

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**“IMPLEMENTACIÓN DEL MOVIMIENTO DE ALABEO, A TRAVÉS
DE CILINDROS HIDRÁULICOS A LA ESTRUCTURA SIMULADORA
DE MOVIMIENTOS PARA LA CABINA DEL AVIÓN BOEING 707”**

POR:

MINA ANDRADE RICARDO DANIEL

Trabajo de graduación como requisito previo para la obtención de título de:

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES**

2011

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por RICARDO DANIEL MINA ANDRADE, como requerimiento parcial para la obtención del título de tecnólogo en MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES.

Ing. Guillermo Trujillo Jaramillo

Latacunga, Septiembre 27del 2011

DEDICATORIA

Dedico la presente trabajo de graduación a mis padres, quienes siempre me apoyaron y motivaron para seguir adelante y culminar mi carrera. Quienes siempre estuvieron presentes para con voluntad y cariño nunca dejarme amilanar por las circunstancias adversas que a veces nos trae la vida.

Ricardo Daniel Mina Andrade

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a todos quienes hicieron posible la realización de la presente trabajo de graduación, al personal docente de la Carrera de Mecánica Aeronáutica especialmente al Director de Carrera, Asesor del trabajo de graduación y miembros del consejo de trabajo de graduación quienes me han orientado durante todo el desarrollo de la presente y de mi camino profesional.

A demás agradezco a mis compañeros de trabajo y amigos quienes de una u otra manera me apoyaron durante todo el proceso de ejecución, sin dejar de lado a mis padres y hermanos quienes diariamente me alentaron con sus consejos y apoyo.

Ricardo Daniel Mina Andrade

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Portada	i
Certificado del Director de carrera y Codirector.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice de contenidos	v
Resumen.....	xii
Summary.....	xiii

CAPITULO I

El tema

Art.

	Pagina	
1.1	Antecedentes.....	1
1.2.	Justificación e importancia.....	2
1.3	Objetivos.....	2
	1.3.1 General.....	2
	1.3.2 Específicos.....	2
1.4	Alcance.....	2

CAPITULO II

Marco teórico

2	Aerodinámica.....	4
2.1	Ejes del avión y sus movimientos básicos.....	4
2.2	Superficies de mando y control.....	5
2.3	Boeing 707.....	10
	2.3.1 Historia del Boeing 707.....	10
2.4	Hidráulica básica.....	12
	2.4.1 Principios y leyes fundamentales de la hidráulica.....	12

2.4.2	Fuerza hidráulica.....	12
2.4.3	Caudal.....	13
2.5	Fluidos hidráulicos.....	13
2.5.1	División de fluidos hidráulicos.....	13
2.5.2	Características técnicas.....	13
2.5.2.1	Peso específico.....	14
2.5.2.2	Punto mínimo de congelación o fluidez.....	14
2.5.2.3	Punto de inflación.....	14
2.5.2.4	Viscosidad.....	15
2.5.5	Resistencia a la oxidación o corrosión.....	15
2.6	Válvulas hidráulicas.....	16
2.6.1	Tipos de válvula.....	16
2.6.2	Válvulas distribuidoras.....	16
2.6.3	Válvulas reguladoras de presión.....	16
2.6.4	Válvulas reguladoras de caudal.....	17
2.7	Filtros.....	17
2.7.1	Definición de filtros.....	17
2.7.2	Tipos de filtros hidráulicos.....	17
2.8	Bombas.....	19
2.8.2	Funcionamiento.....	19
2.8.3	Bombas de desplazamiento negativo.....	19
2.8.4	Bombas de desplazamiento positivo.....	18
2.9	Cilindros hidráulicos.....	22
2.9.1	Utilización de los cilindros hidráulicos.....	22
2.9.2	Descripción y elementos que componen los cilindros hidráulicos	22
2.9.3	Partes de un cilindro hidráulico.....	23
2.9.4	Características técnicas de los cilindros.....	23
2.9.5	Fuerza hidráulica de un cilindro.....	24
2.9.6	Velocidad de un cilindro.....	24
2.9.7	Tipos de cilindros.....	25
2.9.9	Cilindros de simple acción o de simple efecto.....	25
2.10	Tuberías y mangueras.....	26
2.10.1	Definición.....	26
2.10.2	Clasificación de las mangueras hidráulica.....	26

2.11	Manómetro.....	27
2.11.1	Definición.....	27
2.11.2	Manómetro tipo Burdon.....	27
2.12	Deposito.....	28
2.12.1	Depósito de aceite.....	28
2.13	Movimientos mecánicos.....	29
2.13.2	Definición de los movimientos mecánicos.....	29
2.13.1	Movimiento Rectilíneo Uniforme.....	29
2.13.2	Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado.....	29
2.13.3	Movimiento Circular.....	29
2.13.4	Movimiento Parabólico.....	31

CAPÍTULO III

Desarrollo del tema

3	Preliminares.....	32
3.1	Descripción de alternativas.....	32
3.1.1.	Primera alternativa.....	32
3.1.2.	Segunda alternativa.....	35
3.1.3	Comparación de alternativa.....	37
3.3	Selección de la mejor alternativa.....	38
3.2	Diseño.....	39
3.2.1	Parámetros del diseño.....	40
3.2.2	Diseño del soporte y/o superficie de mando y control.....	42
3.3	Cálculos.....	44
3.3.1	Cálculos de momentos y resistencias.....	44
3.3.2	Fuerza de empuje que requiere.....	45
3.3.3	Ley de equilibrio de momentos.....	46
3.3.4	Ley de los momentos.....	49
3.3.5	Cálculos de soldadura.....	52
3.4	Diseño del sistema hidráulico.....	53
3.4.1	Presión del sistema.....	54
3.4.2	Tiempo de en efectuar una carrera.....	54
3.4.3	Velocidad de avance del cilindro.....	56

3.4.4	Caudal.....	56
3.5	Selección de los elementos y mecanismos hidráulicos.....	57
3.5.1	Selección del cilindro hidráulico.....	57
3.5.2	Selección de la bomba.....	59
3.5.3	Selección del motor.....	59
3.5.4	Selección de aceite hidráulico.....	61
3.5.5	Selección del filtro.....	62
3.5.6	Selección de la válvula limitadora de presión.....	64
3.5.7	Selección del manómetro.....	64
3.5.8	Selección del control de mando.....	65
3.5.9	Selección de mangueras.....	66
3.5.10	Selección de depósito o tanque.....	67
3.6	Construcción e implementación.....	68
68.1	Selección del material.....	69
5.1	Simbología del proceso de construcción.....	70
3.6.1	Construcción del soporte y/o superficie de mando y control.....	71
3.6.2	Sistema hidráulico.....	72
3.7.	Pruebas de funcionamiento.....	73
3.16	Movimiento de alabeo.....	73

CAPÍTULO IV

Análisis económico

4	Presupuesto.....	74
4.1	Análisis económico.....	74
4.1.1	Recursos materiales técnicos.....	74
4.1.2	Recursos humanos.....	76
4.1.3.	Otros.....	76
4.1.4	Costo total.....	77

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5	Verificaciones del cumplimiento de los objetivos.....	78
5.1	Conclusiones.....	78
5.2	Recomendaciones.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
Tabla 1.1. Primera alternativa de simulación.....	33
Tabla 2.1. Segunda alternativa de simulación.....	35
Tabla 3.1. Comparación de alternativas.....	37
Tabla 4.1. Selección del material.....	69
Tabla 5.1. Simbología del proceso de construcción.....	70
Tabla 6.1. Prueba de funcionamiento.....	73
Tabla 7.1. Análisis de costo por utilización de herramientas USD.....	75
Tabla 8.1. Análisis del costo de materiales.....	75
Tabla 9.1. Análisis de costo de mano de obra.....	76
Tabla 10.1. Análisis de costos de otros gastos.....	76
Tabla 11.1. Resumen de gastos totales.....	77

ÍNDICE DE GRÁFICOS

FIGURA	PÁGINA
FIGURA 2.1. Ejes del avión y movimientos sobre ellos.....	4
FIGURA 2.2. Funcionamiento de los Alerones.....	7
FIGURA 2.2. Funcionamiento de los Alerones.....	7
FIGURA 2.3. Funcionamiento del Timón.....	7
FIGURA 2.4. Funcionamiento del Timón de dirección.....	8
FIGURA 2.5. Flaps y ángulos de extensión.....	8
FIGURA 2.6. Slats.....	9
FIGURA 2.7. Spoilers y aerofrenos.....	9
FIGURA 2.8. Boeing 707.....	10
FIGURA 2.9. Prensa hidráulica.....	12
FIGURA 2.10. Cilindro hidráulico.....	22
FIGURA 2.11. Tipos de cilindros hidráulicos.....	25
FIGURA 3.1. Diseño del soporte y/o superficie de mando y control.....	42
FIGURA 3.2. Diagrama de cuerpo libre del pórtico.....	42
FIGURA 3.3. Palanca.....	44
FIGURA 3.4. Diseño de sistema hidráulico.....	53
FIGURA 3.5. Cilindro Hidráulico.....	58
FIGURA 3.6. Bomba hidráulica.....	59
FIGURA 3.7. Motor Eléctrico.....	60
FIGURA 3.8. Unión del motor a la bomba mediante un mecanismo de acople conocido como matrimonio.....	61
FIGURA 3.9. Filtro.....	63
FIGURA 3.10. Válvula limitadora de presión.....	64
FIGURA 3.11. Manómetro.....	65
FIGURA 3.12. Conjunto de válvulas distribuidoras 4/3 mando por palancas..	66
FIGURA 3.13. Cañería flexible de 1/2".....	66
FIGURA 3.14. Cañería flexible de 3/8".....	67
FIGURA 3.15. Depósito.....	68
FIGURA 3.16. Movimiento de alabeo.....	73

GLOSARIO.....	80
SIGLAS.....	87
BIOGRAFÍA.....	87

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS

- ANEXO A. Manual de procedimientos
- ANEXO B. Diseños de planos
- ANEXO C. Especificaciones técnicas del sistema hidráulico
- ANEXO D. Especificaciones técnicas y símbolos del sistema de giro

Resumen

El presente proyecto, “implementación del movimiento de alabeo, a través de cilindros hidráulicos a la estructura simuladora de movimientos para la cabina del avión Boeing 707”, es un aporte para el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, especialmente la Carrera de Mecánica y está destinado a complementar la teoría con la práctica, lo que permite que el instructor pueda justificar físicamente la explicación teórica y virtual, además para que el alumno pueda aclarar cualquier duda que en el circule, ya que esde conocimiento general que la praxis mejora el aprendizaje.

Analizando diversos factores en la Institución como; la falta de un mecanismo físico que simule el movimiento de alabeoy los requerimientos en las Regulaciones de la Dirección de Aviación Civil (RDAC) en la parte 147, “es necesario facilitar ayudas de instrucción operacionales en las diversas áreas”. Al contar con la cabina del avión Boeing 707, se hace más positiva la implementación del movimiento de alabeo.

Este mecanismo como se ha mencionado es hidráulico, contiene un motor, bomba, válvulas, filtro, cilindro, mangueras y aparatos auxiliares, se complementa con dos viga de acero, las cual contiene un pasador que permiten su movimiento. Esta estructura es una palanca que esta acoplada a la cabina, con la fuerza del cilindro hidráulico que ejerce sobre la viga hace que la estructura gire a la derecha o izquierda realizando el movimiento de alabeo. El movimiento es controlado por una válvula distribuidora de mando por palanca y posiciones estables.

Summary

This project, "Implementation of roll motion through hydraulic cylinder to the structure motion simulator for Boeing 707 aircraft cabin" is a contribution to the Aeronautical Institute of Technology, especially the career of Mechanical and is destined to complement theory with practice, which allows the instructor to justify the theoretical explanation physically and virtually, in addition to the student to clarify any questions he has, as it is common knowledge that the practice improves learning.

By analyzing various factors such as the Institution, the lack of a physical mechanism that simulates the movement of bank and requirements in the Regulations of the Civil Aviation Authority (RDAC) in the 147, is necessary to provide operational training aids in various areas. Having the Boeing 707 aircraft cabin, it becomes more positive implementation of roll motion.

This mechanism as mentioned is hydraulic, contains a motor, pump, valves, filter, cylinder, hoses and auxiliary, is complemented by two steel beam, which contains a pin that allow movement. This structure is a lever that is coupled to the cab; the hydraulic cylinder force exerted on the beam structure makes it turn right or left by the movement of warping. Movement is controlled by a control valve control lever and stable positions.

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 Antecedentes

Esta es una investigación acerca de los diversos equipos de instrucción que una Escuela de Entrenamiento Aeronáutico debe tener a disposición de los estudiantes; varias clases de estructuras de aeronaves con sistemas y componentes, además una aeronave de tipo actual certificada por la Dirección General de Aviación Civil para operación privada o comercial. Son requisitos que la Carrera de Mecánica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico debe cumplir.

Las Regulaciones de la Dirección de Aviación Civil determinan que para complementar los equipos de instrucción, una Escuela de Entrenamiento Aeronáutico debe proveer de ayudas de instrucción. Basado en la información obtenida de estudios anteriores y proyectos de grado de la Carrera de Mecánica, se puede estimar temas como: los comportamientos de una aeronave en vuelo y movimientos que realiza en sus ejes. Con la utilización de estas ayudas de instrucción los estudiantes tendrán información y conocimientos fundamentales sobre la actitud de un avión, sus accionamientos y las superficies de mando. La cabina del avión Boeing 707 que se encuentra en la Institución es un espacio adecuado para la ejecución de estos movimientos haciéndolos de forma más real cada una de las simulaciones.

Con estos antecedentes es meritoria la implementación de una ayuda didáctica en el cual se pueda estimar los movimientos que una aeronave en vuelo realiza para su orientación, dirección, despegue y aterrizaje.

1.2 Justificación e importancia

La implementación del movimiento de alabeo a la estructura simuladora de una aeronave en vuelo ayuda a complementar el equipo de instrucción y a mejorar el desenvolvimiento tanto del instructor como al estudiante del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Este movimiento será utilizado para experimentar el giro que un avión hace en el aire, ya sea su dirección; al lado izquierdo o derecho.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Implementar el movimiento de alabeo a la estructura simuladora de los movimientos para la cabina del avión Boeing 707

1.3.2 Específicos

1. Determinar los elementos del sistema hidráulico y todos los demás materiales que se necesitan para implementar el movimiento de alabeo.
2. Instalar el sistema de giro en la estructura simuladora de los movimientos.
3. Comprobar el óptimo funcionamiento del movimiento de alabeo en la estructura simuladora de los movimientos para la cabina del avión Boeing 707.

1.4 Alcance

El presente proyecto está orientado a la implementación del movimiento de alabeo a la estructura simuladora de una aeronave en vuelo para complementar el equipo de instrucción del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, para la formación de Tecnólogos en el campo de la aviación.

Es decir que el vigente trabajo favorece al Instituto y ayudará a los instructores que impartan conocimiento de una aeronave de forma práctica y motivadora hacia los estudiantes, tanto civiles como militares que elijan la carrera de Mecánica Aeronáutica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2 Aerodinámica

2.1 Ejes del avión y sus movimientos básicos

Un avión es un cuerpo tridimensional que se mueve en el espacio alrededor de tres ejes o líneas imaginarias; lateral, longitudinal y vertical, por lo tanto es capaz de realizar tres movimientos básicos, alabeo (roll), cabeceo (pitch) y guiñada (yaw).

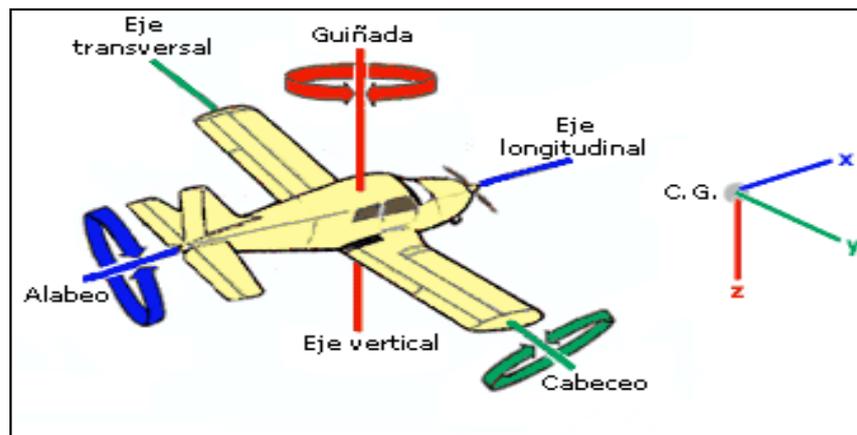


Figura 2.1. Ejes del avión y movimientos sobre ellos

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

El eje longitudinal va desde el morro hasta la cola del avión. El movimiento alrededor de este eje (levantar un ala bajando la otra) se denomina alabeo, figura 2.1. También se le denomina eje de alabeo, nombre que parece más lógico pues cuando se hace referencia a la estabilidad sobre este eje.

Durante el alabeo, las alas de la aeronave se inclinan hacia abajo, a uno u otro lado del eje longitudinal del fuselaje.

El eje transversal o lateral 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) figura 2.1. También denominado eje de cabeceo, por las mismas razones que en el caso anterior.

En el cabeceo, la nariz sube o baja sobre el eje lateral del aeroplano.

El eje vertical atraviesa el centro del avión. El movimiento en torno a este eje (morro virando a la izquierda o la derecha) se llama guiñada, figura 2.1. Denominado igualmente eje de guiñada.

En la guiñada el avión se desliza a uno u otro lado en torno al eje vertical que se extiende a través de su cuerpo.

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", figura 2.1. El origen de coordenadas de este sistema de ejes es el centro de gravedad del avión.

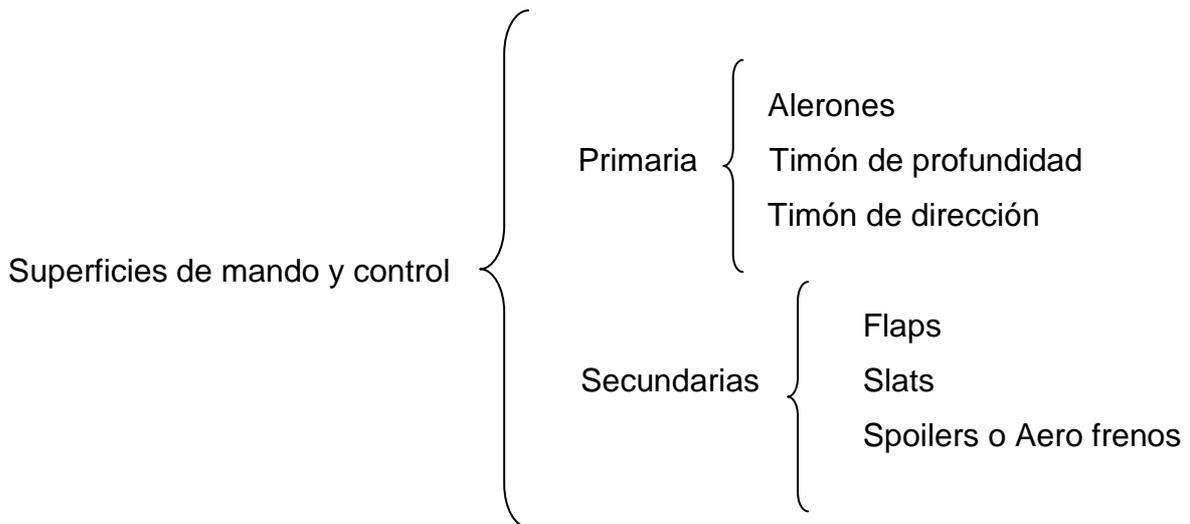
2.2 Superficies de mando y control

Además de que un avión vuele, es necesario que este vuelo se efectúe bajo control del piloto para que el avión se mueva respondiendo a sus órdenes. Este control en algunos aviones puede ser de accionamiento hidráulico. Los primeros pioneros de la aviación estaban tan preocupados por elevar sus artefactos 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 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.

