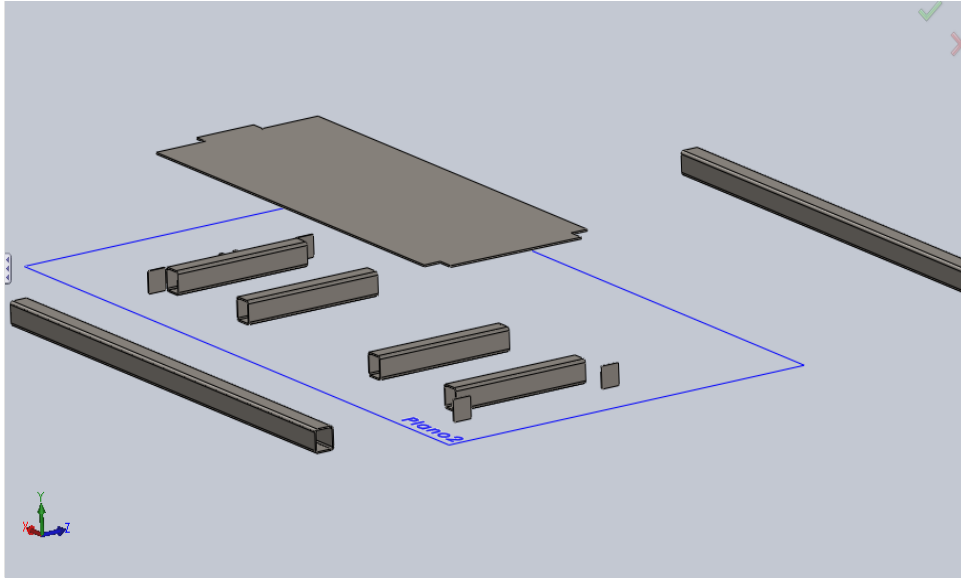


Figura 3.12: Vistas explosionadas de construcción (base) isométrica

Elaborado por: Jonathan Brito

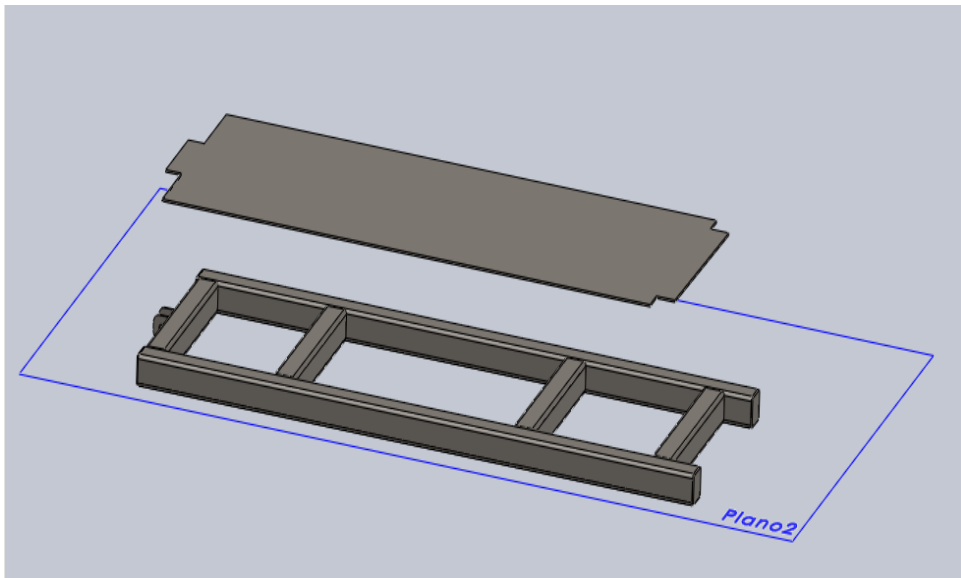


Figura 3.13: Vistas explosionadas de construcción (base) trimétrica

Elaborado por: Jonathan Brito

En las figuras 3.11; 3.12 y 3.13 se puede ver como se espera que se construya la “cama” con distribución de cargas desplazadas por medio de las dos bigas principales hacia los rectángulos contruidos con tubo de 8x8 en acero estructural ASTM a 36, además es necesario determinar ¿Qué tipo de ruedas serán utilizadas en la construcción del soporte del motor seccionado? Es así que se eligió la rueda de altísima resistencia normal a la superficie de contacto.



Figura 3.14: Rueda TPU de alta resistencia

Elaborado por: Jonathan Brito

Como se muestra en la figura 3.14, la rueda elegida es una TPU de alta resistencia de 6x2 de la empresa Imsa Colson, serie 45, alcanza los 1400 kg de peso por cada rueda, mismas que serán utilizadas para transportar la plataforma de manera eficiente dentro de los laboratorios generando un alto factor de seguridad (Ver anexo D).

3.2.3 Expectativa final de diseño

La expectativa final de diseño es la perspectiva gráfica de cómo se espera que el modelo de diseño quede construido, para este caso con diseños individuales para los postes de soporte de popa y proa, además también un diseño específico para la cama de transporte la cual estará cubierta con una placa de tol que servirá para equilibrar las cargas y también como cobertura cosmética que cubrirá la cama para la transferencia de cargas.

El diseño de todas las partes que conforma esta investigación fue realizado en el software de investigación y diseño profesional Solid Works, el cual permitió esbozar el diseño en 3 dimensiones de forma segura y practica con el fin de aplicar la máxima eficiencia en el diseño y reducir el tiempo que tomaría realizarlos a mano, como dato adicional los estudios de cargas individuales se

realizaron en el mencionado programa y brindando así una colaboración adicional al momento de decidir que dimensiones y materiales utilizar.

