

CERTIFICACIÓN

Certifico que este trabajo fue realizado en su totalidad por el **Sr. WILLIAM ROBERTO PAERUGACHI GUAÑA**, como requisito parcial a la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**.

Ing. Dag Bassantes

DIRECTOR DEL PROYECTO

Latacunga, 17 de Abril el 2006

DEDICATORIA

El proyecto de grado que realicé dedico con todo mi amor a las personas que siempre estuvieron junto a mí en los momentos difíciles de mi vida, quienes con su apoyo me dieron la fuerza necesaria para culminar mi carrera y así obtener una profesión y ser alguien útil para la sociedad. Dedico en especial a mis padres, a mi hermano, a mis abuelitos, especialmente a mis tíos Tabita Guaña Cevallos y Luis Guaña Cevallos, y demás familiares y amigos quienes fueron la base fundamental para alcanzar esta meta.

AGRAECIMIENTOS

Este proyecto va dirigido a “ DIOS” ya que con la ayuda de él he logrado enfrentar toda clase de dificultades que se presentaron en mi vida diaria, también agradezco a mis padres, hermano, abuelitos, tíos, primos, todos quienes supieron guiarme y brindarme todo el apoyo para culminar otra etapa de mi vida.

Agradezco a mis profesores; director del proyecto Ing. Dag Bassantes; Sgop. Jorge Morillo; Ing. Guillermo Trujillo; a todos mi amigos; de manera especial al departamento de trenes del ALA de Investigación y Desarrollo No 12; porque supieron estar junto a mi en momentos difíciles de mi vida diaria.

Perugachi Guaña William Roberto

INDICE

Carátula.....	I
Certificación.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimientos.....	IV
Índice General.....	V
Lista de Figuras.....	IX
Lista de Tablas.....	X
Resumen.....	1

CAPITULO I

1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Alcance.....	3
1.4 Objetivo.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2	Principios de Hidráulica Básica.....	5
2.1	Generalidades.....	5
2.1.1	Principios y leyes fundamentales de la hidráulica.....	5
2.2	Características técnicas de los fluidos hidráulicos.....	8
2.2.1	Tipos de líquidos hidráulicos.....	11
2.3	Gato hidráulico.....	13
2.4	Tipos de gatos.....	17
2.5	Trenes de aterrizaje.....	17
2.6	Configuración de trenes de aterrizaje.....	18
2.7	Tipos de amortiguación.....	22
2.7.1	Amortiguación suave.....	22
2.7.2	Amortiguación dura.....	23
2.8	Funcionamiento del amortiguador oleoneumático.....	23
2.8.1	Componentes internos de un tren de aterrizaje.....	26
2.9	Características técnicas de amortiguación.....	28
2.10	Llenado y comprobación de fluido hidráulico.....	30
2.11	Tipos de bancos para llenado y chequeo.....	32

CAPÍTULO III
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

3.1 Estudio de alternativas.....	44
3.2 Estudio de factibilidad.....	45
3.3 Parámetros de evaluación.....	50
3.4 Selección de la mejor alternativa.....	54

CAPÍTULO IV:
CONSTRUCCIÓN

4.1 Principios básicos de construcción.....	55
4.1.1 Descripción del Banco.....	55
4.1.2 Descripción del circuito hidráulico del banco.....	58
4.1.3 Dimensiones.....	58
4.1.4 Operación.....	58
4.2 Construcción.....	59
4.2.1 Elementos construidos.....	59
4.2.2 Elementos no construidos.....	59
4.3 Cálculos.....	60
4.4 Codificación de máquinas, herramientas y equipos.....	63
4.4.1 Tabla de procesos.....	65
4.5 Diagramas de proceso.....	65
4.5.1 Codificación de simbología para diagramas de procesos.....	66
4.6 Diagrama de proceso de construcción.	66
4.7 Diagrama de proceso de ensamble.....	72

CAPÍTULO V

ELABORACIÓN DE MANUALES

5.1 Pruebas de funcionamiento.....	73
5.2 Elaboración de manuales de procedimiento.....	75
5.3 Tipo de manuales.....	75
5.4 Manual de seguridad.....	75
5.5 Manual de operación.....	78
5.6 Hojas de registro.....	82

CAPÍTULO VI

ESTUDIO ECONÓMICO

6.1 Presupuesto.....	84
6.2 Estudio económico.....	84

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones.....	88
7.2 Recomendaciones.....	89

