

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**“IMPLEMENTACIÓN DEL MOVIMIENTO DE CABECEO, A LA
ESTRUCTURA SIMULADORA DE LOS MOVIMIENTOS DE
VUELO PARA LA CABINA DEL AVIÓN BOEING 707”**

POR:

MEJÍA PAUCAR JAIRO TOMÁS

**Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para la
obtención del Título de:**

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

MENCIÓN - MOTORES

2011

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. MEJÍA PAUCAR JAIRO TOMÁS, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES.

Ing. Guillermo Trujillo
DIRECTOR DEL PROYECTO

Latacunga Octubre 25 del 2011

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado de manera muy especial a mis hermanas Caro y Paty, que con su paciencia, laboriosidad y lucha continua siempre se esfuerzan por días mejores, llenando a cada instante de mi vida de amor, paz, comprensión, felicidad, sabiduría, virtudes y buenos valores que han sido de suma importancia para la culminación de esta importante etapa de mi vida, a mis padres, que con todo afán y sacrificio, hicieron posible que se cumpla todas estas inquietudes profesionales y culturales que siempre estarán al servicio del bien la verdad y la justicia.

Mejía Paucar Jairo Tomás

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la sabiduría y el entusiasmo necesario para culminar con éxito mi formación como profesional, también a mis padres, a todos mis hermanos: Margot, Gladis, Jacqueline, Rosa, Ligia, David pero sobre todo a mi hermano Carlos que sin su apoyo incondicional no hubiera podido realizar este sueño tan anhelado, a la distancia, Lupe, Miguel que me han brindado su amor, comprensión en todos los momentos de mi vida, que con sus consejos constituyeron los pilares esenciales en la culminación de mi carrera.

A Walter por compartir cada uno de mis conceptos, por entender mis errores, por ayudarme a corregirlos a tiempo, y sobre todo por obsequiarme la confianza necesaria para afrontar las duras pruebas que nos da la vida.

Mejía Paucar Jairo Tomás

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	1
SUMARIO.....	2

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Justificación e Importancia.....	4
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 General.....	5
1.3.2 Específicos.....	5
1.4 Alcance.....	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Principios Aerodinámicos del avión.....	7
2.1.1 Aerodinámica.....	7
2.1.2 Teorema de Bernoulli.....	7
2.1.3 Efecto Venturi.....	8
2.1.4 3ª Ley del movimiento de Newton.....	8
2.2 Fuerzas que actúan en vuelo.....	8
2.2.1 Sustentación.....	9
2.2.2 Peso.....	10
2.2.3 Centro de gravedad.....	10
2.2.4 Resistencia.....	11
2.2.5 Empuje o tracción.....	11
2.3 Estructura del avión.....	13
2.3.1 Generalidades.....	13
2.4 Superficies de mando y control del avión.....	17
2.4.1 Ejes del avión.....	18
2.4.2 Superficies primarias del avión.....	19
2.4.3 Superficies secundarias del avión.....	22
2.4.4 Tipos de flaps.....	23
2.4.5 Estabilidad del avión.....	25
2.4.5.1 Estabilidad estática.....	25
2.4.5.2 Estabilidad dinámica.....	27
2.5 Fundamentos de Hidráulica.....	28
2.5.1 Principio de Pascal.....	29
2.5.2 Principio de Arquímedes.....	30
2.5.3 Cilindro hidráulico.....	30
2.5.4 Bombas.....	32
2.5.5 Tuberías.....	33
2.5.6 Válvulas hidráulicas.....	33

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1	Planteamiento y estudio de alternativas.....	34
3.1.1	Planteamiento de alternativas.....	34
3.1.2	Estudio Técnico.....	35
3.1.3	Estudio de alternativas.....	35
3.1.4	Parámetros de evaluación.....	38
3.1.5	Matriz de evaluación y decisión.....	40
3.1.6	Selección de la mejor alternativa.....	41
3.1.7	Requerimientos Técnicos.....	41
3.2	Preliminares.....	41
3.3	Diseño.....	42
3.3.1	Diseño del mecanismo de giro.....	42
3.3.2	Características del sistema hidráulico.....	42
3.3.2.1	Fuerza de empuje del cilindro.....	43
3.3.2.2	Velocidad de avance del cilindro hidráulico.....	47
3.3.3	Selección de la bomba hidráulica.....	47
3.3.4	Potencia requerida para accionar el sistema.....	49
3.3.5	Control de mandos.....	50
3.3.6	Deposito hidráulico.....	50
3.3.7	Sistema de filtración.....	51
3.3.8	Sistema de indicación.....	52
3.3.9	Tuberías flexibles.....	53
3.3.10	Rodamiento.....	54
3.3.11	Aceite hidráulico.....	54
3.3.12	Movimientos.....	55
3.3.13	Medidas e la estructura.....	56
3.3.14	Características de la cabina.....	57

3.3.15 Material de los perfiles.....	57
3.3.16 Cargas sobre la estructura.....	58
3.4 Cálculos básicos.....	58
3.4.1 Cálculos de los momentos.....	60
3.4.2 Reacciones.....	62
3.4.3 Calculo de la viga principal.....	63
3.4.4 Esfuerzo máximo.....	66
3.4.5 Calculo del factor de seguridad.....	66
3.5 Construcción de la viga horizontal.....	67
3.5.1 Ensamble de las partes de la estructura.....	70
3.5.2 Pruebas de funcionamiento.....	73
3.5.3 Maquinas, Equipos y herramientas utilizadas en la construcción..	73
3.5.4 Proceso de construcción.....	74
3.5.5 Diagrama de procesos.....	75
3.6 Presupuesto.....	78
3.7 Elaboración de manuales.....	80

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.....	81
Recomendaciones.....	81
Glosario de términos.....	82
Abreviaturas y siglas.....	85
Bibliografía.....	85
Páginas web.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO III

Tabla 3.1 (estudio de la primera alternativa).....	36
Tabla 3.2 (estudio de la segunda alternativa).....	37
Tabla 3.3Matriz de evaluación y decisión.....	40
Tabla 3.4Características del cilindro hidráulico.....	43
Tabla 3.5Características de la bomba hidráulica.....	48
Tabla 3.6Características del motor eléctrico.....	49
Tabla 3.7Características del tubo estructural cuadrado.....	57
Tablas 3.8 Prueba de funcionamiento del soporte con carga.....	73
Tabla3.9 especificaciones de la maquinaria utilizada en la construcción.....	73
Tabla 3.10 especificación del equipo utilizado en la construcción.....	73
Tabla 3.11 especific. de las herramientas utilizadas en la construcción...	74
Tabla 3.12 simbología.....	74
Tabla 3.12 Costos de materiales.....	78
Tabla 3.13 mano de obra.....	78
Tabla 3.14 Costos Varios.....	79
Tabla 3.15 costo total.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Fig. 2.1 Teorema de Bernoulli.....	7
Fig. 2.2 Efecto Venturi.....	8
Fig. 2.3 Fuerzas que actúan en vuelo.....	9
Fig. 2.4 Perpendicularidad de sustentación.....	9
Fig. 2.5 Dirección y sentido del peso.....	10

Fig. 2.6 Centro de gravedad.....	10
Fig. 2.7 Dirección y sentido de la resistencia.....	11
Fig. 2.8 Dirección y sentido de empuje.....	11
Fig. 2.9 Estructura genérica del avión.....	13
Fig. 2.10 Terminología general de los elementos del ala.....	17
Fig. 2.11 Ejes del avión y movimientos sobre ellos.....	18
Fig. 2.12 Alerones y mando de control.....	19
Fig. 2.13 Funcionamiento de los alerones.....	20
Fig. 2.14 Timón de profundidad y mando de control.....	20
Fig. 2.15 Funcionamiento del timón de profundidad.....	21
Fig. 2.16 Timón de dirección y pedales de control.....	21
Fig. 2.17 Funcionamiento del timón de dirección.....	22
Fig. 2.18 Flaps y ángulos de extensión.....	23
Fig. 2.19 Distintos tipos de Flaps.....	23
Fig. 2.20 Slats.....	24
Fig. 2.21 Spoilers o aerofrenos.....	24
Fig. 2.22Tipos de estabilidad.....	26
Fig. 2.23 Estabilidad según los ejes.....	26
Fig. 2.24 Amortiguador hidráulico.....	27
Fig. 2.25 Principio de pascal.....	30
Fig. 2.26 Principio de Arquímedes.....	30
Fig. 2.27 Tipos de cilindros hidráulicos.....	32

CAPÍTULO III

Figura 3.1 Maqueta 1.....	34
Figura 3.2 Maqueta 2.....	35
Figura 3.3 Ubicación del cilindro.....	44
Figura 3.4 Conjunto de válvulas distribuidoras 4/3 mando por palancas.....	50
Figura 3.5. Deposito del líquido hidráulico.....	51
Figura 3.6 Manómetro de presión.....	52
Figura 3.7 Cañería flexible 7043 GST de 1 ¼ in.....	53
Figura 3.8 Cañería flexible 7043 GST de 3/8 in.....	53
Figura 3.9 Rodamiento de rodillos cónicos 4T-3525.....	54
Figura 3.10 Vista superior y frontal de la estructura.....	57
Figura 3.11 Cargas actuantes sobre la estructura.....	58
Figura 3.12 Diagrama de cuerpo libre de la estructura.....	59
Figura 3.13 Estructura simétrica en pórtico de soporte fijo.....	60
Figura 3.14 Pórtico de soporte fijo con carga concentrada en el centro..	60
Figura 3.15 Punta de eje.....	68
Figura 3.16 Punta de eje soldada allateral del tubo estructural cuadrado..	68
Figura 3.17 Punta de eje soldada ala parte superior del tubo.....	69
Figura 3.18 Palanca soldada al eje principal.....	69
Figura 3.19 Refuerzo en la viga principal.....	70
Figura 3.20 Engrasado de los cojinetes.....	70
Figura 3.21 Instalación de las cañerías al cuerpo de válvulas.....	71
Figura 3.22 Unión de las cañerías y el cilindro hidráulico.....	71
Figura 3.23 Unión de las cañerías y el cilindro hidráulico.....	72
Figura 3.24 Unión de la bomba y el motor eléctrico por matrimonio.....	72

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A: Anteproyecto:
- ANEXO B: Sistema hidráulico
- ANEXO C: Especificaciones del material
- ANEXO D: Pruebas de funcionamiento
- ANEXO E: Características de la bomba hidráulica
- ANEXO F: Planos
- ANEXO G: Manuales
- ANEXO H: Documentos de aceptación del usuario

RESUMEN

El Presente proyecto constituye en la implementación del movimiento de cabeceo a la estructura simuladora de los movimientos de vuelo en la cabina del avión Boeing 707; Se trata sobre la realización de una base estructural hecha con materiales de alta calidad, confiables y resistentes, para obtener el movimiento de cabeceo en la estructura simuladora de movimientos, la misma que se encuentra ubicada junto al bloque 42, para la implementación de dicho movimiento primero se procedió a realizar el diseño del mismo.

Además incluye las seguridades con las que se debe trabajar, estas son explicadas en el manual en un formato muy claro y fácil de entender, sin olvidar la manera de manipular la estructura simuladora y herramientas que conforman la misma. en la última parte se encuentra detallada cada una de las recomendaciones y conclusiones del trabajo realizado, así como también el glosario, bibliografía, siglas, y páginas web, utilizadas en el presente trabajo, las cuales son explicadas para un ,mejor entendimiento por parte del lector

SUMMARY

This project is in implementation of the pitching motion of the structure simulating

The movements of flight in the cockpit of Boeing 707, is on the realization of a structural base material made of high quality, reliable and resilient, for the pitching motion in the motion simulator structure, the same which is located next to block 42, for the implementation of the first movement proceeded to perform the design.

It also includes securities with which to work, these are explained in the manual in a clear format and easy to understand, without forgetting how to manipulate the simulator and tools that make it in the latter part is detailed each of the recommendations and conclusions of the work, as well the glossary, bibliography, acronyms, and web pages used in this wok, which are explained for the better understanding by the reader.

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 ANTECEDENTES

Luego de realizar la investigación de implementar nuevos métodos de aprendizaje, en donde se complementa la teoría con la práctica, para dicho fin se ayuda con equipos de instrucción, maquetas, simuladores del comportamiento de una aeronave etc. Con el único fin de transmitir los conocimientos, habilidades, ideas o experiencias a cada uno de los estudiantes con la intención de que las comprenda y haga uso de ellas, se logro dar un uso adecuado a la cabina del avión Boeing 707, como objeto de instrucción. Uno de estos procedimientos que se ha impartido en los últimos tiempos en el campo académico es la práctica, es decir esta herramienta de aprendizaje es con la finalidad de ayudar a los estudiantes, en la instrucción de nuevas habilidades, dicho proceso garantizará al aprendiz una comprensión óptima y clara de lo que se está realizando.

Consiguiendo concretar la implementación del movimiento de cabeceo en la estructura simuladora de los movimientos para la cabina del avión Boeing 707 que será construido con una buena elección de materiales tomando en cuenta su gran peso y dimensiones de la cabina del avión 707, por ende la construcción es beneficiosa para la institución para poder satisfacer las necesidades de los estudiantes y hacer que el proceso enseñanza- aprendizaje sea más efectivo.

Con la implementación de dicho simulador se está dotando al Instituto de una herramienta de enseñanza muy valiosa y práctica, que los estudiantes podrán aplicar en su vida profesional los conocimientos adquiridos, para dar soluciones válidas y concretas.

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico oferta especialidades técnicas que solamente con la práctica se las puede reforzar el conocimiento, desarrollando de manera más efectiva capacidades y destrezas que los alumnos las tienen inconscientemente pero no las desarrollan, esto se debe a que no se complementa la teoría con la práctica. En un instituto aeronáutico como el nuestro donde se están formando continuamente futuros tecnólogos aeronáuticos, es de vital importancia disponer de equipos y herramientas que ayuden a una mejor formación del alumno, involucrándolo más con el campo aeronáutico y, que mejor, que sea un simulador al que se le dé la correcta utilidad, después de una investigación bien realizada teniendo presente el avance continuo en la aviación.

Este proyecto es muy factible ya que se cuenta con el apoyo de ingenieros, técnicos especializados con experiencia en los equipos, estructuras y máquinas hidráulicas; los mismos que brindarán la información y ayuda necesaria para planificar, estructurar los diseños y tipo de materiales que se requerirán en la implementación del movimiento de cabeceo en la estructura simuladora, logrando así cumplir con los objetivos planteados. Los beneficiarios de la investigación serán personal docente, estudiantes y autoridades ya que contarán en efecto con un simulador de los movimientos del avión en vuelo del cual los estudiantes obtendrán buenas bases por medio de sus prácticas de trabajo que les proyecte experiencia y seguridad basada en correctos métodos prácticos de enseñanza por parte de los docentes.

Es muy necesario e importante que se aporte este tipo de proyectos que los estudiantes realizamos específicamente a los laboratorios de la carrera de mecánica, para generar tecnólogos competitivos. Que permitan a los mismos conocer y comprometerse con la realidad del campo de aviación, para así poder generar alternativas de fortalecimiento, y cambios en el área laboral.

1.3OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General:

- Implementar el movimiento de cabeceo en la estructura simuladora de los movimientos de vuelo para la cabina del avión Boeing 707, con un análisis muy riguroso de los materiales y las características físicas que debe tener dicho simulador, cuyo fin es la interactividad y capacitación del alumnado del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Recopilar y analizar información de la cabina para el buen desarrollo del proyecto.
- Organizar y escoger la información según su importancia.
- Solicitar ayuda de un ingeniero especializado, con experiencia en los equipos, estructuras y maquinas hidráulicas.
- Analizar las cargas que soportará la estructura simuladora de movimientos para la elección de materiales.
- Realizar los cálculos correspondientes para el movimiento de cabeceo.
- Implementar el movimiento de cabeceo, a través de un cilindro hidráulico, a la estructura simuladora de movimientos, tomando en cuenta las dimensiones y peso de la cabina para un mejor desempeño del simulador.
- Realizar pruebas de funcionamiento y operación de la estructura simuladora.

1.4 ALCANCE

La implementación del movimiento de cabeceo a la estructura simuladora de movimientos para la cabina de avión Boeing 707, tiene como propósito principal ser un medio de interactividad entre el docente que imparte la materia de aerodinámica entre otras y el estudiante, con el objetivo de que el estudiante aprenda el comportamiento de una aeronave en vuelo, de una forma eficiente, técnico y seguro; evitando incidentes o accidentes del personal aerotécnico que estudia en nuestra institución.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 PRINCIPIOS AERODINÁMICOS DEL AVIÓN

2.1.1 **Aerodinámica** es la parte de la mecánica de fluidos que estudia los gases en movimiento y las fuerzas o reacciones a las que están sometidos los cuerpos que se hallan en su seno. A la importancia propia de la aerodinámica hay que añadir el valor de su aportación a la aeronáutica. Hay ciertas leyes de la aerodinámica, aplicables a cualquier objeto moviéndose a través del aire, que explican el vuelo de objetos más pesados que el aire. ²

2.1.2 Teorema de Bernoulli

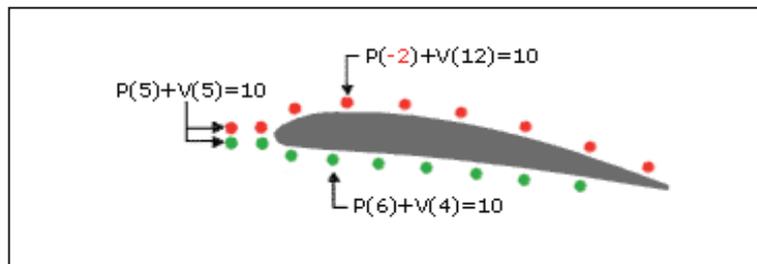


Figura 2.1 Teorema de Bernoulli
Fuente: Microsoft® Student 2009.

Daniel Bernoulli comprobó experimentalmente que "la presión interna de un fluido (líquido o gas) decrece en la medida que la velocidad del fluido se incrementa", o dicho de otra forma "en un fluido en movimiento, la suma de la presión y la velocidad en un punto cualquiera permanece constante", es decir que $p + v = k$.

¹⁻²Microsoft® Encarta® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

2.1.3 Efecto Venturi

Otro científico, Giovanni Battista Venturi, comprobó experimentalmente que al pasar por un estrechamiento las partículas de un fluido aumentan su velocidad.

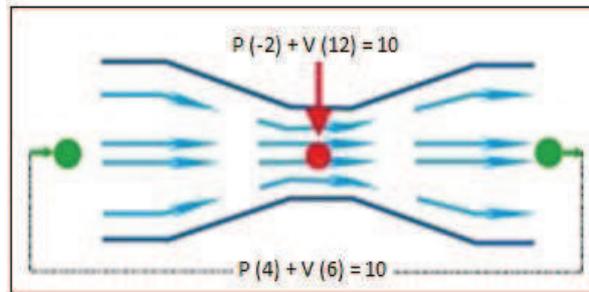


Figura 2.2 Efecto Venturi
Fuente:Microsoft® Student 2009.

2.1.4 3ª Ley del movimiento de Newton.

Para cada fuerza de acción hay una fuerza de reacción igual en intensidad pero de sentido contrario.

2.2 FUERZAS QUE ACTÚAN EN VUELO

3Sobre un aeroplano en vuelo actúan una serie de fuerzas, favorables unas y desfavorables otras, siendo una tarea primordial del piloto ejercer control sobre ellas para mantener un vuelo seguro y eficiente. Aunque los expertos siguen debatiendo e investigando sobre aerodinámica, a nuestro nivel solo necesitamos conocer algunos conceptos fundamentales, empezando por las fuerzas que afectan al vuelo y sus efectos. ²

De todas las fuerzas que actúan sobre un aeroplano en vuelo, las básicas y principales porque afectan a todas las maniobras son cuatro: **sustentación**, **peso del avión**, **empuje** y **resistencia**. Estas cuatro fuerzas actúan en pares; la sustentación es opuesta al peso, y el empuje o tracción a la resistencia.⁴

³⁻⁴ <http://www.manualvuelo.com/PBV/PBV13.html>



Figura 2.3 Fuerzas que actúan en vuelo
 Fuente: <http://www.manualvuelo.com/PBV/PBV13.html>

Un aeroplano, como cualquier otro objeto, se mantiene estático en el suelo debido a la acción de dos fuerzas: su peso, debido a la gravedad, que lo mantiene en el suelo, y la inercia o resistencia al avance que lo mantiene parado. Para que este aeroplano vuele será necesario contrarrestar el efecto de estas dos fuerzas negativas, peso y resistencia, mediante otras dos fuerzas positivas de sentido contrario, sustentación y empuje respectivamente. Así, el empuje ha de superar la resistencia que opone el avión a avanzar, y la sustentación superar el peso del avión manteniéndolo en el aire.

2.2.1 Sustentación.

Es la fuerza desarrollada por un perfil aerodinámico moviéndose en el aire, ejercida de abajo arriba, y cuya dirección es perpendicular al viento relativo y a la envergadura del avión. Se suele representar con la letra L del inglés Lift = Sustentación.

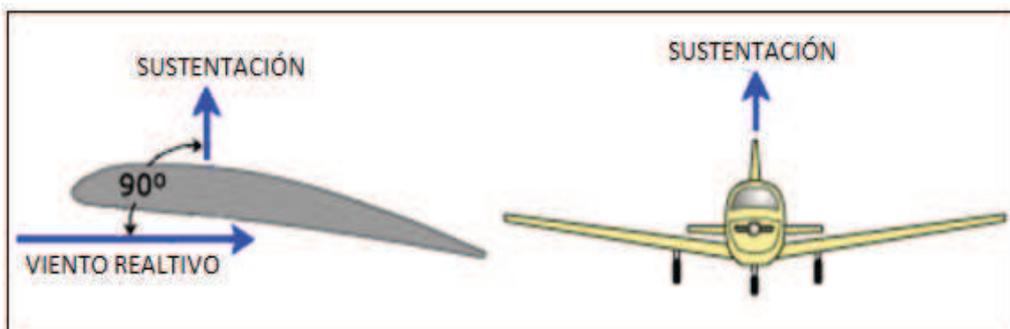


Figura 2.4 Perpendicularidad de sustentación
 Fuente: <http://www.manualvuelo.com/PBV/PBV13.html>

2.2.2 **Peso**

El peso es la fuerza de atracción gravitatoria sobre un cuerpo, siendo su dirección perpendicular a la superficie de la tierra, su sentido hacia abajo, y su intensidad proporcional a la masa de dicho cuerpo. Esta fuerza es la que atrae al avión hacia la tierra y ha de ser contrarrestada por la fuerza de sustentación para mantener al avión en el aire.

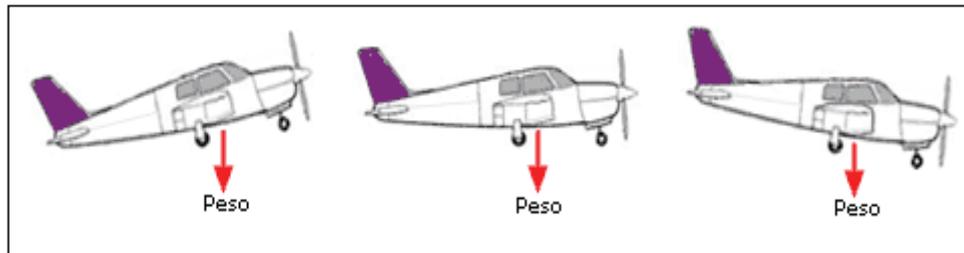


Figura 2.5 Dirección y sentido del peso
Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Mandos_de_vuelo

Dependiendo de sus características, cada avión tiene un peso máximo que no debe ser sobrepasado.