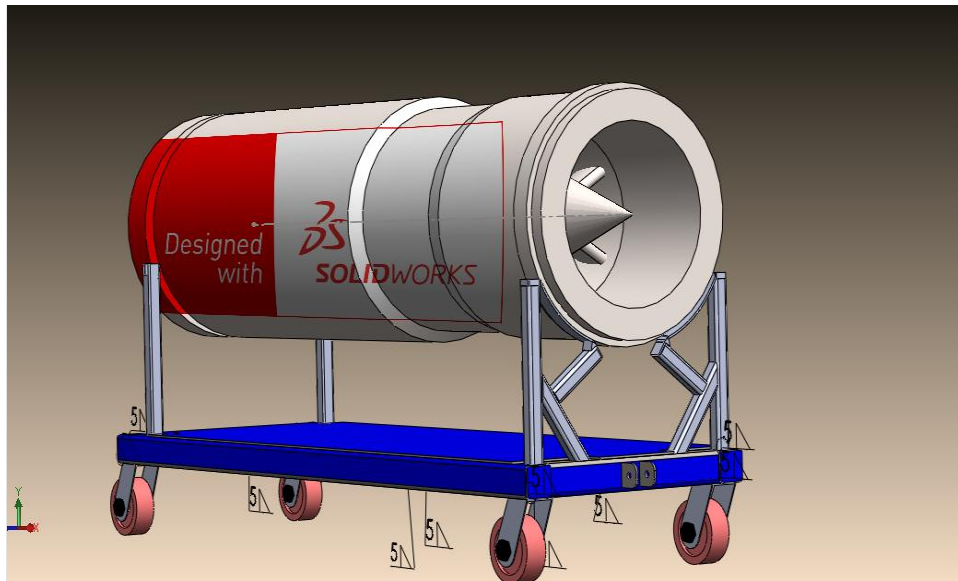


Figura 3.15: Esbozo tridimensional del soporte del motor JT8D

Elaborado por: Jonathan Brito

3.3 Construcción e implementación

Puesto a que esta investigación no está basada en el estudio de la herramienta aplicada a la mecánica y el describirlas una a una sería extenso, solo serán descritas brevemente en forma de un listado.

- Sierra para tubo de acero
- Cortadora neumática
- Lima de desbaste
- Metro, flexo metro, pie de rey
- Angulo de corte
- Marcador vi color
- Electrodo 7016
- Suelda eléctrica (proporcionada por el instituto).
- Ente naya
- Moladora

- Compresor
- Pistola de pintura
- Pintura anti corrosiva de alto tráfico para metales (color azul).

Las medidas de seguridad aplicadas en este proyecto son las medidas de seguridad estándares de salud ocupacional, estas son:

- Guantes de seguridad
- Overol de trabajo
- Zapatos de alto tráfico
- Gafas para protección visual
- Casco para protección de descarga lumínica de arco de suelda
- Mascarilla para evitar inhalar olores tóxicos y limallas pico métricas



Figura 3.16: Autor del proyecto utilizando las medidas de seguridad

Elaborado por: Jonathan Brito

3.3.1 Procesos de construcción

Los procedimientos de construcción fueron de tipo estándar, es decir; mediante la utilización del software se determinó las medidas exactas de tubo que se necesitaría para construir el soporte, es así que se obtuvo valores que permitieron

la reducción de los costos al momento de su compra, al adquirir solo la cantidad específica de material se redujeron los gastos no necesarios a un total de cero, así mismo se pudo determinar la cantidad de masa de suelda utilizada dada por el programa mediante el calculador de masa de suelda, reduciendo así los errores de cálculo de compras de insumos y también generando eficiencia directa al momento de realizar la adquisición de productos de construcción.

Todos los procesos de ensamblaje se realizaron en estricta observancia de las medidas de seguridad con el fin de precautelar la integridad física del constructor, a continuación se muestran las imágenes del ensamblaje del soporte del motor JT8-D y su autor en el momento de la construcción.



Figura 3.17: Autor del proyecto en el proceso de preparación de suelda

Elaborado por: Jonathan Brito



Figura 3.18: Autor del proyecto en el proceso de soldadura
Elaborado por: Jonathan Brito



Figura 3.19: Autor del proyecto en el proceso de construcción
Elaborado por: Jonathan Brito



Figura 3.20: Autor del proyecto en el proceso de corte
Elaborado por: Jonathan Brito



Figura 3.21: Autor del proyecto en el proceso de pintura
Elaborado por: Jonathan Brito



Figura 3.22: Autor del proyecto en el proceso de esmerilado

Elaborado por: Jonathan Brito

3.4 Pruebas y análisis de resultados

Posterior a la construcción del soporte para el motor JT8-D seccionado es necesario realizar pruebas para determinar que su ensamblaje fue el correcto y que soporta su peso de manera efectiva, también es necesario determinar si el diseño es equivalente al ensamble físico real.

Para determinar si las cargas aplicadas son aceptadas por el diseño se realizará simulaciones en el programa antes mencionado y se colocará al motor para realizar ensayos de resistencia al conjunto del soporte.



Figura 3.23: Imegen comparativa del diseño y el ensamble final

Elaborado por: Jonathan Brito

Como se puede observar en la imagen 3.23 el ensamble final es equivalente al diseñado en el software, se puede ver que el motor se encuentra montado en el soporte y fijado en los postes verticales diseñados a medida de los cuales se tienen los planos de diseño en la fase de anexos.