Para facilitar la comprensión, nosotros hemos clasificado las superficies de mando y control como:



Las superficies de mando y control modifican la aerodinámica del avión provocando un desequilibrio de fuerzas, una o más de ellas cambian de magnitud. Este desequilibrio, es lo que hace que el avión se mueva sobre uno o más de sus ejes, incremente la sustentación, o aumente la resistencia.

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.

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 2.2. El alerón arriba en el ala hacia donde se mueve el volante implica menor curvatura en esa parte del ala y por tanto menor sustentación, lo cual provoca que el ala baje; el alerón abajo del ala contraria supone mayor curvatura y

sustentación lo que hace que el ala suba. Esta combinación de efectos contrarios es lo que produce el movimiento de alabeo hacia el ala que desciende.

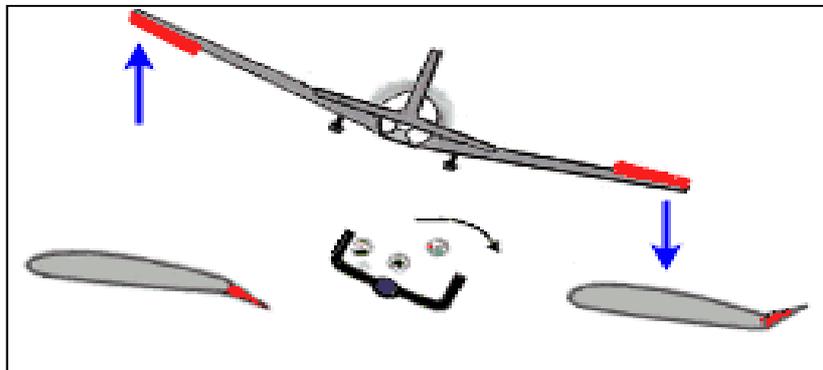


Figura 2.2. Funcionamiento de los Alerones

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

Al tirar del volante de control, el timón de profundidad 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 (mayor ángulo de ataque). El timón abajo aumenta la sustentación en la cola, esta sube y por tanto el morro baja (menor ángulo de ataque) figura 2.3. De esta manera se produce el movimiento de cabeceo del avión y por extensión la modificación del ángulo de ataque.

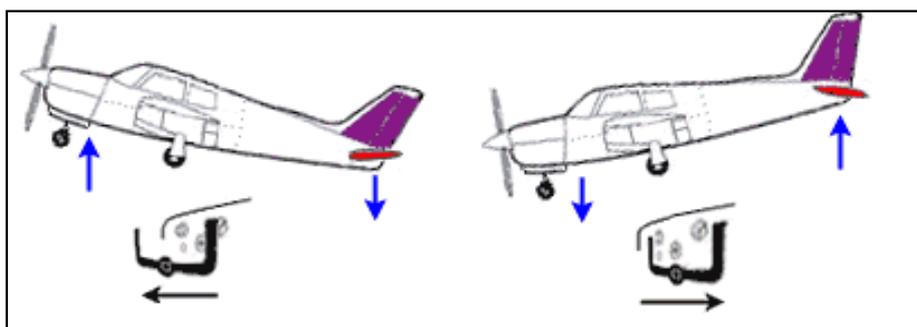


Figura 2.3. Funcionamiento del Timón

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

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 2.4.

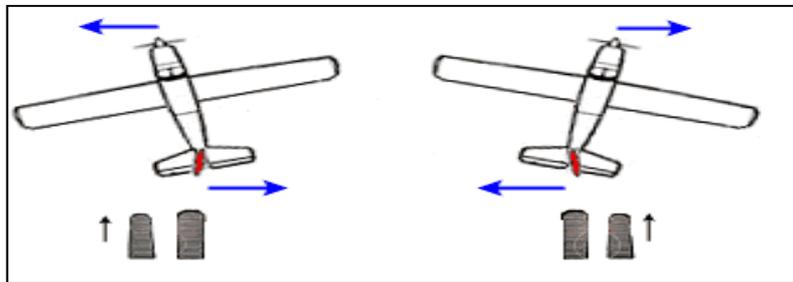


Figura 2.4. Funcionamiento del Timón de dirección

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

Mediante las superficies secundarias es posible disminuir la velocidad mínima que sostiene a un avión en vuelo mediante el control de la capa límite, modificando la curvatura del perfil, o aumentando la superficie alar. Las superficies que realizan una o más de estas funciones se denominan superficies hipersustentadoras.

Los flaps son dispositivos hipersustentadores, cuya función es la de 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, figura 2.5.

Los flaps únicamente deben emplearse en las maniobras de despegue, aproximación y aterrizaje, o en cualquier otra circunstancia en la que sea necesario volar a velocidades más bajas.

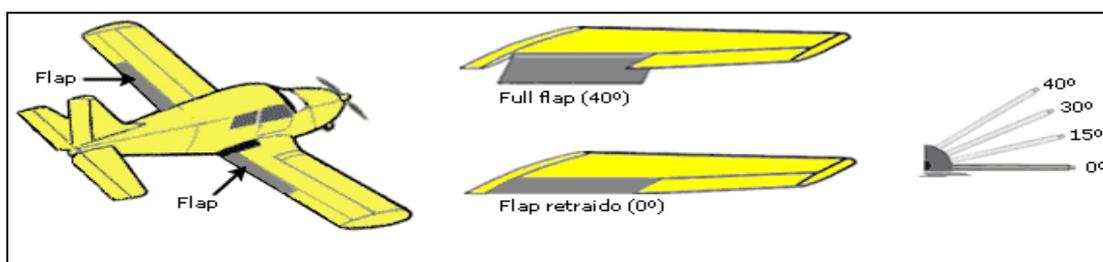


Figura 2.5. Flaps y ángulos de extensión

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

Los 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, figura 2.6.

Se emplean generalmente en grandes aviones para aumentar la sustentación en operaciones a baja velocidad como; aterrizajes y despegues, aunque también hay modelos de aeroplanos ligeros que disponen de ellos.

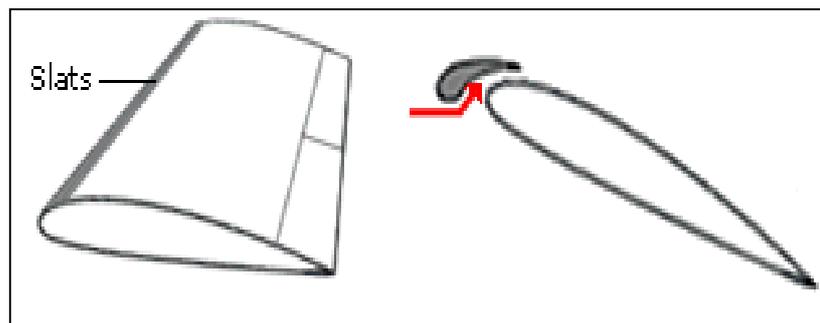


Figura 2.6. Slats

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

Los spoilers o aerofrenos, figura 2.17, 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.

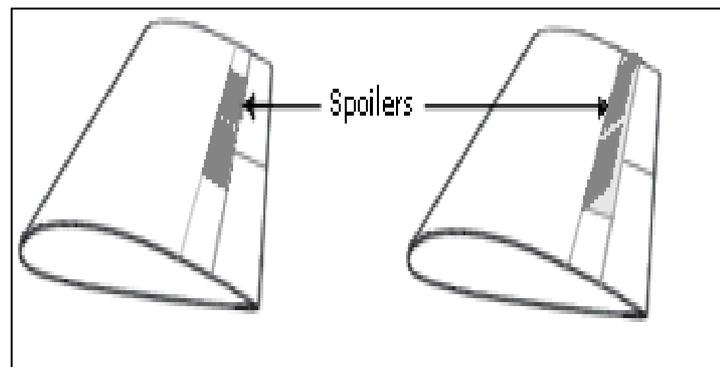


Figura 2.7. Spoilers y aerofrenos

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

2.3 Avión Boeing 707

2.3.1 Historia del Boeing 707

Si bien el Boeing 707, fue el segundo avión comercial a reacción en aparecer, fue el más exitoso, aprovechó la nueva tecnología y el desastre del Comet, para convertirse en el mejor avión de su clase en el mundo durante su época; su extraordinaria velocidad y gran alcance, convirtieron las largas y tediosas rutas aéreas de la época, en accesibles y rápidas, además fue el último clavo en el féretro de las líneas navieras del atlántico, se podía cruzar el océano en cuestión de horas, seguro y económicamente, su eficiencia logro hacer a Europa y América dos continentes cercanos. Han existido pocos aviones tan revolucionarios en la historia de la aviación.

Durante algunos años monopolizó el servicio de transporte, las líneas aéreas tenían que hacer largas filas para obtener uno, los competidores estaban años detrás del diseño, lo que hicieron, fue copiarlo, Douglas produjo su dc-8, convair el 880, con una arreglo muy similar, cambiando solo los pequeños detalles, llegaron muy tarde y jamás pudieron alcanzar las ventas del 707. Diseñado con las rutas transcontinentales en mente, podía hacer el cruce de todo el país sin escalas, requiriendo pistas muy largas; era parte de un concepto compuesto, pequeños aparatos que fueran de las ciudades medias, a las grandes, desde donde se podría volar a cualquier parte del mundo en los grandes 707.



Figura 2.8. Boeing 707

Fuente: <http://boeing707.freei.me/>

La primera generación de jets reino suprema por más de diez años, hasta la llegada de los nuevos 747, al ser un avión tan extraordinario, las fuerza armadas norteamericanas se interesaron en el, una versión ligeramente modificada, llamada modelo 720 fue diseñada para ellos, originalmente un carguero estratégico, encontró su verdadera función dentro del Comando Aéreo Estratégico, que aprovecho su gran alcance y capacidad de carga, convirtiéndolo en tanque de abastecimiento aéreo, naciendo el Stratotanker, destinado al reabastecimiento aéreo de combustible para la fuerza de bombarderos estratégicos, extendiendo el alcance de un avión hasta el límite de cansancio del piloto, muy pronto se encontró su camino a las demás ramas de la usaf, su gran volumen interior fue plenamente apreciado.

Muy pronto surgieron versiones especializadas, para equipo electrónico y un sin fin de otras cosas, aun ahora el solo numerarlas sería un riesgo de seguridad nacional, así que solo mencionare las más conocidas, el ec-135, avión de reconocimiento electrónico, e3 awacs, el láser aerotransportado y el avión presidencial vc-135, es uno de los pocos aviones que se han acabado el abecedario de clasificación en sus versiones, aun ahora se ve vivo y en magnifico estado, aunque aparte de la célula, todo lo demás es nuevo, motores turbo fan, la más avanzada electrónica, nuevas cabinas, materiales compuestos en las alas y demás refinamientos de nuestra época. Y aunque su vida como avión comercial se acabó hace mucho tiempo, en la actualidad es una vista común en muchos aeródromos militares alrededor del mundo, con toda seguridad lo seguiremos viendo por muchos años.

De la versión civil, se vendieron como pan caliente y termino en todos los rincones del mundo, muchos de ellos fueron militarizados y convertidos en algo parecido al c-135, de la versión militar, se vendieron muy pocos, solo Francia y Alemania contaron con modelos de exportación, los franceses los convirtieron en tanqueros. Mientras que los alemanes los retiraron en favor de aerobuses.

2.4 Hidráulica básica

2.4.1 Principios y leyes fundamentales de la hidráulica

- ✓ Los aceites no son comprensibles (pero si elásticos).
- ✓ Los aceites se transmiten en todas direcciones la presión que se les aplica (principio de Pascal).
- ✓ Los aceites toman la forma de tuberías o aparato, por los que circulan en cualquier dirección.
- ✓ Los aceites permiten multiplicar la fuerza aplicada (prensa hidráulica) como muestra la Figura 2.1.

Las fuerzas aplicadas y transmitidas son directamente proporcionales a la superficie.

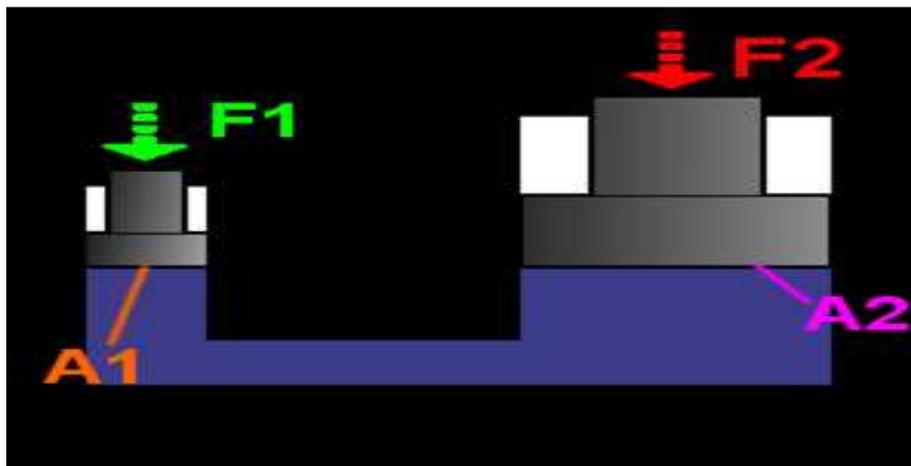


Figura 2.9. Prensa hidráulica

Fuente: <http://hidraulica practica.com>

$$\frac{F1}{A1} = \frac{F2}{A2}$$

2.4.2 Fuerza hidráulica

Es igual al producto de la presión por la superficie sobre la que actúa:

$$F = \text{Presión} \times \text{Superficie}$$

2.4.3 Caudal

Es la cantidad de aceite que se desplaza por una tubería o aparato en un tiempo determinado, siendo el producto de la superficie de la tubería por la velocidad.

$$Q = S \times V$$

Q = caudal

S = área

V = velocidad

2.5 Fluidos hidráulicos

2.5.1 División de fluidos hidráulicos

Se dividen en dos grupos:

1. Aceite hidráulico
2. Líquidos inflamables

Los aceites hidráulicos cumplen dos requisitos en las máquinas:

- ✓ Transmitir energía
- ✓ Lubricar los aparatos hidráulicos

Los aceites hidráulicos son aceites minerales refinados. Se calcula que un 70% de las averías se derivan del empleo de aceites inadecuados o sucios. Otras misiones de los aceites hidráulicos son: protección contra la oxidación y corrosión, no hacer espuma, separar el agua del aceite y conservar su viscosidad dentro de un margen de temperatura.

La elección de un aceite hidráulico se hace en función de:

- ✓ Tipo de circuito
- ✓ Temperatura ambiente
- ✓ Presión de trabajo
- ✓ Temperatura de trabajo
- ✓ Tipo de bomba

2.5.2 Características técnicas

2.5.2.1 Peso específico

El peso específico de una sustancia es el peso de la unidad de volumen. Se obtiene dividiendo un peso conocido de la sustancia entre el volumen que ocupa.

Llamando p al peso y v al volumen, el peso específico, P_c :

$$P_c = p \div v$$

El aparato para medir se llama hidrómetro.

2.5.2.2 Punto mínimo de congelación o fluidez

El punto de fluidez de un aceite lubricante es la mínima temperatura a la cual este fluye sin ser perturbado bajo la condición específica de la prueba.

Los sistemas hidráulicos deben trabajar como mínimo a unos 15° C.

2.5.2.3 Punto de inflamación

Los aceites hidráulicos deben tener un punto de inflamación elevado con objeto de reducir los más mínimos posibles riesgos de incendio, el punto de inflamación de los aceites hidráulicos suelen estar alrededor de los 170 ° C.

2.5.2.4 Viscosidad

La viscosidad es la característica más importante de los aceites hidráulicos. Influyen en la viscosidad la temperatura, presión de trabajo y cizalladura producida por los estrangulamientos de los circuitos.

Cuando más viscoso es un aceite es más difícilmente circula por las tuberías. La presión hace aumentar la viscosidad la influencia de cizallamiento o cortadura producida por los estrangulamientos, válvulas etc., es disminuir la viscosidad.

La viscosidad se mide en unidades absolutas.

- ✓ Viscosidad absoluta. Representa a la viscosidad real del líquido.
- ✓ Viscosidad cinética. Es la viscosidad absoluta no corregida de acuerdo a su peso específico a la temperatura de la prueba.

Viscosidad cinética = viscosidad absoluta

$$\text{N x s / m}^2 = \text{cm}^2 / \text{s}$$

2.5.2.5 Resistencia contra la oxidación y corrosión

La oxidación se produce en los metales por influencia de la temperatura, presión y agua; por tanto, deben llevar aditivos contra la oxidación y corrosión. Por cada 10º de aumento de la temperatura se aumenta la velocidad de oxidación, formándose aditivos, barros, lacas y barnices en el depósito.

2.5.2.6 Resistencia a formación de espuma

Aditivos contra la espuma haciendo que las burbujas de aire se desprendan con facilidad, el aceite forma espuma (burbujas) al disminuir la presión.

2.6 Válvulas hidráulicas

2.6.1 Función de las válvulas hidráulicas

El control de una instalación hidráulica se realiza mediante válvulas. Es misión de la misma regular la presión, regular el caudal, distribuir el aceite o cerrar cierta parte del circuito, o sea, regular la potencia que debe transmitir la instalación procurando que sus pérdidas sean mínimas. En las válvulas las pérdidas de carga no deben ser superiores a 4 %.

2.6.2 Tipos de válvula

Las válvulas en hidráulica tienen varios cometidos, según la funcionalidad que tengan se les denomina de una manera u otra, además de esto, se las puede sub clasificar. Por este motivo, se ha diseñado una sección exclusivamente para explicar todas las válvulas y sus diferentes categorías.

2.6.3 Válvulas distribuidoras

Son las encargadas de dirigir el flujo según nos convenga. También pueden influir en el arranque de receptores, como pueden ser los cilindros; y gobernar a otras válvulas.

- ✓ 2 vías 2 posiciones
- ✓ 3 vías 2 o tres posiciones
- ✓ 4 vías o tres posiciones
- ✓ 5 vías o tres posiciones
- ✓ 6 vías o 2,3 o 4 posiciones

2.6.4 Válvulas reguladoras de presión

También llamadas válvulas limitadoras de presión. Se les llama de esta forma porque limitan la presión de trabajo en el circuito, limitan la presión de la

bomba y pueden funcionar como elemento de seguridad. Dependerá de la sub clasificación.