2.2.3 **Centro de Gravedad**

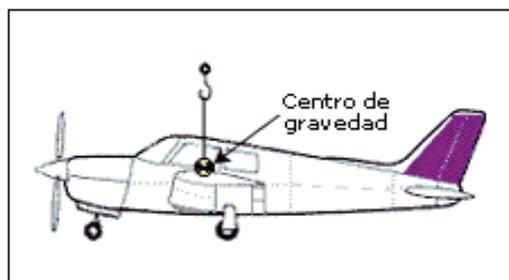


Figura 2.6 Centro de gravedad
Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Mandos_de_vuelo

Es el punto donde se considera ejercida toda la fuerza de gravedad, es decir el peso. El C.G es el punto de balance de manera que si se pudiera colgar el avión por ese punto específico este quedaría en perfecto equilibrio. El avión realiza todos sus movimientos pivotando sobre el C.G. La situación del centro de gravedad respecto al centro de presiones tiene una importancia enorme en la estabilidad del avión.

2.2.4 Resistencia

⁵La resistencia es la fuerza que impide o retarda el movimiento de un aeroplano. La resistencia actúa de forma paralela y en la misma dirección que el viento relativo, aunque también podríamos afirmar que la resistencia es paralela y de dirección opuesta a la trayectoria.

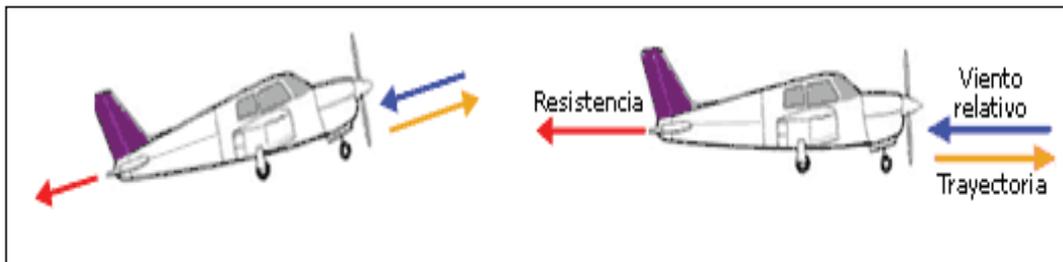


Figura 2.7 Dirección y sentido de la resistencia
Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Mandos_de_vuelo

Desde un punto de vista aerodinámico, cuando un ala se desplaza a través del aire hay dos tipos de resistencia: (a) resistencia debida a la fricción del aire sobre la superficie del ala, y (b) resistencia por la presión del propio aire oponiéndose al movimiento de un objeto en su seno.

2.2.5 Empuje o tracción.

Esta fuerza se obtiene acelerando una masa de aire a una velocidad mayor que la del aeroplano. La reacción, de igual intensidad pero de sentido opuesto (3ª ley del movimiento de Newton), mueve el avión hacia adelante. En aviones de hélice, la fuerza de propulsión la genera la rotación de la hélice, movida por el motor (convencional o turbina); en reactores, la propulsión se logra por la expulsión violenta de los gases quemados por la turbina.⁶

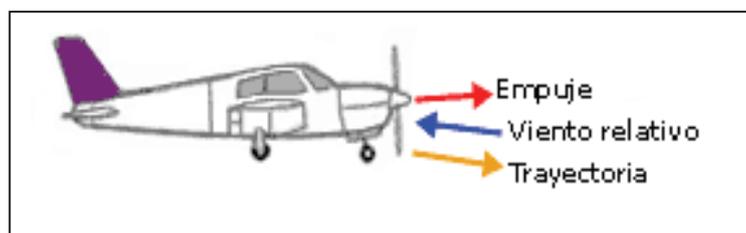


Figura 2.8 Dirección y sentido de empuje
Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Mandos_de_vuelo

^{5-6h}http://es.wikipedia.org/wiki/Mandos_de_vuelo

Es obvio que el factor principal que influye en esta fuerza es la potencia del motor, pero hay otros elementos que también influyen como pueden ser la forma y tamaño de la hélice, octanaje del combustible, densidad del aire, etc. Se habla de potencia en C.V. en motores convencionales, y de kilos o libras de empuje en reactores.

Puesto que potencia es equivalente a energía por unidad de tiempo, a mayor potencia mayor capacidad de aceleración. La potencia es el factor más importante a la hora de determinar la tasa de ascenso de un avión. De hecho la tasa máxima de ascenso de un avión no está relacionada con la sustentación sino con la potencia disponible descontada la necesaria para mantener un vuelo nivelado

Estas cuatro fuerzas están definidas respecto a tres sistemas de coordenadas diferentes: la sustentación y la resistencia están definidas en relación al viento relativo; el peso (gravedad) respecto al centro de la tierra, y el empuje con respecto a la orientación del aeroplano. Esta situación puede verse un poco más complicada porque por ejemplo el empuje y la resistencia tienen componentes verticales que se oponen al peso, mientras la sustentación tiene un componente horizontal.

Se puede pensar que las cuatro fuerzas están definidas de una manera anárquica, pero los conceptos y sus definiciones son los que son y además son correctos. Hay mucha historia e investigación sobre ellos, y son muy importantes al analizar situaciones complejas. Pero no hay que alarmarse, dado que estos conceptos tienen una importancia relativa. En vuelo ordinario (no acrobático) exceptuando los giros, incluso en ascensos y descensos, los ángulos son generalmente pequeños, de manera que el empuje es aproximadamente horizontal, y los vientos relativos difieren de la horizontal solo en unos pocos grados, de forma que la resistencia es aproximadamente horizontal y la sustentación cercana a la vertical.

Simplificando: en vuelo recto y nivelado a velocidad constante las fuerzas que actúan hacia abajo se compensan con las que actúan hacia arriba, y las que actúan hacia delante se equilibran con las que actúan hacia atrás.

Esto es cierto, se calculen como se calculen las contribuciones individuales de la sustentación, el peso, la resistencia y el empuje. Si una de estas fuerzas básicas cambia de magnitud haciéndose mayor que la opuesta, el avión se moverá en la dirección de la fuerza mayor hasta un punto en que ambas estén de nuevo en equilibrio.

Por supuesto que la manera en que las fuerzas se compensan se refiere a un avión en vuelo; puede haber otros sistemas en que las fuerzas se compensen de forma diferente: por ejemplo, el peso de un avión de despegue vertical durante la maniobra de toma de tierra no convencional, se compensa con el empuje del motor.

2.3 Estructura del avión

En los temas anteriores se han descrito algunos aspectos del mundo en que se mueve el avión, las leyes que explican el vuelo, las fuerzas que actúan sobre un avión en vuelo, etc.

En este tema se especifican de una forma general cuales son los componentes estructurales de un avión y su nomenclatura, poniendo especial énfasis en su elemento distintivo: las alas.

2.3.1 Generalidades

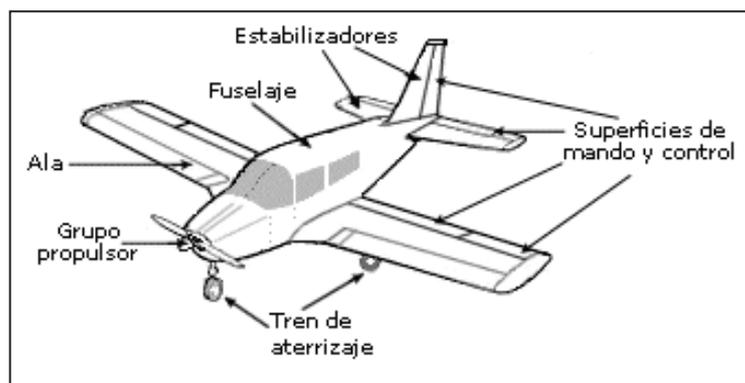


Figura. 2.9 Estructura genérica del avión.
Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Mandos_de_vuelo

⁷ **Fuselaje del avión.** Del francés "fuselé" que significa "ahusado", se denomina fuselaje al cuerpo principal de la estructura del avión, cuya función principal es la de dar cabida a la tripulación, a los pasajeros y a la carga, además de servir de soporte principal al resto de los componentes. Los fuselajes que ofrecen una menor resistencia aerodinámica son los de sección circular, elíptica u oval, y de forma alargada y ahusada.

Alas. Son el elemento primordial de cualquier aeroplano. En ellas es donde se originan las fuerzas que hacen posible el vuelo. En su diseño se tienen en cuenta numerosos aspectos: peso máximo a soportar, resistencias generadas, comportamiento en la pérdida, etc. o sea, todos aquellos factores que proporcionen el rendimiento óptimo para compaginar la mejor velocidad con el mayor alcance y el menor consumo de combustible posibles.

Superficies de mando y control del avión. Son las superficies móviles situadas en las alas y en los empenajes de cola, las cuales respondiendo a los movimientos de los mandos existentes en la cabina provocan el movimiento del avión sobre cualquiera de sus ejes (transversal, longitudinal y vertical). También entran en este grupo otras superficies secundarias, cuya función es la de proporcionar mejoras adicionales relacionadas generalmente con la sustentación (flaps, slats, aerofrenos, etc.)

Sistema estabilizador del avión. Está compuesto en general por un estabilizador vertical y otro horizontal. Como sus propios nombres indican, su misión es la de contribuir a la estabilidad del avión sobre sus ejes vertical y horizontal.

Tren de aterrizaje. Tiene como misión amortiguar el impacto del aterrizaje y permitir la rodadura y movimiento del avión en tierra. Puede ser fijo o retráctil, y de triciclo (dos ruedas principales y una de morro) o patín de cola (dos ruedas principales y un patín o rueda en la cola). Hay trenes adaptados a la nieve (con patines) y al agua (con flotadores). Grupo moto propulsor del avión. Encargado de proporcionar la potencia necesaria para contrarrestar las resistencias del aparato, tanto en tierra como en vuelo, impulsar a las alas y que estas produzcan sustentación.

Este grupo puede estar constituido por uno o más motores; motores que pueden ser de pistón, de reacción, turbopropulsores, etc. Dentro de este grupo se incluyen las hélices, que pueden tener distintos tamaños, formas y número de palas.

Sistemas auxiliares del avión. Resto de sistemas destinados a ayudar al funcionamiento de los elementos anteriores o bien para proporcionar más confort o mejor gobierno de la aeronave. Podemos mencionar por ejemplo, el sistema hidráulico, el eléctrico, presurización, alimentación de combustible, etc.⁸

Las alas del avión.

⁹ Los pioneros de la aviación tratando de emular el vuelo de las aves, construyeron todo tipo de artefactos dotados de alas articuladas que generaban corrientes de aire. Solo cuando se construyeron máquinas con alas fijas que surcaban el aire en vez de generarlo, fue posible el vuelo de máquinas más pesadas que el aire. Aunque veremos que hay alas de todos los tipos y formas, todas obedecen a los mismos principios explicados con anterioridad.

Por ser la parte más importante de un aeroplano y por ello quizá la más estudiada, es posiblemente también la que más terminología emplee para distinguir las distintas partes de la misma. A continuación se detalla esta terminología (Figura.2.20)⁴

Perfil del ala. Es la forma de la sección del ala, es decir lo que veríamos si cortáramos esta transversalmente "como en rodajas". Salvo en el caso de alas rectangulares en que todos los perfiles ("rodajas") son iguales, lo habitual es que los perfiles que componen un ala sean diferentes; se van haciendo más pequeños y estrechos hacia los extremos del ala.

Borde de ataque del ala. Es el borde delantero del ala, o sea la línea que une la parte anterior de todos los perfiles que forman el ala; o dicho de otra forma: la parte del ala que primero toma contacto con el flujo de aire.

⁷⁻⁸http://es.wikipedia.org/wiki/Mandos_de_vuelo

Borde de salida del ala. Es el borde posterior del ala, es decir la línea que une la parte posterior de todos los perfiles del ala; o dicho de otra forma: la parte del ala por donde el flujo de aire perturbado por el ala retorna a la corriente libre.

Extrados del ala. Parte superior del ala comprendida entre los bordes de ataque y salida.

Intrados del ala. Parte inferior del ala comprendida entre los bordes de ataque y salida.

Espesor del ala. Distancia máxima entre el extrados y el intrados.

Cuerda del ala. Es la línea recta imaginaria trazada entre los bordes de ataque y de salida de cada perfil.

Cuerda media. Como los perfiles del ala no suelen ser iguales sino que van disminuyendo hacia los extremos, lo mismo sucede con la cuerda de cada uno.

Línea del 25% de la cuerda. Línea imaginaria que se obtendría al unir todos los puntos situados a una distancia del 25% de la longitud de la cuerda de cada perfil, distancia medida comenzando por el borde de ataque.

Curvatura del ala desde el borde de ataque al de salida. Curvatura superior se refiere a la de la superficie superior (extrados); inferior a la de la superficie inferior (intrados), y curvatura media a la equidistante a ambas superficies.

Superficie alar. Superficie total correspondiente a las alas.

Envergadura del avión. Distancia entre los dos extremos de las alas. Por simple geometría, si multiplicamos la envergadura por la cuerda media debemos obtener la superficie alar.⁵

Alargamiento. Cociente entre la envergadura y la cuerda media. Este dato nos dice la relación existente entre la longitud y la anchura del ala (Envergadura/Cuerda media)¹⁰.

⁹⁻¹⁰<http://es.wikipedia.org/wiki/Avi%C3%B3n>

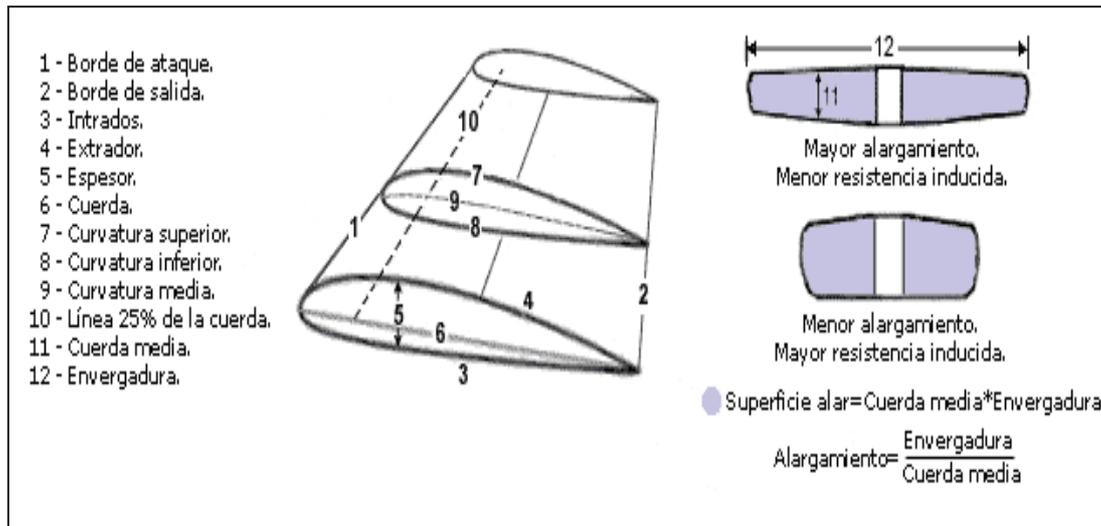


Figura. 2.10 Terminología general de los elementos del ala

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Avi%C3%B3n>

2.4 Superficies de mando y control del avión

Además de que un avión vuele, es necesario que este vuelo se efectúe bajo control del piloto; que el avión se mueva respondiendo a sus órdenes. Los primeros pioneros de la aviación estaban tan preocupados por elevar sus artilugios que no prestaban mucha atención a este hecho; por suerte para ellos nunca estuvieron suficientemente altos y rápidos como para provocar o provocarse males mayores.

Una de las contribuciones de los **hermanos Wright** fue el sistema de control del avión sobre sus tres ejes; su Flyer disponía de **timón de profundidad**, **timón de dirección**, y de un sistema de torsión de las alas que producía el alabeo. Por otro lado, es de gran interés contar con dispositivos que, a voluntad del piloto, aporten sustentación adicional (o no-sustentación) facilitando la realización de ciertas maniobras.

Para lograr una u otra funcionalidad se emplean superficies aerodinámicas, denominándose primarias a las que proporcionan control y secundarias a las que modifican la sustentación. Las superficies de mando y control modifican la aerodinámica del avión provocando un desequilibrio de fuerzas, una o más de ellas cambian de magnitud.

2.4.1 Ejes del avión.

¹¹Se trata de rectas imaginarias e ideales trazadas sobre el avión. Su denominación y los movimientos que se realizan alrededor de ellos son los siguientes.

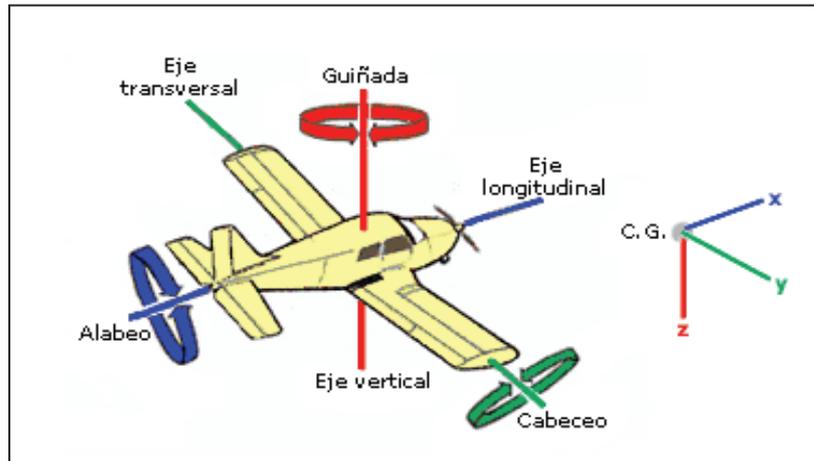


Figura. 2.11 Ejes del avión y movimientos sobre ellos.
Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Ejes_del_avi%C3%B3n

Eje longitudinal del avión. Es el eje imaginario que va desde el morro hasta la cola del avión. El movimiento alrededor de este eje (levantar un ala bajando la otra) se denomina alabeo (en inglés "roll"). También se le denomina eje de alabeo, nombre que parece más lógico pues cuando se hace referencia a la estabilidad sobre este eje, es menos confuso hablar de estabilidad de alabeo que de estabilidad "transversal".

Eje transversal o lateral del avión. Eje imaginario que va desde el extremo de un ala al extremo de la otra. El movimiento alrededor de este eje (morro arriba o morro abajo) se denomina cabeceo ("pitch" en inglés). También denominado eje de cabeceo, por las mismas razones que en el caso anterior.

Eje vertical del avión. Eje imaginario que atraviesa el centro del avión. El movimiento en torno a este eje (morro virando a la izquierda o la derecha) se llama guiñada ("yaw" en inglés). Denominado igualmente eje de guiñada.¹²

¹¹⁻¹²http://es.wikipedia.org/wiki/Ejes_del_avi%C3%B3n

2.4.2 Superficies primarias del avión

Son superficies aerodinámicas movibles que, accionadas por el piloto a través de los mandos de la cabina, modifican la aerodinámica del avión provocando el desplazamiento de este sobre sus ejes y de esta manera el seguimiento de la trayectoria de vuelo deseada.

Las superficies de control son tres: **alergones**, timón de profundidad y timón de dirección. El movimiento en torno a cada eje se controla mediante una de estas tres superficies. La diferencia entre un piloto y un conductor de aviones es el uso adecuado de los controles para lograr un movimiento coordinado. Veamos cuales son las superficies de control, como funcionan, y como las acciona el piloto.

Alerones. Palabra de origen latino que significa "ala pequeña", son unas superficies móviles, situadas en la parte posterior del extremo de cada ala, cuyo accionamiento provoca el movimiento de alabeo del avión sobre su eje longitudinal. Su ubicación en el extremo del ala se debe a que en esta parte es mayor el par de fuerza ejercido.

El piloto acciona los alergones girando el volante de control ("cuernos") a la izquierda o la derecha, o en algunos aviones moviendo la palanca de mando a la izquierda o la derecha.

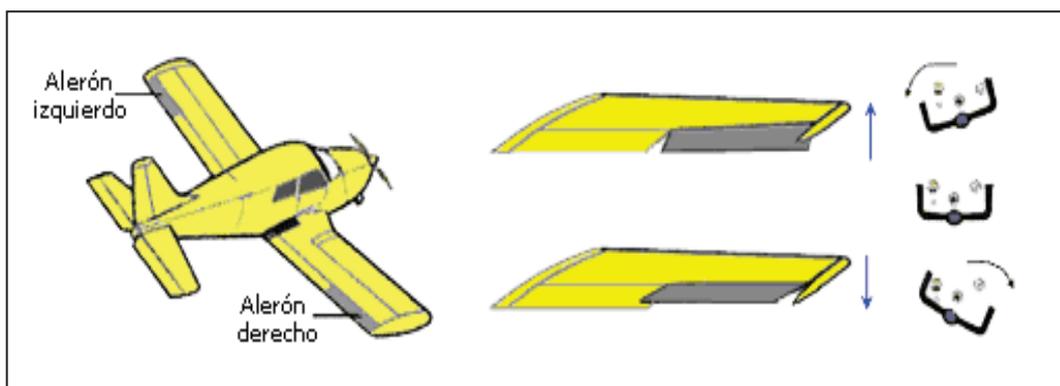


Figura. 2.12Alerones y mando de control

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Superficies_del_avi%C3%B3n

Funcionamiento: Los alerones tienen un movimiento asimétrico. Al girar el volante hacia un lado, el alerón del ala de ese lado sube y el del ala contraria baja, ambos en un ángulo de deflexión proporcional a la cantidad de giro dado al volante.

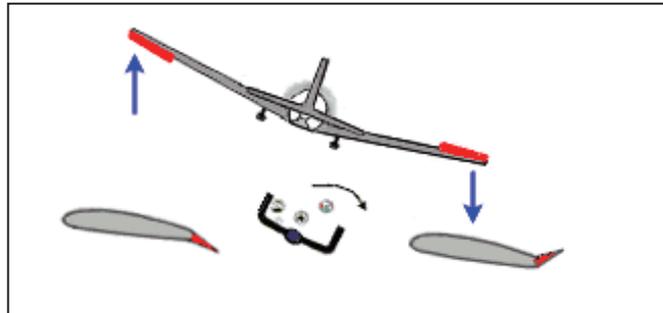


Figura. 2.13 Funcionamiento de los alerones.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Superficies_del_avi%C3%B3n

Supongamos por ejemplo que queremos realizar un movimiento de alabeo a la derecha: giramos el volante a la derecha; el alerón del ala derecha sube y al haber menos sustentación esa ala desciende; por el contrario, el alerón abajo del ala izquierda provoca mayor sustentación en esa ala y que esta ascienda.

Timón de profundidad del avión. Es la superficie o superficies móviles situadas en la parte posterior del empenaje horizontal de la cola del avión. Aunque su nombre podría sugerir que se encarga de hacer elevarse o descender al avión, en realidad su accionamiento provoca el movimiento de cabeceo del avión (morro arriba o morro abajo) sobre su eje transversal.

El timón de profundidad es accionado por el piloto empujando o tirando del volante o la palanca de control, y suele tener una deflexión máxima de 40° hacia arriba y 20° hacia abajo.