Tabla 3.4: Pruebas de funcionamiento

PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO N.- 1			PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO N.- 2		
Partes	Condición	Observación	Partes	Condición	Observación
Acero ASTM	x	Presenta deterioro en la pintura	Acero ASTM	ok	Pintado con pintura anti corrosiva de alto tráfico
Pernos cónicos	ok		Pernos cónicos	ok	En perfecto estado
Ruedas de TPU	x	Presencia de limallas adheridas al material	Ruedas de TPU	ok	Limallas retiradas para evitar el desgarre del TPU
Rodamientos	x	Falta de engrasar	Rodamientos	ok	Engrasadas con grasa 3
Perno del bastón de remolque	x	Presenta corrosión por picaduras	Perno del bastón de remolque	ok	Reemplazado por uno nuevo
Juntas de suelda	ok		Juntas de suelda	ok	Realizado un ensayo visual se determinó su fiabilidad
Aislante de vibración (postes de popa)	ok		Aislante de vibración (postes de popa)	ok	En perfecto estado

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Jonathan Brito

A continuación se presentarán los resultados obtenidos en la simulación de cargas y para ello es primordial aislar los sistemas de soporte de cargas.

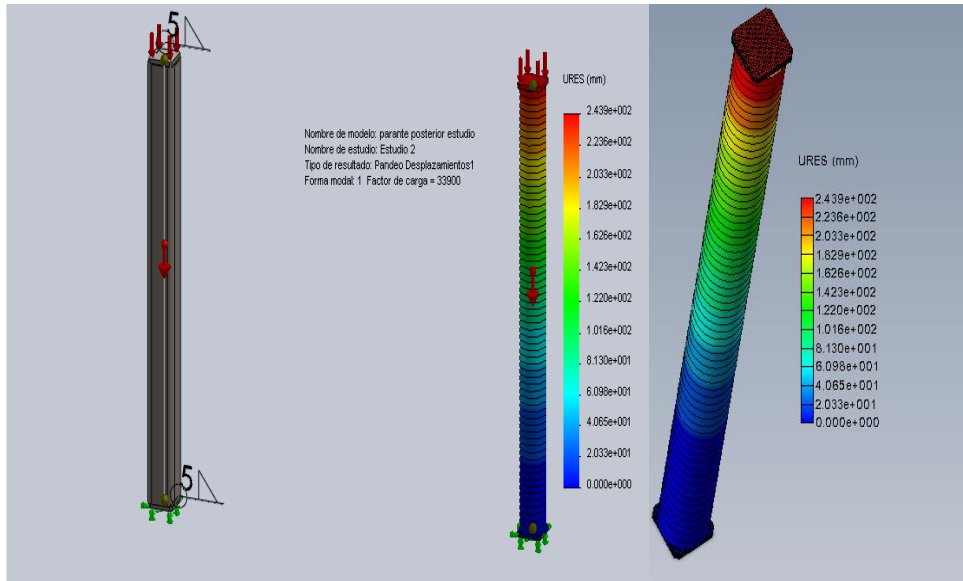


Figura 3.24: Bigas verticales sometidas a esfuerzos

Elaborado por: Jonathan Brito

En las imágenes que se muestran en la figura 3.24 se aprecia como las vigas son sometidas a esfuerzos de compresion isotropico y después de analizar los resultados se puede observar que no existe deformación o fatiga puesto que el material lo mostraría de manera gráfica, por lo tanto las bigas superan la prueba de esfuerzos aplicados, a continuación se procede a realizar el cálculo de la superficie que soportan las cargas desplazadas por el resto de la estructura.