- ✓ Válvulas de seguridad
- ✓ Válvulas de descarga
- ✓ Válvulas limitadoras
- ✓ Válvulas reductoras
- ✓ Válvulas de secuencia
- ✓ Válvula de alta y baja bombas
- ✓ Válvula de descarga de acumuladores

2.6.5 Válvulas reguladoras de caudal

Cuando deseamos variar la velocidad de un actuador, cilindro, etc., recurriremos siempre a las válvulas de flujo.

- ✓ Válvulas de estrangulación
- ✓ Válvulas reguladoras de caudal compensado
- ✓ Válvulas divisoras de caudal
- ✓ Válvulas limitadoras de caudal

2.6.6 Válvulas de cierre o de bloqueo

Este tipo de válvula tiene como objetivo impedir el paso de fluido hacia un sentido, mientras permite la libre circulación de fluido en el sentido contrario al obstruido.

- ✓ Válvulas de retención
- ✓ Válvulas de retención pilotadas
- ✓ Válvulas de pre llenado

2.7 Filtros

2.7.1 Definición de filtros

Un filtro hidráulico es el componente principal del sistema de filtración de una máquina hidráulica, de lubricación o de engrase.

Estos sistemas se emplean para el control de la contaminación por partículas sólidas de origen externo y las generadas internamente por procesos de desgaste o de erosión de las superficies de la maquinaria, permitiendo preservar la vida útil tanto de los componentes del equipo como del fluido hidráulico.

2.7.2 Tipos de filtros hidráulicos

Según la complejidad estructural de la máquina, su entorno de funcionamiento o su importancia en la secuencia del proceso productivo en el que se encuentra integrada, el sistema de filtración hidráulico puede estar construido por filtros de diferente diseño y materiales situados en puntos específicos del equipo.

En función de su situación, las características de diseño y la naturaleza de cada filtro puede ser diferente de manera a responder de manera eficiente a su función, de manera que se distinguen:

- **Filtro de impulsión o de presión:** situado en la línea de alta presión tras el grupo de impulsión o bombeo, permite la protección de componentes sensibles como válvulas o actuadores.
- **Filtro de retorno:** en un circuito hidráulico cerrado, se emplaza sobre la conducción del fluido de retorno al depósito a baja presión o en el caso de filtros semi -sumergidos o sumergidos, en el mismo depósito. Actúan de control de las partículas originadas por la fricción de los componentes móviles de la maquinaria.
- **Filtro de venteo, respiración o de aire:** situado en los respiraderos del equipo, permite limitar el ingreso de contaminantes procedentes del aire.

- **Filtro de recirculación:** situados off-line, normalmente sobre la línea de refrigeración que alimenta el intercambiador de calor, permiten retirar los sólidos acumulados en el depósito hidráulico.
- **Filtro de aspiración:** llamados también strainers, se disponen inmediatamente antes del grupo de impulsión a manera de proteger la entrada de partículas al cuerpo de las bombas.

2.8 Bombas hidráulicas

2.8.1 Funcionamiento de las bombas hidráulicas

Una bomba hidráulica es un dispositivo tal, que recibiendo energía mecánica de una fuente exterior, la transforma en una energía de presión transmisible de un lugar a otro de un sistema hidráulico a través de un líquido cuyas moléculas estén sometidas precisamente a esa presión.

2.8.2 Bombas de desplazamiento negativo

Se dice que una bomba es de desplazamiento negativo cuando su órgano propulsor no contiene elementos móviles; es decir, que es de una sola pieza, o de varias ensambladas en una sola. Otra definición para aclarar los términos dice que las bombas de desplazamiento negativo son las que desplazan una cantidad variable de líquido dependiendo de la presión del sistema. A mayor presión menor cantidad de líquido desplazará.

A este caso pertenecen las bombas centrífugas, cuyo elemento propulsor es el rodete giratorio. En este tipo de bombas, se transforma la energía mecánica recibida en energía hidro-cinética imprimiendo a las partículas cambios en la proyección de sus trayectorias y en la dirección de sus velocidades. Es muy importante en este tipo de bombas que la descarga de las mismas no tenga contrapresión pues si la hubiera, dado que la misma regula la descarga, en el caso límite que la descarga de la bomba estuviera totalmente cerrada, la misma

seguiría en movimiento no generando caudal alguno trabajando no obstante a plena carga con el máximo consumo de fuerza matriz.

Por las características señaladas, en los sistemas hidráulicos de transmisión hidrostática de potencia hidráulica nunca se emplean bombas de desplazamiento negativo.

2.8.3 Bombas de desplazamiento positivo

Se dice que una bomba es de desplazamiento positivo, cuando su órgano propulsor contiene elementos móviles de modo tal que por cada revolución se genera de manera positiva un volumen dado o cilindrada, independientemente de la contrapresión a la salida. Otra definición dice que las bombas de desplazamiento positivo son las que desplazan una cantidad constante de líquido, independientemente de la presión del sistema.

En este tipo de bombas la energía mecánica recibida se transforma directamente en energía de presión que se transmite hidrostáticamente en el sistema hidráulico.

En las bombas de desplazamiento positivo siempre debe permanecer la descarga abierta, pues a medida que la misma se obstruya, aumenta la presión en el circuito hasta alcanzar valores que pueden ocasionar la rotura de la bomba; por tal causal siempre se debe colocar inmediatamente a la salida de la bomba una válvula de alivio o de seguridad. Con una descarga a tanque y con registro de presión.

En la mayoría de las bombas la sección del orificio de admisión es mayor que el de presión, esta regla casi y en general queda alterada en las bombas de giro bi-direccional donde ambos orificios presentan el mismo diámetro.

La razón de las diferencias de diámetros anotada, queda justificada por la necesidad de ingreso de aceite a la bomba al valor más bajo posible (máximo

1,20 metros por segundo) quedará como consecuencia unas mínimas pérdidas de carga, evitándose de esta forma el peligro de la cavitación.

En ningún caso debe disminuirse por razones de instalación o reparación el diámetro nominal de esta conexión que invariablemente está dirigida al depósito o tanque como así también mantener la altura entre el nivel mínimo de aceite de este último y la entrada en el cuerpo de la bomba de acuerdo al indicado por el fabricante. Para las bombas a engranajes, paletas y pistones sin válvulas, los fabricantes dan valores de succión del orden de los 4 a 5 pulgadas de mercurio cuando ellas operan con aceites minerales, disminuyendo este valor a 3 pulgadas de mercurio cuando las bombas operan con fluidos sintéticos.

En general podemos decir que la altura máxima a la que debe estar la bomba con respecto al depósito no debe superar nunca los 80 centímetros.

Las bombas de pistones con igual válvula de admisión y salida no proveen una succión suficiente para elevar el aceite y funcionar sin cavitación por ello se recurre al llenado o alimentación por gravedad colocando el depósito por encima de la bomba.

La observación de lo anotado permitirá el funcionamiento correcto de las bombas instaladas asegurando su eficiencia, mediante una aspiración correcta y preservando la vida útil de las mismas al limitar las posibilidades de la cavitación por una altura a excesiva o una sección de aspiración menor es la indicada.

Uno de los problemas que frecuentemente se presentan, es la aspiración de aire por parte de la bomba (cavitación), teniendo por consecuencia un funcionamiento deficiente, pérdida de presión, excesivo desgaste y funcionamiento sumamente ruidoso.

Los tipos habituales de bombas que suelen utilizarse en maquinaria son de piñones, paletas o pistones.

2.9 Cilindros hidráulicos

2.9.1 Utilización de los cilindros hidráulicos

Cuando la energía hidráulica debe convertirse en un desplazamiento lineal de una fuerza (trabajo lineal), debe utilizarse como elementos transformadores los cilindros hidráulicos.

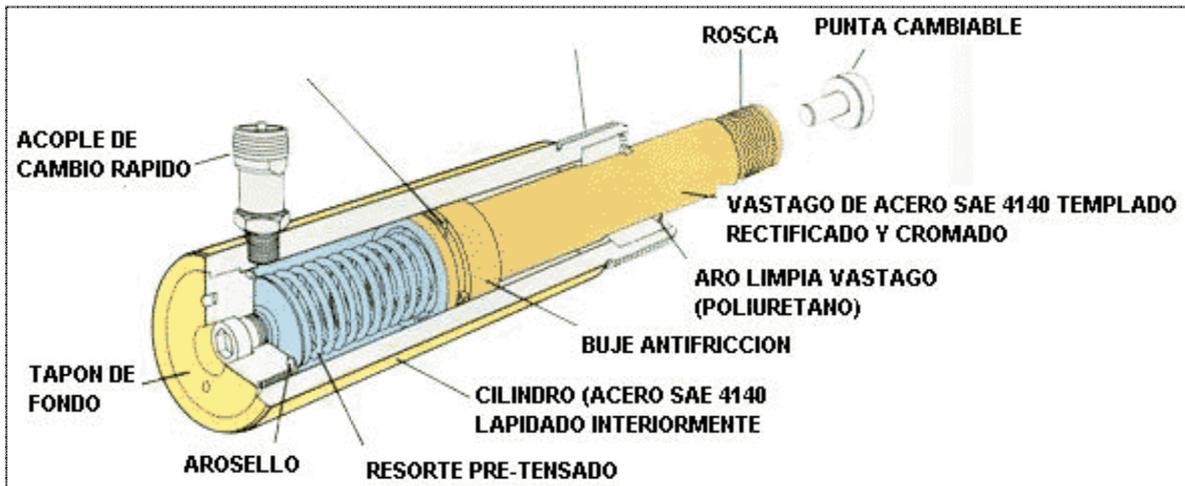


Figura 2.10. Cilindro hidráulico

Fuente: <http://hidraulica practica.com>

2.9.2 Descripción y componentes los cilindros hidráulicos

Los cilindros hidráulicos constan de un cuerpo, un cabezal posterior y otro anterior que presenta un agujero para permitir que el vástago se deslice a través del cabezal anterior. La parte móvil del cilindro consta de embolo y el vástago que transmite la posición del embolo al exterior. La cámara posterior no presenta problemas, pero en la anterior existe el agujero de salida del vástago, por lo que esta debe equiparse con las correspondientes juntas. Se basan: en que toda presión aplicada sobre un aceite contenido en un recipiente rígido y cerrado se transmite uniformemente en todas direcciones.

En una palabra, los cilindros hidráulicos son los brazos de los sistemas hidráulicos.

2.9.3 Partes de un cilindro hidráulico

1. Camisa o tubo. Es un acero estirado sin soldaduras rectificadas y lampeadas 12 micras.
2. Vástagos. Pueden ser normales o reforzados, son de acero cromado y rectificado de gran presión. Normalmente roscadas al final.
3. Tapas. Son de acero soldadas, atornilladas o roscadas.
4. Pistón o embolo. Son de aleación de aluminio, acero o fundición al cromo níquel.
5. Bocas de aceite. Por donde entra y sale el aceite.
6. Amortiguación fin de carrera. Para frenar el pistón y que no golpee en las tapas.
7. Evacuación de fuga de agua. En los cilindros de simple efecto.
8. Empaquetaduras y retenes. Para estanqueidad de los vástagos (guarniciones metálicas de alma de caucho, metal de blanco-plomo, caucho sintético retenes con labio sellado, cargado con un muelle, reten acopado-remember neumática)
9. Juntas metálicas. Para estanqueidad entre el pistón y la camisa. Cuero embutido, segmentos, doble segmento en una sola pieza, juntas metálicas expansivas y juntas labiales.

2.9.4 Características técnicas de los cilindros

Diámetro de la camisa de mm

- ✓ Carrera del vástago en mm
- ✓ Presión de trabajo en bar, kg/ cm², atmosferas

Diámetro de vástago en mm

- ✓ Tipo de cilindro
- ✓ Sistema de fijación
- ✓ Rosca de conexión

Juego entre presión y camisa

- ✓ Menor de 60 mm: - 0, 07 mm
- ✓ De 90 a 120 mm: - 0, 1 mm
- ✓ -0, 5 mm
- ✓ De más de 165 mm, según fabricante

Hay fugas entre cilindros y pistón que, según la máquina, puede llegar a 50 cm²/minuto, pero no debe haber entre el vástago y las tapas.

2.9.5 Fuerza hidráulica de un cilindro

$$F = P \times S$$

La superficie depende del diámetro.

2.9.6 Velocidad de un cilindro

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

$$v = \frac{10 \times Q}{S}$$

Dónde,

- ✓ V= velocidad en metros/ minutos
- ✓ Q= caudal en litros/minuto.
- ✓ S= sección cilindro en cm.

Tiempo en efectuar una carrera

$$T = \frac{S \times h}{Q_e}$$

Dónde,

- ✓ S = superficie de la camisa cm^2 .
- ✓ H = carrera en cm.
- ✓ Q_e = Caudal efectivo que le llega en cm^3/s

2.9.7 Tipos de cilindros

Aquí podemos ver los principales tipos de cilindros, Figura 2.6.

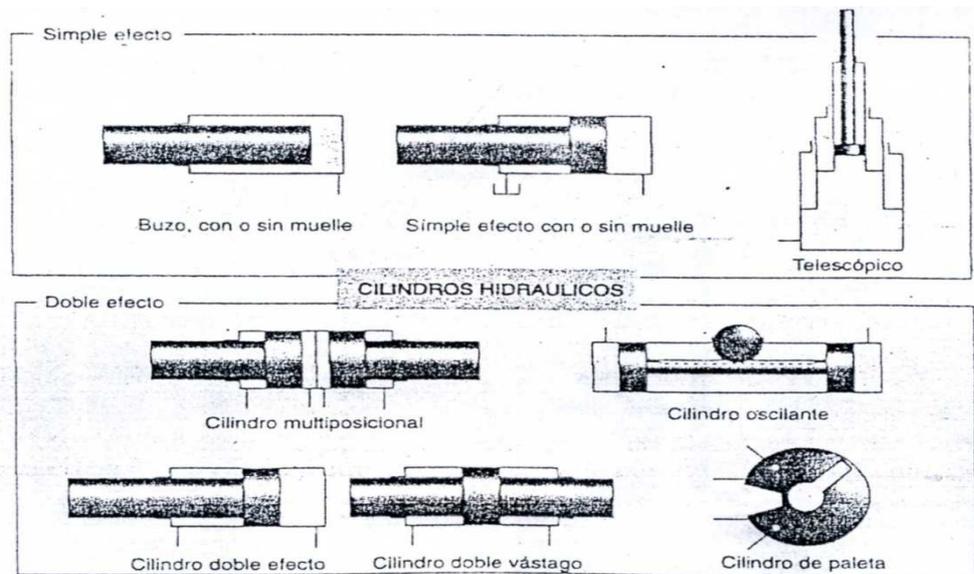


Figura 2.14. Tipos de cilindros hidráulicos

Fuente: curso de inicio del avión Boeing 727 ITSA

2.9.8 Cilindros de simple acción o de simple efecto

Empleados perfectamente en equipo móviles, cuya misión es levantar la carga, bajo bien por su propio peso o con ayuda de muelles.

El aire a presión actúa solo por una cara, haciendo que el pistón y su vástago salgan por la acción del aceite. Por el otro lado del pistón no hay aceite, solo aire que entra y sale por un orificio de respiración, tapado por un filtro poroso. Una variante muy empleada de este sistema es el llamado cilindro de embolo buzo o cilindro ariete. Se caracteriza por que su vástago es mayor que el de simple acción, teniendo un resalte para que no se salga, como muestra la Figura 2.7.

Tiene como ventajas:

- ✓ No necesitan orificios de respiración, la parte interior del cilindro no tiene por qué ser pública.
- ✓ El vástago es el más resistente.
- ✓ Las juntas son exteriores y fáciles de cambiar.
- ✓ En los cilindros con muelle deben llevar un espaciador con el fin de que sean comprimidas espira con espira.
- ✓ Los cilindros tipo buzo es necesario purgarlos.

2.10 Tuberías y mangueras

2.10.1 Definición de tuberías y mangueras

Las tuberías hidráulicas son conductos sin soldadura de acero de precisión, especialmente diseñadas para la hidráulica. Las tuberías tienen un tamaño estándar para los diferentes rangos de presión, con diámetros estándar de hasta 100mm. Las tuberías son suministradas por los fabricantes en longitudes de 6m, limpiado, engrasado y conectado. Las tuberías están interconectadas por:

1. Diferentes tipos de bridas (especialmente para los tamaños más grandes y presiones).
2. Los conos de soldadura / pezones (con sello o ring).
3. Varios tipos de conexión de la llamarada.

2.10.2 Clasificación de las mangueras hidráulica

1. Presión.
2. Temperatura
3. Compatibilidad del fluido

Las mangueras se utilizan cuando no se pueden utilizar las tuberías, para proporcionar flexibilidad en la operación de la máquina o del mantenimiento.

El radio de curvatura de la manguera hidráulica ha sido cuidadosamente diseñado en la máquina, ya que las fallas de la manguera pueden ser mortales y la violación de la manguera de radio mínimo de curvatura puede provocar un fallo. Las mangueras hidráulicas tienen un casquillo de acero estampado en los extremos. La parte más débil de la manguera de alta presión es la unión de la manguera a la conexión. Una desventaja de las tuberías es la vida corta del caucho, que requiere el reemplazo periódico, por lo general de cinco a siete años de intervalo.

2.11 Manómetro

2.11.1 Definición de manómetro

El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local.

Siempre que en hidráulica se haga una regulación de presión, bien actuando sobre una válvula u otro aparato, debemos comprobar con un manómetro.

2.11.2 Clases de Manómetros:

Los manómetros son de dos tipos, entre los cuales tenemos:

- **Manómetros del tipo abierto;** con una superficie atmosférica en un brazo y capaz de medir presiones manométricas.
- **Manómetros diferencial;** sin superficie atmosférica y que sólo puede medir diferencias de presión.

2.11.3 Manómetro de Burdon

Instrumento mecánico de medición de presiones que emplea como elemento sensible un tubo metálico curvado o torcido, de sección transversal

aplanada. Un extremo del tubo está cerrado, y la presión que se va a medir se aplica por el otro extremo. A medida que la presión aumenta, el tubo tiende a adquirir una sección circular y enderezarse. El movimiento del extremo libre (cerrado) mide la presión interior y provoca el movimiento de la aguja.

El manómetro Burdon es el instrumento industrial de medición de presiones más generalizado, debido a su bajo costo, su suficiente aproximación y su duración.

2.12 Depósito o tanque

2.12.1 Depósito de aceite

El depósito de aceite o tanque actúa como reserva de aceite del aire, evacua el calor, lleva dentro o encima de la bomba, soporta al motor hidráulico y montajes modulares es muy importante que el aire entre y salga libremente, existen depósitos presurizados (a presión) que se emplea en aviación.

Es importante también un tabique separador o placa deflectora que impide que la bomba el aceite directamente de la línea de retorno.

El depósito además de enfriar el aceite, tiene que permitir que la bomba aspire el suficiente caudal. La regla general para calcular el tamaño del depósito es la siguiente.