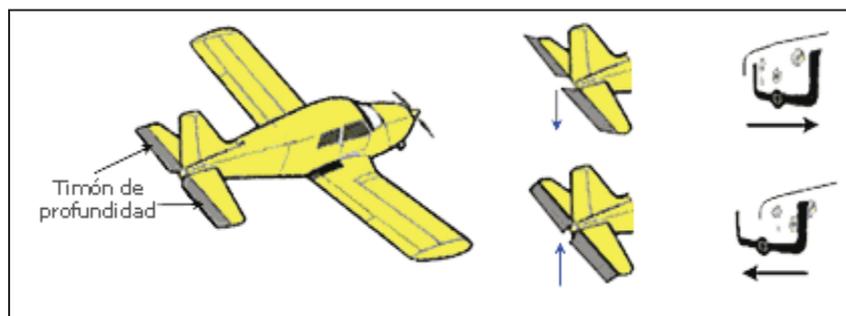


Figura. 2.14 Timón de profundidad y mando de control.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Superficies_del_avi%C3%B3n

Funcionamiento: Al tirar del volante de control, esta superficie sube mientras que al empujarlo baja en algunos aviones se mueve la totalidad del empenaje horizontal. El timón arriba produce menor sustentación en la cola, con lo cual esta baja y por tanto el morro sube. El timón abajo aumenta la sustentación en la cola, esta sube y por tanto el morro baja.

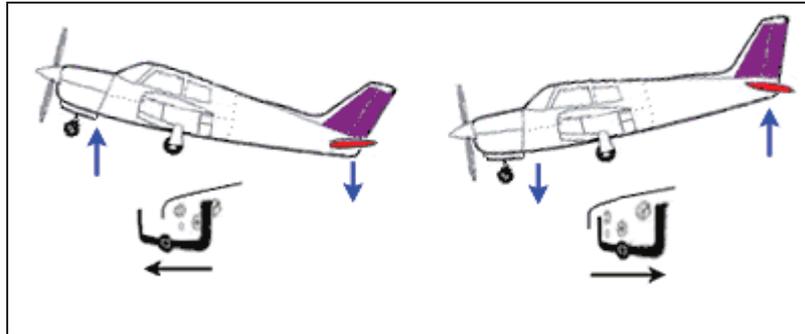


Figura. 2.15 Funcionamiento del timón de profundidad.
Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Superficies_del_avi%C3%B3n

Timón de dirección del avión. Es la superficie móvil montada en la parte posterior del empenaje vertical de la cola del avión. Su movimiento provoca el movimiento de guiñada del avión sobre su eje vertical, sin embargo ello no hace virar el aparato, sino que se suele utilizar para equilibrar las fuerzas en los virajes o para centrar el avión en la trayectoria deseada. Esta superficie se maneja mediante unos pedales situados en el suelo de la cabina.

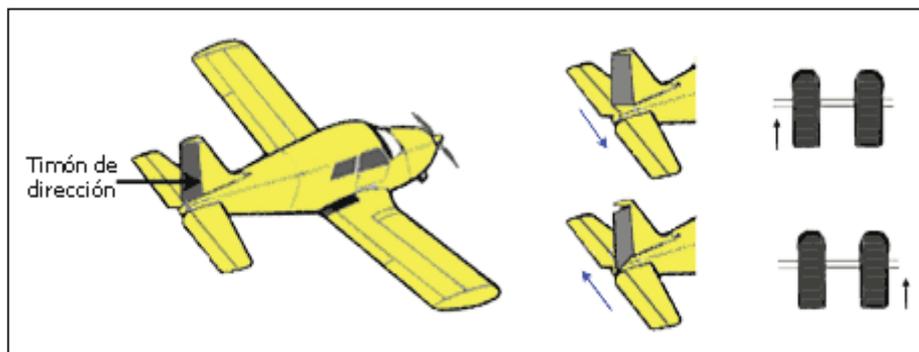


Figura. 2.16 Timón de dirección y pedales de control
Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Superficies_del_avi%C3%B3n

Funcionamiento: Al pisar el pedal derecho, el timón de dirección gira hacia la derecha, provocando una reacción aerodinámica en la cola que hace que esta gire a la izquierda, y por tanto el morro del avión gire (guiñada) hacia la derecha.

Al pisar el pedal izquierdo, sucede lo contrario: timón a la izquierda, cola a la derecha y morro a la izquierda.

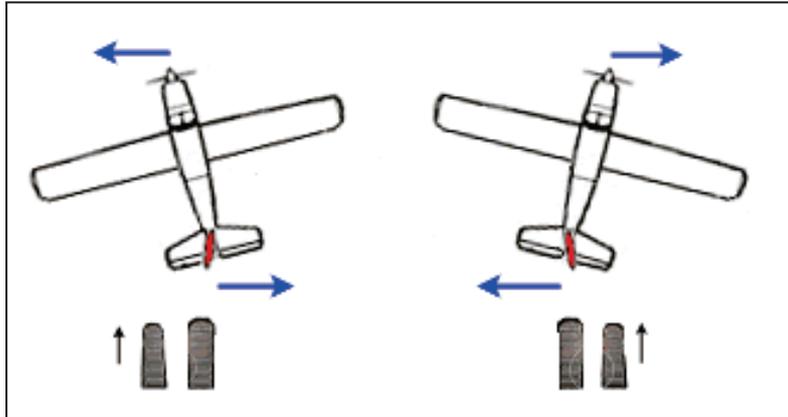


Figura. 2.17 Funcionamiento del timón de dirección.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Superficies_del_avion

- Alabeo a la derecha -> volante a la derecha.
- Alabeo a la izquierda -> volante a la izquierda.
- Morro abajo (menor ángulo de ataque) -> empujar el volante.
- Morro arriba (mayor ángulo de ataque) -> tirar del volante.
- Guiñada a la derecha -> pedal derecho.
- Guiñada a la izquierda -> pedal izquierdo.

2.4.3 Superficies secundarias del avión.

Las superficies primarias nos permiten mantener el control de la trayectoria del avión, las secundarias se utilizan en general para modificar la sustentación del avión y hacer más fáciles muchas maniobras. Las superficies secundarias son: flaps, slats y spoilers o aerofrenos.

Flaps. Los flaps son dispositivos hipersustentadores, cuya función es aumentar la sustentación del avión cuando este vuela a velocidades inferiores a aquellas para las cuales se ha diseñado el ala. Situados en la parte interior trasera de las alas, se deflecan hacia abajo de forma simétrica (ambos a la vez), en uno o más ángulos. Se accionan desde la cabina, bien por una palanca, por un sistema eléctrico, o cualquier otro sistema.

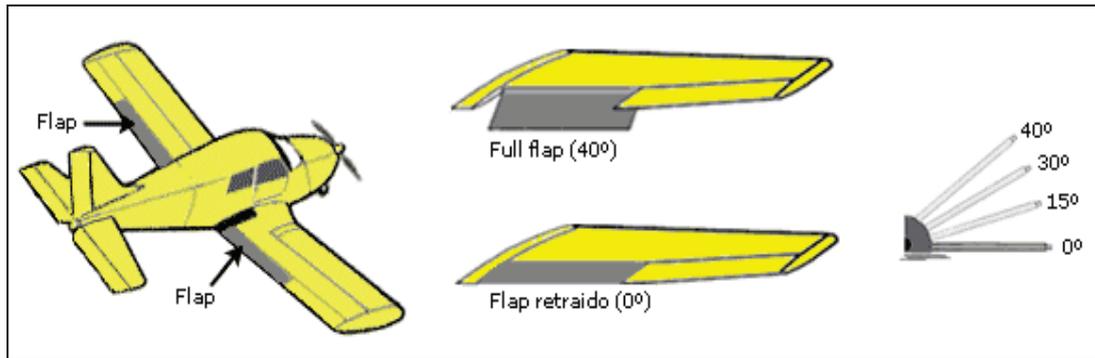


Figura. 2.18 Flaps y ángulos de extensión.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Dispositivo_hipersustentador

2.4.4 Tipos de flaps:

- **Flaps Sencillo.** Es el más utilizado en aviación ligera. Es una porción de la parte posterior del ala.
- **De intrados.** Situado en la parte inferior del ala (intrados) su efecto es menor dado que solo afecta a la curvatura del intrados.
- **Zap.** Similar al de intrados, al deflectarse se desplaza hacia el extremo del ala, aumentando la superficie del ala además de la curvatura.
- **Fowler.** Idéntico al flapzap, se desplaza totalmente hasta el extremo del ala, aumentando enormemente la curvatura y la superficie alar.
- **Flaps Ranurado.** Se distingue de los anteriores, en que al ser deflectado deja una o más ranuras que comunican el intrados y el extrados.
- **Krueger.** Como los anteriores, pero situado en el borde de ataque en vez del borde de salida.

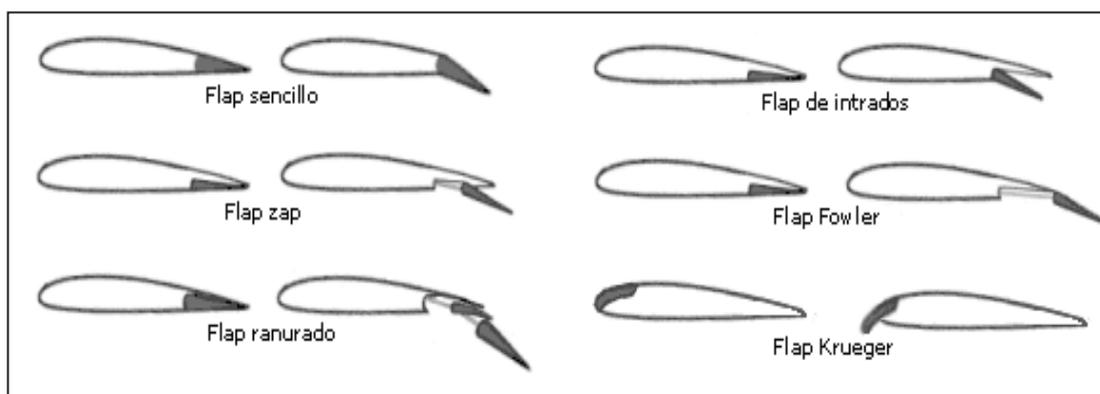


Figura. 2.19 Distintos tipos de Flaps.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Dispositivo_hipersustentador

Slats. Son superficies hipersustentadoras que actúan de modo similar a los flaps. Situadas en la parte anterior del ala, al deflectarse canalizan hacia el extrados una corriente de aire de alta velocidad que aumenta la sustentación permitiendo alcanzar mayores ángulos de ataque sin entrar en pérdida. Se emplean generalmente en grandes aviones para aumentar la sustentación en operaciones a baja velocidad (aterrizajes y despegues), aunque también hay modelos de aviones ligeros que disponen de ellos.

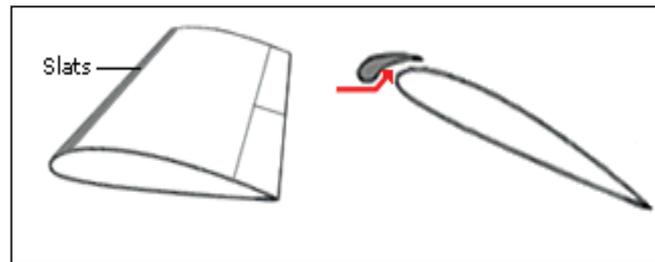


Figura. 2.20 Slats

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Dispositivo_hipersustentador

En muchos casos su despliegue y repliegue se realiza de forma automática; mientras la presión ejercida sobre ellos es suficiente los slats permanecen retraídos, pero cuando esta presión disminuye hasta un determinado nivel (cerca de la velocidad de pérdida) los slats se despliegan de forma automática.

Spoilers o aerofrenos. Al contrario que los anteriores, el objetivo de esta superficie es disminuir la sustentación del avión. Se emplean sobre todo en reactores que desarrollan altas velocidades y sirven para frenar el avión en vuelo, perder velocidad y facilitar el aterrizaje, ayudar a frenar en tierra, y en algunos aviones como complemento de los alerones para el control lateral y los virajes en vuelo.

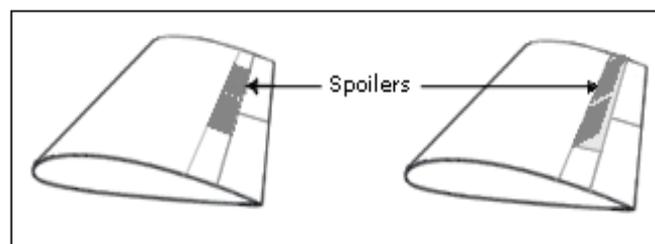


Figura. 2.21 Spoilers o aerofrenos

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Dispositivo_hipersustentador

2.4.5 Estabilidad del avión

Según la 1ª Ley del Movimiento de Newton, un cuerpo en reposo tiende a estar en reposo, y un cuerpo en movimiento tiende a permanecer en movimiento en línea recta salvo que se le aplique una fuerza externa. Un cuerpo que no esté acelerando ni decelerando se dice que está en equilibrio.

2.4.5.1 Estabilidad estática.

Por estabilidad se entiende la respuesta de un sistema cuando se le mueve de una posición de equilibrio. En nuestro caso, la estabilidad que nos interesa es la capacidad del avión para recobrar una posición de equilibrio después de sufrir una perturbación que la haya modificado (turbulencia, ráfaga de viento, etc.)

La estabilidad se clasifica en tres tipos: positiva, neutra y negativa. La Figura 2.22 representa esta clasificación por medio de tres ruedas de bicicleta en estado de equilibrio.

Estabilidad positiva significa que si un sistema es desplazado de su posición de equilibrio, genera fuerzas tendentes a volver a la posición inicial. Tomemos la rueda de la izquierda en la Figura 2.22 la cual tiene un contrapeso abajo. Si aplicamos una fuerza que la haga girar en uno u otro sentido esta rueda tratará de volver a su posición inicial.

Estabilidad neutra se da cuando un sistema desplazado de su posición de equilibrio no genera ninguna fuerza y permanece equilibrado en esta nueva posición. Si giramos hacia uno u otro lado la rueda del centro de la Figura, esta rueda se quedará en equilibrio en la nueva posición en que la dejemos.

Estabilidad negativa es cuando un sistema desplazado de su posición de equilibrio genera fuerzas que tienden a desplazarlo aún más. Si movemos algo la rueda de la derecha de la Figura, que tiene un contrapeso arriba, esta se irá desplazando cada vez más de la posición de equilibrio inicial.

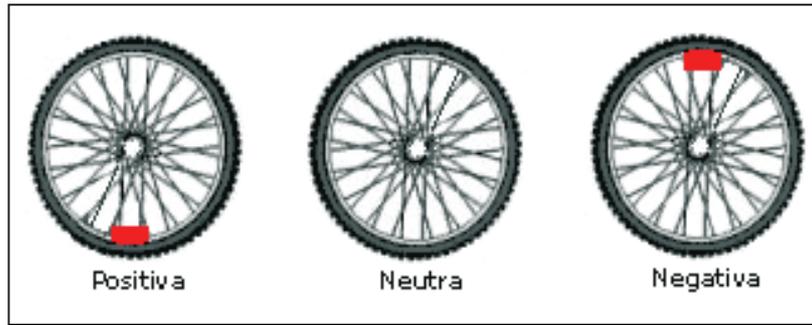


Figura. 2.22 Tipos de estabilidad

Fuente:<http://aeroguada.com/archivos/tutorial/porquevuelanlosaviones>

De acuerdo con lo explicado, un avión será ESTABLE si separado de su posición de equilibrio tiende a recuperarla; NEUTRO si separado de su posición de equilibrio permanece en esa nueva posición sin alejarse más ni volver a la posición inicial, e INESTABLE si separado de su posición de equilibrio tiende a alejarse de ella cada vez más. Parece obvio que un aeroplano debería tener estabilidad positiva, quizá neutra, pero en ningún caso negativa.

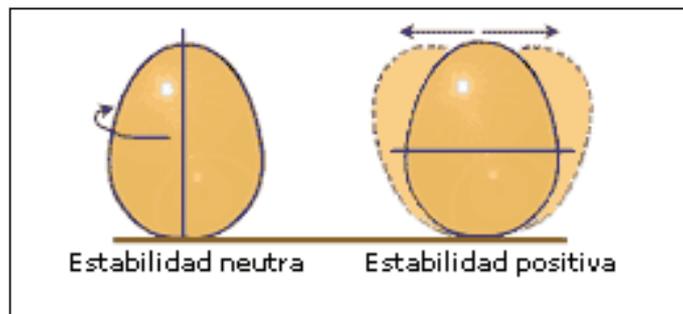


Figura. 2.23 estabilidad según los ejes.

Fuente:<http://aeroguada.com/archivos/tutorial/porquevuelanlosaviones>

Por ejemplo consideremos un huevo sobre una mesa: un huevo ideal tiene estabilidad neutra respecto a su eje de simetría, es decir que es libre de girar sobre dicho eje. Sin embargo tiene estabilidad positiva respecto de los otros ejes, puesto que si lo tumbamos hacia cualquier lado tenderá a recuperar su posición original.

En un avión, que también es un sistema multidimensional, la estabilidad se refiere a cada uno de los tres ejes de movimiento del mismo: longitudinal, lateral y vertical.

2.4.5.2 Estabilidad dinámica.

Sucede que las fuerzas tendentes a recuperar la posición de equilibrio pueden ser tan grandes que fuercen al sistema a ir más allá de la posición inicial. En el ejemplo anterior, al soltar el huevo que habíamos tumbado en la mesa, este irá más allá de su posición de equilibrio inicial oscilando a uno y otro lado, cada vez con menor intensidad, hasta recuperar el equilibrio plenamente.

Pues bien, estabilidad dinámica es la propiedad que amortigua estas oscilaciones haciéndolas cada vez menores en intensidad. Un sistema posee estabilidad dinámica si el movimiento del sistema produce una fuerza que se opone a ese movimiento. La rueda central de la Figura 2.22 apenas tiene estabilidad dinámica, pues si la hacemos girar estará girando bastante tiempo debido a que la única fuerza que se opone a este movimiento es la fricción del aire.

También la estabilidad dinámica puede ser positiva, neutra, o negativa; positiva cuando las oscilaciones se amortiguan cada vez más hasta pararlas; neutra cuando no se amortiguan; y negativa cuando se van haciendo cada vez mayores.

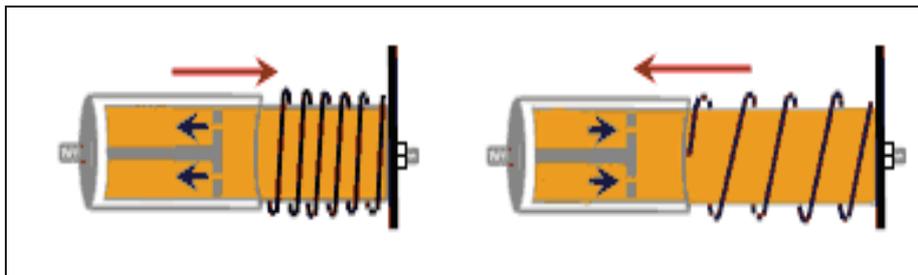


Figura. 2.24 Amortiguador hidráulico.

Fuente: <http://aeroguada.com/archivos/tutorial/porquevuelanlosaviones>

La Figura 2.24 puede servirnos de modelo para diferenciar ambos tipos de estabilidad. El muelle es un ejemplo de estabilidad estática positiva, pues cuando se le estire o comprima, tratará de volver a su posición de equilibrio, eso si oscilando a uno y otro lado hasta encontrarla.

El amortiguador, es un ejemplo de estabilidad dinámica positiva. Al comprimirse, el aceite que contiene es obligado a pasar hacia arriba a través de unos pequeños agujeros, suavizando este movimiento.

Pero cuando el muelle tienda a recuperar la posición inicial, el aceite en la parte de arriba será forzado a pasar hacia abajo a través de los mismos agujeros, suavizando de nuevo el movimiento y las oscilaciones. En cualquiera de los dos casos, la dificultad del aceite para pasar de uno a otro lado debido a su viscosidad es la fuerza que se opone al movimiento del amortiguador.

La estabilidad estática se refiere a las fuerzas que se desarrollan dependiendo de la posición del sistema, mientras que la estabilidad dinámica se refiere a las que se desarrollan en función de la velocidad. En el caso del muelle este reacciona cuando se le saca de su posición, mientras el amortiguador crea una fuerza que es proporcional al movimiento del aceite. Cuando un sistema tiene estabilidad estática positiva pero no suficiente estabilidad dinámica (amortiguación) surgen las oscilaciones.

2.5 FUNDAMENTOS DE HIDRÁULICA

Todas las máquinas de movimiento de tierras actuales, en mayor o menor medida, utilizan los sistemas hidráulicos para su funcionamiento; de ahí la importancia que estos tienen en la configuración de los equipos y en su funcionamiento. Hay dos conceptos que tenemos que tener claros el de fuerza y el de presión.

Fuerza. Es toda acción capaz de cambiar de posición un objeto, por ejemplo el peso de un cuerpo es la fuerza que ejerce, sobre el suelo, ese objeto.

Presión. Es el resultado de dividir esa fuerza por la superficie que dicho objeto tiene en contacto con el suelo.

De esto sale la fórmula de: $\text{Presión} = \text{Fuerza} / \text{Superficie}$. ($P = F/S$)

La presión se mide generalmente en Kilogramos/ Cm^2 .

La hidráulica consiste en utilizar un líquido para transmitir una fuerza de un punto a otro.

Caudal. Es la cantidad de aceite que se desplaza por una tubería o aparato en un tiempo determinado.

$$Q = S \times V \quad (2.2)$$

Siendo:

Q: Caudal

S: Superficie

V: Velocidad

Los líquidos tienen algunas características que los hacen ideales para esta función, como son las siguientes:

- Incompresibilidad. (Los líquidos no se pueden comprimir)
- Movimiento libre de sus moléculas. (Los líquidos se adaptan a la superficie que los contiene).
- Viscosidad. (Resistencia que oponen las moléculas de los líquidos a deslizarse unas sobre otras).
- Densidad. (Relación entre el peso y el volumen de un líquido). $D=P/V$
La densidad patrón es la del agua que es 1, es decir un decímetro cúbico pesa un kilo.

2.5.1 PRINCIPIO DE PASCAL

¹³Al aplicar una presión exterior en un punto de un fluido (líquido o gas) confinado en un cierto recinto, la presión en cada punto del mismo aumenta en una cantidad igual a la citada presión exterior. Dicho con otras palabras, la presión ejercida en un punto de un fluido se transmite por igual en todas las direcciones. El principio de pascal se utiliza en construcción de máquinas hidráulicas, multiplicadoras de fuerza como en prensas hidráulicas, elevadores de automóviles etc.

13-14 http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Pascal

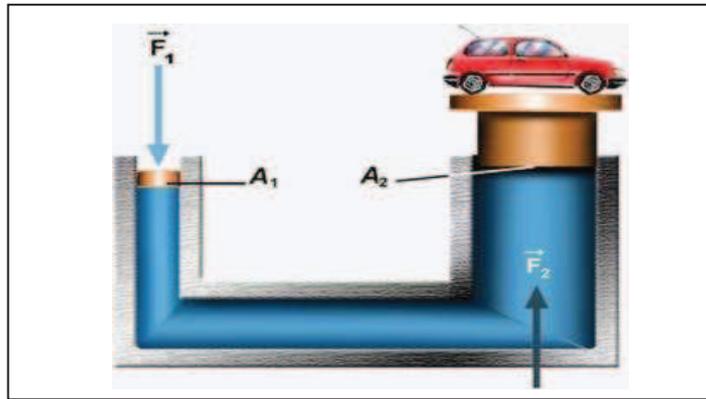


Figura. 2.25 Principio de Pascal.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Pascal

2.5.2 PRINCIPIO DE ARQUÍMENES

Un cuerpo sumergido en un fluido experimenta una pérdida de peso aparente o igual al peso del fluido que desaloja. La dirección del empuje (fuerza) se considera vertical en sentido hacia arriba y aplicando en el centro de gravedad del fluido desplazado. $\text{Empuje} = \text{peso del fluido desalojado}$.¹⁴

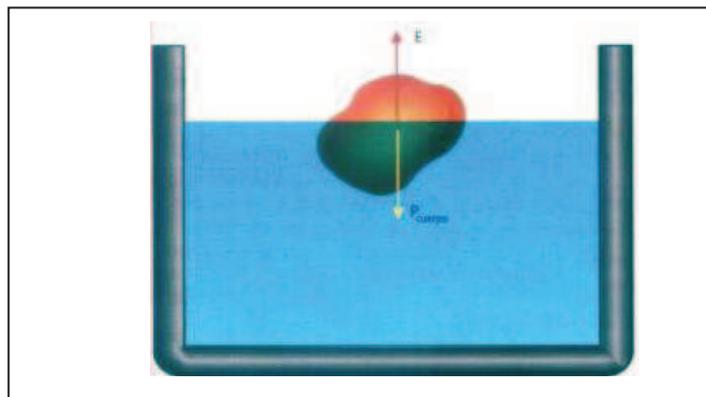


Figura. 2.26 Principio de Arquímenes.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Arquimenes

2.5.3 Cilindro hidráulico

¹⁵Los cilindros hidráulicos (también llamados motores hidráulicos lineales) son actuadores mecánicos que son usados para dar una fuerza a través de un recorrido lineal. Los cilindros hidráulicos obtienen la energía de un fluido hidráulico presurizado, que es típicamente algún tipo de aceite. El cilindro hidráulico consiste básicamente en dos piezas: un cilindro barril y un pistón móvil conectado a un vástago.