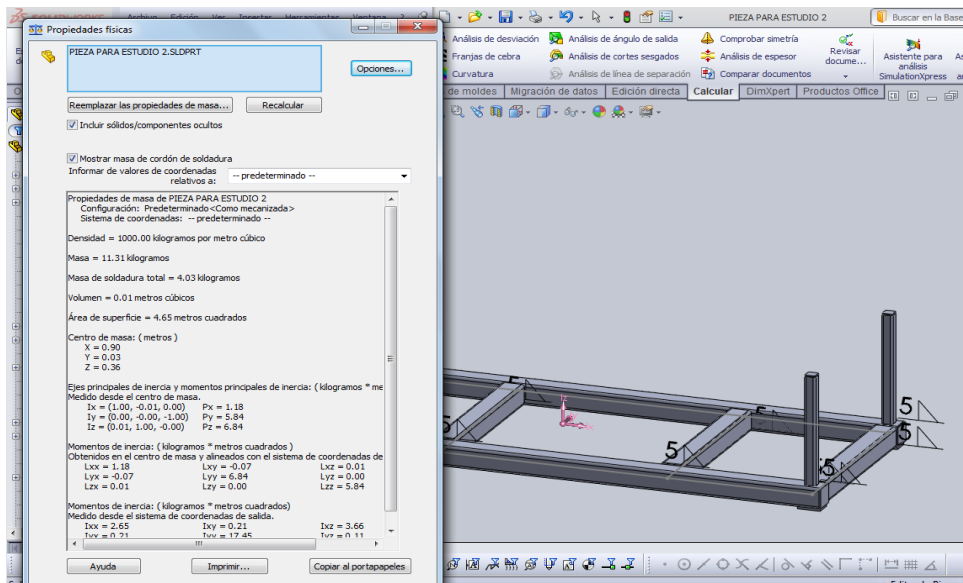


Figura 3.25: Cálculo de masas y dimensiones de la estructura

Elaborado por: Jonathan Brito

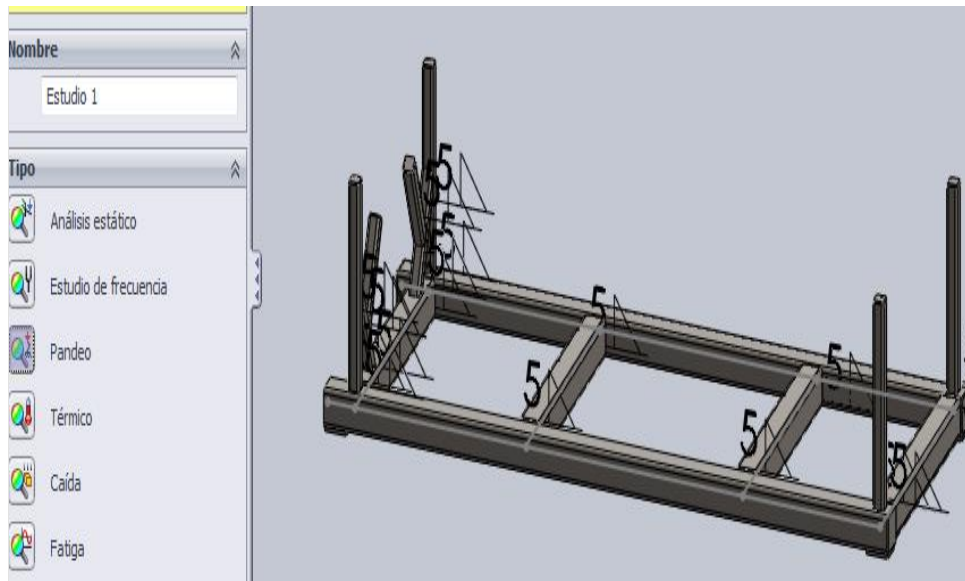


Figura 3.26: Selección de estudio de pandeo
Elaborado por: Jonathan Brito

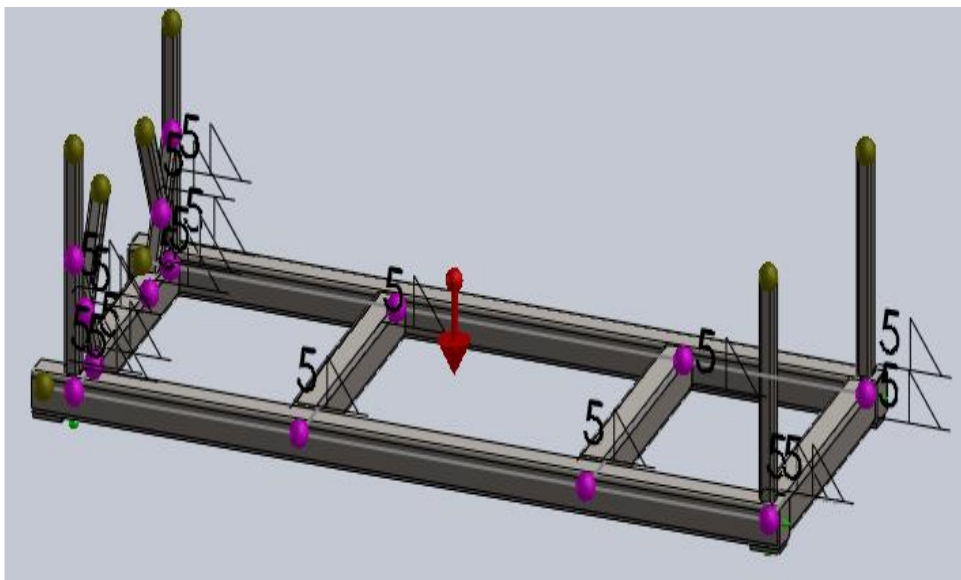


Figura 3.27: Aplicación de cargas en cada nodo
Elaborado por: Jonathan Brito

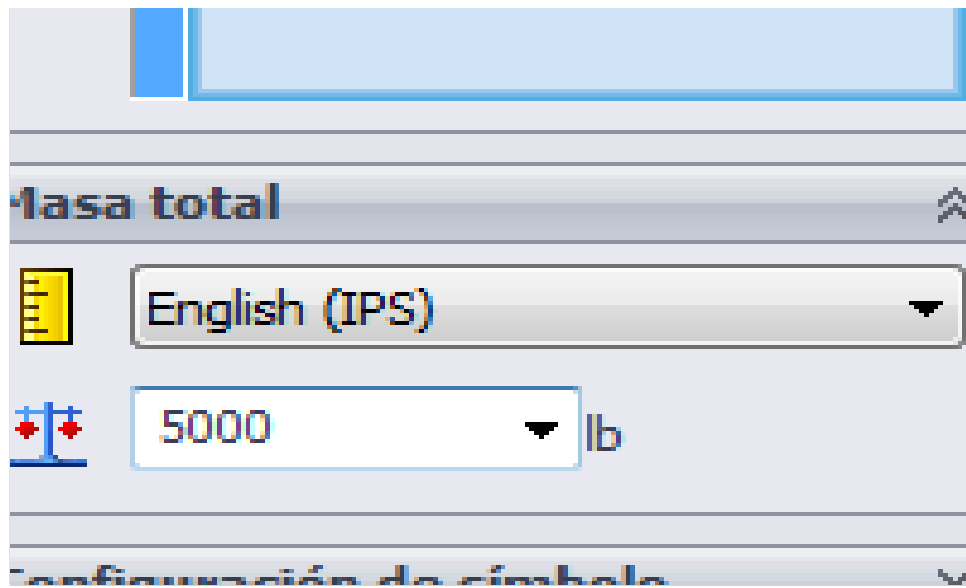


Figura 3.28: Descripción del peso distribuido
Elaborado por: Jonathan Brito

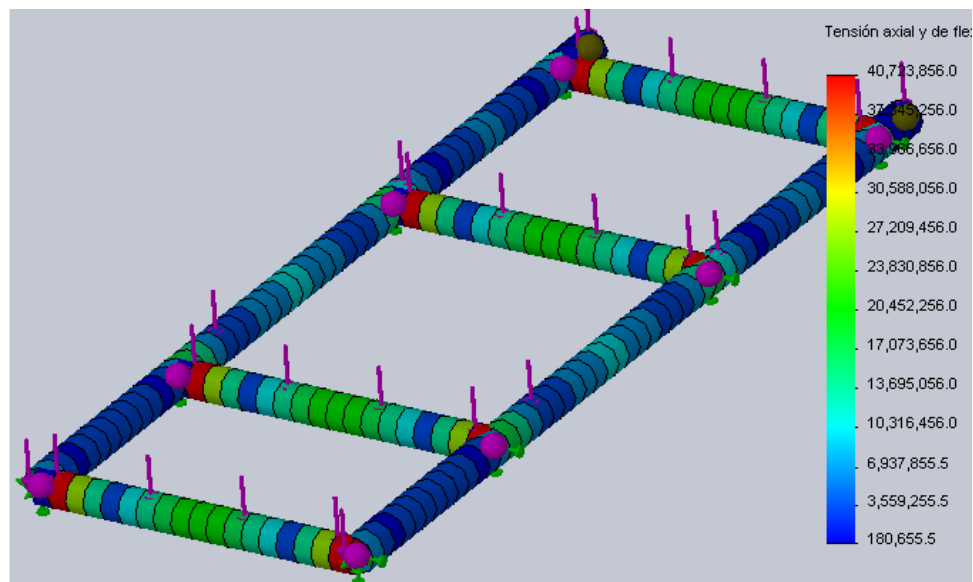


Figura 3.29: Muestra las tenciones axiales y flexionantes en la base
Elaborado por: Jonathan Brito

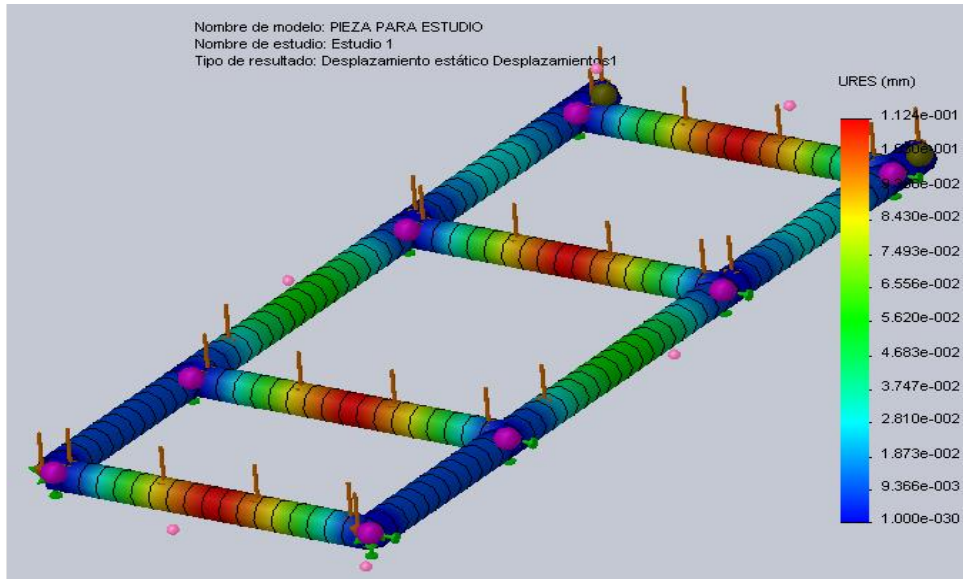