El tamaño debe ser tres veces el caudal de la bomba de esta forma si la bomba da 20 l/min, el depósito debe ser de unos sesenta litros.

2.13 Movimientos Mecánicos

2.13.1 Definición de los movimientos mecánicos

Se denomina movimiento mecánico al fenómeno que se caracteriza por el cambio de posición de un cuerpo con respecto a otros cuerpos al transcurrir el tiempo.

- ✓ En mecánica, el movimiento se divide en cuatro principales ramas:
- ✓ El movimiento rectilíneo uniforme.
- ✓ El movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.
- ✓ El movimiento circular.
- ✓ El movimiento parabólico.

2.13.2 Movimiento Rectilíneo Uniforme

Un movimiento es rectilíneo cuando el móvil describe una trayectoria recta y es uniforme cuando su velocidad es constante en el tiempo, dado que su aceleración es nula. Nos referimos a él mediante las siglas MRU.

Sabemos que la velocidad es constante, esto es, no existe aceleración, por tanto la posición en el instante viene dada por:

$$X = X_0 + v t$$

Dónde:

X_0 = es la posición inicial

V = la velocidad

T = el tiempo de recorrido

2.13.3 Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado

El movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA), también conocido como movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV), es aquél en

el que un móvil se desplaza sobre una trayectoria recta estando sometido a una aceleración constante.

En mecánica clásica el movimiento uniformemente acelerado (MRUA) presenta tres características fundamentales:

- ✓ La aceleración y la fuerza resultante sobre la partícula son constantes.
- ✓ La velocidad varía linealmente respecto del tiempo.
- ✓ La posición varía según una relación cuadrática respecto del tiempo.

El movimiento MRUA, como su propio nombre indica, tiene una aceleración constante, cuyas relaciones dinámicas y cinemática, respectivamente, son:

La velocidad (v) para un instante (t) dado

Finalmente la posición (x) en función del tiempo

2.13.4 Movimiento Circular

El movimiento circular es el que se basa en un eje de giro y radio constante: la trayectoria será una circunferencia. Si, además, la velocidad de giro es constante, se produce el movimiento circular uniforme, que es un caso particular de movimiento circular, con radio fijo y velocidad angular constante.

En el movimiento circular hay que tener en cuenta algunos conceptos específicos para este tipo de movimiento:

Eje de giro

Es la línea alrededor de la cual se realiza la rotación, este eje puede permanecer fijo o variar con el tiempo, pero para cada instante de tiempo, es el eje de la rotación.

- ✓ Arco (geometría): partiendo de un eje de giro, es el ángulo o arco de radio unitario con el que se mide el desplazamiento angular. Su unidades el radián.
- ✓ Velocidad angular: es la variación de desplazamiento angular por unidad de tiempo.
- ✓ Aceleración angular: es la variación de la velocidad angular por unidad de tiempo.

En dinámica del movimiento giratorio se tienen en cuenta además:

- ✓ Momento de inercia: es una cualidad de los cuerpos que resulta de multiplicar una porción de masa por la distancia que la separa al eje de giro.
- ✓ Momento de fuerza: o par motor es la fuerza aplicada por la distancia al eje de giro.

2.13.5 Movimiento Parabólico

Se denomina movimiento parabólico al realizado por un objeto cuya trayectoria describe una parábola. Se corresponde con la trayectoria ideal de un proyectil que se mueve en un medio que no ofrece resistencia al avance y que está sujeto a un campo gravitatorio uniforme.

Puede ser analizado como la composición de dos movimientos rectilíneos: un movimiento rectilíneo uniforme horizontal y un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado vertical

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3 Preliminares

Para realizar el presente proyecto se utilizó un análisis de posibilidades u opciones de construcción, las mismas que luego de ser analizadas arrojaran alternativas más convenientes.

3.1 Descripción de alternativas

La idea general es la funcionalidad del mecanismo de giro su efectividad didáctica y factibilidad económica.

3.1.1 Primera alternativa

- Información General

La primera alternativa consta de un mecanismo utilizando materiales hidráulicos como son bombas, motor y manómetros de presión, etc.; permitirán accionar los cilindros hidráulicos, sean estos diseñados, contruidos o adquiridos, los mismos que ayudaran a realizar el movimiento de alabeo que realizan las aeronaves.

Además este mecanismo utiliza fluidos hidráulicos a presión, acorde de los parámetros estipulados en las bombas adquiridas.

En síntesis, este sistema podría simular el funcionamiento del sistema hidráulico del avión para el accionamiento de las superficies primarias. Pudiendo considerar que solo diferiría la inexistencia de las alas.

Los elementos a utilizar pueden encontrarse fácilmente en centros de ventas de material hidráulico utilizando materiales así:

Tabla 1.1. Primera alternativa de simulación

MOVIMIENTO DE ALABEO	SIMULADOR
SUPERFICIE PRIMARIA	
Alerones	Plancha de acero, acoplada a una viga del mismo material. (simula el movimiento del alerón)
Cuadrante del ala	Pasadores
FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO	
Actuadores hidráulicos	Dos cilindros hidráulicos de simple y doble efecto
Tuberías y cañerías	Mangueras de presión
Válvula	Válvula distribuidora 4/3
Bomba eléctrica 3000 PSI	Bomba eléctrica 2000 PSI
Motor	Motor eléctrico monofásico 220v. Dc
Sensor e indicador de presión	Sensor e indicador de presión Manómetro
Reservorios hidráulicos	Tanque de acero de 15 litros
Líquido hidráulico	Aceite para circuitos hidráulicos
Filtro	Cartucho y filtros de aspiración
CABLEADO Y POLEAS	
Cables y poleas	Este mecanismo no tiene cableado ni poleas
CONTROL Y MANDO	
Volante de control	La palanca de la válvulas controlaran el movimiento (simula el volante)

Elaborado por: Ricardo Mina

- Funcionalidad

Este simulador presentara casi en su totalidad la puesta en marcha y utilización de componentes de sistema hidráulico y superficies móviles con la cuales consta una aeronave.

Además cabe notar que el mecanismo de control nos permitirá manejar el sistema en situaciones muy similares a la de una aeronave.

- Efectividad didáctica

Didácticamente simula el mecanismo de giro en mención, los que nos permite evaluar su funcionalidad, mas su tamaño requieres un gran espacio físico en la estructura simuladora de movimientos, además de su conocimiento previo sobre el sistema que facilite su comprensión.

Destacamos la defectibilidad de este mecanismo, ya que didácticamente puede presentar algunos criterios contrarios como se puede citar; el mayor peso en la estructura y dificultad en su comprensión.

- Factibilidad

Debido a que los recursos son de fácil acceso y se cuenta con el factor económico, es factible la implementación del mecanismo, pues en el anteproyecto se pudo resaltar su análisis de precio de los componentes antes mencionados; mas cabe resaltar que en caso de poner en marcha esta idea, seria ocupar un espacio físico mayor a la estructura, lo cual puede ser un limitante en su funcionalidad, pues en caso de no contar con el suficiente espacio, el simulador no podría ser implementado, lo que reduciría su objetivo de consolidarse como una herramienta de ayuda de instrucción.

3.1.2 Segunda alternativa

- Información General

La segunda alternativa consta de un funcionamiento más simple del mecanismo, se utilizará menor material, que de igual manera simulara el funcionamiento del movimiento de alabeo y será a través de un mismo sistema hidráulico.

El simulador podrá conformarse por componentes muchos menos costosos, mas todos podrán ocupar menor espacio físico en la estructura de forma que permita admirar el funcionamiento simulado del sistema incorporado.

Su funcionamiento se realizará de mejor manera, lo que hará más que tener un movimiento de giro, tendrá un sistema hidráulico el cual controlará la totalidad el proceso.

Tabla 2.1. Segunda alternativa de simulación

MOVIMIENTO DE ALABEO	SIMULADOR
SUPERFICIE PRIMARIA	
Alerones	Dos columnas de acero A – 36 de 4 x 1/8 pulgadas con una dimensión longitudinal de 120 cm y 180 cm. (simula el movimiento del alerón).
Cuadrante del ala	Pasadores de acero 5 cm.
FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO	
Actuadores hidráulicos	Actuador adquirido o construido con jeringuilla 720 mm
Tuberías y cañerías	Tuberías y cañerías de fibra de hule o metal y codos adaptadores de bronce.
Válvulas	Válvula distribuidora 4/3.
Bombas eléctricas 3000 PSI	Bomba eléctrica 2000 PSI.

Motor eléctrico	Motor eléctrico monofásico 220v. Dc
Sensor e indicador de presión	Sensor e indicador de presión Manómetro (Bourdon).
Reservorios hidráulicos	Tanque de acero A- 36 de 10lts para el reservorio y almacenamiento.
Filtro de aspiración	Cartucho y filtro de aspiración de malla
Líquido hidráulico	Aceite para circuitos hidráulicos
CABLEADO Y POLEAS	
Cables y poleas	Este mecanismo no contiene cables ni poleas.
CONTROL Y MANDO	
Volante de control	Caja de control de hierro colado con palanca.

Elaborado por: Ricardo Mina

- Funcionalidad

Didácticamente este mecanismo puede considerarse como uno de gran aptitud debido a que solo sea una réplica, simula el funcionamiento a manera real del sistema, eliminando a mayor escala el mantenimiento exhaustivo como requisito para mantenerlo en funcionamiento.

Puede además simular el lado adecuado en el cual se quiere realizar el movimiento, a la derecha e izquierda o mantenerse en equilibrio, la misma que no necesita una gran explicación y facilitando la captación de la información, considerándose así como un gran apoyo didáctico en estas asignaturas.

- Efectividad

Este mecanismo es una réplica física del funcionamiento mas no una representación dentro de todos los factores que estos implican; esta premisa nos permite eliminar algunos componentes físicos y limitarnos más a simular su funcionamiento de una forma sencilla y didáctica.

Estos nos permiten así reducir espacio para su implementación en la estructura, además de facilitar su comprensión.

- Factibilidad

Este mecanismo es de fácil manipulación y fácil utilización, además tiene un grado menor de revisión de los componentes del sistema hidráulico, sin que haya factores que impidan su factibilidad didáctica, como son los complejos manejos y mantenimiento, ya que con mucha facilidad los estudiantes de niveles superiores lo podrían realizar.

3.1.3 Comparación de alternativas

Para evaluar la mejor opción se realiza una evaluación cuantitativa la cual mediante la calificación de diversos parámetros individuales en cada opción se suma se verifica el total y se escoge el mejor resultado.

Cada criterio tendrá una valoración acorde al criterio de ponderación la misma que será calificada, en escala de 1 a 4, donde 4 es la más alta y 1 es la menor, para así escoger la opción más apropiada argumentando además la razón de calificación, evaluando así, cada uno de los siguientes parámetros.

Tabla 3.1. Comparación de alternativas

PARÁMETRO	Factor de ponderación x/1	Alternativa N° 1 (simulación del movimiento con 2 actuadores hidráulicos)		Alternativa N° 2 (simulación del movimiento con 1 actuador hidráulico)	
Funcionalidad de replica	0.5	4	2	4	2
Mantenimiento	0.8	2	1.6	3	2.4

Simulación	0.5	4	2	4	2
Herramienta didáctica	0.9	2	1.8	4	3.6
Espacio utilizado en la estructura	0.5	1	0.5	4	2
Costo de construcción	0.9	2	1.8	4	3.6
Costo de reparación	0.7	2	1.4	3	2.1
Versatilidad de movilidad	0.6	2	1.2	3	1.8
Facilidad de operación	0.9	3	2.7	4	3.6
Total final		22	15.0	<u>33</u>	<u>23.1</u>

Elaborado por: Ricardo Mina

3.1.4 Selección de la mejor alternativa

Al analizar los valores obtenidos por el criterio de ponderación, tenemos que la segunda alternativa es apreciativamente la mejor; además, luego de comparar ambas alternativas podemos elegirla sin mucho rodeo a la segunda, pues además de ser más económica y permitir ocupar un menor espacio en la estructura y un mantenimiento más sencillo, es didácticamente más apropiado por su facilidad de comprensión.

3.2 Diseño

El diseño de este proyecto se toma en cuenta que el simulador no solo debe únicamente funcionar como los movimiento que realiza dicho avión, sino también debe permitirnos comprenderlo de una forma sencilla, para que de esta forma se cumpla el objetivo de crear una herramienta de ayuda didáctica, dividiendo el diseño del simulador:

- Parámetros del diseño
- Mecanismo de giro y/o superficie de mando y control
- Cálculos
 - Cálculo de momentos y resistencias
 - Ley de equilibrio de los momentos
 - Ley de los momentos
 - Cálculo de soldaduras
- Diseño del sistema hidráulico
 - Fuerza requerida para mover la cabina
 - Potencia requerida para accionar el sistema
 - Caudal que necesita el sistema
 - Potencia en caballos de fuerza (HP), que necesita el motor
- Selección de elementos para el sistema hidráulico
 - Cilindro
 - Bomba
 - Motor
 - Aceite hidráulico
 - Filtro
 - Válvula limitadora de presión

- Control de mando
- Manómetro
- Manguera de aspiración
- Tanque

3.2.1 Parámetros del diseño

Para la construcción se ha utilizado tubo estructural cuadrado de acero A-36 de (4" x 1/8") con una dimensión longitudinal de 4.16 metros (un tubo) Anexo D

Las medidas impuestas al soporte fueron consideradas de acuerdo a varios factores, entre los que por mencionar citamos: cualidades de la cabina, accesibilidad, fiabilidad; Siendo estas.

DIMENSIONES	MEDIDAS
Longitud	1.80 metros trasera y 0.78 metros la delantera
Altura	0.24 metros
Profundidad	0.10 metros

También debemos tomar en cuenta que las dimensiones de la estructura, ya que en ella vamos a implementar el soporte, cuales son:

DIMENSIONES	MEDIDAS
Longitud	3 metros
Altura	0.5 metros
Profundidad	2.60 metros

Además de las dimensiones de la estructura se debe tomar en cuenta las características de la cabina ya que en ella estarán cuatro personas dentro por lo que se detalla.

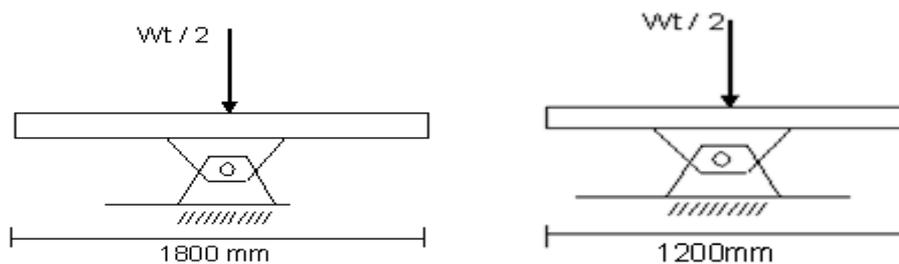
DIMENSIONES

MEDIDAS

Peso	879 kilogramos
Longitud	3.50 metros
Altura	180 metros
Profundidad	3.15 metros

El mecanismo a fabricarse no estará fijo, se lo hará móvil, para que de esta manera del movimiento de alabeo a la cabina.

- Cargas sobre el punto de apoyo



Las cargas que tendrá que soportar el pasador son:

- W_1 = peso de la cabina. (879Kg)
- W_2 = peso de la nariz de la cabina. (24.5Kg)
- W_3 = peso de los accesorios. (202.5Kg)
- W_4 = peso de ocupantes. (4 personas, 300Kg)
- P = peso del tubo. (23.1Kg/ 2.58 m)

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

$$W_t = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + P$$

Sustituyendo los valores ya conocidos, obtenemos:

$$W_t = 879 + 24.5 + 202.5 + 300$$

$$W_t = 1429.1\text{Kg}$$

El peso de la estructura está dividido entre las dos, trasera y delantera.

$$W_t = 1429.1\text{Kg} / 2$$

$$W = 714.55 \text{ Kg}$$

3.2.2 Mecanismo de giro y/o superficie de mando y control

Para el diseño soporte y/o superficie de mando, se buscó una idea que permita que el mecanismo no ocupe mucho espacio en la estructura y al mismo tiempo soporte a la cabina y sirva como superficie de mando, además, que visualmente permita dar facilidad de comprensión del mecanismo, por esta razón, la idea planteada de dos columnas de acero sobre la estructura simuladora que balancee a la cabina, pasando a una propuesta más didáctica.

Para la puesta en marcha del soporte y/o superficie de mando, primeramente se analizó la seguridad, que las cargas impuestas que soportan, no sean excesivas alarmando a los operarios.

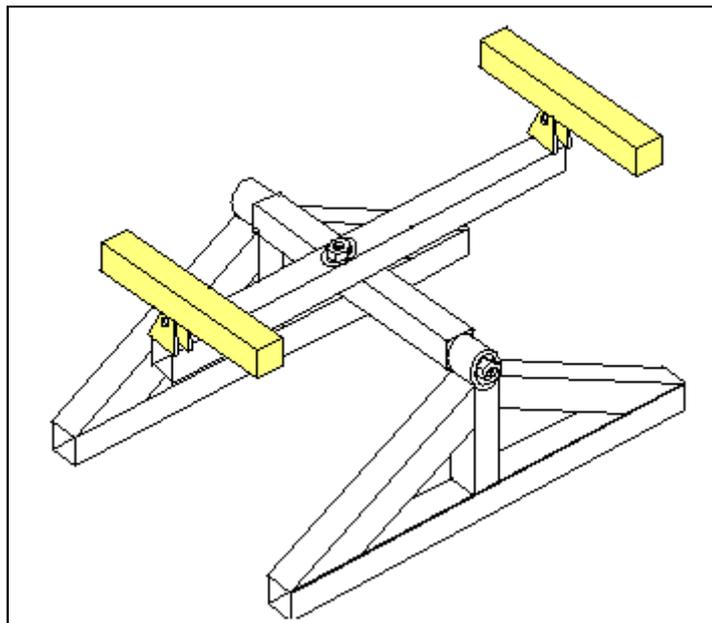


Figura 3.1. Diseño del soporte y/o superficie de mando y control

- Constantes de las vigas

Para este apartado, utilizamos un diagrama de cuerpo libre con el objeto de obtener un mejor entendimiento nos ilustraremos en la figura, las notaciones, coordenadas y constantes de la estructura se detallan en el diagrama de cuerpo libre.

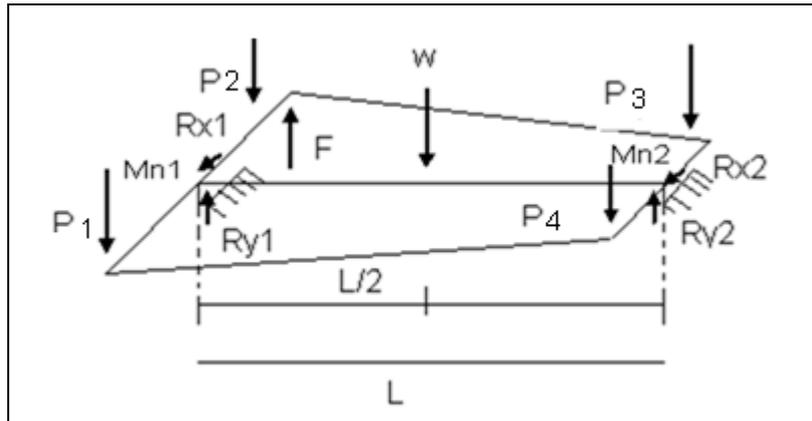


Figura 3.2. Diagrama de cuerpo libre del pórtico

$P =$ Carga concentrada. [Kg]

$L =$ Claro o luz de una estructura o arco entre las líneas centrales de los apoyos [cm].