El cilindro barril está cerrado por los dos extremos, en uno está el fondo y en el otro, la cabeza por donde se introduce el pistón, que tiene una perforación por donde sale el vástago. El pistón divide el interior del cilindro en dos cámaras: la cámara inferior y la cámara del vástago. La presión hidráulica actúa en el pistón para producir el movimiento lineal.

La fuerza máxima es función de la superficie activa del émbolo y de la presión máxima admisible, donde:

$$F = P * A \quad (2.5)$$

Esta fuerza es constante desde el inicio hasta la finalización de la carrera. La velocidad depende del caudal de fluido y de la superficie del émbolo. Según la versión, el cilindro puede realizar fuerzas de tracción y/o compresión.

De forma general los cilindros pueden ser clasificados en dos grupos:

- de simple efecto.
- de doble efecto.

Cilindros de simple efecto. Empleados preferentemente en equipos móviles, cuya misión es levantar la carga, bajando bien por su propio peso o con ayuda de muelles.

El aceite a presión actúa sólo por una cara, haciendo que el pistón y su vástago salgan por la acción del aceite.

Por el otro lado M del pistón no hay aceite, solo aire que entra y sale por un orificio de respiración, tapado por un filtro poroso.

Cilindros de doble efecto Se caracterizan porque el aceite actúa sobre las dos caras del pistón; por una actúa y por la otra vuelve al depósito. Debe hacer casi hermeticidad completa entre el vástago pistón y la tapa.¹⁶

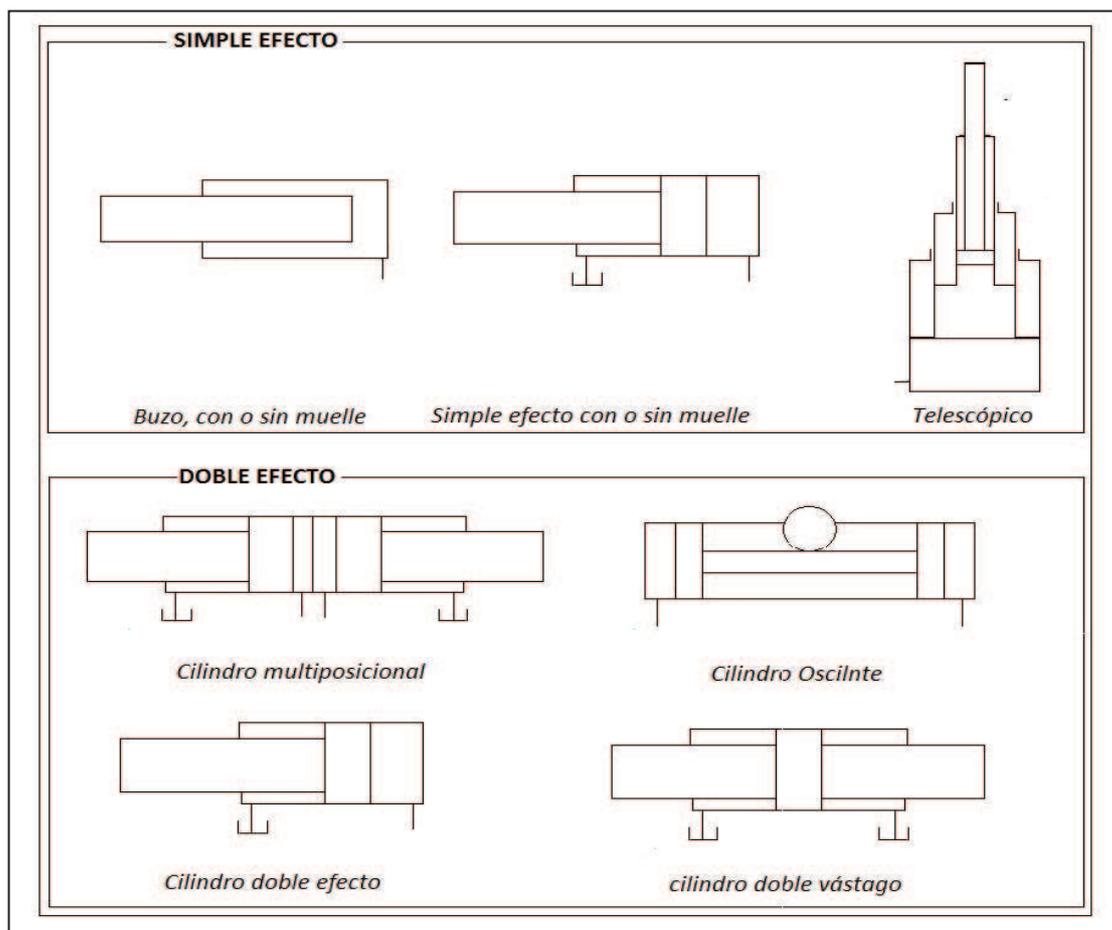


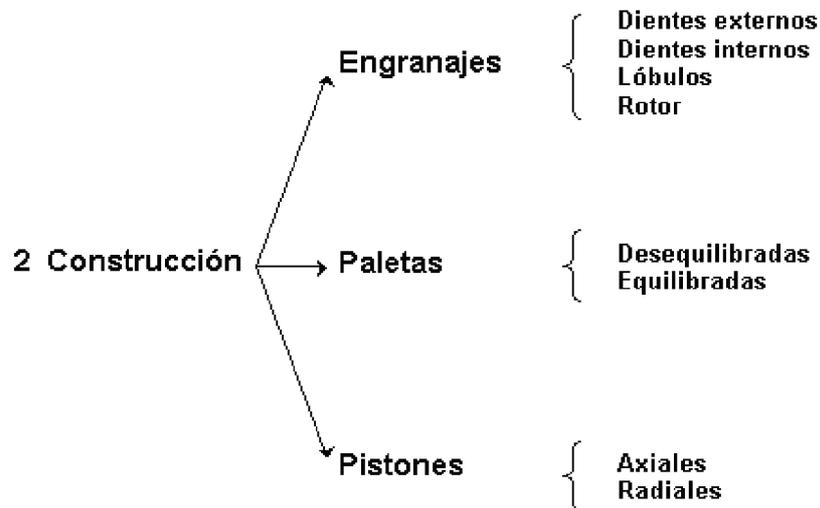
Figura. 2.27Tipos de cilindros hidráulicos.
Fuente:I.T.S.A. MANUAL DE HIDRÁULICABÁSICO

2.5.4 BOMBAS

Las bombas hidráulicas son los elementos encargados de impulsar el aceite o líquido hidráulico, transformando la energía mecánica rotatoria en energía hidráulica.El propósito de una bomba hidráulica es suministrar un flujo de líquido a un sistema hidráulico.

Clasificación de las Bombas





2.5.5 TUBERÍAS

Termino general que abarca varias clases de líneas conductoras que llevan fluido hidráulico entre los componentes de un circuito hidráulico. Los sistemas hidráulicos de hoy usan principalmente dos tipos de líneas conductoras: tubería de acero y manguera flexible.

Tubería de presión de acero.- Sin soldadura fabricada por estirado en frío. Después se recuece al vacío eliminando la dureza y permitiendo un fácil doblado, tanto en frío como en caliente.

Tubería flexible o manguera.- se utiliza la tubería cuando está sujeta a movimiento, fabricada de capas de goma y en algunas con trenzado de alambre para mayor presión.

2.5.6 VÁLVULAS HIDRÁULICAS

La misión de la válvula es: regular la presión, regular el caudal, distribuir el aceite, regular la potencia que debe transmitir la instalación hidráulica procurando que sus pérdidas sean mínimas.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 PLANTEAMIENTO Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

3.1.1 Planteamiento de alternativas

Para este proyecto se ha hecho una gran investigación buscando las mejores alternativas y facilidades para el diseño de la estructura simuladora y adquisición de los materiales para la construcción e implementación de dicho simulador.

De esta manera se considera como alternativas los dos diseños siguientes:

- Maqueta 1 (Primera alternativa)



Figura. 3.1 Maqueta 1
Fuente:Tomás Mejía

Maqueta 2 (Segunda alternativa)



Figura. 3.2 Maqueta 2
Fuente:Tomás Mejía

3.1.2 Estudio Técnico

Primera Alternativa

Maqueta 1 Esta alternativa tiene como base un tubo cuadrado, en su parte superior cuenta con una plancha de acero para realizar el movimiento de cabeceo

Segunda Alternativa

Maqueta 2 Esta alternativa está fabricada con materiales de adquisición nacional de alta resistencia y calidad. Consta con un sistema muy fácil de maniobrar para realizar el movimiento de cabeceo en el simulador, el cual esta acoplado a la estructura del soporte, básicamente está elaborado con tubo estructural cuadrado para su base y eje.

3.1.3 Estudio de alternativas

Para realizar el estudio de alternativas se tomó en consideración las ventajas y desventajas para determinar cuál es el más adecuado y analizar las condiciones técnicas de los mismos, con el fin de implementar al simulador un movimiento que satisfaga todas las necesidades e inquietudes.

Primera Alternativa

Tabla 3.1 (estudio de la primera alternativa)

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">• Facilita el transporte del simulador ya que la estructura es de fácil montaje.	<ul style="list-style-type: none">• Su costo es muy alto
	<ul style="list-style-type: none">• La construcción es más compleja
	<ul style="list-style-type: none">• Se considera inestable
<ul style="list-style-type: none">• Ayuda al docente a impartir sus conocimientos con mayor facilidad.	<ul style="list-style-type: none">• No posee refuerzos en las esquinas de la base
	<ul style="list-style-type: none">• Ocupa demasiado espacio
	<ul style="list-style-type: none">• Su operación es más compleja ya que su control de mandos se encuentra afuera de la cabina.

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Tomás Mejía

Segunda Alternativa

Tabla 3.2 (estudio de la segunda alternativa)

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">• Minimiza la dificultad de aprendizaje.	<ul style="list-style-type: none">• Su costo es relativamente alto.
<ul style="list-style-type: none">• Consta de un sistema de fácil maniobrabilidad para realizar los movimientos de una aeronave en vuelo.	
<ul style="list-style-type: none">• La construcción de su estructura no es muy compleja.	
<ul style="list-style-type: none">• Proporciona mayor seguridad a los técnicos por la estabilidad que proporcionan las cuatro bases al momento de realizar los movimientos.	<ul style="list-style-type: none">• Ocupa mucho espacio
<ul style="list-style-type: none">• Es un medio de instrucción novedoso y actual.	
<ul style="list-style-type: none">• Esta elaborado con materiales de alta calidad y resistencia de adquisición nacional.	
<ul style="list-style-type: none">• Es de fácil operación ya que su control de mandos se encuentra dentro de la cabina.	

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Tomás Mejía

3.1.4 Parámetros de evaluación

Para la evolución de las alternativas se tomara en consideración las ventajas y desventajas, y la opción que tenga mayor calificación será seleccionada para la implementación. Los parámetros de evaluación seleccionados se dividen en tres factores: económico, mecánico, complementario.

Factor Económico

- Costo de fabricación

Factor Mecánico

- Construcción e implementación
- Facilidad de operación y control
- Mantenimiento
- Material
- Operación
- Transporte

Factor Complementario

- Tamaño
- Forma

Cada uno de los parámetros nombrados se describe a continuación:

Factor Económico

- Costo de fabricación: Este es un parámetro de gran importancia para la decisión correcta en la alternativa más económica y eficiente.

Factor Mecánico

- Construcción e implementación: Las alternativas necesitan elementos o piezas de tolerancia de construcción con óptimas características mecánicas para obtener buenos resultados en la implementación y el funcionamiento.
- Facilidad de operación y control: Es el funcionamiento del soporte y la facilidad con que se puede realizar el movimiento de cabeceo, desde el control de mando.
- Mantenimiento: Para preservar la vida útil del simulador se debe dar mantenimiento cada vez que sea necesario para tenerlo en condiciones óptimas de operación
- Material: Se refiere al material recomendable y su fácil adquisición para lograr que su construcción e implementación sea óptima.
- Operación: Toda máquina está creada para facilitar el trabajo y minimizar el esfuerzo del hombre: por lo que, la finalidad de esta estructura simuladora es realizar los movimientos de una aeronave en vuelo.
- Transporte: Es la facilidad con la que se moviliza de un lugar a otro dicho simulador.

Factor Complementario

- Tamaño: Se refiere al espacio ocupado por el simulador.
- Forma: La estética de cada uno de los elementos.

3.1.5 Matriz de evaluación y decisión

La asignación de los valores x dependerá de la importancia del parámetro y su valor de ponderación estará entre: $0 < X \leq 1$

En función de las ventajas y desventajas que presentan las alternativas, se evaluó cada parámetro, y la alternativa que obtenga el valor más alto en la calificación de parámetros de evaluación y decisión será la seleccionada para ser construida e implementada.

Las alternativas tendrán una calificación entre cero y cinco

Tabla 3.3 Matriz de evaluación y decisión.

PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	F. POND X	ALTERNATIVAS			
		1	1xi	2	2xi
➤ Construcción	0.2	3	0.60	4	0.80
➤ Facilidad de operación y control	0.05	4	0.20	5	0.25
➤ Mantenimiento	0.05	5	0.25	5	0.25
➤ Material	0.2	3	0.60	3	0.60
➤ Operación	0.1	5	0.50	5	0.50
➤ Transporte	0.05	5	0.25	5	0.25
➤ Costo de fabricación	0.2	4	0.80	5	1.00
➤ Tamaño	0.05	3	0.15	4	0.20
➤ Forma	0.1	4	0.40	5	0.50
TOTAL	1.0		3.75		4.35

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Tomás Mejía

3.1.6 Selección de la mejor alternativa

En función a las ventajas y desventajas que presentan la alternativa, se evaluó cada parámetro.

Ejecutando el estudio técnico, análisis y evaluación de los parámetros de las alternativas, se determina que la segunda alternativa es la que mejores condiciones técnico económicas y de seguridad presenta para la construcción e implementación.

3.1.7 Requerimientos Técnicos

Los requerimientos técnicos son los siguientes:

- La seguridad que debe proporcionar la estructura simuladora de movimientos en los trabajos de mantenimiento.
- Debe soportar el peso de la cabina y sus ocupantes para realizar los movimientos de una aeronave en vuelo.

3.2 PRELIMINARES

La implementación del movimiento de cabeceo en la estructura simuladora de los movimientos para la cabina del avión Boeing 707, que está siendo implementado, a la construcción de dicha estructura, se está realizando en la ciudad de Salcedo en el taller del Ing. Víctor Ortiz, la construcción es beneficiosa para la institución ya que su propósito principal ser un medio de interactividad entre el docente que imparte la materia de aerodinámica entre otras y el estudiante, con el objetivo de que el alumno aprenda el comportamiento de una aeronave en vuelo, de una forma eficiente, técnico y seguro; evitando incidentes o accidentes del personal aerotécnico que estudia en nuestra institución.

3.3 DISEÑO

Uno de los pasos más importantes en la implementación del movimiento de cabeceo, a la construcción de la estructura simuladora de los movimientos para la cabina del avión Boeing 707, es la evaluación del trabajo; es decir: estimar apreciar, calcular el valor exacto de lo que se va a realizar.

Esto conlleva a la selección del diseño del simulador: así como también al dimensionamiento del material en: tamaño, espesor, geometría, entre otros que estarán involucrados en dicha implementación para que este cumpla con el objetivo del diseño.

3.3.1 Diseño del mecanismo de giro

El mecanismo de giro, para que cumpla con nuestro propósito, se fundamenta en el estudio y posterior aplicación del movimiento de cabeceo, lo que nos permitirá un movimiento simétrico sobre el eje transversal, permitiéndonos de esta manera contar con dispositivos que, a voluntad del piloto, aporten sustentación adicional o no- sustentación facilitando la realización de ciertas maniobras.

El accionamiento será hidráulico, constara por eje, para realizar cada uno de los movimientos de un cilindro hidráulico de doble efecto que al acortarse o alargarse arrastra los bastidores que soportara la cabina, permitiendo la rotación de la misma alrededor de su centro de gravedad tras aplicar la fuerza de empuje del cilindro correspondiente donde el eje actúa inmediatamente sobre esta fuerza igual para evitar la traslación obteniendo como resultado un par que actúa sobre el cuerpo y que provoca la rotación.

3.3.2 Características del sistema hidráulico

En una aeronave, para lograr una u otra funcionalidad se emplean superficies aerodinámicas, denominándose primarias a las que proporcionan control y secundarias a las que modifican la sustentación. Las superficies de mando y control modifican la aerodinámica del avión provocando un desequilibrio de fuerzas o más de ellas cambian de magnitud.

Este desequilibrio, es lo que hace que el avión se mueva sobre uno de sus ejes, incrementando la sustentación, o aumente la resistencia.

Sin embargo, para cumplir con el propósito de nuestra aplicación, para el accionamiento del sistema hidráulico, partiremos de un cilindro hidráulico cuyas características ya están definidas y a la vez son conocidas, a base de estos estándares podremos determinar y seleccionar los demás elementos que conforman nuestro sistema, además es importante destacar que el mismo tiene una amplia aplicación en sistemas similares por su disponibilidad en el mercado.

Tabla 3.4 Características del cilindro hidráulico

CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO HIDRÁULICO		
1	Modelo	W250100
2	Tipo	Hidráulico
3	Longitud de carrera	200 mm
4	Diámetro del cilindro	2 ½ in
5	Diámetro del vástago	1 ½ in
6	Longitud del cilindro contraído	500 mm
7	Longitud del cilindro extendido	720 mm

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Tomás Mejía

3.3.2.1 Fuerza de empuje del cilindro

El fluido actúa sobre la cara anterior o posterior del cilindro provoca el desplazamiento de este a lo largo de la camisa y transmite su movimiento hacia afuera a través del vástago.

El desplazamiento hacia adelante y atrás del cilindro se denomina carrera. La presión ejercida por el fluido hidráulico sobre el pistón se manifiesta sobre cada unidad de superficie del mismo.

La fuerza ejercida sobre el elemento de trabajo depende de la presión del fluido, del diámetro del cilindro y del rozamiento de las juntas.

La fuerza teórica que ejerce el embolo para conseguir poner en movimiento la cabina la determinamos analizando un diagrama de cuerpo libre que involucra a una fuerza de entrada (F) ejercida por el cilindro, el peso total (Wt) y a reacciones cuyas direcciones se suponen tal y como se muestra en la figura:

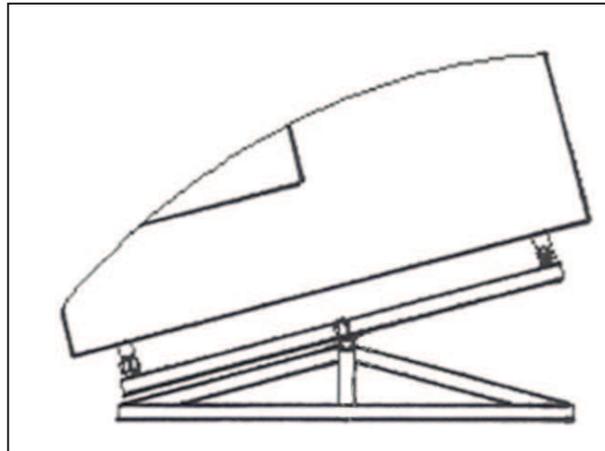
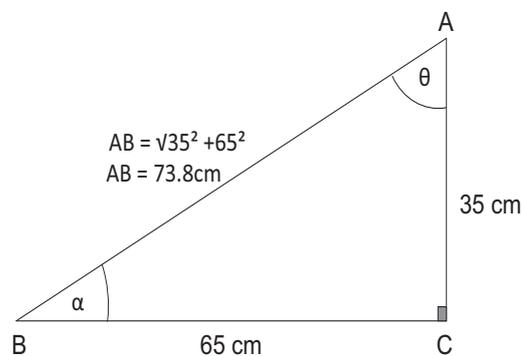


Figura. 3.3 Ubicación del cilindro
Fuente:Tomás Mejía

Primero, aplicando la ley de los senos al triangulo ABC; conseguimos:



$$\tan \alpha = \frac{\text{Cat.opuesto}}{\text{Cat.adyacente}} \quad (3.1)$$

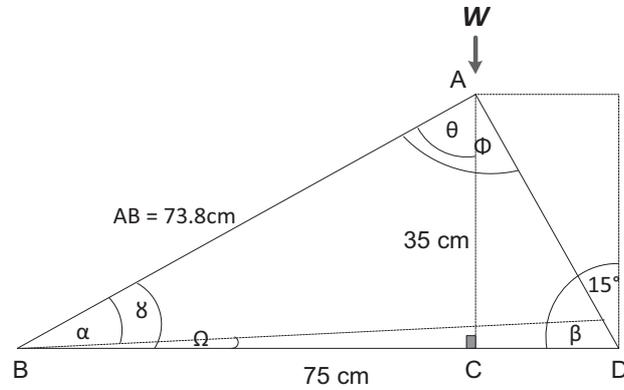
$$\tan \alpha = \frac{35}{65}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{35}{65}$$

$$\alpha = 28.30^\circ$$

$$\square = (90 - 28.30)^\circ \quad (3.2)$$

$$\square = 61.70^\circ$$



$$\phi = (61.70 + 15)^\circ$$

$$\phi = 76.7^\circ$$

$$\frac{\sin \phi}{75} = \frac{\sin \beta}{73.8} \quad (3.3)$$

$$\sin \beta = \frac{\sin 76.7 \cdot 73.8}{75}$$

$$\beta = \sin^{-1} 0.96^\circ$$

$$\beta = 73.25^\circ$$

$$\tan 8 = \frac{\text{Cat. opuesto}}{\text{Cat. adyacente}} \quad (3.4)$$

$$\tan 8 = \frac{35}{75}$$

$$8 = \tan^{-1} \frac{35}{75}$$

$$8 = 25.02^\circ$$

$$\Omega = \alpha - 8 \quad (3.5)$$

$$\Omega = 3.28.$$

Además también se observa que:

$$\sum F_x = 0$$

$$F \cos 3.28 - W = 0 \quad (3.6)$$

$$F = \frac{W}{\cos 3.28}$$

$$F = 1462.15 \text{Kg} = 3224.04 \text{ lb}$$

Finalmente hemos podido determinar que para poner en movimiento el mecanismo de giro de nuestro simulador requerimos de cilindros cuya fuerza teórica de empuje este próxima a las 3225 libras.