Figura 3.30: Muestra las tenciones y el posible desplazamiento estático

Elaborado por: Jonathan Brito

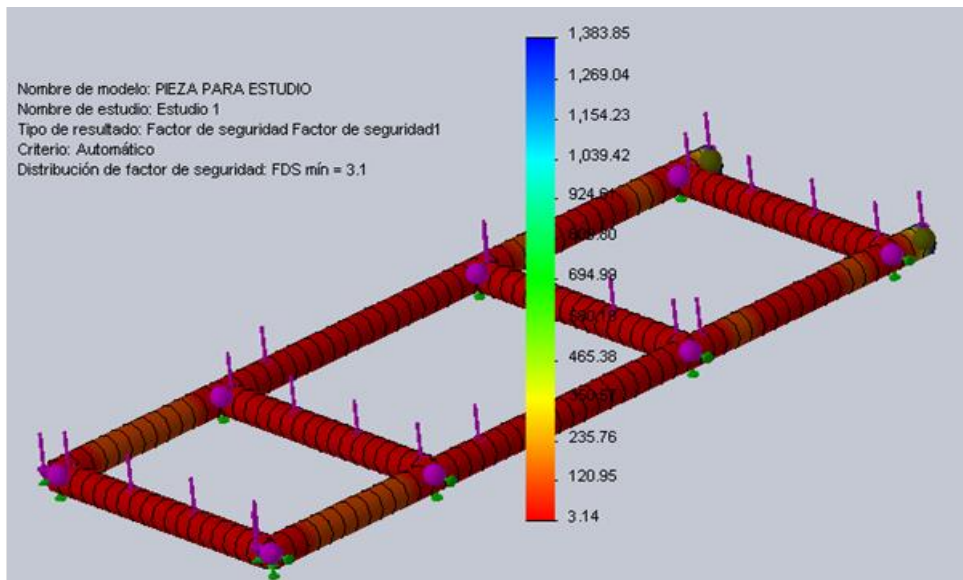


Figura 3.31: Muestra el factor de seguridad más bajo 3.1

Elaborado por: Jonathan Brito

Como se puede observar en las imágenes anteriores los valores de desplazamiento más el de flexión del material y deformación se encuentra dentro de los parámetros esperados e incluso el factor de seguridad es superior a lo deseable con un valor de 3.1.

3.5 Elaboración de Manuales

Se han elaborado manuales para la correcta operación al tratar de remolcar la estructura, todo con la finalidad de evitar posibles siniestros al personal y al equipo.