$L/2 =$ Es la mitad de la longitud del claro de luz.

$M_n =$ Momento de flexión en la sección definida por el índice. [Kgm]

$R_x =$ Componente horizontal de la reacción de la estructura o arco en la sección de finida por el índice. [Kg]

$R_y =$ Componente vertical de la reacción de la estructura o arco en la sección de finida por el índice. [Kg].

3.3 Cálculos

Para efectos del cálculo se debe realizar un análisis sobre la estructura conformada por dos vigas que giran en su punto de apoyo también llamadas palancas.

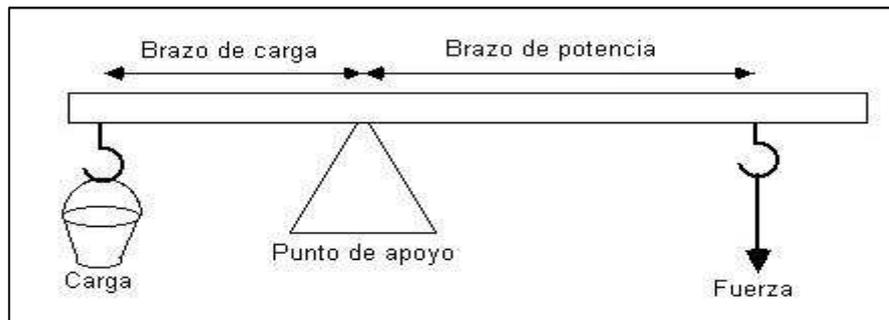
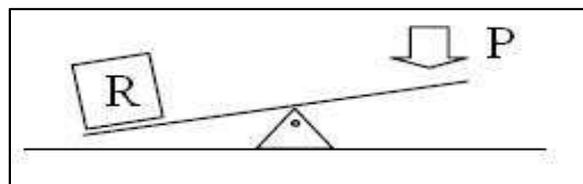


Figura 3.3 palanca

Una palanca es una maquina simple formada por una barra rígida que puede girar alrededor de un punto de apoyo.

De acuerdo con la posición de la potencia y de la resistencia con respecto al punto de apoyo, se consideran tres clases de palancas, que son:

De primer género: El punto de apoyo está entre la carga y el punto de aplicación de la potencia, por ejemplo el sube y baja, las tenazas, las tijeras.

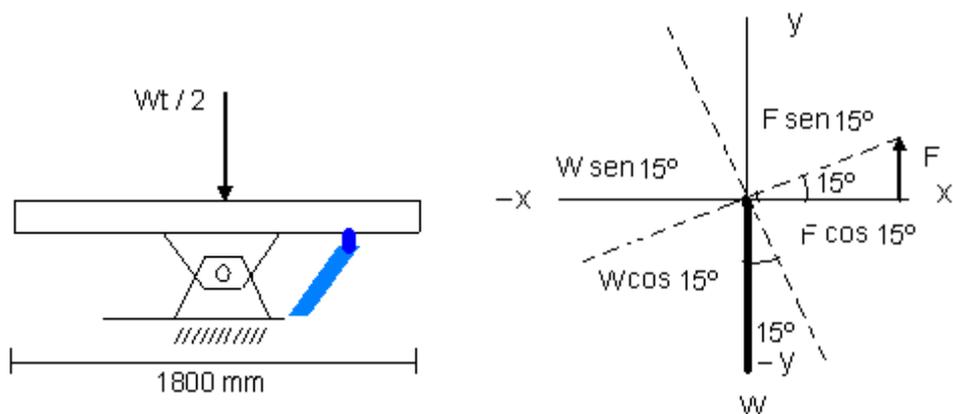


3.3.1 Cálculos de momentos y resistencias

Para determinar los cálculos de los momentos, debemos conocer la fuerza "F", fuerza que el cilindro necesita para realizar el movimiento, esta fuerza se lo encuentra con el peso de la cabina, la cual se lo apunta a continuación.

3.3.2 Fuerza de empuje que se requiere

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 su diagrama de cuerpo libre que involucra a una fuerza de entrada F ejercida por el cilindro, al peso total Wt y a reacciones cuyas direcciones se suponen tal y como se muestra en las figuras.



Realizamos la sumatorias de fuerzas:

$$\sum F_x = 0$$

$$F \cdot \cos 15^\circ - W \cdot \sin 15^\circ = 0$$

$$F = 191.4 \text{ kg}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F \cdot \sin 15^\circ - W \cdot \cos 15^\circ = 0$$

$$F = \frac{W \cdot \cos 15^\circ}{\sin 15^\circ}$$

$$F = 2666.7 \text{ Kg}$$

$$\sum F_y + F_x = F_t$$

$$F_t = 2666.7 + 191.4$$

$$F_t = 2475.3 \text{ kg}$$

¹En 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.

$$F_n = F_t - F_r$$

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:

$$F_r = 0,1 * F_t$$

$$F_r = 0,1 * 2475.3 \text{ kg}$$

$$F_r = 247.53 \text{ kg}$$

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

$$F_n = 2475.3 \text{ kg} - 247.53 \text{ kg}$$

3.3.3 Ley de equilibrio de los momentos

Una palanca estará en equilibrio cuando el momento ejercido por la potencia sea igual al momento ejercido por la resistencia.

¹<http://www.sapiensman.com>

Pesos iguales a igual distancia están en equilibrio y pesos iguales a distancia desiguales no están en equilibrio sino que indican el peso que está a mayor distancia.

La finalidad de una palanca es conseguir mover una carga grande a partir de una fuerza o potencia muy pequeña.

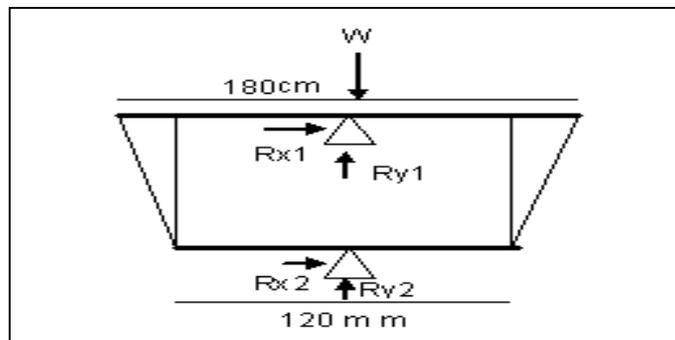
El peso se divide entre la viga principal y delantera entonces el peso será:

$$W = 714.55 \text{ kg.}$$

Este peso también se divide en la viga, por lo tanto tendrá una carga en cada lado de la palanca será de:

$$P = 357.275 \text{ kg}$$

Viga principal:



$$\sum F_x = 0$$

$$R_{x1} = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{y1} - W = 0$$

$$R_{y1} = 714.55 \text{ kg}$$

$$\sum M = 0$$

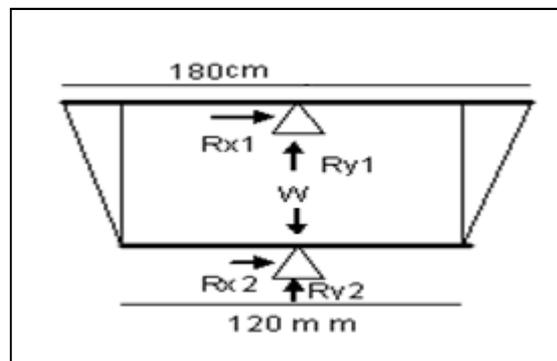
$$M = F \times d$$

$$M = + W \times 0 - R_{y1} \times 0$$

$$M = 714.55 \times 0 - 714.55 \times 0$$

$$M = 0$$

Viga delantera:



Sumatoria de fuerzas:

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{x2} = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{y2} - W = 0$$

$$R_{y2} = 714.55 \text{ kg}$$

$$\sum M = 0$$

$$M = F \times d$$

$$M = - W \times 0 + R_{y2} \times 0$$

$$M= 714.55 \times 0 - 714.55 \times 0$$

$$M= 0$$

La resistencia de la viga principal y la viga delantera serán las mismas ya que la carga es igual a las resistencias.

$$R_{y1}=R_{y2}$$

$$R_{x1} = R_{x2}$$

3.3.4 Ley de los momentos

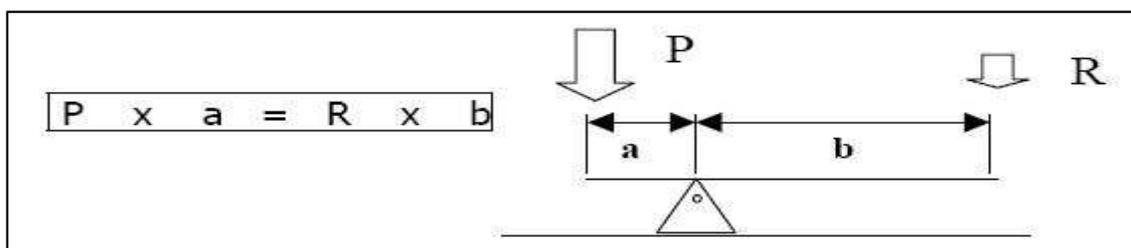
Una palanca estará en equilibrio cuando el momento ejercido por la potencia sea igual al momento ejercido por la resistencia. Si los momentos no son iguales, el sistema gira, imponiendo el sistema de giro la fuerza que produce un momento mayor.

La viga principal y delantera tendrán las mismas resistencias y momentos el cualquier de los lados ya que tienen el mismo peso y contienen un fulcro que permite el movimiento. Además la fuerza que ejerce el cilindro en la viga principal tiene la misma longitud desde el fulcro hacia el extremo de la viga delantera.

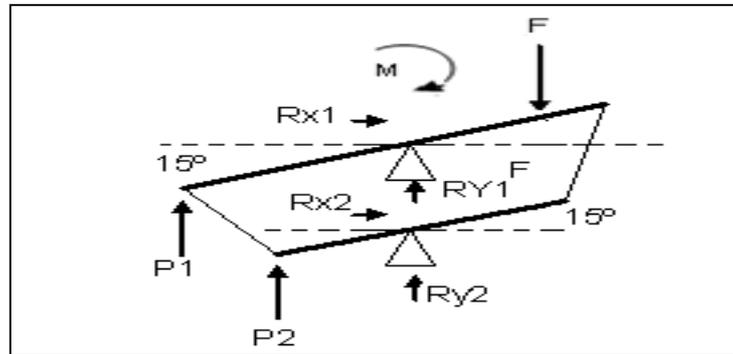
Matemáticamente la ley de equilibrios se puede expresar como:

$$P \times a = R \times b$$

Donde (**P**) es la potencia, (**a**) la longitud de su brazo de palanca, (**R**) la resistencia y (**b**) la longitud de su brazo de palanca. Cuanto mayor sea (**a**) mayor será el peso que podamos mover.



Cálculos en la viga principal con movimiento a la derecha y un ángulo de 15°:



Realizamos la sumatoria de fuerzas y momentos.

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{x1,2} = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{y1,2} - F + P1 + P2 = 0$$

$$R_{y1,2} = 2227.7 - 357.275 - 357.275$$

$$R_{y1,2} = 1513.15 \text{ kg}$$

$$\sum M = 0$$

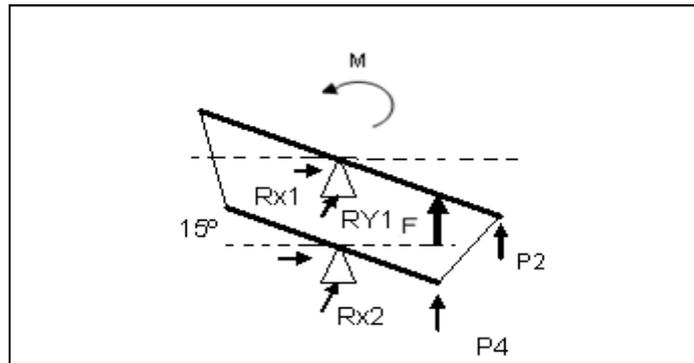
$$M = F \times d$$

$$M = + F \cdot \cos 15^\circ \times 0.6 - P \cdot \cos 15^\circ \times 0.9 - P \cdot \cos 15^\circ \times 0.6$$

$$M = 1291.07 - 310.59 - 207.06$$

$$M = 773.4 \text{ Kg m}$$

Cálculos de la viga principal con movimiento a la izquierda y un ángulo de 15°:



Realizamos la sumatoria de fuerzas y momentos.

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{x1,2} = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{y1,2} + F + P_2 + P_4 = 0$$

$$R_{y1,2} = -2227.7 - 357.275 - 357.275$$

$$R_{y1,2} = -2942.23 \text{ Kg}$$

$$\sum M = 0$$

$$M = F \times d$$

$$M = -2227.7 \cdot \cos 15^\circ \times 0.6 - 357.275 \cdot \cos 15^\circ \times 0.6 - 357.275 \cdot \cos 15^\circ \times 0.9$$

$$M = -1291.07 - 207.06 - 310.59$$

$$M = -1808.72 \text{ kg m}$$

3.3.5 Cálculo de soldaduras

Partes soldadas con electrodo E6011, Anexo D

P = carga

L = la longitud del cordón de soldadura

H = el espesor de la soldadura

0.707 = área de garganta

$$\sigma = \frac{P}{0.707x h x L}$$

$$\sigma = \frac{714.55 \text{ kg}}{0.707x 0.9 \text{ cm} x 15.9 \text{ cm}}$$

$$\sigma = 70.41 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = \text{PSI}$$

3.4 Diseño del sistema hidráulico

Al plantear la idea para crear el simulador, tenemos que analizar parámetros expuestos en los planos de sistema hidráulico del avión, de forma que el simulador físico sea un apoyo en el proceso educativo.

Dada dicha situación, primero se analizó los planos del sistema hidráulico del movimiento de alabeo y el análisis de su funcionamiento para obtener las condiciones necesarias para la creación del simulador.

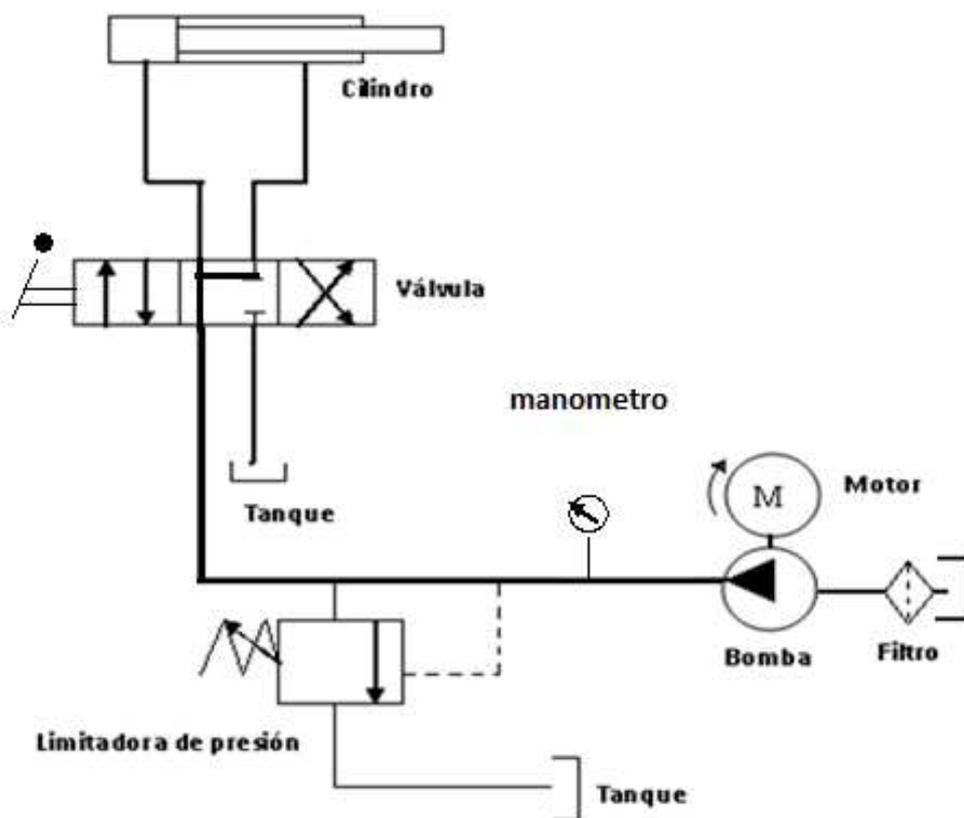


Figura 3.4. Diseño de sistema hidráulico

El accionamiento hidráulico constará por un eje, que en un avión sería el eje "y", en el cual se realizará cada uno de los movimientos del cilindro hidráulico de doble efecto.

Al acortarse o alargarse arrastra los bastidores que soportan a 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 con una fuerza igual para evitar la traslación obteniendo como resultado un par que actúa sobre el cuerpo y que provoca la rotación.

3.4.1 Presión del sistema

La presión con la cual va a trabajar el sistema y esto lo vamos a encontrar según la siguiente fórmula:

P= presión

F= fuerza

A= área del cilindro

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

$$P = \frac{2227.7 \text{ kg}}{31.65 \text{ cm}^2}$$

$$P = 70.3 \text{ BAR}$$

$$P = 1019.35 \text{ PSI}$$

3.4.2 Tiempo de en efectuar una carrera

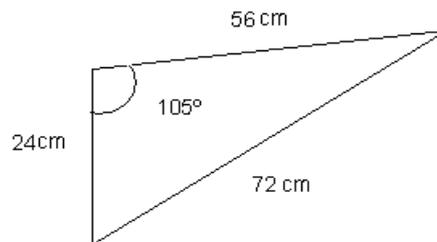
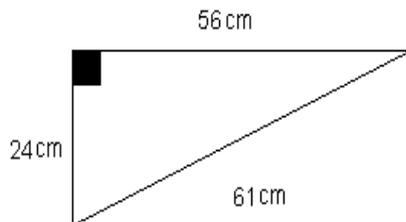
Para determinar el tiempo hemos analizado un periodo adecuado de trabajo del cilindro de manera que los movimientos se puedan percibir de una manera más seria y apreciable, que no sea violenta y pausada:

El tiempo adecuado será de 5 segundos por cada periodo de movimiento del vástago.

$$T = 5 \text{ segundos}$$

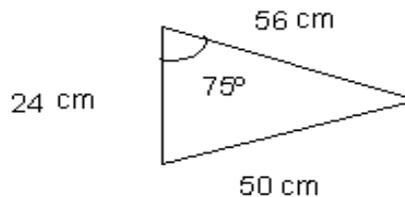
La distancia que recorre el cilindro en cada periodo

Esta es una representación del cilindro hidráulico con las tres posiciones del vástago:



1. Vástago en media carrera

2. Vástago en carrera completa



3. Vástago recogido

Entonces, vamos a establecer la distancia que el cilindro recorre en las tres posiciones (P):

La dimensión del cilindro extendido es de 72 cm y extraído es de 50 cm, son 22 cm del vástago el movimiento de giro de izquierda a derecha debe ser proporcional, por ende la distancia en cada periodo será de 11 cm en un tiempo de 5 minutos.