En la práctica, es necesario conocer la fuerza real. Para determinarla hay que tener en cuenta los rozamientos, en condiciones normales de servicio se puede considerar que las fuerzas de rozamiento representan de un 3% a 20% de la fuerza teórica calculada.

$$F_n = F - F_r \quad (3.7)$$

Dónde:

F_n = fuerza real

F = fuerza teórica

F_r = fuerza de rozamiento

Para las fuerzas de rozamiento hemos asumido un valor intermedio del 10% de la fuerza teórica calculada por lo que durante el accionamiento del cilindro hidráulico tendremos una fuerza de rozamiento cuyo modulo será:

$$F_r = 0.1 \times F \quad (3.8)$$

$$F_r = 0.1 \times 3224.04 \text{ lb}$$

$$F_r = 322.404 \text{ lb}$$

Finalmente al sustituir estos valores podemos determinar cuál será la fuerza real que ejercerá el cilindro sobre el mecanismo para permitir que este efectúe los movimientos deseados.

$$Fn = 3224.04 - 322.404$$

$$Fn = 2901.64 \text{ lb} = 1318.93 \text{ kg.}$$

3.3.2.2 Velocidad de avance del cilindro hidráulico

Es el movimiento que se da al vástago en avance o retroceso en una unidad de tiempo:

$$V = \frac{d}{t} \tag{3.9}$$

Con los valores ya determinados de:

$$d = 8 \text{ cm (distancia salida del vástago)}$$

$$t = 5.5 \text{ seg (tiempo)}$$

Reemplazando en la ecuación obtenemos:

$$V = \frac{8 \text{ cm}}{5.5 \text{ seg}}$$

$$V = 1.5 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$$

3.3.3 Selección de la bomba hidráulica

Una bomba hidráulica es un mecanismo capaz de convertir la fuerza mecánica en hidráulica; es decir mover el líquido y obligarlo a trabajar.

Caudal de la bomba

Es la cantidad de aceite que se desplaza por una tubería o aparato en un determinado tiempo, y lo calcularemos mediante la fórmula:

$$Q = A \times V \tag{3.10}$$

Donde:

$$A = 95 \text{ cm}^2 \quad (\text{Área de los tres cilindros})$$

$$V = 1.5 \text{ cm/seg} \quad (\text{Velocidad})$$

Reemplazando tenemos:

$$Q = 95 \text{ cm}^2 \times 1.5 \text{ cm/seg}$$

$$Q = 142.5 \text{ cm}^3/\text{seg} = 8.55 \text{ LPM}$$

Presión de la bomba

Además del caudal se debe conocer la presión máxima que es capaz de soportar la bomba entregando el caudal especificado, mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{F}{A} \quad (3.11)$$

Con los valores ya determinados de:

$$Wt = 1459.76 \text{ kg (Peso total)}$$

$$F = 5000 \text{ kg} \quad (\text{porque está sobredimensionado el peso})$$

$$A = 95 \text{ cm}^2 \quad (\text{Área de los tres cilindros})$$

Reemplazando en la ecuación obtenemos:

$$P = \frac{5000 \text{ kg}}{95 \text{ cm}^2}$$

$$P = 52.6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 51 \text{ Bar} = 746.6 \text{ PSI}$$

Tabla 3.5 Características de la bomba hidráulica

CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA		
1	Modelo	1AG2U05R
2	Tipo	Caudal constante (engranajes)
3	Presión	3000 PSI
4	Caudal	10 lt/min = 2.6 gal/min

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Tomás Mejía

3.3.4 Potencia requerida para accionar el sistema.

La potencia necesaria para conseguir que la bomba envíe la presión del fluido adecuada para accionar los cilindros hidráulicos y por ende conseguir que el sistema de giro de la cabina ejecute los movimientos esperados, se la puede determinar mediante el empleo de la ecuación:

$$Kw = \frac{Q(\text{LPM}) \times P(\text{Bar})}{600} \quad (3.12)$$

De donde:

$$Q = 8.55\text{LPM}(\text{Caudal de la bomba})$$

$$P = 100\text{Bar} \quad (\text{Presión de la bomba sobredimensionada})$$

Reemplazando en la ecuación obtenemos:

$$Kw = \frac{8.55 \text{ LPM} \times 100\text{Bar}}{600}$$

$$Kw = 1.4 = (1.87 \text{ Hp})$$

Una vez que hemos determinado en el apartado anterior la potencia de la que demanda el sistema hidráulico de nuestro mecanismo, hemos decidido que este sea impulsado por un motor eléctrico cuya potencia esta próxima a la requerida, siendo sus características las que detallamos a continuación:

Tabla 3.6 Características del motor eléctrico

CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR ELÉCTRICO		
1	Modelo	WEG
2	Tipo	Trifásico : (220v DC)
3	Potencia	2 Hp
4	RPM	1.720

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Tomás Mejía

3.3.5 Control de mandos

El accionamiento será administrado por un conjunto de válvulas distribuidoras, durante el trayecto se producirá dos etapas por eje, en la primera, mediante el conjunto de válvulas distribuidoras, la bomba a de mandar hacia el cilindro correspondiente aceite a presión para vencer la resistencia generada por el peso de la cabina, accesorios y ocupantes. Durante la segunda etapa, en el conjunto de válvulas distribuidoras, el piloto invierte el sentido de entrada del aceite; así la rotación se efectúa de una manera suave y continua. La posición del mecanismo de giro de la cabina, es controlada por el piloto desde el conjunto de válvulas distribuidoras.

Moviendo la palanca hacia adelante o atrás nos permite retraer o extender los cilindros, posicionando el mecanismo de tal manera que simule el movimiento de cabeceo de una aeronave. Las palancas de control regresan automáticamente a la posición neutral, después de que los cilindros lleguen al final de su recorrido.



Figura 3.4 Conjunto de válvulas distribuidoras 4/3 mando por palancas
Fuente:Tomás Mejía

3.3.6 Deposito Hidráulico

El depósito de líquido hidráulico o también llamado tanque actúa como reserva de aceite, separa el aceite del aire, evacua el calor, lleva encima la bomba. Es muy importante que el aire salga y entre libremente. Cumple con todas las características necesarias para una buena operación, es de pared delgada y almacena (15 litros = 3.96 galones) para la utilización de todo el sistema.

Sus dimensiones son 19cm x 32cm. Fabricado de acero A-36 y sus paredes tienen 2mm de espesor. Los acoples apropiados en la parte inferior de la cara, proporcionan un medio para instalar la conexión hacia el filtro, el otro acople de ½ plg. es para la instalación de la manguera de presión, también tiene un orificio en su parte superior de 2 plg. para el llenado del líquido.



Figura 3.5. Deposito del líquido hidráulico
Fuente: Tomás Mejía

3.3.7 Sistema de filtración

Es muy importante para la duración de los equipos hidráulicos el trabajar con un aceite limpio y no contaminado, esto se logra reteniendo las partículas nocivas y cambiando el líquido hidráulico para lo cual se ha seleccionado un filtro de malla de alambre; ya que cumple con las siguientes características.

- Retienen sobre su superficie externa las partículas contaminantes.
- Son de tela metálica de bronce fosforoso.
- Su grado de filtración es de 2 a 10 micras.
- Es de fácil fijación en el sistema.
- Soporta eficazmente el caudal y presión de la bomba.

3.3.8 Sistema de indicación

El manómetro de Bourdon es el dispositivo universalmente utilizado como medida de presión para sistemas hidráulicos y su funcionamiento es de la siguiente manera:

El líquido hidráulico entra por la parte inferior y tiende a enderezar el tubo (Bourdon) el extremo de este tubo va unido al eslabón de graduación, que a su vez hace girar un piñón solidario a la aguja que marca la presión en PSI. Los manómetros tipo Bourdon van sellados con glicerina, esto es para protegerlos y amortiguar las vibraciones de la aguja, normalmente, en la tubería que va al manómetro o en la misma conexión se restringe el paso de líquido hidráulico con un restrictor.

Para registrar la presión generada por la bomba hidráulica, se ha instalado un manómetro de tipo 213.40 compatible con el fluido a utilizar, este mide presiones entre rangos de 0 a 3000 PSI. Está ubicado a la salida de la bomba y entrada a la válvula distribuidora por medio de racores.

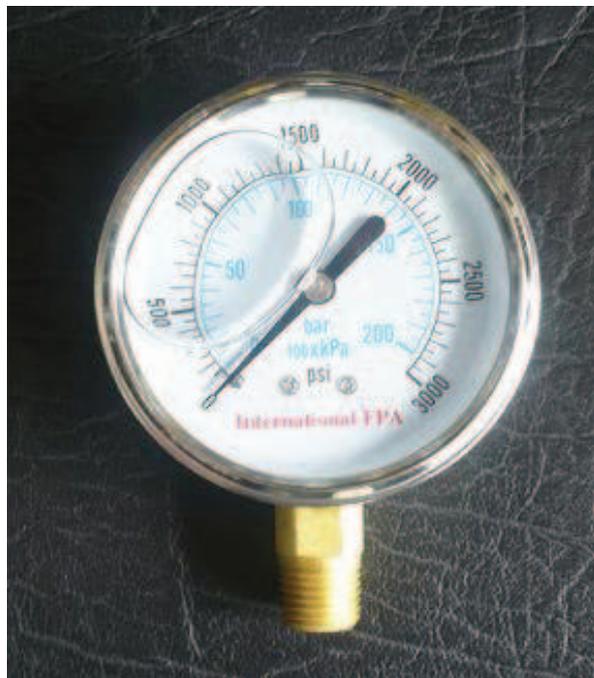


Figura 3.6 Manómetro de presión
Fuente: Tomás Mejía

3.3.9 Tuberías flexibles

La selección o instalación de mangueras y empalmes en un circuito hidráulico son de gran importancia, ya que una tubería incorrecta puede dar lugar a una gran pérdida de potencia o a una contaminación nociva de aceite. Basándonos en factores como el diámetro, flexión, presión de trabajo y condiciones de servicio se ha decidido escoger el siguiente tipo de cañería:

Se utilizaron cañerías flexibles 7043 GST de 1 ¼ in y SAE100RSAT de 3/8 in respectivamente hechas de capas de goma y caucho sintético para mayor presión.



Figura 3.7 Cañería flexible 7043 GST de 1 ¼ in
Fuente: Tomás Mejía



Figura 3.8 Cañería flexible 7043 GST de 3/8 in
Fuente: Tomás Mejía

3.3.10 Rodamiento

Un rodamiento también denominado rulemán, es un tipo de cojinete, que es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste por medio de rodadura, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento. Por eso se ha escogido utilizar para este proyecto rodamientos de rodillos cónicos que se describe a continuación:

El rodamiento de rodillos cónicos 4T-3525, con un diámetro interior de 2 in debido a la posición oblicua de los rodillos y caminos de rodadura, es especialmente adecuado para resistir cargas radiales y axiales simultáneas. Este rodamiento debe montarse en oposición con otro rodamiento capaz de soportar los esfuerzos axiales en sentido contrario. El rodamiento es desmontable; el aro interior con sus rodillos y el aro exterior se montan cada uno separadamente como se muestra en la figura:



Figura 3.9 Rodamiento de rodillos cónicos 4T-3525

Fuente: Tomás Mejía

3.3.11 Aceite Hidráulico

Son líquidos transmisores de potencia que se utilizan para transformar, controlar y transmitir los esfuerzos mecánicos a través de una variación de presión o de flujo.

El lubricante es una sustancia que introducida entre dos superficies móviles reduce la fricción entre ellas, facilitando el movimiento y reduciendo el desgaste.

Funciones del aceite hidráulico

- Transmitir la potencia de un punto a otro.
- Realizar el cierre entre piezas móviles reduciendo fricciones y desgastes.
- Lubricar y proteger contra herrumbre o corrosión las piezas del sistema.
- No sufrir cambio físico o químico o el menor posible.
- Suministrar protección contra el desgaste mecánico.

Principales propiedades de los fluidos hidráulicos

- Viscosidad apropiada.
- Baja compresibilidad.
- Buen poder lubricante.
- Buena resistencia a la oxidación.
- Estabilidad térmica e hidrolítica.
- Características anticorrosivas.
- Propiedades antiespumantes.
- Ausencia de acción nociva.

Para realizar este trabajo hidráulico se ha utilizado el fluido hidráulico (HYUNDAI TypeDexon III) (ver anexo)

3.3.13 Movimientos

La cabina de la aeronave de nuestro simulador será capaz de realizar tres posibles giros alrededor de tres ejes perpendiculares entre si cuyo punto de intersección está situado sobre el centro de gravedad de la cabina. Estos tres ejes son, lateral, longitudinal y vertical, y las maniobras se llaman de cabeceo, alabeo y guiñada. En un sistema de coordenadas cartesianas, el eje longitudinal o de alabeo sería el eje "X"; el eje transversal o eje de cabeceo sería el eje "Y", y el eje vertical o eje de guiñada sería el eje "Z". El origen de coordenadas de este sistema de ejes es el centro de gravedad de la cabina.

En un avión, las superficies primarias son accionadas por el piloto a través de los mandos de la cabina, modifican la aerodinámica del avión provocando el desplazamiento de este sobre sus ejes y de esta manera el seguimiento de la trayectoria de vuelo deseada.

Las superficies de control son tres: alerones, timón de profundidad y timón de dirección. El movimiento en torno a cada eje se controla mediante una de estas tres superficies. La diferencia con nuestro sistema está que al momento que el piloto acciona los mandos en la cabina, los movimientos no se efectúan por acción de las superficies primarias típicas de los aviones, sino que serán reemplazadas por los movimientos de un cilindro de accionamiento hidráulico que con el uso adecuado de los controles podemos lograr un movimiento coordinado.

Movimiento sobre el eje lateral o transversal

El eje lateral o transversal es un eje imaginario que se extiende de punta a punta de las alas del avión. El movimiento que realiza el avión alrededor de este eje se denomina cabeceo.

El piloto, desde la cabina de mando es capaz de modificar la orientación respecto a este eje a través del timón de profundidad, representando en nuestro simulador por el cilindro hidráulico N° 1. Al tirar del bastón de mando del conjunto de válvulas distribuidoras hacia atrás se produce una elevación del morro del avión, y al empujarlo adelante produce una bajada del morro del avión.

3.3.14 Medidas de la estructura

Las medidas impuestas fueron consideradas de acuerdo a varios factores, entre los que por mencionar citamos: cualidades de la cabina, accesibilidad, fiabilidad, etc. siendo las siguientes sus medidas.

- Longitud 3 m
- Altura 0.50 m
- Ancho 2.60 m

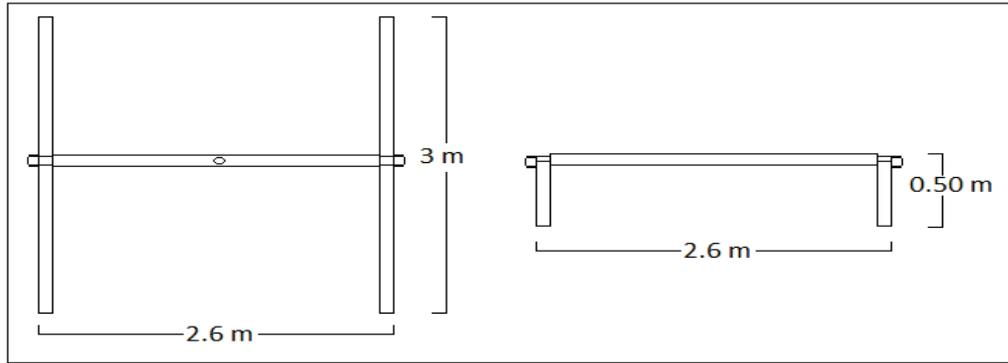


Figura 3.10 Vista superior y frontal de la estructura.

Fuente: Tomás Mejía

3.3.15 Características de la cabina

Se trata de una estructura simétrica construida de aleaciones de aluminio y acero, propia del avión Boeing 707 cuyas medidas se detallan a continuación.

- Peso 879 Kg.
- Longitud 3.50 m
- Altura 1.80 m
- Profundidad 3.15 m

3.3.16 Material de los perfiles

Se ha utilizado tubo estructural cuadrado de acero A36 de (10 cm x 0.3cm) con una dimensión longitudinal de 25 m (6 tubos aproximadamente) cuyas especificaciones se detallan a continuación: Ver anexo c

Tabla 3.7 Características del tubo estructural cuadrado

NOMBRE		SÍMBOLO	UNIDAD
1	Módulo de elasticidad del acero	E	2.1×10^6 Kg / cm ²
2	Resistencia a la fluencia del acero	Sy	2549 Kg / cm ²
3	Área de sección transversal del tubo	A	11.41 cm ²
4	Peso total del tubo	P	53.76 Kg / 6m
5	Momento de inercia de la sección	I	176.95 cm ⁴
6	Módulo de resistencia de la sección	W	35.39 cm ³
7	Radio de giro de la sección	i	3.89 cm

3.3.17 Cargas sobre la estructura

Las cargas que tendrá que soportar la estructura son:

W1=	Peso de la cabina	879 Kg
W2=	Peso de la nariz de la cabina	24.5 Kg
W3=	Peso de los instrumentos de la cabina	202.5 Kg
W4=	Peso de los ocupantes (cuatro personas)	300 Kg
P	= Peso del tubo	53.76 Kg

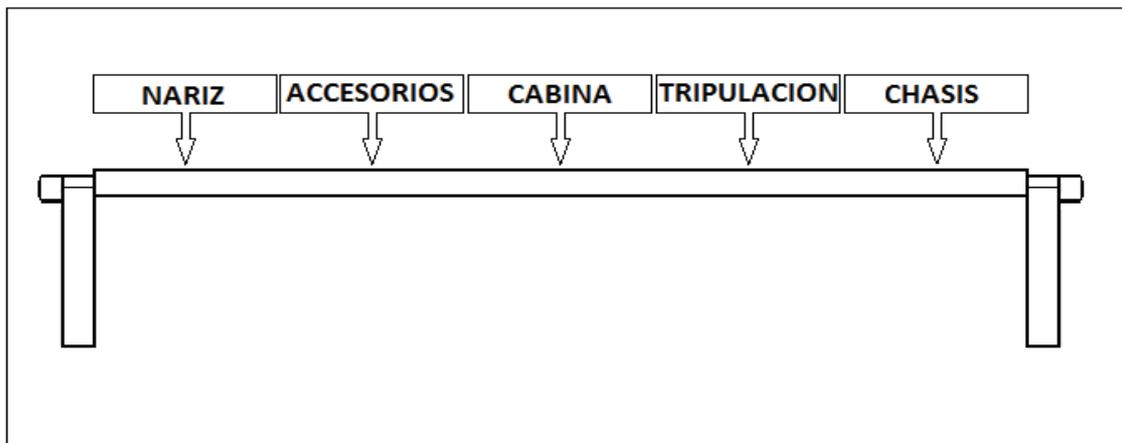


Figura 3.11 Cargas actuantes sobre la estructura
Fuente: Tomás Mejía

En consecuencia el peso concentrado W_t sobre el pórtico de la estructura es:

$$W_t = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + P \quad (3.13)$$

Sustituyendo los valores ya conocidos tenemos:

$$W_t = (879 + 24.5 + 202.5 + 300 + 53.76) \text{ Kg}$$

$$W_t = 1459.76 \text{ Kg}$$

3.4 Cálculos básicos

Para este apartado, utilizamos un diagrama de cuerpo libre con el objeto de obtener un mejor entendimiento nos ilustraremos en la figura 3.12, se trata de una estructura geométrica; específicamente un pórtico de soporte fijo, las notificaciones, coordenadas de la estructura se detallan en el diagrama de cuerpo libre.

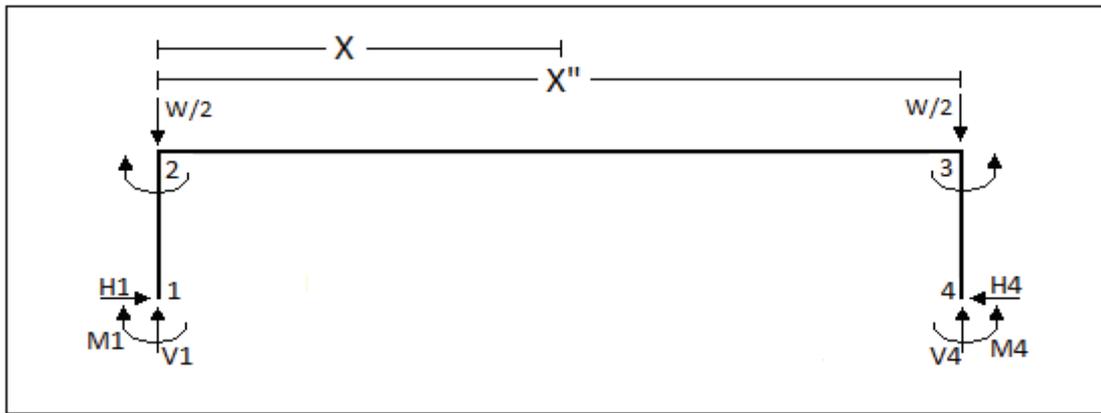


Figura 3.12 Diagrama de cuerpo libre de la estructura.
Fuente: Tomás Mejía

Las constantes para la estructura se obtiene mediante el empleo de las siguientes formulas:

$$\Phi = \frac{I_{1-2} \times L}{I_{2-3} \times h} \quad (3.14)$$

$$F = 6 \left[2 + \frac{1}{\Phi} \right] \quad (3.15)$$

Reemplazando los siguientes datos:

$$I_{1-2} = I_{2-3} = 176,95 \text{ cm}^4 \quad (\text{momento de inercia de la sección transversal})$$

$$L = 2,60 \text{ m} \quad (\text{arco entre las líneas centrales de los apoyos})$$

$$h = 0,50 \text{ m} \quad (\text{dimensión del eje vertical})$$

En la ecuación reemplazamos:

$$\Phi = \frac{176,95 \text{ cm}^4 \times 260 \text{ cm.}}{176,95 \text{ cm}^4 \times 50 \text{ cm}}$$

$$\Phi = 5,20$$

$$F = 6 \left[2 + \frac{1}{5,20} \right]$$

$$F = 13,154$$

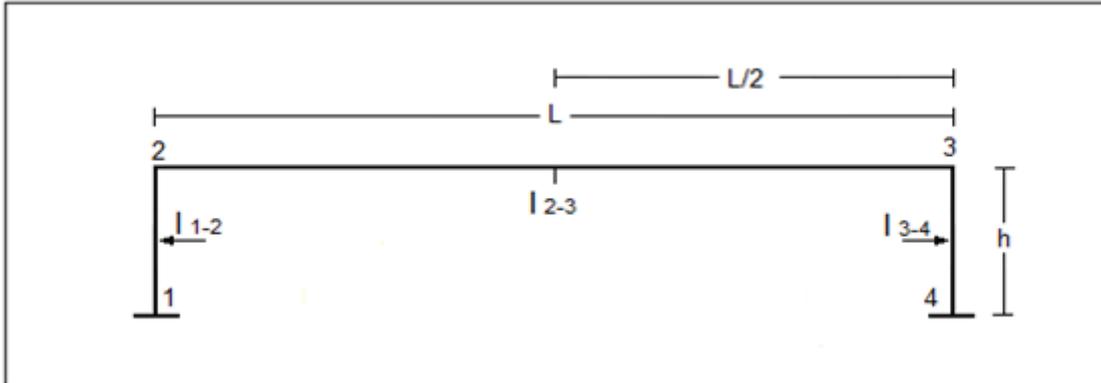


Figura 3.13 Estructura simétrica en pórtico de soporte fijo.
Fuente: Tomás Mejía

3.4.1 Cálculo de Momentos

Los momentos en las secciones correspondientes de la mitad derecha de la estructura, son idénticos de la mitad izquierda.