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTADO DE FIGURAS

2.1 Prensa hidráulica.....	7
2.2 Gato hidráulico.....	14
2.3 Tren de suspensión telescópica.....	19
2.4 Tren de suspensión articulado.....	20
2.5 Trenes de aterrizaje.....	21
2.6 Tren articulado.....	22
2.7 Amortiguador oleoneumático.....	24
2.8 Articulación de torsión.....	27
2.9 Articulación de compás.....	28
2.10 Banco de pruebas hidráulico 04-A.....	41
2.11 Banco de pruebas hidráulico 04-A parte trasera.....	43
3.1 Banco de pruebas para el Shock absorber del avión Arava.....	44
3.2 Banco para el Shock absorber 01-A de presión hidráulica.....	44
3.3 Banco para el llenado y pruebas para el chequeo de los diferentes trenes de aterrizaje de las aeronaves.....	45
4.1 Diseño estructural del banco.....	56
4.2 Partes del banco de pruebas hidráulico 04-A.....	57

LISTADO DE TABLAS

3.1	Ventajas y desventajas de la primera alternativa.....	47
3.2	Ventajas y desventajas de la segunda alternativa.....	48
3.3	Ventajas y desventajas de la tercera alternativa.....	49
3.4	Matriz de evaluación.....	53
3.5	Matriz de selección.....	54
4.1	Dimensiones de la estructura.....	58
4.2	Características del perfil UPN 14.....	62
4.3	Codificación de máquina.....	63
4.4	Codificación de herramientas.....	64
4.5	Codificación de equipos.....	64
4.6	Tabla de procesos.....	65
4.7	Simbología de los diagramas.....	66
5.1	Verificación de condición de la estructura.....	73
5.2	Verificación de elementos del sistema generador de presión hidráulica.....	74
5.3	Verificación del funcionamiento del banco de pruebas de acuerdo a las presiones proporcionadas por el manual.....	74
6.1	Materiales.....	85
6.2	Máquinas.....	85
6.3	Herramientas.....	86
6.4	Equipos.....	86
6.5	Mano de obra.....	86
6.5	Costo total.....	87

RESUMEN

La construcción del banco de prueba tiene como finalidad la de optimizar tiempo, beneficiar el mantenimiento de los diferentes trenes de aterrizaje en una forma confiable y garantizada en la escuadrilla de accesorios del ala de investigación y desarrollo No 12.

Para la construcción de este banco de prueba utilizaremos manuales, órdenes técnicas, obtenidas en el departamento de accesorios; se utilizan las siguientes alternativas; una de un banco de prueba para el chequeo del Shock absorber del avión Arava, la otra es el banco de prueba 01-A de presión hidráulica en el que se realiza chequeos como el Shock absorber, pruebas de hermeticidad etc. Finalmente la alternativa banco de prueba para el llenado y pruebas para el chequeo de los diferentes trenes de aterrizaje de las aeronaves y se opta por la realización de este banco y los resultados son satisfactorios debido a que pueda realizar en diferentes tipos de trenes chequeos como el llenado de líquido hidráulico, chequear fugas, realizar pruebas de hermeticidad y también efectuar el llenado de nitrógeno de amortiguadores, trenes de aterrizaje, y actuadores.

En conclusión la escuadrilla de accesorios cuenta con un banco de prueba para el llenado y pruebas para el chequeo de los diferentes trenes de aterrizaje optimizando así las operaciones de mantenimiento por parte del personal técnico.

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ALA DE INVESTIGACION Y DESARROLLO N° 12, ubicada en la ciudad de Latacunga, al interior de su estructura operativa cuenta con el Departamento de Trenes de aterrizaje en el que se realiza el mantenimiento y overhaull de los mismos de diferentes tipos de aeronaves. El departamento en mención no cuenta con un banco de prueba universal para el llenado y chequeo de los trenes de aterrizaje de diferentes aeronaves, requieren su implementación en razón a que cuenta con personal capacitado para realizar todo tipo de mantenimiento y overhaull.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Al no contar el Departamento de Trenes de aterrizaje con un banco de prueba de llenado y comprobación para los trenes de aterrizaje, su trabajo se torna algo más dificultoso, ya que el personal debe realizar mayor esfuerzo en las operaciones de mantenimiento y overhaull.

En razón a la existencia del requerimiento por parte del Departamento de Trenes de ALA N° 12, se plantea el presente Proyecto de Grado, con el que se pretende satisfacer la necesidad de la sección trenes de la escuadrilla accesorios del ALA de Investigación y Desarrollo N° 12.

Este requerimiento planteado justifica la realización del presente proyecto.

Además, se optimizaría el tiempo y recursos económicos, incrementando el rendimiento técnico del personal de la sección trenes del ALA N° 12.

1.3 ALCANCE

El alcance que tiene el presente proyecto es el siguiente:

- Construir un banco de llenado y comprobación del tren de aterrizaje.

Realizar el llenado y sangrado del líquido hidráulico de los trenes de aterrizaje.