3.4.3 Velocidad de avance del cilindro

Dado que ya se conoce la distancia del vástago extendido por completo y a media carrera y además hemos establecido el tiempo que el cilindro debe realizar su trabajo aplicamos la fórmula de la velocidad (MRU):

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

d = distancia de una carrera

t = tiempo que realiza una carrera

V= velocidad del cilindro

El tiempo efectuado en una carrera desde P2 hasta P3 realiza es:

$$T = 5 \text{ s}$$

Entonces la velocidad del trabajo del cilindro en las tres posiciones es:

$$V = \frac{11 \text{ cm}}{5 \text{ s}}$$

$$V = 2.2 \text{ cm / s}; \quad V = 0.022 \text{ m / s}$$

3.4.4 Caudal

Para determinar la cantidad de aceite que se desplaza por el cilindro en un tiempo determinado realizamos la siguiente ecuación.

$$Q = A * V$$

A= área del cilindro

V= velocidad de avance del cilindro

Q= caudal

$$Q = 31.65 * 2$$

$$Q = 63.3 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 3.79 \text{ LPM}$$

3.5 Selección de los elementos y mecanismos hidráulicos

Para la selección de los elementos y mecanismos del sistema hidráulicos se debe tomar en cuenta; las dimensiones de la estructura, la fuerza que se necesita para mover la cabina, la presión y el caudal que requiere el sistema

3.5.1 Selección del cilindro hidráulico

El trabajo efectivo del mecanismo, se lo realiza a través de cilindros hidráulicos de doble efecto.

Entran tuberías en sus dos extremos, el líquido que en ellas se encuentran es controlado por la palanca del conjunto de válvula distribuidora, que si se inyecta presión de aceite en uno de sus extremos queda en libertad la otra, por la cual sale el líquido.

Un cilindro debe ser dimensionado para tener un empuje mayor que el requerido, con el propósito de contrarrestar la carga.

La selección adecuada de un cilindro depende principalmente de los siguientes parámetros:

- a) Disponibilidad del espacio donde acopla el cilindro
- b) Longitud de recorrido de la varilla del pistón
- c) Presión de operación del sistema
- d) Velocidad de operación del cilindro

Se ha establecido un giro de 15° para obtener un movimiento muy bien percibido por parte de los operarios, este movimiento se lo escogió por las dimensiones del soporte de la cabina y las estructuras realizadas, por ende se busca un cilindro hidráulico que tenga una medida adecuada para realizar los 15° grados exigidos.

El monto de sobredimensionamiento está gobernado por la velocidad deseada para ese movimiento, cuando mayor es la sobredimensión, más rápido va a realizarse la carrera bajo carga.

Sin embargo, se sugiere aplicar la siguiente regla para usos generales:

Cuando la velocidad de desplazamiento no es importante, se recomienda seleccionar un cilindro con una fuerza de empuje un 25% superior a la necesaria.



Figura 3.5. Cilindro Hidráulico

El cilindro seleccionado tiene las siguientes características que se detallan a continuación y lo hemos elegido con por los cálculos realizados espacio de la estructura y la presión del sistema:

Modelo	Wolverine
Tipo	Doble efecto
Longitud de carrera	200 mm
Diámetro del cilindro	$2\frac{5}{8}$ in
Diámetro del vástago	$1\frac{1}{2}$ in
Longitud del cilindro contraído	500 mm
Longitud del cilindro extendido	720 mm

3.5.2 Selección de la bomba

Para seleccionar la bomba primero analizamos el factor económico y las técnicas de la bomba, por lo cual se ha seleccionado una bomba de engranajes externos son las más utilizadas, económicas y cumple con las características requeridas. Esta bomba se la considera de caudal constante pues la única forma de variar el caudal es aumentando su velocidad de rotación, a continuación representamos las especificaciones de la bomba:

Modelo	1AG 2U058 – P10C42
Tipo	Caudal constante de engranajes externos
Rpm	3600 rpm
Caudal	12 l/min
Presión	1800 Psi
Peso	143 kg



Figura 3.6 Bomba hidráulica

3.5.3 Selección del motor

La función del motor es transformar la energía eléctrica en energía mecánica, esta energía mecánica tiene una velocidad de rotación y permite que la bomba realice su trabajo.

- Potencia del motor en caballos de fuerza

La potencia del motor eléctrico que acciona la bomba vamos a calcular de la siguiente forma:

$$Kw = \frac{LPM * BAR}{600}$$

Kw = kilowatts

LMP = el caudal en litros por minuto de los 3 cilindros

BAR = presión máxima del sistema en bar

600 = calculo teórico estimado de la eficiencia del motor

$$Kw = \frac{8.4 * 100}{600}$$

$$Kw = 1.4$$

Se multiplica por 1.32 para obtener el resultado en HP.

$$Kw = 1.4 * 1.32$$

$$HP = 1.84$$

Los cálculos ya realizados nos exigen un motor con una potencia en caballos de fuerza de 1.8 trifásico, lo que demanda adquirir un motor de 2 HP para el funcionamiento de nuestro sistema con las siguientes características:



Figura 3.7 Motor Eléctrico

Modelo	Weg
Tipo	Eléctrico trifásico de engranajes.
Potencia	2 HP
RPM	1720



Figura 3.8 Unión del motor a la bomba mediante un mecanismo de acople conocido como matrimonio

3.5.4 Selección de aceite hidráulico

Para una bomba con las características detalladas y seleccionada es necesario utilizar un aceite con una viscosidad de 21 a 61 Engler, como la presión es de 70 PSI la temperatura de trabajo es 60 ° C.

Los aceites hidráulicos cumplirán estos requisitos en nuestro sistema:

- ✓ Transmitir energía
- ✓ Lubricar los aparatos hidráulicos
- ✓ Protección contra la oxidación y corrosión
- ✓ No hacer espuma
- ✓ Separar el agua con el aceite y conservar su viscosidad dentro de un margen de temperatura.

Además de los requisitos mencionados para elegir nuestro aceite hidráulico lo hacemos en función de:

- ✓ Tipo de circuito
- ✓ Temperatura ambiente
- ✓ Presión de trabajo
- ✓ Temperatura de trabajo
- ✓ Tipo de bomba

Por las exigencias en el sistema se ha seleccionado el fluido DEXRON III. Anexo D

Este lubricante resiste la oxidación, anticorrosión. Físicamente protege contra el desgaste, disminuye y evita la formación de espuma.

Las características técnicas son las siguientes:

Color	Rojo
Densidad a 15°C	0.857
Viscosidad a 100°C	7.2 mm ² /s
Viscosidad a 40°C	35.7 mm ² /s
Índice de viscosidad	192
Punto de inflamación	208°C

3.5.5 Selección del filtro

Es muy importante para la duración de los aparatos hidráulicos el trabajar con un aceite limpio y no contaminado; esto se logra reteniendo las partículas nocivas. Para retener estas partículas es necesario utilizar un filtro que evite la contaminación.

Para determinar el tipo y el emplazamiento del filtro hemos analizado:

- Nivel de filtración
- Presión del trabajo
- Caudal
- Perdida de carga del filtro
- Frecuencia de los operarios de mantenimiento
- Superficies filtrantes
- Accesibilidad del circuito
- Coste
- Características del fluido
- Tipo de ambiente
- Material de que está construido

²Para una bomba de engranajes el grado de filtraje va de 60 a 160 micras, por ende es aconsejable utilizar un filtro de aspiración que no la entorpezca.

Después de haber realizado un análisis de las cuantificaciones del sistema, se ha seleccionado un filtro de aspiración de malla bronce fosforoso. Es un elemento filtrante de malla de un tamiz más o menos grande con un grado de filtración que la bomba exige.



Figura 3.9 Filtro

²Curso del inicio el avión Boeing 707 ITSA

3.5.6 Selección de la válvula limitadora de presión

También llamadas válvulas de seguridad es un elemento indispensable en las instalaciones hidráulicas y es el aparato que más cerca se debe poner hacia la bomba; su misión es limitar la presión máxima del circuito para proteger a los elementos de la instalación. La válvula limitadora es una válvula normalmente cerrada y vierte parte del todo el caudal de la bomba al depósito cuando llega a alcanzar el taraje previamente preestablecido.

Como ya sabemos que la bomba envía una presión indicada y el cilindro trabaja con otra, es indispensable instalar una válvula limitadora en el sistema para preservar daños en el cilindro.

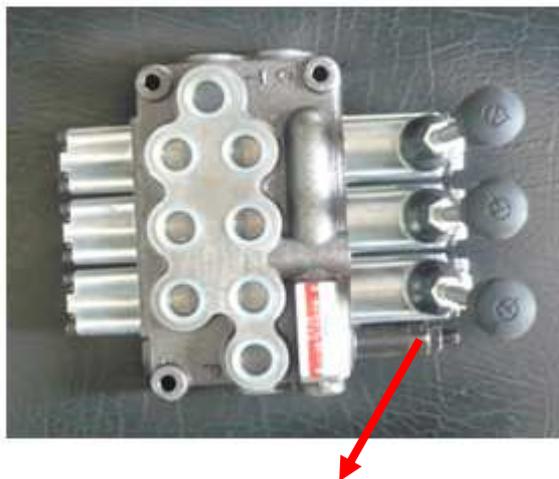


Figura 3.10 Válvula limitadora de presión

3.5.7 Selección del manómetro

Tenemos un sistema que va a trabajar con varias presiones y vamos a centralizar el control de la presión del sistema en un solo manómetro y una válvula selectora de presión.

Se ha escogido un manómetro de tubo elástico (Bourdon), porque son los más empleados y económicos.

La válvula selectora de presión es una válvula de asiento giratorio que comunica la presión con un circuito y con el manómetro, al soltar el eje de la

válvula el muelle de la parte inferior de la máquina, cierra la presión y comunica el conducto del manómetro con el tanque a través de la válvula.



Figura 3.11 Manómetro

3.5.8 Selección del control de mando

El accionamiento será administrado por un conjunto de válvula distribuidora, durante el trayecto se producirán dos etapas por eje, en la primera, mediante el conjunto de válvula distribuidora, la bomba a demandar 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 válvula distribuidora, el piloto invierte el sentido de entrada del aceite; de esta manera 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 válvula distribuidora. Mover la palanca hacia uno u otro lado nos permite retraer u extender los cilindros, posicionando el mecanismo de tal manera que simule los movimientos de vuelo característicos de las aeronaves.

Las palancas de control regresaran automáticamente a la posición neutral, después de que los cilindros lleguen al final de su recorrido.



Figura 3.12 Conjunto de válvulas distribuidoras 4/3 mando por palancas

3.5.9 Selección de mangueras

³Para una bomba con estas características es recomendable utilizar una manguera que no pase los 20 m y no sea menor de los 20 cm, la tubería de aspiración debe ser menor que de la impulsión, además esta tubería debe ser estándar y no tener codos.

Se ha elegido una manguera flexibles son las convenientes para nuestro sistema, ya que las tuberías están sujetas a movimiento y sus tramos son cortos.



Figura 3.13 Cañería flexible de 1/2"

³Curso del inicio el avión Boeing 707 ITSA



Figura 3.14 Cañería flexible de 3/8"

Manguera hidráulica fabricada bajo Norma SAE 100R1AT

Uso: En equipo y maquinarias de construcción, agrícolas, mineras y transporte en general, en líneas de mediana presión, para el transporte de aceites minerales, hidráulicos, emulsiones de agua y aceite. Resiste temperaturas entre -40° y +100° C máximo y en lapsos cortos de hasta 125° C.

- Tubo interior: De caucho sintético resistente a los aceites
- Refuerzo: Una malla trenzada de alambre de acero endurecida y templado
- Cubierta: Caucho sintético resistente a la abrasión e intemperie
- Tiempo de empleado: 5 a 7 años

3.5.10 Selección de depósito o tanque

Para el este sistema necesitamos un tanque para que actúe como reserva del aceite además de las siguientes exigencias.

- ✓ Separe el aceite del aire
- ✓ Evacúe el calor

⁴Para las bombas de engranaje el tanque debe tener dos veces más que su caudal.

$$\text{Tanque} = Q \times 3$$

Q = caudal de la bomba

2 = número de la regla indicada para conocer las dimensiones del tanque

$$\text{Tanque} = 12 \times$$

$$T = 36 \text{ litros}$$



Figura 3.15 Depósito

3.6 Construcción o implementación

Como primer punto cabe definir los materiales a utilizar para simular el movimiento de alabeo, que fueron tomados de la tabla detallada en la segunda alternativa de construcción; además de esto, se sumaron los materiales para la construcción del soporte o posición entre otros, detallados en la tabla a continuación.

⁴Curso del inicio el avión Boeing 707 ITSA

Tabla 4.1. Selección del material

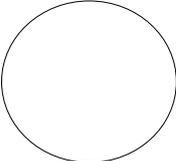
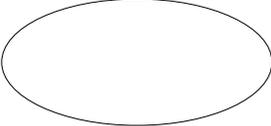
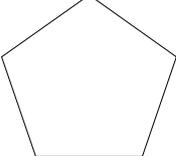
Materiales del mecanismo del sistema de giro	
Soporte	
Dos columnas de acero	Tubo estructural cuadrado de acero A – 36 (10.16 cm y 1.27cm) con diámetros de 120 cm y 180 cm, ferretería variable, como electrones, suelda, cierra. etc.
Complementos	Pasadores
Pintura	Pintura de caucho color amarillo
ESQUEMA HIDRÁULICO	
Reservorio	Planchas de acero A-36, 1 ½ m y respectiva ferretería electrones, suelda, cierra.
Cañerías	Líneas de presión y retorno de fibra de hule y metal.
Filtro	Un filtro de corcho
Bomba	Una bomba hidráulica de engranaje
Motor	Tipo trifásico de 220v dc, con una potencia de 2 Hp.
Válvula de control	Una válvula de control 4/3 de hierro colado, que incluye una válvula de seguridad o sobre presión y la respectiva palanca de mando.
Manómetro	De tubo elástico (Bourdon)
Cilindro	Acero AISI C – 1008, modelo P00635 x 001000 de tipo hidráulico con una longitud de carrera de 200mm con un diámetro de 2 5/8 pulgadas diámetro del vástago 1 ½ pulgadas y longitud

	del cilindro contraído y extendida 500mm y 720mm respectivos.
Otros	Codos adaptadores, aceite hidráulicos Juntas, neplos, adaptadores, tee,
OTRO	
	Switch, pulsadores tipo timbre, grasa

Elaborado por: Ricardo Mina

Para construir el simulador debemos considerar que existen varios lineamientos del diseño que cumplir, así que, la construcción será solo el cumplimiento de los parámetros de diseño según sea el caso, así que cumpliendo los para metros del diseño, se elaboró el diagrama de procesos según la tabla siguiente.

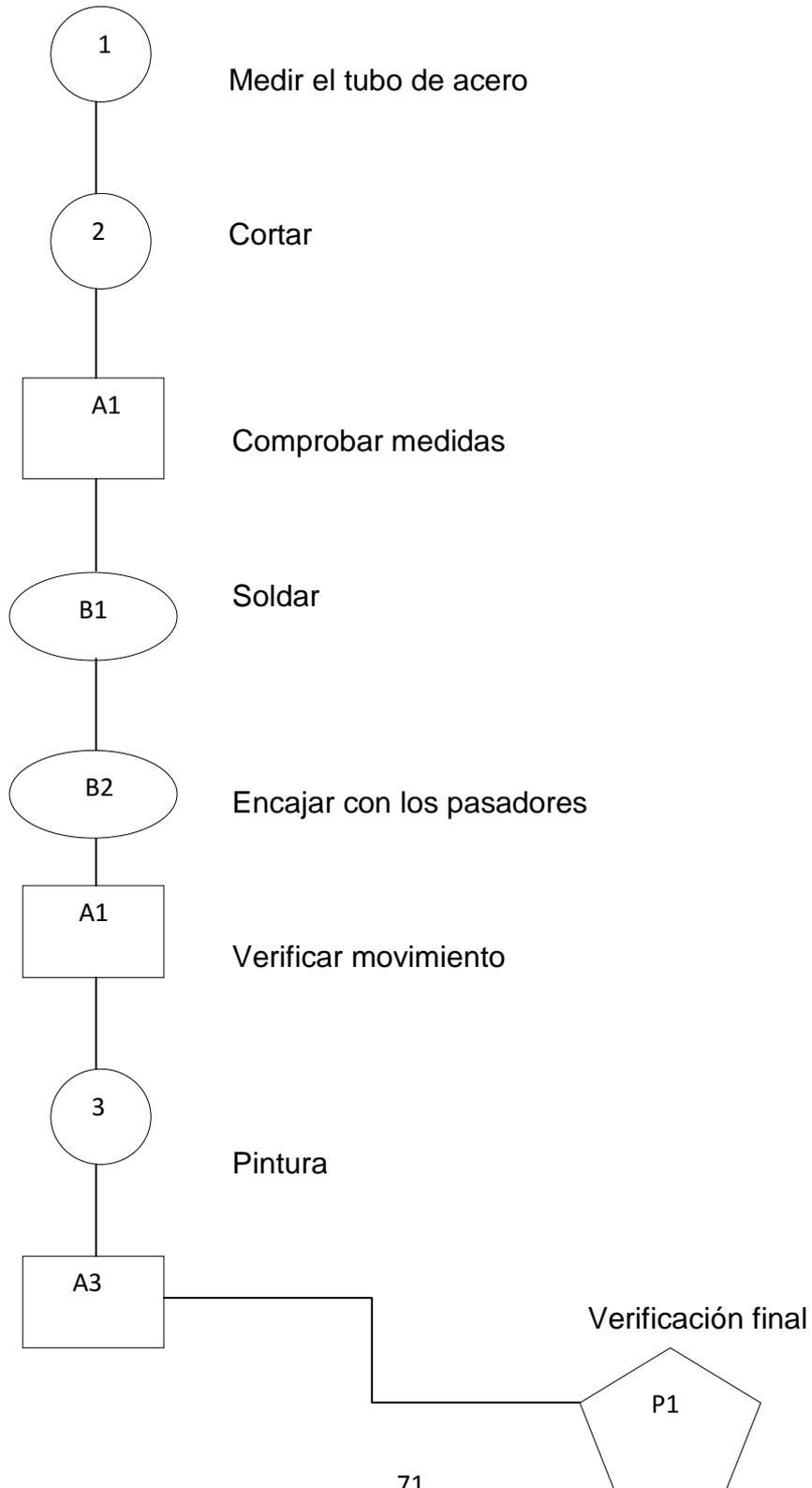
Tabla 5.1. Simbología del proceso de construcción