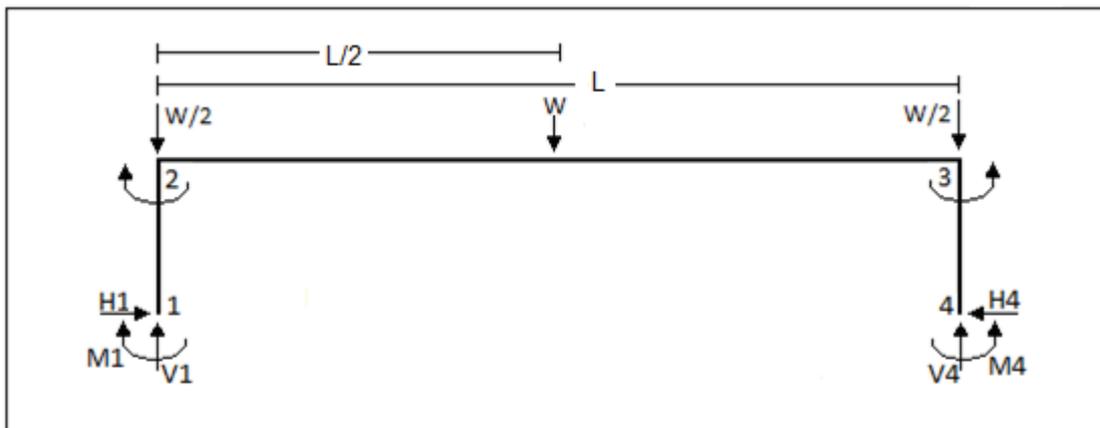


Figura 3.14 Pórtico de soporte fijo con carga concentrada en el centro.
Fuente: Tomás Mejía

El cálculo de momentos en los puntos 1 y 4 se resuelven con la ecuación (a) y en los puntos 2 y 3 con la ecuación (b).

$$(a) \quad M_1 = M_4 = \frac{3Wt \times L}{4F} \quad (3.16)$$

$$(b) \quad M_2 = M_3 = \frac{-3Wt \times L}{2F} \quad (3.17)$$

Con los valores ya determinados:

$$Wt = 1459,76 \text{ Kg} \quad (\text{peso concentrado})$$

$$L = 2,60 \text{ m} \quad (\text{arco entre las líneas centrales de los apoyos})$$

$$F = 13,154 \quad (\text{constante que depende de las propiedades geométricas y físicas de la estructura})$$

Reemplazamos en la ecuación y tenemos:

$$M1 = M4 = \frac{3 \times 1459,76 \text{ Kg} \times 2,60 \text{ m}}{4 \times 13,154}$$

$$M1 = M4 = 216,405 \text{ Kg.m}$$

Los mismos valores anteriores reemplazamos en la ecuación (b) para obtener los momentos en el punto 2 y 3, tenemos:

$$M2 = M3 = \frac{-3 \times 1459,76 \text{ Kg} \times 2,60 \text{ m}}{2 \times 13,154}$$

$$M2 = M3 = -432,809 \text{ Kg.m}$$

El momento de diseño se obtendrá con la carga concentrada en el punto medio de la viga horizontal. Se obtiene el momento de diseño aplicando la fórmula:

$$M_x = \frac{Wt \times L/2}{2} + M_2 \quad (3.18)$$

Los valores de:

$$Wt = 1459,76 \text{ Kg} \quad (\text{peso concentrado})$$

$$L/2 = 1,30 \text{ m} \quad (\text{distancia al centro de la viga horizontal})$$

$$M_2 = -432,809 \text{ Kg.m} \quad (\text{momento de flexión en la sección 2})$$

Reemplazando en la ecuación:

$$M_x = \frac{1459,76 \text{ Kg} \times 1,30 \text{ m}}{2} - 432,809 \text{ Kg.m}$$

$$M_x = 516,035 \text{ Kg.m}$$

3.4.2 Reacciones

Las reacciones horizontales en los puntos 1 y 4 son los mismos por lo que utilizaremos la fórmula:

$$H1 = H4 = \frac{3M_1}{h} \quad (3.19)$$

Los valores de:

$$M_1 = 216,405 \text{ Kg.m} \quad (\text{momento de flexión en la sección 1})$$

$$h = 0,50 \text{ m} \quad (\text{dimensión del eje vertical})$$

Reemplazando en la ecuación:

$$H1 = H4 = \frac{3 \times 216,405 \text{ Kg.m}}{0,50 \text{ m}}$$

$$H1 = H4 = 1298,436 \text{ Kg}$$

Las reacciones verticales en los puntos 1 y 4 se obtienen por la ecuación:

$$V1 = V4 = \frac{Wt}{2} \quad (3.20)$$

Los valores de:

$$Wt = 1459,76 \text{ Kg} \quad (\text{peso concentrado})$$

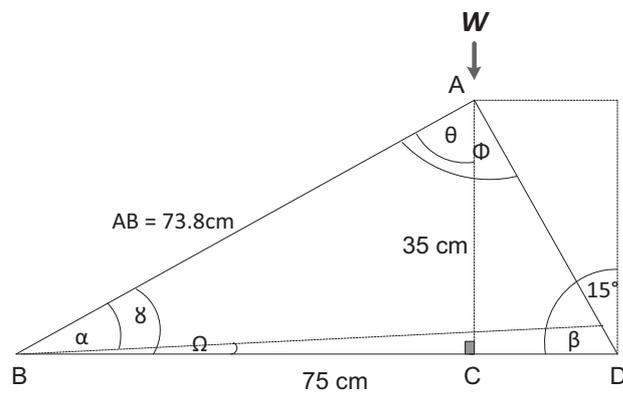
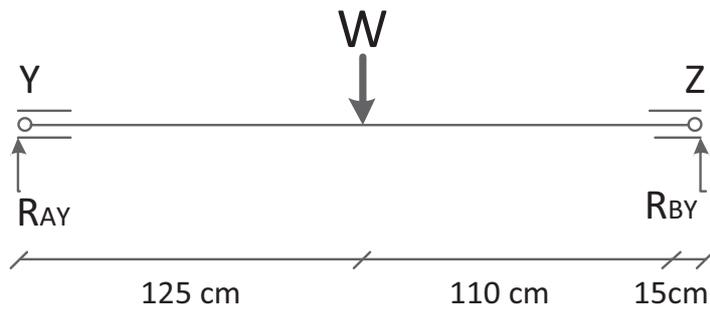
Reemplazando obtenemos:

$$V1 = V4 = \frac{1459,76 \text{ Kg}}{2}$$

$$V1 = V4 = 729,88 \text{ Kg}$$

3.4.3 Cálculo en la viga principal

EN EL PLANO Z-Y



$$\Omega = 3.28.$$

$$F = 1462.15 \text{ Kg} = 3224.04 \text{ lb}$$

$$\sin 3.28 = \frac{F_y}{F} \tag{3.21}$$

$$F_y = \sin 3.28 (1462.15 \text{ Kg})$$

$$F_y = 83.66 \text{ Kg}$$

$$F_x = \cos 3.28 (1462.15 \text{ Kg})$$

$$F_x = 1459.75 \text{ Kg}$$

$$\sum M_B = Fy(15 \text{ cm}) - Wt(125) + R_{AY}(250) \quad (3.22)$$

$$R_{AY} = \frac{83.66 \text{ Kg}(15 \text{ cm}) - 1459.76 \text{ Kg}(125 \text{ cm})}{250 \text{ cm}}$$

$$R_{AY} = 724.86 \text{ Kg}$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_{AY} - Wt + F_Y + R_{BY} = 0 \quad (3.23)$$

$$R_{BY} = Wt - F_Y - R_{AY}$$

$$R_{BY} = 1459.76 \text{ Kg} + 83.66 \text{ Kg} + 724.86 \text{ Kg}$$

$$R_{BY} = 651.25 \text{ Kg}$$

$$A1 = R_{AY} \times AA' \quad (3.24)$$

$$A1 = 724.86 \text{ Kg} (125 \text{ cm})$$

$$A1 = 90607.5 \text{ Kg.cm}$$

$$A2 = F_Y - R_{BY} \times AB' \quad (3.25)$$

$$A2 = 83.66 \text{ Kg} - 651.25 \text{ Kg} (110 \text{ cm})$$

$$A2 = -62434.9 \text{ Kg.cm}$$

$$A3 = R_{BY} \times BB' \quad (3.26)$$

$$A3 = 651.25 \text{ Kg} (15 \text{ cm})$$

$$A3 = 9768.75 \text{ Kg.cm}$$

DIAGRAMA DE FUERZAS CORTANTES

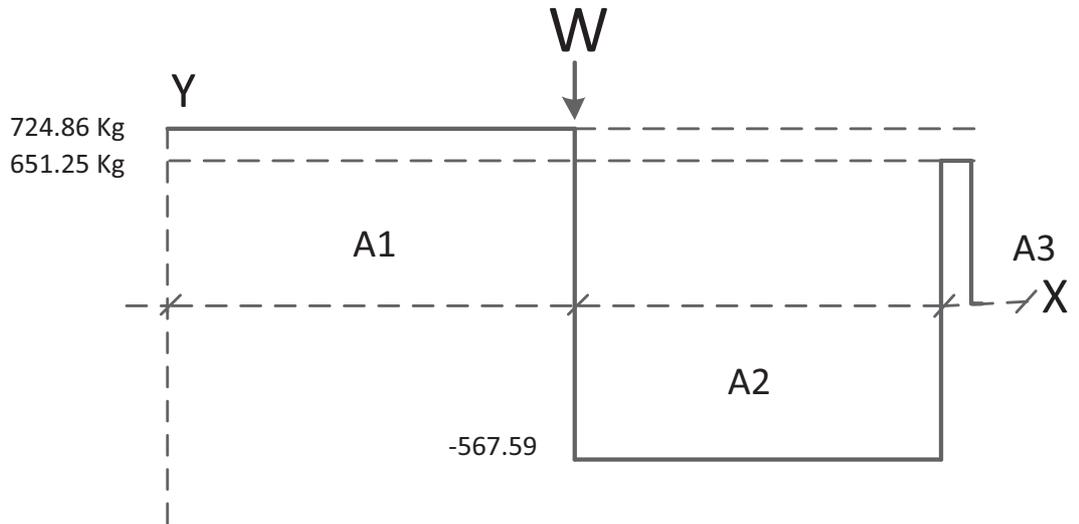
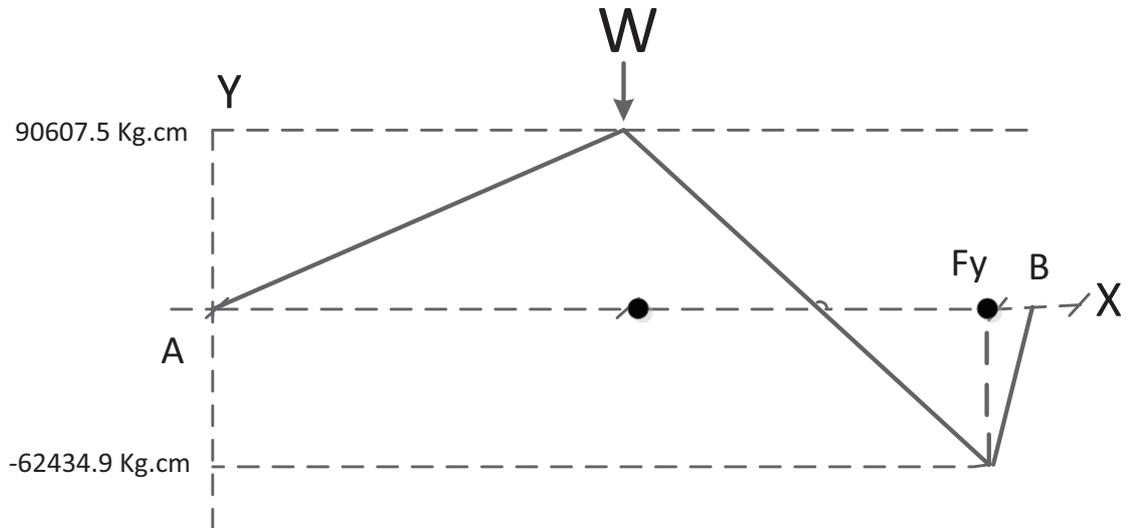


DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES



3.4.4 Esfuerzo Máximo

El esfuerzo máximo al que se someterá la viga horizontal para verificar la aceptación del material y se calcula mediante:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x}{W} \quad (3.27)$$

Los valores de:

$$M_x = 516,035 \text{Kg.m} = 51603.5 \text{ Kg.cm} \quad (\text{momento de diseño})$$

$$W = 35,39 \text{ cm}^3 \quad (\text{módulo de resistencia de la sección})$$

Reemplazando en la fórmula:

$$\sigma_{\max} = \frac{51603,5 \text{ Kg. cm.}}{35,39 \text{ cm}^3}$$

$$\sigma_{\max} = 1458,14 \frac{\text{Kg.}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{\text{adm}} = 2549 \frac{\text{Kg.}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{\max} < \sigma_{\text{adm}} \Delta \text{ Se acepta el material (ver anexo c)}$$

3.4.5 Cálculo del factor de seguridad

El coeficiente de seguridad o factor de seguridad es un índice de la seguridad que cabe esperar de un determinado diseño desde el punto de vista resistente.

Un valor del coeficiente de seguridad superior a la unidad indica seguridad ante el fallo, tanto mayor, cuanto más elevado sea su valor, mientras que un valor inferior a la unidad indica inseguridad o probabilidad elevada de que ocurra el fallo. En función de la variabilidad de las cargas aplicadas y las propiedades del material, cada valor del coeficiente de seguridad se puede asociar a una probabilidad de fallo o de supervivencia de la pieza analizada. La parte debe diseñarse para soportar una sobrecarga de diseño, algo más grande que la carga normalmente esperada.

El factor de seguridad es el resultado de dividir la resistencia a la fluencia del material para el esfuerzo máximo como se indica en la ecuación:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{\max}} \quad (3.28)$$

Los valores de:

$$S_y = 2549 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (resistencia a la fluencia del acero)}$$

$$\sigma_{\max} = 1458,14 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{(esfuerzo máximo)}$$

Reemplazamos en la ecuación:

$$n = \frac{2549 \text{ Kg/cm}^2}{1458,14 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$n = 1.7$$

Por lo tanto el factor de seguridad para el diseño de la estructura es 1.08; el material adquirido es óptimo, pero para verificar su resistencia se realizó el cálculo obteniendo como resultado que el esfuerzo máximo que está sometida la estructura es menor al peso que soportara la misma.

3.5 Construcción de la viga horizontal

Material utilizado

Se ha utilizado tubo estructural cuadrado de acero A36 de (10 cm x 0.3cm) con una dimensión longitudinal de 6m cuyas especificaciones se detallan en el anexo c

Proceso de construcción

El tubo estructural cuadrado se trazó con tiza para realizar el corte de 2.60m con la moladora utilizando el disco de corte de acero, una vez cortado la medida del tubo estructura cuadrado se procedió a verificar las medidas.

Aparte se realizó la suelda del acero para ejes de 2 plg. de diámetro y 14cm de largo con la platina de acero A36 de 3/8 plg x 10cm x10cm como se ve en la figura:



Figura 3.15 Punta de eje
Fuente: Tomás Mejía

Teniendo el tubo cuadrado de 2.60m y las tres puntas de eje se procedió a soldar con electrodos E6011, el tubo estructural cuadrado y las puntas de eje como nos muestran en las figuras:



Figura 3.16 Punta de eje soldada al costado del tubo estructural cuadrado
Fuente: Tomás Mejía

Uno en cada extremo de tubo estructural cuadrado y la otra punta de eje en la mitad para dejar listo para el siguiente movimiento que es de guineada. Luego se procedió a limar el exceso de suelde con moladora.

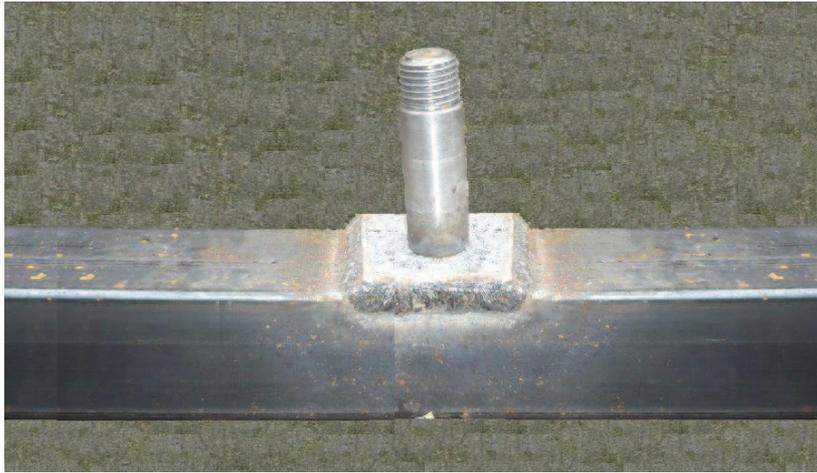


Figura 3.17 Punta de eje soldada ala parte superior del tubo estructural cuadrado
Fuente: Tomás Mejía

Una vez terminado la unión mediante la suelda E6011 los ejes con el tubo cuadrado se procedió a acoplar un brazo de tubo cuadrado de 26.5 cm de largo a 16.5 cm del eje lateral para poder acoplar el cilindro hidráulico como nos muestra la siguiente figura:



Figura 3.18 Palanca soldada al eje principal.
Fuente: Tomás Mejía

Una vez terminado la viga principal se procedió a reforzar la viga principal con tubo de las mismas características de 1m de largo para mayor seguridad. Como nos muestra en la siguiente figura:

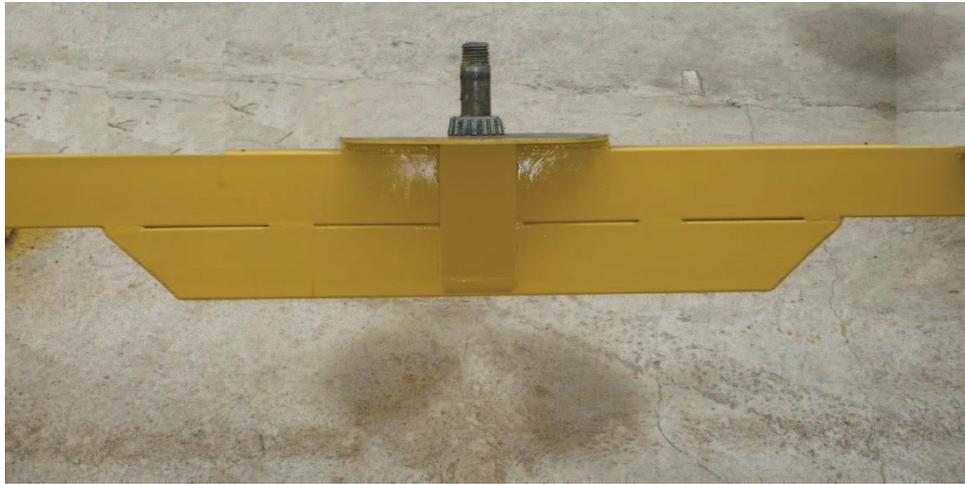


Figura 3.19 Refuerzo en la viga principal.

Fuente: Tomás Mejía

3.5.1 Ensamble de partes de la estructura

Para unir las bases de la estructura con el eje principal se utilizó pernos y tuercas de 2plg de diámetro para fácil montaje y desmontaje. Se colocó en cada punta de eje de los extremos de la viga principal los dos rodamientos de rodillos cónicos debidamente engrasados como se muestra en la figura:



Figura 3.20 Engrasado de los cojinetes

Fuente: Tomás Mejía

Aparte se procedió a instalar el cilindro hidráulico en la parte inferior de la estructura simuladora como nos muestra la figura 3.18 para dar el movimiento de cabeceo. Se unió las doscañerías flexibles de 3/8 con el cilindro y estas al cuerpo de válvulas.



Figura 3.21 Instalación de las cañerías al cuerpo de válvulas.
Fuente: Tomás Mejía



Figura 3.22 Unión de las cañerías y el cilindro hidráulico.
Fuente: Tomás Mejía

Una vez terminado el ensamble de las bases con viga principal de la estructura para dar el movimiento de cabeceo de la misma manera se procedió a instalar el sistema hidráulico, uniendo la bomba y el motor eléctrico mediante una junta llamada matrimonio.



Figura 3.23 Unión de las cañerías y el cilindro hidráulico.
Fuente: Tomás Mejía



Figura 3.24 Unión de la bomba y el motor eléctrico mediante matrimonio.
Fuente: Tomás Mejía

3.5.2 Pruebas De Funcionamiento

Después de haber terminado la construcción y ensamble de las diferentes partes del soporte se procede a realizar las pruebas de funcionamiento con carga, es decir se montan la cabina del avión Boeing 707 para verificar que todos los elementos del soporte cumplan las funciones a las que han sido asignadas o construidas así como la estabilidad rigidez y seguridad ver anexo D.

Tablas 3.8 Prueba de funcionamiento del soporte con carga

ESTADO DE LAS PARTES DEL SOPORTE CON CARGA		
Elemento	Funcionalidad	Desempeño optimo
Base del soporte	✓	✓
Estructura principal	✓	✓
Sistema hidráulico	✓	✓

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Tomás Mejía

3.5.3 Maquinas, Equipos y herramientas utilizadas en la construcción

Tabla 3.9 especificaciones de la maquinaria utilizada en la construcción

Designación	Maquina	Marca	Características
M1	Torno	Pinacho	95-950RPM, caja nota universal piñonería
M2	Esmeril	Nordsvents	metálica 0.5Hp(1/2Hp) 1700RPM
M3	Gallineta	Caterpillar	

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Tomás Mejía

Tabla 3.10 especificación del equipo utilizado en la construcción

Designación	Equipo	Marca	Características
E1	Suelda eléctrica	Hobart	110V, 220V
E2	Moladora	G&E	110V, 1400 RPM
E3	Taladro	Truper	110V, 1700 RPM

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Tomás Mejía

Tabla 3.11 especificación de las herramientas utilizado en la construcción

Designación	Herramientas
H1	Arco de cierra
H2	Rayador
H3	Escuadra de metal
H4	Flexo metro
H5	Llave pico de loro
H6	Centenalla

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Tomás Mejía

3.5.4 Proceso de construcción

Simbología

La siguiente simbología para los diagramas representas a los diferentes procesos en los sistemas de soporte.