A continuación se mostrará en una tabla los manuales elaborados por el autor del proyecto.

Tabla 3.5: Manuales

N.-	Manual	Código
1	Seguridad	ITSA-BDI-M1
2	Operación	ITSA-BDI-M2
3	Mantenimiento	ITSA-BDI-M3

Elaborado por: Jonathan Brito

3.5.1 Manual de seguridad

 I.T.S.A.	MANUAL DE SEGURIDAD DEL SOPORTE DEL MOTOR JT8-D	Pág. 1 de 3
		Código: ITSA- BDI-M1
	Elaborado por: Jonathan Brito	Revisión N°: 001
	Aprobado por:	Fecha:

1.0.- OBJETIVO:

El siguiente manual ha sido elaborado con la finalidad de garantizar la seguridad tanto de los operadores como de la estructura y del motor al momento de la operación de remolque.

2.0.- ALCANCE:

Dar a conocer la seguridad que se debe tener al operar la estructura.

3.0.- PROCEDIMIENTO:

a) Utilizar las medidas de seguridad del siguiente listado:

- Botas punta de acero
- Overol de trabajo
- Guantes de seguridad
- Casco



- b)** Verificar que la estructura esté apoyada en su totalidad al suelo.
- c)** Verificar que el motor este acoplado en todos sus puntos de apoyo a la estructura de soporte.
- d)** Verificar el relieve donde se encuentra la estructura realizando su trabajo.
- e)** Verificar que la estructura esté frenada con tacos para evitar que se ruede inesperadamente.
- f)** Verificar que el lugar en donde se encuentre tanto usted como la estructura esté libre de sustancias resbalosas (grasas, aceites).
- g)** Antes de trabajar en el motor, verificar que esté aislado de cualquier maquinaria y personal no autorizado por lo menos a 3 metros de distancia de lado y lado de la estructura, todo esto con el fin de evitar daños al personal y equipos.
- h)** Al remolcar la estructura; siguiendo el procedimiento del manual de operaciones en los literales a y b, asegurarse de que la zona a transitarse este libre de equipos y personas.
- i)** Remolcar la estructura con el mínimo de personal requerido como lo detalla el manual de operaciones.

Nota: En caso de que el lugar donde se encuentra la estructura no cumpla con los requisitos en los procedimientos antes mencionados, realizar todo lo posible por cumplir con los procedimientos descritos en este manual, de no ser posible; suspender la actividad hasta que el lugar este libre de siniestros.


Advertencia 1: No remolcar el soporte en lugares muy inclinados y sin la ayuda del personal necesario como lo describe el manual de operaciones.

En caso de hacerlo tomar estrictas precauciones sobre las condiciones del suelo

Advertencia 2: No remolcar la estructura cargada o descargada a lugares donde el terreno es hostil.

4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD_____

3.5.2 Manual de Operación

 <p>I.T.S.A.</p>	<p>MANUAL DE OPERACIÓN DEL SOPORTE DEL MOTOR JT8-D</p>	Pág. 1 de 2
		Código: ITSA-BDI-M2
	<p>Elaborado por: Jonathan Brito</p>	Revisión N°: 001
	Aprobado por:	Fecha:
<p>1.0.- OBJETIVO:</p> <p>El siguiente manual ha sido elaborado detalladamente y su fin es dar a conocer de manera teórica al operador la correcta operación al momento de remolcar la estructura con el motor.</p> <p>2.0.- ALCANCE:</p> <p>Dar a conocer los procedimientos que se deben seguir al operar la estructura.</p> <p>3.0.- PROCEDIMIENTO:</p> <p>a) Proceder a realizar el procedimiento como lo detallan los 8 pasos de los procedimientos del manual de seguridad.</p> <p>b) Para remolcar la estructura con el motor, se necesitan al menos de 5 personas, las cuales deberán ubicarse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 en la popa para direccionar la estructura. • 3 en la proa para empujar la estructura. 		

Nota: En caso de no tener ayuda por falta de personal en el área, suspender la actividad.

c) Para remolcar la estructura sin el motor, se necesita solo de un operador, tomando las precauciones como lo detalla el manual de seguridad.


d) Para remolcar la estructura con una planta externa se deberá proceder a retirar los pernos de sujeción del vástago de la dirección mecánica y luego acoplarse de manera segura con dicha planta.

e) Para desmontar el motor en caso de mantenimiento, se necesita anclar al motor en los respectivos puntos de anclaje (Ver la foto indicada en esta página), posteriormente se aflojarán los pernos cone bolt y el operador de la grúa podrá levantar el motor tomando en cuenta que la carga este en una sola posición para evitar daños al motor, al personal y a la estructura.



4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____

3.5.3 Manual de Mantenimiento

 <p>I.T.S.A.</p>	<p>MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL SOPORTE DEL MOTOR JT8-D</p>	Pág. 1 de 2
		<p>Código:</p> <p>ITSA-BDI-M3</p>
	<p>Elaborado por: Jonathan Brito</p>	<p>Revisión N°:</p> <p>001</p>
<p>Aprobado por:</p>		<p>Fecha:</p>

1.0.- OBJETIVO:

El siguiente manual ha sido elaborado con el fin de precautelar y hacer cumplir el tiempo de vida útil de la estructura diseñada para soporte del motor JT8-D.

2.0.- ALCANCE:

Dar a conocer los procedimientos que se deben seguir para un adecuado mantenimiento.

3.0.- PROCEDIMIENTO:

- a) Proceder a realizar el procedimiento como lo detallan los 8 pasos de los procedimientos del manual de seguridad.
- b) Verificar de manera visual las uniones soldadas trimestral, semestral y anualmente en las siguientes zonas:
 - Anillos montantes.
 - En los 4 postes de transmisión de cargas (Postes de popa y de proa).