NUMERO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
1		Operación
2		Inspección
3		Ensamblaje
4		Concluir la operación

Elaborado por: Ricardo Mina

3.6.1 Construcción del movimiento de giro y/o superficie de mando y control

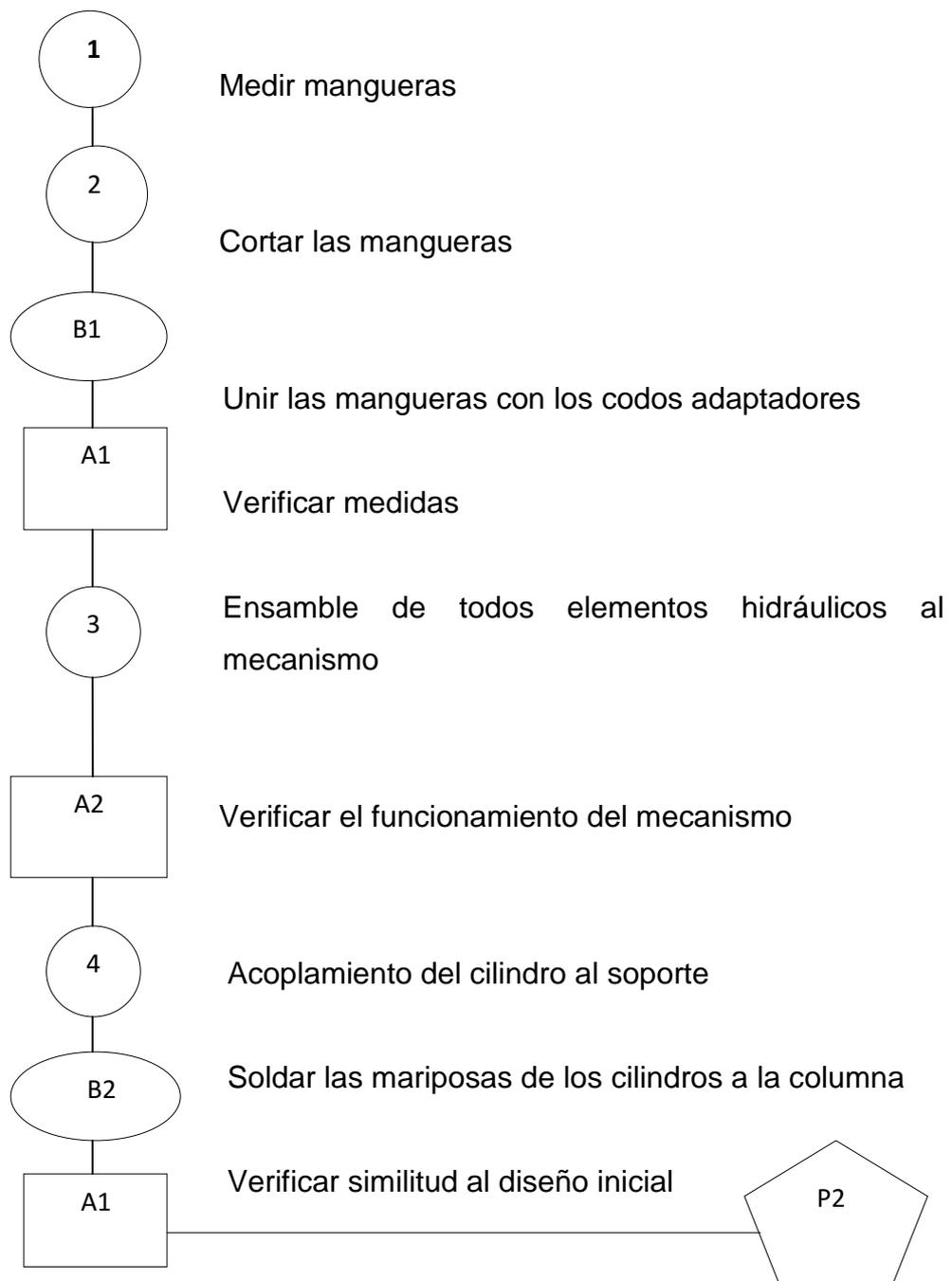
El soporte es construido de un tubo cuadrado de acero según las especificaciones del diseño de los planos según el diagrama.



3.6.2 Sistema hidráulico

El sistema está formado por el reservorio y tuberías, unidas por codos adaptadores de bronce. Entre todos estos componentes a los elementos que complementan el circuito hidráulico.

Todos los elementos y componentes del mecanismo ya han sido citados en la tabla 2.1, y serán utilizados según el diagrama siguiente.



3.7 Pruebas de funcionamiento

Ya implementado el mecanismo de giro el cual trata del movimiento de alabeo a la estructura simuladora de movimientos, se procede a verificar el óptimo desempeño y fallas. Anexo C



Figura 3.16 Movimiento de alabeo

Tabla 6.1. Prueba de funcionamiento

Nº	Parámetros de funcionamiento	Si	No
1	Verificación del mecanismo de giro según los planos realizados.	✓	
2	Tiempo de recorrido del vástago en un ciclo de 5 minutos.	✓	
3	Movimientos de la cabina del avión Boeing 707 hacia el lado izquierdo.	✓	
4	Movimientos de la cabina del avión Boeing 707 hacia el lado derecho.	✓	

Se puede comprobar que el sistema tiene un óptimo funcionamiento por lo tanto la implementación es válida y exitosa.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS ECONÓMICO

4 Presupuesto

Antes de concretar el proyecto, y habiendo realizado un anteproyecto previamente analizando el costo previsto para el mismo en 1105.60 USD para la implementación del movimiento de alabeo, a través de cilindros hidráulicos en la estructura simuladora de movimientos de la cabina del avión Boeing 707, misma que es de forma obvia una mejor alternativa frente a la posibilidad de que cada alumno experimente con una aeronave en vuelo.

Con el objetivo de argumentar a esta condición, se realizará un resumen del costo real que ha tenido el proyecto.

4.1 Análisis económico

En la construcción de este proyecto se consideró tres aspectos económicos muy importantes como son los siguientes.

- Recurso Material Técnico
- Recurso Humano
- Otros

4.1.1 Recursos materiales técnicos

Este factor comprende todos aquellos materiales, accesorios y herramientas requeridos.

Tabla 7.1. Análisis de costo por utilización de herramientas USD

Nro.	Detalle	Costo
HERRAMIENTAS MANUALES		
1	Flexo metro, sierra, conjunto de llaves, calibrador	25 USD
ELECTRÓNICAS		
3	Sierra eléctrica, compresor, suelda	80 USD
OTROS		
9	Suelda autógena	30 USD
SUMAN		135 USD

Elaborado por: Ricardo Mina

Tabla 8.1. Análisis del costo de materiales

Nro.	Detalle	Costo
SOPORTE Y/O SUPERFICIE DE CONTROL Y MANDO		
1	IPAC:Tubo estructurado de acero A-36 4" x 3"	60 USD
2	IPAC: Plancha de acero 1.50 x 22 mm	75 USD
3	IPAC: Tubo para ejes 2" de diámetro	20 USD
SISTEMA HIDRAULICO		
4	Repuestos universal: Cilindros hidráulico	375 USD
5	Repuestos universal: Mangueras	10 USD
6	Repuestos universal: Codo adaptador	2.68 USD
VARIOS		
7	Ferretería Rey: Electrodo, pintura	35 USD
SUMAN		577.68 USD

Elaborado por: Ricardo Mina

4.1.2 Recursos humanos

Comprende la construcción y diseño (físicamente es un rubro impago).

Tabla9.1. Análisis de costo de mano de obra

DETALE	
	Valor USD
Postulante (5 meces)	1200
Asesor	120
TOTAL DE MANO DE OBRA	1420

Elaborado por: Ricardo Mina

4.1.3 Otros

En este literal se analiza otros rubros extras de construcción.

Tabla 10.1. Análisis de costos de otros gastos

COSTO DE OTROS GASTOS	
DETALLE	VALOR USD
Papelería	50
Recursos de software e internet	30
Transporte	70
Contribución a la compra de materiales para el complemento del sistema entre cuatro personas	200
Otros	50
TOTAL DE OTROS GASTOS	400

Elaborado por: Ricardo Mina

4.1.4 Costo total

En esta sección se señala el costo total de la realización del proyecto

Tabla 11.1. Resumen de gastos totales

DETALLE DEL COSTO TOTAL	
DETALLE	VALOR USD
Utilización de herramientas	135
Recursos materiales	577.68
Recursos humanos	1420
Otros	400
TOTAL DE OTROS GASTOS	2532.68

Elaborado por: Ricardo Mina

Luego de realizar un análisis se concluye que el beneficio de esta ayuda didáctica brindada al Instituto, justificará el precio y la construcción del mismo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5 Verificación del cumplimiento de los objetivos

Al cumplir con el proyecto hemos llegado a la verificación de los objetivos planteados.

5.1 Conclusiones

- La implementación del movimiento de alabeo a la estructura simuladora de los movimientos para la cabina del avión Boeing 707, fue exitosa, debido a que se cumplió con los parámetros investigados, establecidos y analizados para ejecutarlo, además es un costo conveniente debido que, para experimentar este movimiento con los estudiantes se lo debería realizar en un vuelo real.
- Todos los materiales necesarios para la construcción fueron de fácil acceso ya que se los pudo encontrar en varios puntos de venta que fueron precisos visitarlos.
- El diseño del sistema hidráulico, se lo realizó siguiendo los requerimientos y recomendaciones para la utilización una bomba de engranajes.
- El estudiante como el instructor de la especialidad de mecánica puede operar el mecanismo de giro, además realizar el mantenimiento del sistema hidráulico, ya que es un sistema fácil de manipular, además se fortalece la praxis.

5.2 Recomendaciones

- La carga máxima en la estructura simuladora de movimientos para la cabina del avión Boeing 707, es de 5 personas, quienes antes de operar deberán tener información de la forma de operación para evitar accidentes.
- Con referencia a la forma de hacer mantenimiento al sistema hidráulico es mandatorio observar y practicar las medidas de seguridad, mantener siempre presente el Manual de Mantenimiento Técnico aplicable, ya que es una guía necesaria y válida para realizar el trabajo con éxito.
- Con referencia al recurso material, hay que mantener en claro el alto costo que significa experimentar un vuelo real con los estudiantes de la Carrera de Mecánica, este equipo de instrucción es útil y servicial, por lo tanto se lo debe operar con mucho cuidado y tener presente todas las normas de seguridad.

GLOSARIO

Aparato. Un aparato es un conjunto de piezas organizadas en distintos dispositivos mecánicos, eléctricos o electrónicos que realizan una función específica.

Asimetría. Se refiere a la propiedad de determinados cuerpos, funciones matemáticas y otros tipos de elementos en los que, al aplicarles una regla de transformación efectiva, se observan cambios respecto al elemento original.

Amortización. La amortización es un término económico y contable, referido al proceso de distribución en el tiempo de un valor duradero. Adicionalmente se utiliza como sinónimo de depreciación en cualquiera de sus métodos.

Caños. También se conoce como caño a los conductos que sirven para conducir fluidos, es decir, agua potable, gas, líquidos cloacales, agua de calefacción y refrigeración, etc.

Categorías. En filosofía, una categoría es una de las nociones más abstractas y generales por las cuales las entidades son reconocidas, diferenciadas y

clasificadas. Mediante las categorías, se pretende una clasificación jerárquica de las entidades del mundo.

Cavitación. La cavitación o aspiración en vacío es un efecto hidrodinámico que se produce cuando el agua o cualquier otro fluido en estado líquido pasa a gran velocidad por una arista afilada, produciendo una descompresión del fluido debido a la conservación de la constante de Bernoulli (Principio de Bernoulli).

Cartucho. En múltiples dispositivos electrónicos, un cartucho puede ser un modo de programar distintas funcionalidades para proporcionar contenido variable, o un modo de reponer consumibles. El término cartucho suele significar cualquier aparato extraíble sujeto a otro que lo contiene. El término casete tiene un significado parecido.

Dc – 8. El Douglas DC-8 es un avión de reacción cuatrimotor que Douglas fabricó entre 1959 y 1972. Lanzado más tarde que su competidor, el Boeing 707, el DC-8 sin embargo, situó a Douglas, entre

los mejores del mercado de la aviación, y se mantuvo en producción hasta 1972 cuando diseños de mayor capacidad, incluyendo al DC-10, hicieron que el DC-8 quedara obsoleto. Relegado a la segunda fila, los detalles del diseño del DC-8 le proporcionaron una leve ventaja en la faceta de carguero, frente al 707; posibilitando así que cientos de aviones DC-8 continúan en servicio, re motorizados, efectuando servicios de carga para diversas compañías, mientras que el último servicio comercial del 707 se produjo, en el año 2000. Fue el mayor avión de fuselaje estrecho (y de un solo pasillo) hasta 1999.

C-135. El Boeing C-135 Stratolifter es un avión de transporte fabricado por la compañía estadounidense Boeing, derivado del prototipo Boeing 367-80, avión de pasajeros de reacción que también sirvió de base para el 707) a principios de los años 1950. El C-135 forma parte de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos desde que fue introducido en 1957.

Centrífugas. Una centrífuga o centrifugadora es una máquina que

pone en rotación una muestra para separar por fuerza centrífuga sus componentes o fases (generalmente una sólida y una líquida), en función de su densidad. Existen diversos tipos de estos, comúnmente para objetivos específicos.

Cizalladura. La cizalladura del viento es la diferencia en la velocidad del viento o su dirección entre dos puntos en la atmósfera terrestre. Dependiendo de si los dos puntos están a diferentes altitudes o en diferentes localizaciones geográficas, la cizalladura puede ser vertical u horizontal.

Comet. El de Havilland DH.106 Comet ('cometa' en inglés) fue el primer avión comercial de reacción, además de ser el primer avión civil que contó con una cabina presurizada y climatizada, necesaria para la elevada altura de vuelo. Empero, los ciclos de presurización y despresurización sumados a un diseño defectuoso del avión conllevaron fallos catastróficos debidos a la fatiga del metal, lo cual no se había dado antes en aviones civiles.

Corrosión. La corrosión se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. De manera más general, puede entenderse como la tendencia general que tienen los materiales a buscar su forma más estable o de menor energía interna. Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades de los metales en cuestión. Otros materiales no metálicos también sufren corrosión mediante otros mecanismos.

Convair EI 880. El Convair 990 fue un reactor de transporte comercial de alcance medio producido por Convair, la división de General Dynamics, una versión "alargada" de su modelo previo, el Convair 880, en respuesta a requerimientos de American Airlines.

Densidad. En física y química, la densidad o masa específica (símbolo ρ) es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa

contenida en un determinado volumen de una sustancia.

Diámetro. El diámetro de una circunferencia es el segmento que pasa por el centro y sus extremos son puntos de ella. Es la máxima cuerda (segmento entre dos puntos de la circunferencia) que se encuentra dentro de una circunferencia, o en un círculo. Todo diámetro divide a un círculo en dos semicírculos.

E3 awacs. El Boeing E-3 Sentry es una aeronave militar desarrollada por el fabricante norteamericano Boeing, a partir del Boeing 707, para la realización de tareas de sistema de alerta y control aerotransportado (AWACS). Provee principalmente vigilancia bajo todo tipo de condiciones climáticas, aunque también sirve de aeronave de mando, de control y de comunicaciones. Se construyeron un total de 68 unidades hasta que en 1992 finalizó su producción. Únicamente una de estas aeronaves ha sido perdida, tras un accidente.

Ec-135. El Eurocopter EC135 es un helicóptero civil bimotor fabricado

por el Grupo Eurocopter, que se usa extensamente en los servicios de policía y ambulancia, y para transporte de ejecutivos. Tiene capacidad para volar según las reglas de vuelo instrumental.

Exhaustivo. Adj. Que agota.

Adj. Tipo de aplicación.

Especificaciones. En áreas como la ingeniería y la manufactura, el término especificación representa un documento técnico oficial que establezca de forma clara todas las características, los materiales y los servicios necesarios para producir componentes destinados a la obtención de productos. Estos incluyen requerimientos para la conservación de dichos productos, su empaquetamiento, almacenaje y marcado así como los procedimientos para determinar su obtención exitosa y medir su calidad.

Féretro. Proviene del vocablo latino pheretrum, derivado del griego pheretron. Ambas palabras procedían del verbo griego pherein, y servían para designar cualquier aparato que fuera usado para transportar personas o imágenes

religiosas, tales como camillas, andas, literas o, incluso, el ataúd o caja en que se transporta un cadáver. Al llegar al castellano, el vocablo adoptó la forma féretro, además de limitar su significado al cajón en que se transportan los cadáveres, como vemos en el texto de 1507 de Antonio Pigafetta, Primer viaje alrededor del mundo (1507).

Hermanos Wright. Los hermanos Wright, Orville y Wilbur, son nombrados en conjunto y conocidos mundialmente por ser pioneros en la historia de la aviación.

Los hermanos eran fabricantes de bicicletas pero son conocidos por sus contribuciones en el ámbito de la aviación. Llegaron a diseñar y fabricar un avión controlable, que fue capaz de planear en un corto vuelo impulsado con ayuda de una catapulta externa. Dicho avión nunca fue capaz de volar por sí solo, ya que su diseño no permitía que tuviese suficiente sustentación para mantenerse en el aire. Sin embargo, al lanzarlo al aire con una catapulta externa, se consiguió un corto vuelo, suficiente para probar el sistema de viraje y control del avión.

Hule. Charles Marie de La Condamine es acreditado con la introducción de muestras de caucho a la Academia Real de Ciencias de Francia en 1736. En 1751 se presentó un documento por François Fresneau a la Academia (publicado en 1755) donde se describen muchas de las propiedades de caucho. Es denominado como el primer documento científico sobre el caucho.

Matriz. En matemáticas, una matriz es una tabla bidimensional de números consistente en cantidades abstractas que pueden sumarse y multiplicarse. Las matrices se utilizan para describir sistemas de ecuaciones lineales, realizar un seguimiento de los coeficientes de una aplicación lineal y registrar los datos que dependen de varios parámetros. Las matrices se describen en el campo de la teoría de matrices. Pueden sumarse, multiplicarse y descomponerse de varias formas, lo que también las hace un concepto clave en el campo del álgebra lineal.

Oxidación. La oxidación es una reacción química donde un metal o

un no metal ceden electrones, y por tanto aumenta su estado de oxidación.

Principio de Bernoulli. También denominado ecuación de Bernoulli o Trinomio de Bernoulli, describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una línea de corriente. Fue expuesto por Daniel Bernoulli en su obra *Hidrodinámica* (1738) y expresa que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido. La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes.

Pórtico. Un pórtico es un espacio arquitectónico conformado por una galería de columnas adosada a un edificio. Algunos ejemplos famosos son el Pórtico de la Gloria en Santiago de Compostela o el Pórtico Leste del Capitolio de los Estados Unidos. En el Reino Unido, el del templo adosado al Vyne, en Hampshire, fue el primer pórtico de una casa de campo inglesa.

Principio de Pascal. En física, el principio de Pascal o ley de Pascal, es una ley enunciada por el físico y matemático francés Blaise Pascal (1623–1662) que se resume en la frase: la presión ejercida por un fluido incompresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables, se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido.