Tabla 3.12 simbología

Figura	Detalle
	Operación
	Inspección o verificación
	Ensamble

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Tomás Mejía

3.5.5 Diagrama de procesos

Base del soporte

Material:tubo estructural cuadrado de acero A36 de (10 cm x 0.3cm)



Estructura principal

Material: tubo estructural cuadrado de acero A36 de (10 cm x 0.3cm)

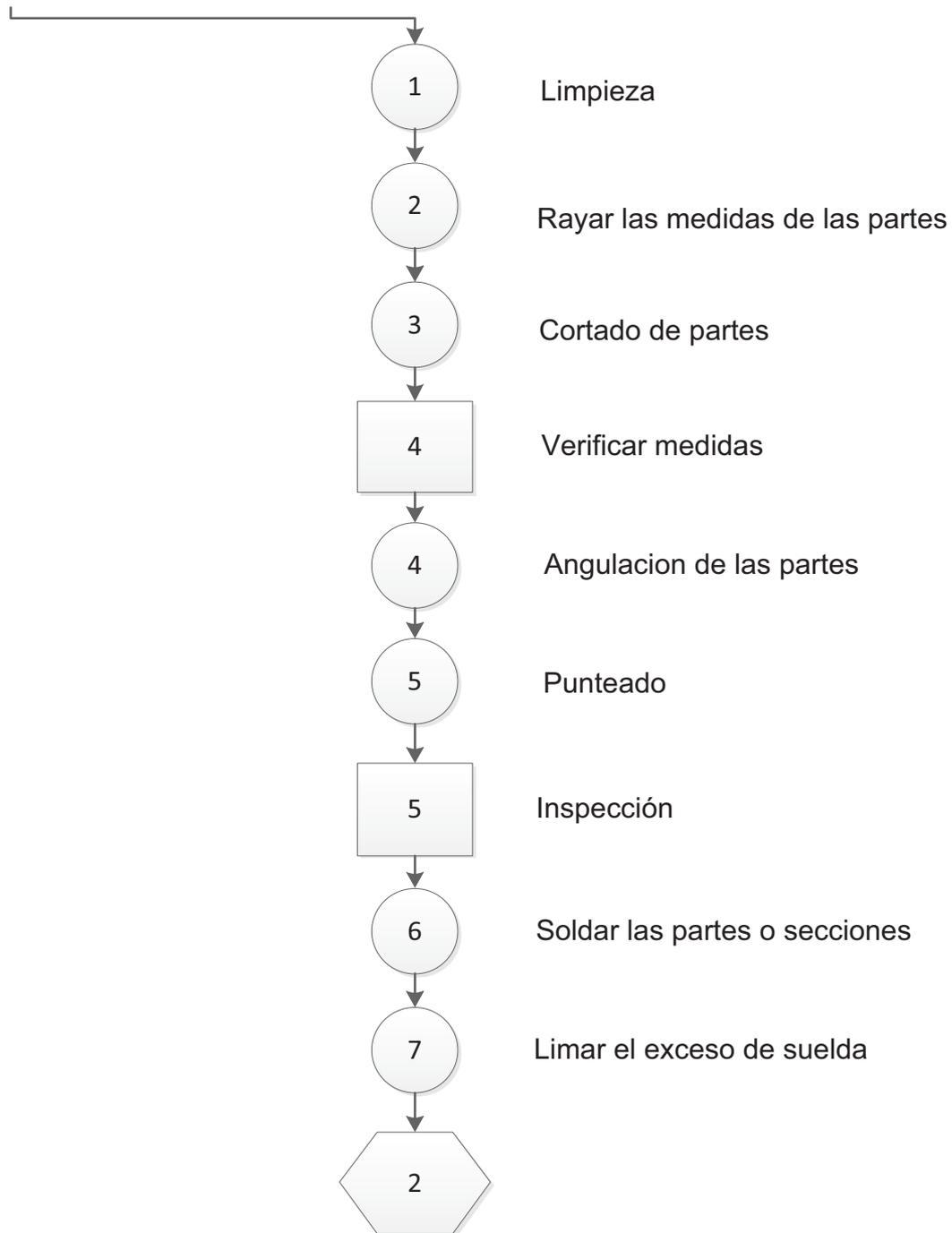
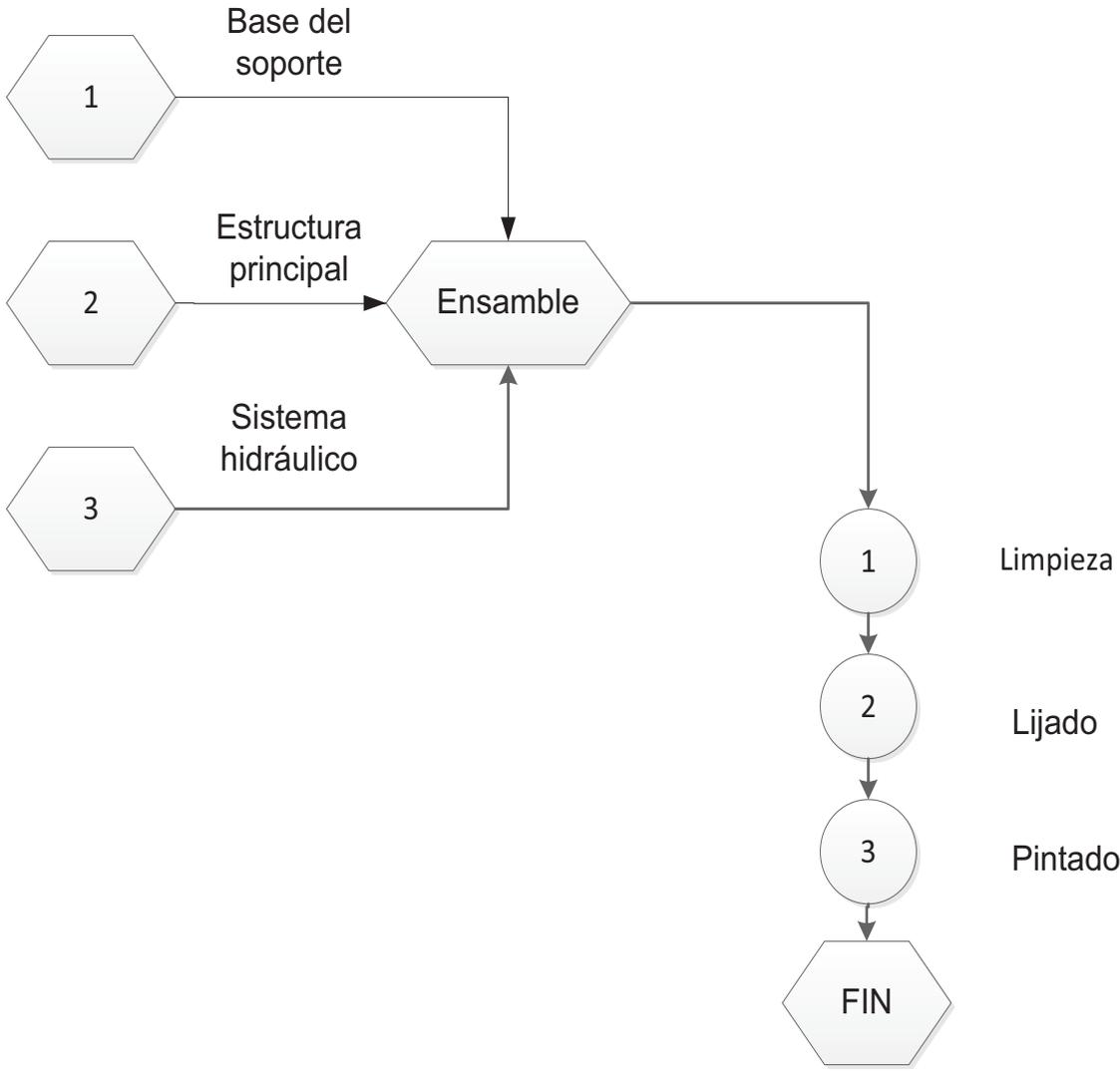


DIAGRAMA DE PROCESO DE ENSAMBLE



3.6 PRESUPUESTO

Habiendo desarrollado la construcción del soporte para la remoción, instalación y traslado de la estructura simuladora de vuelo, y tomando en consideración los costos del material, mano de obra y varios costos del anteproyecto de este trabajo investigativo, el presupuesto utilizado es de 1200 USD a continuación se detallan:

- ✓ Materiales
- ✓ Mano de obra
- ✓ Varios

MATERIALES

Tabla 3.12 Costos de materiales

ITEM	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Tubo cuadrado 6m (10cm x 0.3cm)	1	60.00	60.00
cilindro	1	375.00	375.00
rodamientos	2	10.00	20.00
Platina de acero de ¼ plg (1.50m x 0.2m)	1	75.00	75.00
Tubo para ejes de 2plg de diámetro	1	10.00	10.00
electrodos	2Kg	10.00	20.00
Elementos menores	-	20.00	20.00
Manguera de presión	2m	10.00	20.00
		total	600.00

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Tomás Mejía

MANO DE OBRA

Tabla 3.13 mano de obra

ITEM	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Mano de obra	1	250.00	250.00
		total	250.00

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Tomás Mejía

VARIOS

Tabla 3.14 Costos Varios

Nº	ITEM	Costo (USD)
1	CURSO DE METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	30.00
2	Pago de aranceles de derechos de grado	120.00
3	Hojas de solicitud	20.00
4	Impresiones y copias	50.00
5	Internet y alquiler de computadoras	20.00
6	Anillados y empastados	30.00
7	transporte	80.00
TOTAL		350.00

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Tomás Mejía

COSTO TOTAL

Tabla 3.15 costo total

ITEM	COSTO TOTAL
Costo del material	600.00
Costo de mano de obra	250.00
Costos varios	350.00
TOTAL	1.200

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Tomás Mejía

3.7 Elaboración de manuales

Descripción de los manuales

Para llevar a cabo una buena práctica sobre la estructura simuladora, para su manipulación del movimiento de cabeceo, se tiene que aplicar los siguientes manuales.

3.7.1 Manual de operación.- Este manual da a conocer los procedimientos adecuados de operación del movimiento de cabeceo, utilizado para la implementación en los controles de mando mecánico- hidráulico a la estructura simuladora de los movimientos de una aeronave en la cabina del avión Boeing 707.

3.7.2 Manual de mantenimiento.- Este manual es necesario para llevar siempre un control óptimo en el mantenimiento de la estructura, para mantenerla en un buen estado, evitando problemas externos como rajaduras, oxidación, corrosión y algunos otros fenómenos que puedan afectar al simulador, en este manual nos permitirá dar a conocer al personal sobre la importancia y las necesidades en el momento de realizar la limpieza y mantenimiento.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La ejecución correcta del plan metodológico permitió identificar las causas y efectos del problema, así como también ayudó a determinar la solución al problema.
- Los componentes y materiales utilizados en la construcción de la estructura simuladora de movimientos, garantiza su buen funcionamiento, por lo tanto la estructura es confiable y segura.
- Se logró implementar el movimiento de cabeceo, a través de un cilindro hidráulico, a la estructura simuladora de movimientos.
- Se realizó pruebas de funcionamiento y operación de la estructura simuladora logrando un buen desempeño de la misma.
- La estructura construida apoyara la labor de instrucción incrementando el interés de aprendizaje del estudiante.
- Para el movimiento de cabeceo se logró inclinar 15 grados hacia adelante la cabina sobre la estructura.
- Para el movimiento de cabeceo se logró inclinar 15 grados hacia atrás la cabina sobre la estructura.

RECOMENDACIONES

- Es necesario y prioritario la implementación de una estructura simuladora de movimientos el ITSA.
- Si se va a trabajar con la estructura simuladora, revisar las indicaciones, las cuales se hallan en el manual de este proyecto.
- Dar el mejor uso durante la práctica a la estructura simuladora de movimientos.

Glosario de términos

A

Actualizar.-Poner al día algo que se ha quedado atrasado

Aerodinámica, rama de la mecánica de fluidos que se ocupa del movimiento del aire y otros fluidos gaseosos, y de las fuerzas que actúan sobre los cuerpos que se mueven en dichos fluidos.

Alternativas.- Derecho que tiene cualquier persona para ejecutar alguna cosa o goza de ellas alternando con otras.

Asesoramiento.- Consejo, información que se otorga sobre un material de las que se tiene especiales conocimientos.

B

Beneficios.-Beneficio son los pagos financieros no monetarios ofrecidos por la organización a sus empleados.

C

Contribuir.- Concurrir voluntariamente con una cantidad para determinado fin.

Correlacional.- En probabilidad y estadística, la correlación indica la fuerza y la dirección de una relación lineal entre dos variables aleatorias.

Conocimiento.- El conocimiento puede definirse como:

1. Hechos, o datos de información adquiridos por una persona a través de la experiencia o la educación, la comprensión teórica o práctica de un tema u objeto de la realidad.
2. Lo que se adquiere como información relativa a un campo determinado o a la totalidad.
3. Conciencia o familiaridad adquirida por la experiencia de un hecho o situación.

No existe una única definición de "Conocimiento" en la actualidad. Sin embargo existen muchas perspectivas desde las que se puede considerar el conocimiento, siendo un problema histórico de la reflexión filosófica y de la ciencia la consideración de su función y fundamento.

D

Dependencias.- La dependencia, referida a los servicios sociales, es la situación de una persona que no puede valerse por sí misma.

Ductilidad: La ductilidad es una propiedad que presentan algunos materiales, como las aleaciones metálicas o materiales asfálticos, los cuales bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse ostensiblemente sin romperse permitiendo obtener alambres o hilos de dicho material

F

Factibilidad.- Que se puede hacer.

Fluencia: La fluencia o cedencia es la deformación brusca de la probeta sin incremento de la carga aplicada que se puede llegar a producir en el ensayo de tracción

Fricción: Se define como fuerza de rozamiento o fuerza de fricción entre dos superficies en contacto a la fuerza que se opone al movimiento de una superficie sobre la otra

H

Habilidades.- Existen diferentes definiciones que intentan englobar el concepto de habilidad: Es el grado de competencia de un sujeto concreto frente a un objetivo.

I

Influir.- Definición de influir en el Diccionario de español en línea. Significado de influir diccionario. Traducir influir significado influir traducción de influir.

Implicar.- Tener como resultado o producir como consecuencia directa.

Intradós: En el ámbito de la aeronáutica, se llama intradós a la parte inferior del ala de un avión

J

Justificación.- Causa, razón, argumento.

L

Limitar.- Poner límites a jurisdicción de una autoridad o a los derechos de una persona.

M

Mach: es la velocidad de un objeto a través del aire, o una sustancia de fluido, dividido entre la velocidad del sonido como en la sustancia, es comúnmente usado para representar la velocidad de un objeto, cuando está viajando a la velocidad del sonido.

Material Didáctico.- El 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.

Modalidad.- Modo de ser o de manifestar una cosa.

O

Objetivo.-Relativo al objeto en sí, independientemente de juicios personales.

Observación.- Acción y resultado de observar.

P

Primordial.-Muy importante o necesario, fundamental.

R

Relevante.- Importante, significativa.

Restricción.-Reducción, limitación de algo.

Rodamiento: Los rodamientos se denominan también cojinetes no hidrodinámicos. Teóricamente, estos cojinetes no necesitan lubricación, ya que las bolas o rodillos ruedan sin deslizamiento dentro de una pista.

S

Simulador.-Que simula imagen simuladora de la realidad.

Dispositivo o sistema diseñado para simular un determinado proceso como si fuera real.

T

Tomos.- cada uno de los volúmenes en que debido a su extensión esta dividida una obra escrita y que se suelen encuadernar por separado.

Tracción: En el cálculo de estructuras e ingeniería se denomina tracción al esfuerzo a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo.

U

Utilizar.-Aprovechaseo servirse de algo o alguien.

V

Veras.-Verdadero: Que habla o actúa de acuerdo con la verdad: confidente veraz.

ABREVIATURAS Y SIGLAS:

DGAC: Dirección General de Aviación Civil

RDAC: Regulaciones de la Dirección de Aviación Civil

ITSA: Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

BIBLIOGRAFÍA:

- Tomos recopilados del Derecho Aéreo
- Curso de Hidráulica Básica.

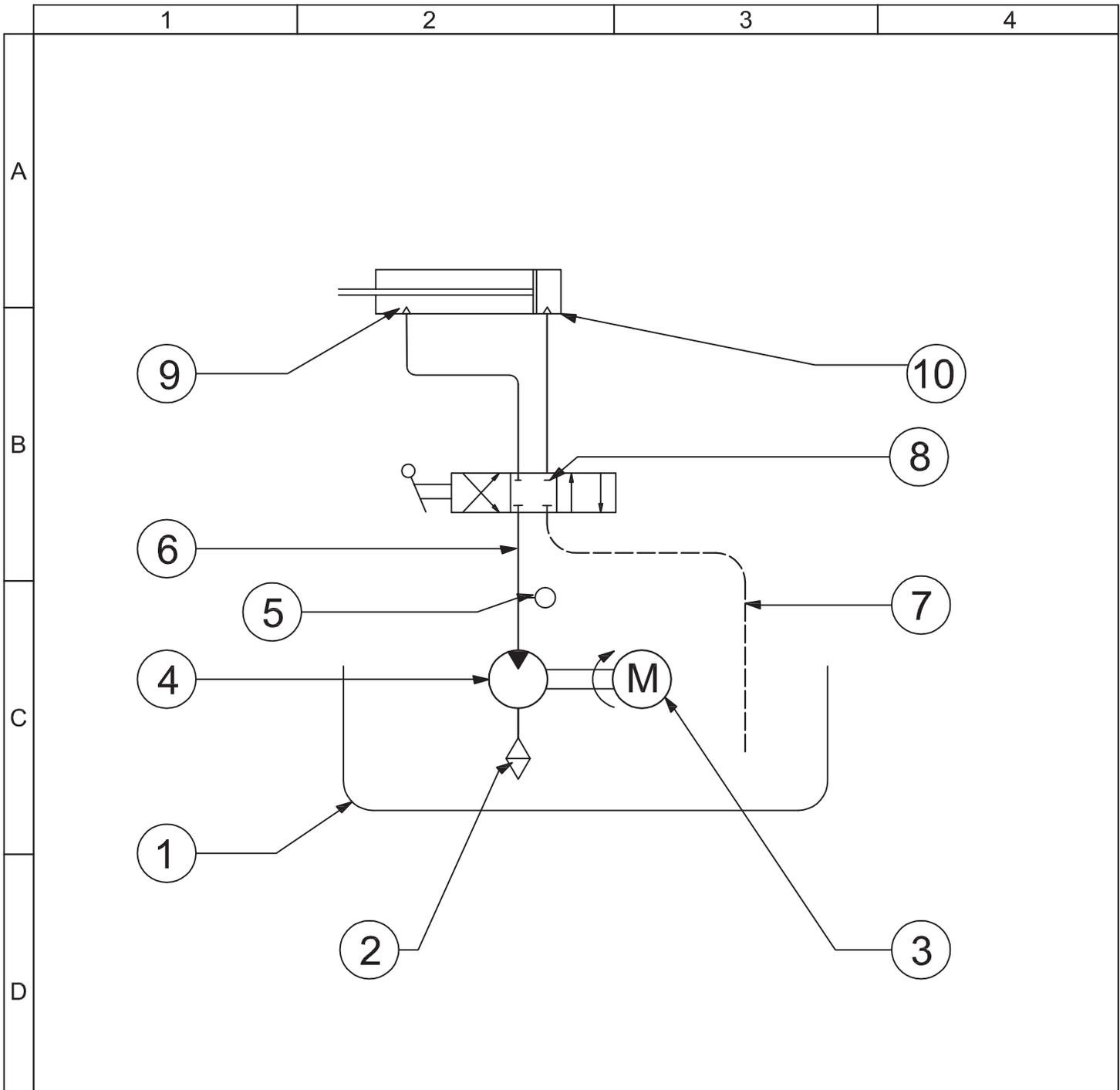
PAGINAS WEB:

- www.wordreference.com
- www.google.com
- es.thefreedictionary.com/afine
- http://es.wikipedia.org/wiki/Mandos_de_vuelo
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Ala_\(aeron%C3%A1utica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Ala_(aeron%C3%A1utica))
- http://es.wikipedia.org/wiki/Dispositivo_hipersustentador
- <http://aeroguada.com/archivos/tutorial/porquevuelanlosaviones.html>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Rogallo_wing
- http://en.wikipedia.org/wiki/Fixed-wing_aircraft
- http://en.wikipedia.org/wiki/Wing_configuration
- <http://www.tpub.com/content/armyaviation/AL0992/AL09920014.htm>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Spar_\(aviation\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Spar_(aviation))
- http://en.wikipedia.org/wiki/2024_aluminium_alloy
- <http://www.supplieronline.com/propertypages/2024.asp#Spec>
- http://www.constructalia.com/es_ES/productos-de-acero/tubo-estructural-rectangular--cuadrado-y-redondo/120505/16469/1/page.jsp
- <http://www.monografias.com/trabajos14/bombas/bombas.shtml>

A N E X O S

ANEXO A

Sistema hidráulico



1	Cilindro Doble Efecto			10	ACERO AISI C - 1008		Ninguna
2	Codo Adaptador			9	BRONCE		Ninguna
1	Conjunto de Valvulas (mandos)			8	HIERRO COLADO		Ninguna
1	Línea de Retorno			7	FIBRA, HULE Y METAL		Ninguna
1	Línea de Presión (Abastecimiento)			6	FIBRA, HULE Y METAL		Ninguna
1	Manometro			5	BRONCE		Ninguna
1	Bomba			4	ALUMINIO		Ninguna
1	Impulsor (motor)			3	HIERRO COLADO		Ninguna
1	Filtro			2	MALLA METALICA		Ninguna
1	Depósito de fluido Hidráulico			1	ACERO A-36		Ninguna
Nº de Pieza	Denominación	Nº de Norma/Dibujo	Modelo	Nº de Orden	Material	Peso Kg/pieza	Observaciones

				Tolerancia	Peso		
				$\pm 0,05$			
				Fecha.	Nombre		
				Dibujo 03-10-11	Tomás Mejía	DIAGRAMA DEL SISTEMA HIDRAULICO	
				Rev.	Ing. G. Trujillo		
				Aprob.	Ing. G. Trujillo		
				ITSA		00	Escala:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a:	

ANEXO B

Especificaciones del material

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ACERO ASTM- A36

Grado de acero	Composición química (% en peso)						Espesor		Requerimientos físicos			
	C	Mn	P	S	Si	Cu			Limite de fluencia		Resistencia a la tensión	
	max		max	max	max		Pulg	mm	Ksi	Mpa	Ksi	Mpa
ASTM A-36	0.25	0.80-1.20	0.040	0.050	0.40	0.20	0.18 - 0.50	4.6-12.7	36	250	58-80	400-550
Prueba de impacto CVN						Prueba de Dobleces		Dureza (RB)	Grados Equivalentes BS EN 10025 S275 JIS G3132 SPHT-400			
Espesor Pulg. (mm)	Temperatura de prueba		Promedio min. En 3 probetas Ft-Lb (joules)	Promedio min. Individual Ft-Lb (joules)	Espesor Pulg. (mm)	Angulo = 180						
	F	C										
SOLO COMO REQUERIMIENTO SUPLEMENTARIO									--			

PROPIEDADES MECÁNICAS

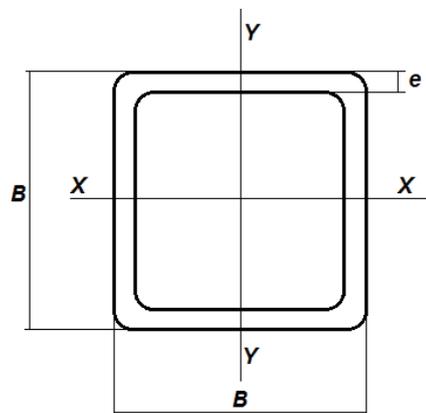
Límite de fluencia		Resistencia a la tracción			
Mpa	psi	psi		Mpa	
		min	max	min	max
250	36000	58000	80000	400	550



IPAC

Por los caminos del acero...

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO



DIMENSIONES			PESO P	ÁREA A	PROPIEDADES		
Designación Plg	B	e			EJES X-X e Y-Y		
	mm	mm	Kg/6m	cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm
3/4	20	1.5	4.98	1.05	0.58	0.58	0.74
		2.0	6.30	1.34	0.69	0.69	0.72
1	25	1.5	6.36	1.35	1.21	0.97	0.95
		2.0	8.16	1.74	1.48	1.18	0.92
1 1/4	30	1.5	7.80	1.65	2.19	1.47	1.15
		2.0	10.08	2.14	2.71	1.81	1.12
1 1/2	40	1.5	10.62	2.25	5.48	2.74	1.56
		2.0	13.86	2.94	6.92	3.46	1.53
		3.0	19.80	4.21	9.28	4.64	1.48
2	50	1.5	13.44	2.85	11.06	4.42	1.97
		2.0	17.58	3.74	14.13	5.65	1.94
		3.0	25.50	5.41	19.40	7.76	1.89
2 3/8	60	1.5	16.26	3.74	18.68	6.22	2.23
		2.0	22.44	4.54	25.12	8.37	2.35
		3.0	33.30	6.61	35.06	11.69	2.30
3	75	2.0	27.00	5.74	50.47	13.46	2.97
		3.0	39.60	8.41	72.54	19.08	2.92
		4.0	51.54	10.95	89.98	24.00	2.87
4	100	2.0	36.42	7.74	122.99	24.60	3.99
		3.0	53.76	11.41	176.95	35.39	3.94
		4.0	70.38	14.95	226.09	45.22	3.89

ANEXO C

Pruebas de funcionamiento



Figura 3.25 Montaje de la cabina sobre la estructura.