- Las dos bigas principales en la base.
- Rectángulos transmisores de tensión y carga.
- Lámina de tol.

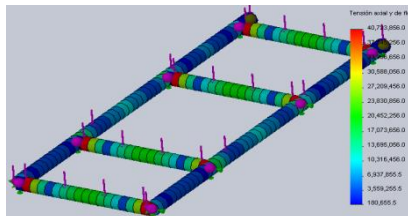
Nota: En caso de presentar rotura, separar la estructura del motor e inmediatamente proceder a rectificar el daño de ser necesario.

c) Verificar visualmente la corrosión en las superficies del material.

Nota: En caso de presentar corrosión, identificar de que tipo es y proceder a la reparación que esta necesite, luego de rectificar el daño; pintar la zona reparada con pintura anti corrosiva de alto tráfico para metales color azul.

d) Engrasar las ruedas con la estructura sin carga, verificar manual de operación.

e) Ver la figura 3.29 y revisar estos puntos de color rojo señalados ya que en estos es donde se distribuyen todas las cargas aplicadas por el motor, las mismas que son paralelas al plano normal.



4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se recopiló información de libros, manual del Boeing 737, internet y otras fuentes.
- Se construyó el soporte y cumplió con los requisitos de seguridad y resistencia al diseño para este tipo de plataformas.
- Se garantiza una construcción durable y funcional. Con la construcción de la plataforma de soporte del motor JT8-D se contribuye al personal aeronáutico que recibe cátedra de los variados temas que envuelven el discernimiento de los conocimientos comprendidos en el entorno del aprendizaje de motores turbina jett.
- Su diseño permite el montaje y desmontaje del motor, todo esto con el objetivo de realizar inspecciones y mantenimiento a la estructura. Esta plataforma afecta de manera positiva al instituto en general ya que al ser móvil, estable y sustentable permite mover al motor a una ubicación exterior específica aumentando la eficacia con la que se reparte la cátedra en la mencionada institución.
- Se elaboraron manuales de operación, mantenimiento y seguridad, concluyendo que la investigación previa y el trabajo de graduación final cumple con todos los ejes y parámetros establecidos por el autor del mismo,

requerimientos especificados por la institución y por la dirección de aviación civil.

- Se realizaron las pruebas de funcionamiento a la estructura construida.

4.2 Recomendaciones

- No transportar la plataforma de soporte con el motor montado a la intemperie ya que esto causaría daños tanto a la estructura como al motor.
- No golpear la plataforma.
- No exceder los límites de carga permisibles a la estructura.
- Se recomienda revisar los manuales de mantenimiento, seguridad y de operación del presente proyecto.

Glosario

Términos comunes

Aeronave: Significa un dispositivo que es usado o en la intención de ser usado para el vuelo en el aire.

Eje: Barra que atraviesa un cuerpo giratorio y lo sostiene en su movimiento.

Indagación: Investigación que se hace para averiguar algo que se desconoce.

Inherente: Adj. Que por su naturaleza está inseparablemente unido a algo.

Asimilación: Comprensión de lo que se aprende o incorporación a los conocimientos previos.

Antecedentes: Circunstancia anterior que sirve para juzgar hechos posteriores.

Injuria: Agravio, ultraje de palabra u obra.

Estándares: Adj. Se dice de lo que sirve como tipo, modelo, norma, patrón o referencia por ser corriente, de serie.

Parámetros: MAT. Variable que, incluida en una ecuación, modifica el resultado de esta.

Intemperie: Destemplanza o desigualdad del tiempo atmosférico, fuera.

Debut: Primera presentación en público de una obra o artista.

Discrepancia: Diferencia, desigualdad.

Sustentabilidad: La sustentabilidad (o sostenibilidad) es un término que se puede utilizar en diferentes contextos, pero en general se refiere a la cualidad de

poderse mantener por sí mismo, sin ayuda exterior y sin agotar los recursos disponibles.

Praxis: Práctica, en oposición a teoría.

Docencia: Práctica y ejercicio de las personas que se dedican a la enseñanza.

Imprescindible: Adj. Se dice de aquello de lo que no se puede prescindir.

Didáctico: Adj. De la enseñanza, relacionado con ella o adecuado para ella.

Especificaciones: Recopilación de disposiciones y requisitos para la ejecución de una obra.

Distribución: Reparto de algo entre varios según un criterio.

Disipadas: Disgregar.

Disgregar: Separar, desunir un todo que era compacto.

Unitaria: Adj. De la unidad o relativo a ella.

Idóneo: Adecuado, conveniente.

Esbozar: Bosquejar, hacer un esbozo, definir los contornos de una cosa.

Diseño: Actividad creativa y técnica encaminada a idear objetos útiles y estéticos que puedan llegar a producirse en serie.

Inhalar: Aspirar ciertos gases o líquidos pulverizados, especialmente con fines terapéuticos.

Insumo: ECON. Bien empleado en la producción de otro bien.

Precautelar: Adj. Preventivo, prevenir.

Análisis: Distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios, elementos, etc.

Recopilar: Reunir, recoger diversas cosas utilizando un criterio que les conceda cierta unidad.

Simular: Representar una cosa fingiendo o imitando lo que no es.

Ensayos: Acción y resultado de ensayar, pruebas.

Cátedra: Asignatura que enseña y aula donde lo hace. Empleo, plaza y departamento de un catedrático.

Términos Técnicos

N/m²: Newton dividido para metros cuadrados.

Pascal: FÍS. Unidad de medida equivalente a la presión uniforme que ejerce la fuerza de un newton sobre la superficie plana de un metro cuadrado. Su abreviación es Pa.

Lb/ in²: Libras divididas para pulgadas al cuadrado.