El principio de Pascal puede comprobarse utilizando una esfera hueca, perforada en diferentes lugares y provista de un émbolo. Al llenar la esfera con agua y ejercer presión sobre ella mediante el émbolo, se observa que el agua sale por todos los agujeros con la misma velocidad y por lo tanto con la misma presión.

También podemos ver aplicaciones del principio de Pascal en las prensas hidráulicas, en los elevadores hidráulicos y en los frenos hidráulicos.

Regulador. En Ingeniería automática, un regulador es un dispositivo que tiene la función de mantener constante una

característica determinada del sistema. Tiene la capacidad de mantener entre un rango determinado una variable de salida independientemente de las condiciones de entrada.

Simulación. Simulación es la experimentación con un modelo de una hipótesis o un conjunto de hipótesis de trabajo.

Síntesis. La síntesis se refiere a la "composición de un cuerpo o de un conjunto a partir de sus elementos separados en un previo proceso de análisis".

Técnicas. Una técnica (del griego, τέχνη (*téchne*) 'arte, técnica, oficio') es un procedimiento o conjunto de reglas, normas o protocolos, que tienen como objetivo obtener un resultado determinado, ya sea en el campo de la ciencia, de la tecnología, del arte, del deporte, de la educación o en cualquier otra actividad.

Teorema de Bernoulli. El Teorema de Bernoulli es un caso particular de la Ley de los grandes números, que precisa la aproximación frecuencia de un suceso a la probabilidad p de

que este ocurra a medida que se va repitiendo el experimento.

Timón.+ puede referir a:

Timón (dispositivo), un elemento para dar dirección a vehículos que se desplazan a través de un fluido, como barcos y aviones.

Timón de dirección, el utilizado en embarcaciones y el que permite que los aviones realicen el movimiento de guiñada.

Timón de profundidad, el que permite que los aviones realicen el movimiento de cabeceo.

Timón de espadilla, el más antiguo de los que se han usado en embarcaciones, situado en una de las dos amuras de popa.

Timón de codaste, situado en el codaste, en el eje mismo de la quilla, este tipo de timón reemplazó al precedente durante el siglo XIII.

Vc-135. El avión presidencial vc-135, es uno de los pocos aviones que se han acabado el abecedario de clasificación en sus versiones, aun ahora se ve vivo y en magnifico estado, aunque aparte de la célula, todo lo demás es nuevo, motores

turbo fan, la más avanzada electrónica, nuevas cabinas, materiales compuestos en las alas y demás refinamientos de nuestra época. Y aunque su vida como avión comercial se acabó hace mucho tiempo, en la actualidad es una vista común en muchos aeródromos militares alrededor del mundo, con toda seguridad lo seguiremos viendo por muchos años.

Viga. En ingeniería y arquitectura se denomina viga a un elemento constructivo lineal que trabaja principalmente a flexión. En las vigas, la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal.

Viscosidad. La viscosidad es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal. En realidad todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad, siendo el modelo de viscosidad nula una aproximación bastante buena para ciertas aplicaciones. La viscosidad sólo se manifiesta en líquidos en movimiento.

SIGLAS

KW:	Kilowatts
LMP:	Litros por minutos
Hp:	Hors Power (caballos de fuerza)
KOH:	Hidróxido de potasio
MRU:	Movimiento Rectilíneo Uniforme
MRUA:	Movimiento Rectilíneo Uniforme Acelerado
MRUV:	Movimiento Rectilíneo Uniforme Variado
USAF:	La Fuerza Aérea de los Estados Unidos (en <u>inglés</u> : United States Air Force, abreviada como USAF)

BIBLIOGRAFÍA

- Curso del inicio el avión Boeing 707 ITSA, organiza la carrera de mecánica aeronáutica y aviónica.
- Guía para la elaboración de proyectos y anteproyectos, Carlos R. Villalba Avilés.
- Guía del estudiante, materia de Física. CULTURAL DE EDICIONES, S.A.

Sitios web

- | | |
|---|------------|
| • http://es.wikipedia.org/wiki/Mandos_de_vuelo | 21/03/2011 |
| • http://www.sapiensman.com | 12/06/2011 |
| • http://boeing707.freei.me/ | 11/09/2011 |
| • http://www.aquilarmexicana.com/valvhidra.htm | 19/09/2011 |
| • http://hidraulicapractica.com | 19/09/2011 |
| • http://www.sccovarrubias.cl/Manguera%20Hidrau.pdf | 19/09/2011 |

ANEXO A

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	
	INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO	
	Elaborado por: Sr. Ricardo Mina	REVISADO No. 1
	Aprobado por: Ing. Guillermo Trujillo	Fecha: 27/09/2011

1. OBJETIVO

Documentar un manual de mantenimiento preventivo que permita al simulador encontrarse en un buen estado de operación mediante la inspección continua e inmediata solución de posibles fallos.

2. ALCANCE

Mantener es simulador en parmente operación para así aportar al material didáctico útil que posee el instituto.

3. DOCUMENTO DE REFERENCIA

Documento de diseño del simulador.

4. DEFINICIÓN

Existen varios factores que puedan causar el deterioro del sistema hidráulico y mas cabe resaltar que este sistema tiene como mayor enemigo su propio desuso, pues esto puedo causar deterioro en sus componentes hidráulicos, eléctricos.

5. PROCEDIMIENTO

En esta parte se plantea el procedimiento adecuado para la revisión y prevención del simulador hidráulico en el cual se debe tomar en cuenta el procedimiento siguiente. Se aconseja verificar en cada operación el sistema y el tiempo de vida de los componentes.

	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	
	INSTRUCCIONES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO	
	Elaborado por: Sr. Ricardo Mina	REVISADO No. 2
	Aprobado por: Ing. Guillermo Trujillo	Fecha: 27/09/2011

6. LIISTADO DE COMPONENTES DEL SISTEMA HIDRAULICO

- CILINDRO
- BOMBA
- MOTOR ELECTRICO
- LINEA DE PRESION
- LINEA DE ASPIRACION
- LINEA DE RETORNO
- VALVULA REGULADORA DE PRECION
- MANOMETRO DE LA LINEA DE PRESION
- VALVULA DISTRIBUIDORA $\frac{3}{4}$
- RESERVORIO

7. INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

1. Arranque del motor eléctrico (solo la persona autorizada), asegúrese que la presión aumente
2. En caso de emergencia se puede apagar el motor eléctrico, desconectando el switch
3. Si toda la instalación están operando convenientemente, usted puede continuar con la operación del mecanismo
4. Selecta la válvula distribuidora a la posición delantera y verifique la presión girando la perilla de la válvula limitadora de presión en la dirección de las manecillas del reloj. Vea la lectura de presión del manómetro



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INSTRUCCIONES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO



Elaborado por: Sr. Ricardo Mina

REVISADO
No. 3

Aprobado por: Ing. Guillermo Trujillo

Fecha:
27/09/2011

NOTA: para disminuir la presión hidráulica, se gira la perilla de la válvula reguladora de presión a dirección contraria de las manecillas del reloj.

5. Verifique que la lectura del manómetro sea de 85 bares
6. Ahora el mecanismo hidráulico está listo para operación

8. PRECAUCIONES DE LA PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA HIDRAULICO

ANTES DE PONER EN MARCHA EL SISTEMA HIDRAULICO, DEBEN TOMARSE UNA SERIE DE PRECAUCIONES A SABER

1. Controlar si la tensión y la frecuencia de la red eléctrica son aptas para activar el motor que acciona la bomba
2. Controlar si se encuentran las uniones de los dispositivos hidráulicos en su debida forma (entrada y salida de aceite)
3. Controlar si la uniones de los tubos flexibles se han hecho correctamente (evitar torsiones, bucles calentamientos, tubos estirados, angulaciones agudas, tubos rozando piezas móviles. Etc.)
4. Controlar si no hay uniones abiertas, las uniones no deben atornillarse hasta el fondo, sino lo suficiente para que no haya perdidas de aceite.
5. Controlar si los dispositivos del sistema pueden resistir la presión a la que será sometido
6. Verificar si no hay pérdidas de aceite en las uniones

NOTA: LAS INPERFECCION DEL SITEMA SE PUEDE DAR CUANDO NE SE PONE EN MARCHA

	REGISTRO	
	LIBRO DE VIDA DE MANTENIMIENTO DEL MOVIMIENTO DE ALABEO DE ESTRUCTURA SIMULADORA DE MOVIMIENTOS PARA LA CABINA DEL AVIÓN BOEING 707	REVISADO No. 1 Fecha: 27/09/2011

NRO	FECHA		TRABAJO REALIZADO	MATERIAL O REPUESTO ÚTIL	ENCARGADO	OBSERVACIONES
	ENTRADA	SALIDA				

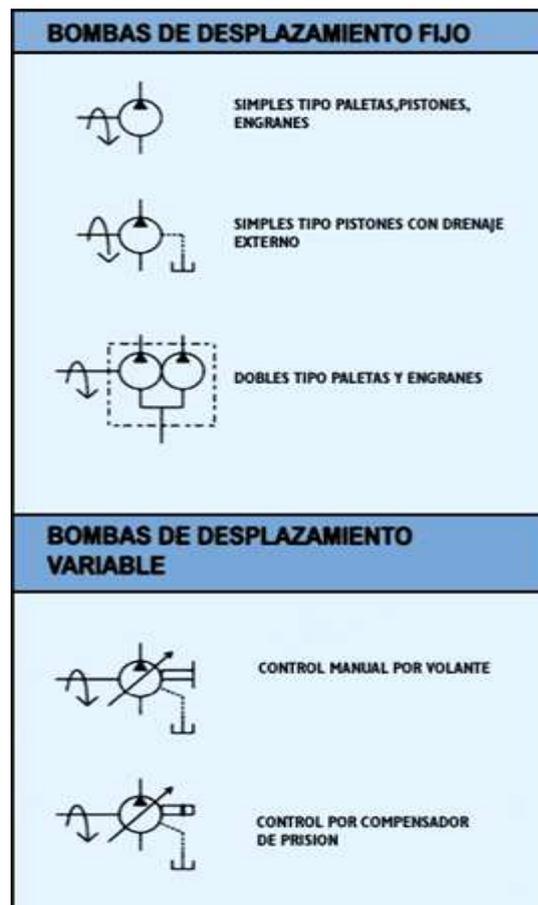
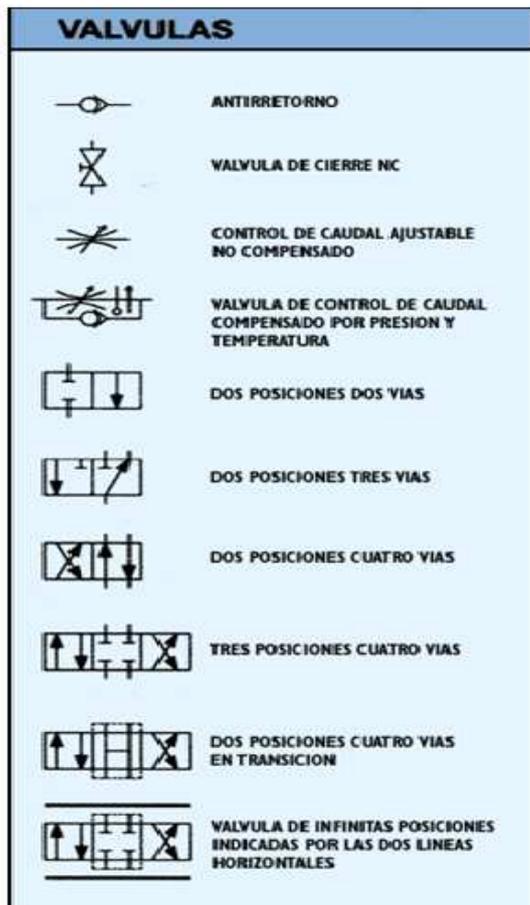
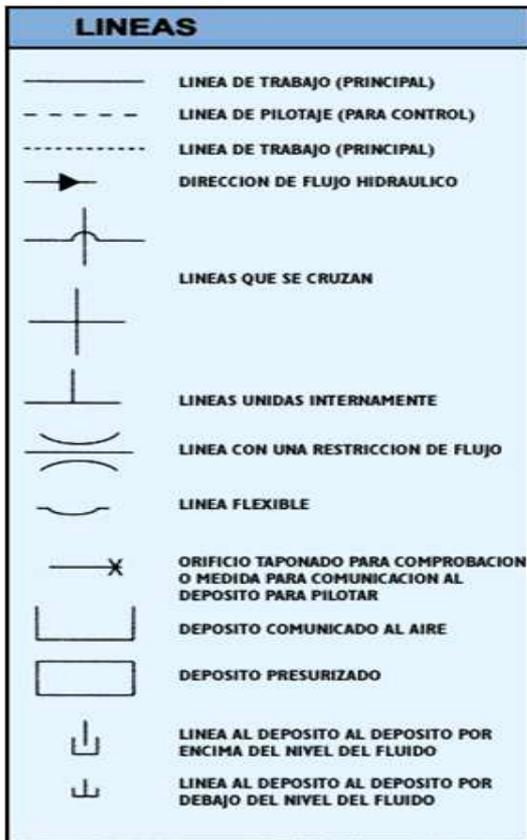
Firma del técnico.....

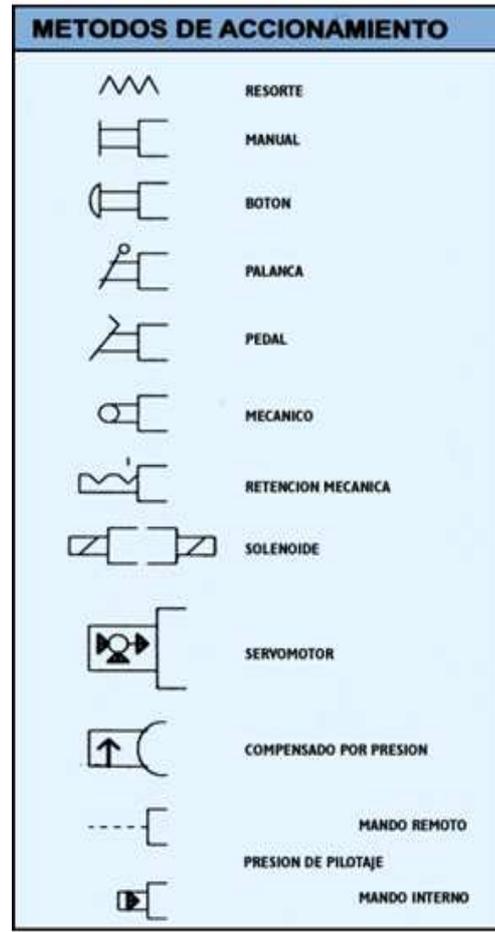
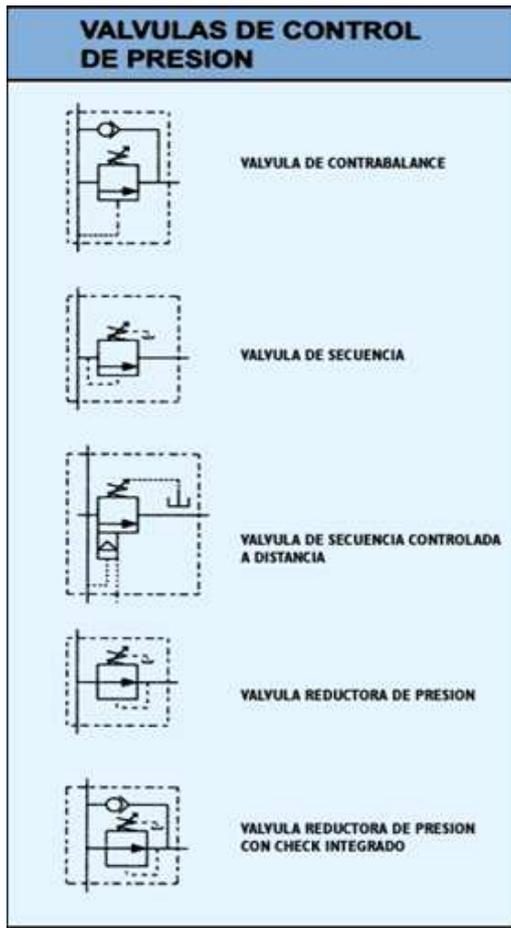
ANEXO B

DISEÑOS PLANOS

ANEXO D

**ESPECIFICACIONES TECNICAS Y
SIMBOLOS DEL MECANISMO DE GIRO**





HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

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

Mina Andrade Ricardo Daniel

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECANICA

Subs. Tec. Avc. Ing. HEBERT ATENCIO V

Latacunga, Septiembre 27 del 2011

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, RICARDO DANIEL MINA ANDRADE, egresado de la carrera de mecánica, en el año de 2009, con Cédula de Ciudadanía N° 1719862912, autor del Trabajo de Graduación “IMPLEMENTACIÓN DEL MOVIMIENTO DE ALABEO, A TRAVÉS DE CILINDROS HIDRÁULICOS A LA ESTRUCTURA SIMULADORA DE MOVIMIENTOS DE LA CABINA DEL AVIÓN BOEING 707”, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente sección de propiedad intelectual.

Ricardo Daniel Mina Andrade

Latacunga, Septiembre 27 del 2011

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

NOMBRE: Ricardo Daniel

APELLIDOS: Mina Andrade

FECHA DE NACIMIENTO: 23 – 07 – 86

EDAD: 25 años

TELÉFONO: (+593) 2 869 500 - 098 157 805

CORREO ELECTRÓNICO: rikydann_07hotmail.com
dreamsandhope@live.com

DIRECCIÓN: San Rafael, Ushimana, Quito-Ecuador

ESTUDIOS REALIZADOS:

Institución: **ESCUELA RAFAEL ARMIJOS BALDIVIESO**
(Quito, Valle de los chillos, San Carlos)

Institución: **COLEGIO NACIONAL CONOCOTO**
(Quito, Valle de los chillos, Conocoto)

Institución: **INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO “FAE”**
(Latacunga, Calle Javier Espinosa y Avenida Amazonas)

Institución: **GLOBAL ENGLISH**
(6 de Diciembre N26-29 y Colón)

TITULOS OBTENIDOS

- BACHILLER EN LA ESPECIALIZACIÓN “FÍSICO MATEMÁTICO”
- SUFIENCIA EN EL IDIOMA INGLÉS
- TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

EXPERIENCIA LABORAL:

- ESCUADRÓN DE MANTENIMIENTO DE LA DEFENSA AÉREA “EMDA”

Ocupación:

- MECÁNICA AUTOMOTRIZ
- MANTENIMIENTO II Y III EN EL V.E 9A33GM3, VEHÍCULOS ESPECIALES.
160 horas

- CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO .CID FAE

Ocupación:

- MANTENIMIENTO DE MOTORES
- LINEA DE VUELO
200 horas

- FUNDACIÓN AERO AMAZÓNICA

Ocupación:

- MANTENIMIENTO DE MOTORES Y
- LINEA DE VUELO EN LA AVIONETA CESSNA 182
400 horas