Figura 3.26 Colocación del cilindro en la estructura



Figura 3.27 Sistema hidráulico de la estructura.



Figura 3.28 Sistema hidráulico unido a la estructura.



Figura 3.29 Mando ubicado dentro de la cabina para realizar los movimientos.



Figura 3.30 Ubicación del braker



Figura 3.31 Simulador completo.



Figura 3.32 Movimiento de cabeceo hacia adelante.



Figura 3.33 Movimiento de cabeceo hacia atrás.

ANEXO D

Características de la bomba hidráulica

ANEXO E

Planos

1

2

3

4

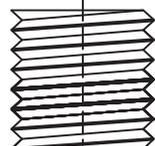
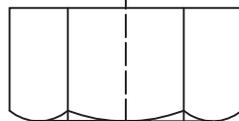
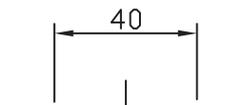
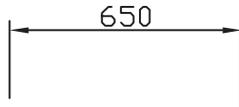
A

B

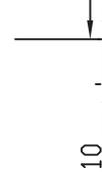
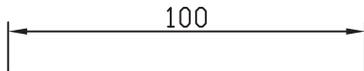
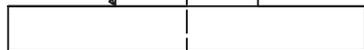
C

D

E



6011



F

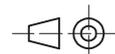
Tolerancia	Peso
$\pm 0,05$	
Fecha.	Nombre
Dibujo 03-10-11	Tomas Mejia
Rev.	
Aprov.	

PUNTA DE EJE

Escala:

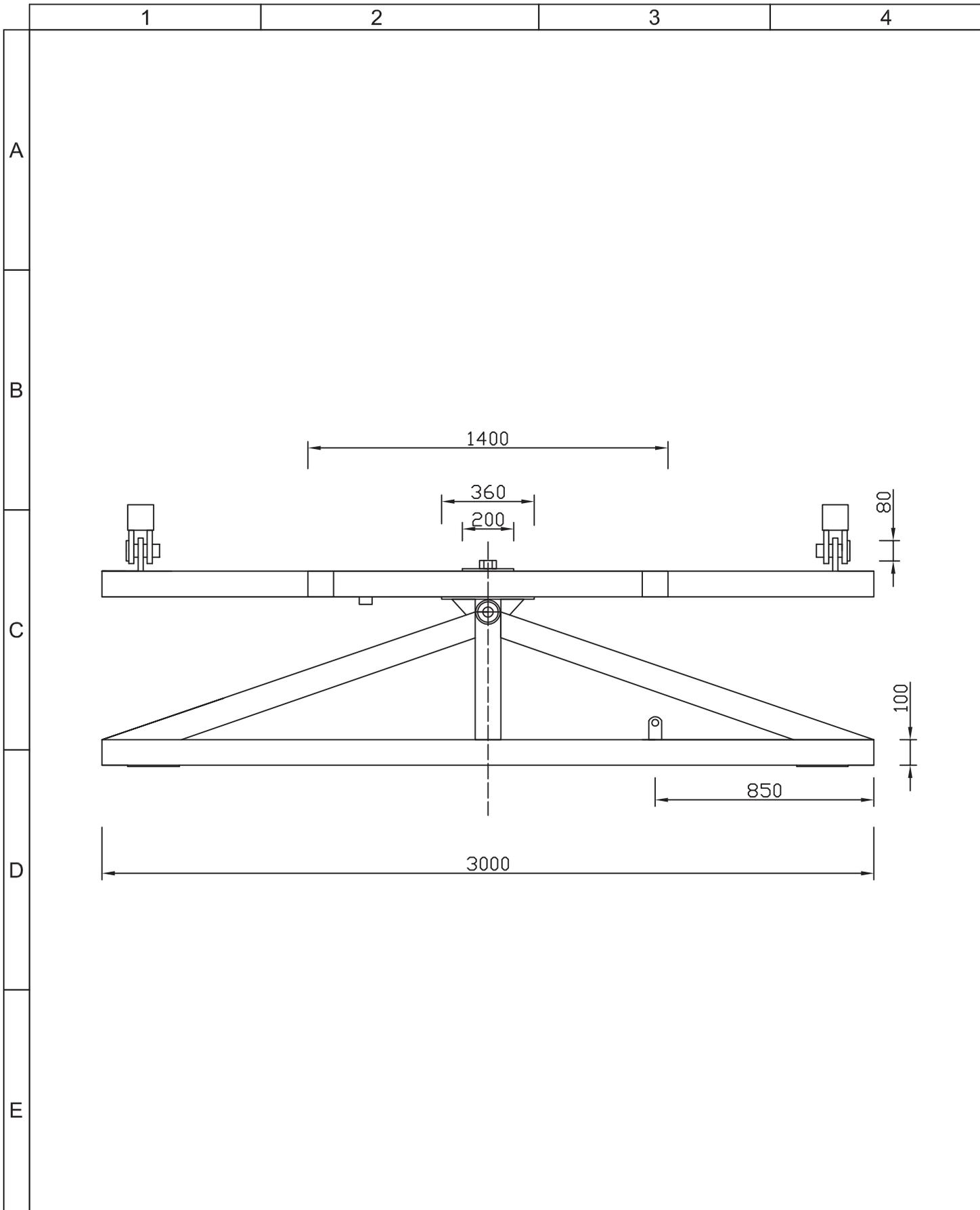
ITSA

1

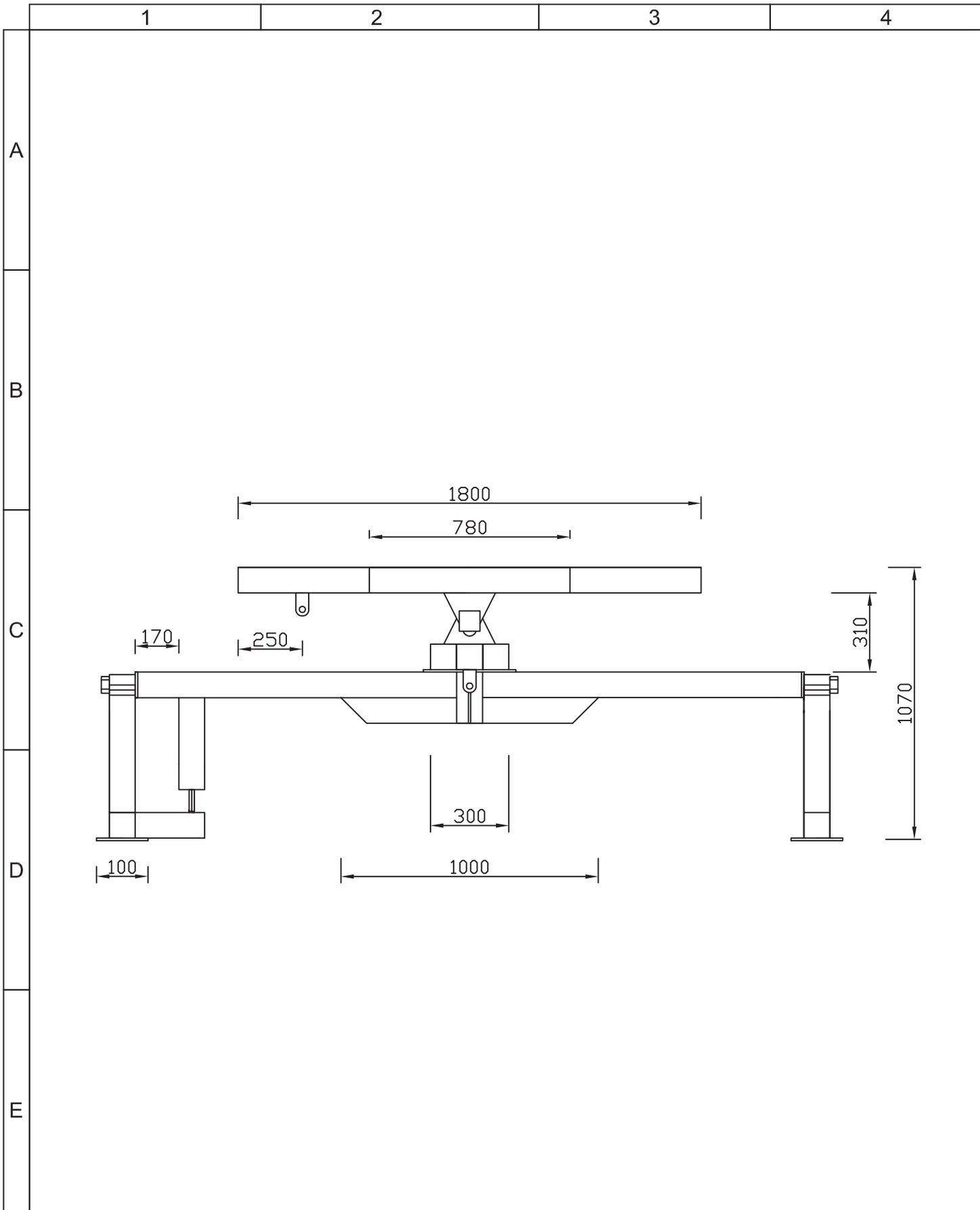


Edición	Modificación	Fecha	Nombre

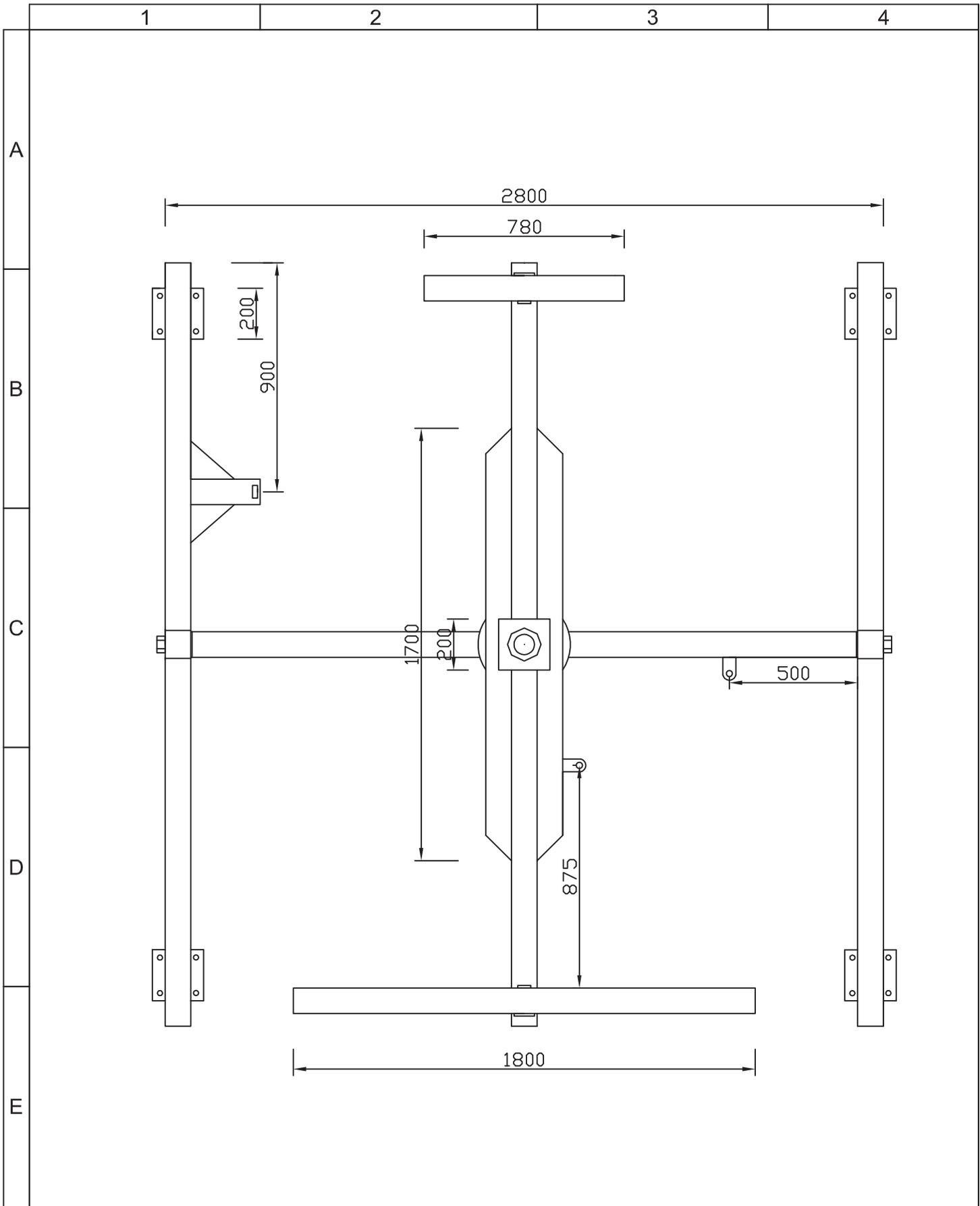
Sustituye a:



F				Tolerancia	Peso	VISTA LATERAL DE LA ESTRIUCTURA	Escala: 1:2
				$\pm 0,05$			
				Fecha.	Nombre		
				Dibujo 03-10-11	Tomas Mejia		
				Rev.			
				Aprov.			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	ITSA		1	
						Sustituye a:	



F				Tolerancia	Peso	VISTA FRONTAL DE LA ESTRUCTURA	Escala: 1:2
				$\pm 0,05$			
				Fecha.	Nombre		
				Dibujo 03-10-11	Tomas Mejia		
				Rev.			
				Aprov.			
				ITSA		1	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a:	



F				Tolerancia	Peso	VISTA SUPERIOR DE LA ESTRUCTURA	Escala: 1:2
				± 0,05			
				Fecha.	Nombre		
				Dibujo 03-10-11	Tomas Mejia		
				Rev.			
			Aprov.				
				ITSA		1	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a:	

ANEXO F

Manuales

	MANUAL DE MANTENIMIENTO	
	MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURA SIMULADORA DE LOS MOVIMIENTOS DE UNA AERONAVE EN LA CABINA DEL AVIÓN BOEING 707.	
	Elaborado por: Sr. Mejía Tomás.	REVISADO No. 1
	Aprobado por: Ing. Guillermo Trujillo.	Fecha:

1.-OBJETIVO:

Describir los procedimientos a seguir para el mantenimiento óptimo de la estructura simuladora de los movimientos de una aeronave en la cabina del avión Boeing 707.

2.-ALCANCE:

Mantener en perfectas condiciones de funcionamiento de la estructura simuladora durante las prácticas que realizan los estudiantes del ITSA.

3.- PROCEDIMIENTOS:

Los siguientes procedimientos deben ser realizados por los practicantes:

- Verificar fugas internas, los cuales se pueden verificar por reducción en las velocidades de desplazamiento o por pérdidas de potencia.
- Verificar fugas externas, los cuales se pueden detectar por pérdidas de fluido en diferentes partes del cilindro, los cuales ocasionan pérdidas de velocidad, potencia y consumo de aceite.
- Verificación visual del estado del vástago (rayas, poros, golpes, corrosión o flexión)

- Verificar ruidos (rechinar o tabletear) que se puedan presentar y estos pueden ser generados por desgaste en guías, movimientos forzados por desgaste en anclajes o desalineamientos en estructuras, por rotulas o bujes oxidadas en pivotes; por falta de lubricación o por estar reventadas y por fluidos inadecuados.
- Cuando se decide bajar el cilindro de la máquina, este se debe desensamblar inspeccionar y reparar en un lugar adecuado donde se disponga de las herramientas y equipos adecuados (metrología, maquinados, rectificados, procesos de soldadura e información técnica), limpieza y aparatos de ensayos y pruebas, para garantizar en forma total su reparación.
- Verificar que las uniones de la estructura donde se hallan los cojinetes se encuentren engrasados.
- Poner grasa en las partes que dan movimiento al simulador
- Proceder a limpiar el exceso o residuos de la nueva grasa.

NOTA: El cambio de aceite debe realizarse al cabo de las primeras 3.000 horas de funcionamiento de la máquina. A partir de entonces el cambio de aceite se realizará cada 10.000 a 15.000 horas de funcionamiento o al menos cada 12 meses. El cambio de filtro de aspiración se realizará junto al cambio de aceite

- Cuando se realice el cambio del aceite se debe realizar un chequeo general de las diferentes cañerías para verificar que sus neopros no presenten fugas.
- El ajuste de los diferentes racores debe ser manual no se especifica ningún torque.

RESPONSABLE

Nombre: _____

Firma: _____

	MANUAL DE OPERACIÓN	
	OPERACIÓN DE LA ESTRUCTURA SIMULADORA DE LOS MOVIMIENTOS DE UNA AERONAVE EN LA CABINA DEL AVIÓN BOEING 707.	
	Elaborado por: Sr. Mejía Tomás.	REVISADO No. 1
	Aprobado por: Ing. Guillermo Trujillo.	Fecha:

1.- OBJETIVO:

Describir los procedimientos a seguir para la operación de estructura simuladora.

2.- ALCANCE:

Proporcionar información adecuada para la correcta utilización de la estructura simuladora.

3.- PROCEDIMIENTOS:

- Verificar la cantidad de líquido existente en el depósito para evitar daños en caso de ausencia de líquido en el depósito, la verificación será realizada con la ayuda de la bayoneta de control, que se encuentra en el tanque.



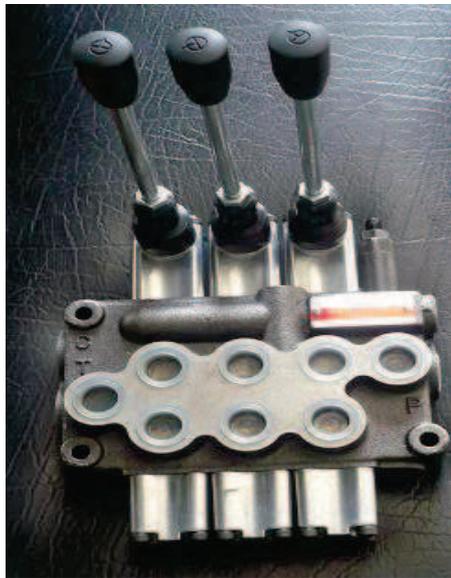
- Realizar un chequeo visual de los diferentes elementos del sistema.
- En caso de existir alguna fuga proceder a ajustar el elemento en el cual se presente la fuga (El ajuste debe realizarse de forma manual no exagerada, no se especifica ningún torque).
- Conectar el interruptor de cuchillas para poner en marcha la unidad de potencia.
- Verificar que el giro de la bomba sea el correcto (observar la flecha de giro existente en la bomba).



- Verificar que la presión del sistema hidráulico en el manómetro no se encuentre por debajo de lo establecido. 85 Bar o a su vez 1200 Psi.



- Antes de proceder a realizar los movimientos, es necesario verificar que no exista ninguna persona invadiendo las señales de seguridad, u objeto que obstruya la operación.
- Los movimientos deseados serán producidos mediante el accionamiento de las palancas existentes en el conjunto de válvulas de control direccional.



- Al accionar la palanca número uno obtendremos el movimiento de alabeo, si la palanca se desplaza hacia adelante la cabina se inclinara hacia la derecha. Si la palanca se desplaza hacia atrás la cabina se inclinara hacia la izquierda, es así que el movimiento de alabeo deberá ser completado al mover la palanca hacia adelante y atrás.

- Al accionar la palanca número dos obtendremos el movimiento de cabeceo, si la palanca se desplaza hacia adelante la cabina se inclinara hacia la adelante. Si la palanca se desplaza hacia atrás la cabina se inclinara hacia atrás, es así que el movimiento de cabeceo deberá ser completado al mover la palanca hacia adelante y atrás.
- Al accionar la palanca número tres obtendremos el movimiento de guiñada, si la palanca se desplaza hacia adelante la cabina girara hacia la derecha. Si la palanca se desplaza hacia atrás la cabina girara hacia la izquierda, es así que el movimiento de guiñada deberá ser completado al mover la palanca hacia adelante y atrás.
- Al accionar la palanca número dos obtendremos el movimiento de Cabeceo.
- Al accionar la palanca número tres obtendremos el movimiento de Guiñada.

RESPONSABLE

Nombre: _____

Firma: _____

ANEXO G

Documentos de aceptación del usuario

CURRICULUM VITAE



I. DATOS PERSONALES

1.1 APELLIDOS:	Mejía Paucar
1.2 NOMBRES:	Jairo Tomás
1.3 ESTADO CIVIL:	Soltero
1.4 FECHA DE NACIMIENTO:	Noviembre 29, 1988
1.5 LUGAR DE NACIMIENTO:	Cevallos, Tungurahua
1.6 EDAD:	22 años
1.7 CEDULA DE IDENTIDAD:	180444245-5
1.8 LIBRETA MILITAR:	198818002573
1.9 DIRECCION:	Cantón Cevallos, Tungurahua
1.10 TELEFONO:	084-863-537
1.11 CORREO ELECTRONICO:	tomy_joe@hotmail.com

II. ESTUDIOS REALIZADOS

2.1 PRIMARIA:	Escuela Fiscal "Juana de Arco"
2.2 SECUNDARIA:	Colegio Técnico "Pedro Fermín Cevallos"
2.3 SUPERIOR:	Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

III. TITULOS OBTENIDOS

- 3.1 SUFICIENCIA EN EL IDIOMA INGLES**
- 3.2 BACHILLER EN AGROPECUARIA**
- 3.3 TECNOLOGO EN MECANICA AERONAUTICA (EGRESADO)**

IV. EXPERIENCIA LABORAL

- 4.1 Mesero en la casa de retiros Santa Marianita, Baños**
- 4.2 Cadenero para AZUL, Sacha**

V. CAPACITACION

- 5.1** Curso de "Windows, Microsoft Office."
- 5.2** Curso en "Taller de Formación Ciudadana"
- 5.3** Curso de "Programa Aprender a Emprender"
- 5.4** Pasantías en la Sección Motores del Escuadrón Logístico A-37B(FAE Manta)
- 5.5** Pasantías en el taller de motores, del CEMAE (La Balbina, Quito)
- 5.6** Pasantías en la FUNDACION AEROAMAZÓNICA (Shell, Puyo)

VI. APTITUDES PERSONALES

- 6.1** Puntual, responsable, honesto
- 6.2** Trabajo en equipo e individual
- 6.3** Buenas Relaciones Humanas
- 6.4** Factibilidad de palabra
- 6.5** Deseo de superación

VII. REFERENCIAS PERSONALES

- 7.1** Lcda. Carolina Mejía DIRECTORA ACADEMICA DE LA ESCUELA DE GASTRONOMÍA L'escoffier (Ambato).

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

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

Luis Carlos Toasa Alpapucho

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA

Subs.HebertAtencio
Director de la Carrera de Mecánica

Latacunga, octubre 06 del 2011

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, MEJIA PAUCAR JAIRO TOMAS, Egresado de la carrera de MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES en el año 2009, con Cédula de Ciudadanía N°180444245-5, autor del Trabajo de Graduación **“IMPLEMENTACIÓN DEL MOVIMIENTO DE CABECEO A LA ESTRUCTURA SIMULADORA DE LOS MOVIMIENTOS DE UNA AERONAVE EN LA CABINA DEL AVIÓN BOEING 707”**, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

Luis Carlos Toasa Alpapucho

Latacunga, octubre 06 del 2011