Psi: Pounds square inch.

Kg/ cm²: Kilogramos divididos para centímetros al cuadrado.

MKS: El sistema MKS de unidades es un sistema de unidades que expresa las medidas, utilizando como unidades fundamentales metro, kilogramo y segundo.

JT8-D: Motor turbo fan de flujo axial de doble eje impulsor coaxial.

LbsF: Libras fuerza.

Kg: Kilogramos.

ATA: AmericanTrans Air.

Cone bolt: Perno cónico.

Flange: Pestaña (brida o reborde) de orientación.

ASTM: American Section of the International Association for Testing Materials. ASTM o ASTM International es un organismo de normalización de los Estados Unidos de América.

TPU: Es un material similar a la silicona pero más resistente y un poco más brillante. Se fabrica a partir del poliuretano de alta resistencia.

Isotrópico: Igual dirección.

Resistencia: Oposición a la acción de una fuerza. Capacidad para resistir, aguante.

Axial: Adj. Del eje o relativo a él.

Simétrico: Igual.

Nacela: Revestimiento de fibra de carbono o metal que envuelve al motor.

Pin: INFORM. Patilla para conexiones eléctricas.

Montante: Listón o poste que sirve de soporte a una estructura.

Esfuerzo: Mecán. Acción que tiende a deformar un cuerpo. También de la fuerza por unidad de superficie aplicada a un cuerpo.

Desbaste: Preparación, pulimiento. Estado de un material o pieza que se va a trabajar tras desbastarlo.

Admisible: Adj. Que se puede admitir, aceptar o tolerar.

Electrodo: Extremo de un cuerpo conductor en contacto con un medio del que recibe o al que transmite una corriente eléctrica.

Carga: Peso sostenido por una estructura.

Compresor: Adj. y s. Que comprime o sirve para comprimir. Aparato o máquina que sirve para comprimir fluidos y algunos sólidos poco compactos.

Tensión: FÍS. Estado de un cuerpo sometido a la acción de fuerzas que lo estiran. FÍS. Fuerza que impide a las partes de un mismo cuerpo separarse unas de otras cuando se halla en dicho estado.

Compresión: Fuerza o presión que se ejerce sobre algo con el fin de reducir su volumen. FÍS. Fuerza o acción que se realiza para disminuir el volumen de un cuerpo o una materia.

Corte: Arte y acción de cortar las diferentes piezas que habrán de componer una estructura.

Flexión: Movimiento del cuerpo que consiste en doblarse o doblar uno de sus miembros.

Torsión: Acción y resultado de torcer o torcerse una cosa.

Deformación: Alteración de la forma de un cuerpo.

Fatiga: Cansancio. En máquinas el desgaste o proceso repetitivo de una pieza.

Lumínica: FÍS. Principio o agente hipotético de los fenómenos de la luz.

Biga: Estructura mecánica sólida de un solo cuerpo.

Plataforma: Lugar de estacionamiento de un objeto o cosa.

Rendimiento: Producto o utilidad que rinde o da una persona o cosa. Que rinde es eficiente o consume pocos recursos.

Fuerza: Capacidad para mover una cosa que tenga peso o haga resistencia.

Desmontable: desarmar, separar las piezas de una cosa.

Factibilidad: Adjetivo relativo a; que se puede hacer.

Motor: Máquina que produce trabajo directamente de la energía química o eléctrica.

Soporte: Es un apoyo o sostén para asegurar o evitar que se caiga un material o algún componente.

Grasa 3: Elaborada con aceite mineral y espesante de jabón de litio, la grasa de litio es una grasa que resiste altas presiones, evita la corrosión y el óxido sobre metales aún en presencia del agua, soporta temperaturas entre -15° y 160° centígrados. Es de color azul y es utilizada por su alta estabilidad frente a la oxidación y aplicada en rodamientos para ejes entre otras aplicaciones.

Bibliografía

Libros:

- ² ARATEC. 2011. Cálculo Mecánico de las uniones de soldas. P 3-4
- ³ JORGE.S. 2007. Resistencia de materiales básica para estudiantes de ingeniería. P 18. 1^{ra} Edición. Ed. I.S.B.N.
- ⁵ ING. GUILLERMO C. 2009. Departamento de ingeniería mecánica. P 7. 1^{ra} Edición. Ed. F.I.U.B.A.
- ⁸ Agustín de Betancourt. 2004. LA ENCICLOPEDIA. P 13629. 1^{ra} Edición. Ed. Salvat Especificación técnica AGA soldas.

Manuales:

- ¹ BOEING. 1990. Boeing 737 Maintenance Manual. P 401.ATA 71-00-00 Power Plant (JT8-D)-Removal/Installation.

Páginas web consultadas:

- ⁴http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0053-02/contenido/4_esfuerzos.htm
- ⁶http://www.infoacero.cl/acero/que_es.htm
- ⁷http://es.wikipedia.org/wiki/Acero_A36
- ⁹http://es.wikipedia.org/wiki/Poliuretano_termopl%C3%A1stico
- ¹www.ruedasygarruchas.com
- ²<http://www.imsa-colson.com/es/serie-44-y-45.html>

Otras Fuentes:

- Software Solid Works

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

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

JONATHAN ISAAC BRITO DIAZ

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

ING. HEBERT ATENCIO

Latacunga, Octubre 19 del 2013

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, **JONATHAN ISAAC BRITO DIAZ**, Egresado de la carrera de **MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**, en el año 2012, con Cédula de Ciudadanía N° 1803718871, autor el Trabajo de Graduación “**CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE PARA EL MOTOR JT8-D UBICADO EN LOS TALLERES DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**”, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico. Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

JONATHAN ISAAC BRITO DIAZ

Latacunga, Octubre 19 del 2013.