Realizar el chequeo de operación del sistema de amortiguación del tren.
- Realizar las comprobaciones respectivas con el banco de prueba anexo con número de parte 04-A que cuenta la sección trenes de la escuadrilla de accesorios del ALA de Investigación y Desarrollo
- Satisfacer el requerimiento presentado por el Departamento de Trenes del ALA N° 12.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Construir un banco de llenado, sangrado del líquido hidráulico y chequeo del sistema de amortiguación del tren de aterrizaje de diferentes aeronaves.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio del proceso de chequeo de los diferentes tipos de trenes de aterrizaje.
- Recopilar información de bancos para el llenado, sangrado del fluido hidráulico para el chequeo del sistema de amortiguación de trenes de aterrizaje.
- Determinar requerimientos técnicos para la construcción del banco.
- Construir el banco con características de universalidad.
- Elaborar manuales de seguridad, operación y hojas de registro.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2 PRINCIPIOS DE HIDRAULICA BÁSICA

2.1 Generalidades

La hidráulica es la ciencia que tiene por objeto el estudio de las leyes de equilibrio y movimiento de los fluidos.

El calificativo correcto es oleohidráulica al ser el aceite el fluido que generalmente circula por las tuberías (en el lenguaje práctico se nombra como hidráulica).

Se usa el término HIDRÁULICA para describir un método de transmisión de energía de un lugar a otro utilizando un fluido.

Para lograr esto, se debe transformar primero la energía en presión del fluido, transmitir este fluido a presión a cierta distancia y después convertirlo nuevamente en energía para que ejecute un trabajo.

2.1.1 Principios y leyes fundamentales de la hidráulica

a) Principios

- Los aceites no son comprensibles (pero sí elásticos).

- Los Fluidos (aceites) pasan en todas las direcciones la presión que se les aplica (principio de Pascal).
- Los aceites permiten multiplicar la fuerza aplicada prensa-hidráulica. Las fuerzas aplicadas y transmitidas son directamente proporcionales a sus superficies.
- Los aceites toman la forma de la tubería, por los que circulan en cualquier dirección.

b) Leyes Fundamentales

1) Pascal

La física es muy esencial para los cálculos matemáticos en la hidráulica y para la aplicación práctica de estos cálculos en los sistemas de trabajo.

Toda variación de presión de un punto a otro en equilibrio se transmite íntegramente a todos los puntos en la misma magnitud.

Una aplicación de este principio lo encontramos en las máquinas hidráulicas capaces de multiplicar fuerzas.

El funcionamiento de la Prensa Hidráulica (fig. 2.1) se basa en el principio de pascal. Esta aplicación dice que la presión en el punto 1 es igual a la presión en el punto 2:

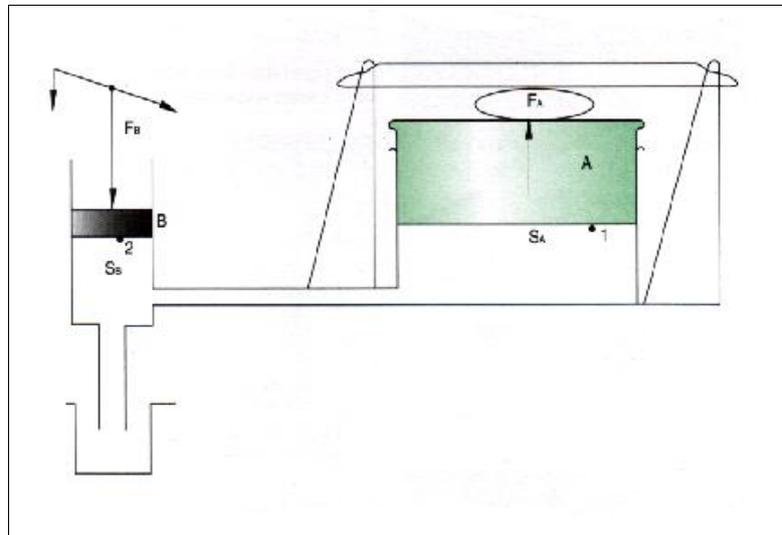


Fig. 2.1 Prensa Hidráulica

2) Bernoulli

Este teorema puede ser considerado como la ecuación fundamental de la Hidrodinámica.

Relaciona las presiones, alturas, y velocidades de dos partículas de un líquido incomprensible y carente de viscosidad, situado en distintos puntos de una conducción.

2.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS LÍQUIDOS HIDRÁULICOS

a) Peso específico

El peso a 20°C de 1 dm³ (1 litro) del aceite calificado para aceites hidráulicos, va de 0,87 a 0,90 kg/dm³. Esto, según la ASTM (Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales).

b) Punto mínimo de congelación o fluidez

Es la temperatura a la cual un aceite hidráulico adquiere un estado viscoso que le impide fluir de manera normal, los sistemas hidráulicos deben trabajar como mínimo a unos 15 °C por encima del punto de congelación del aceite (de – 15 °C a –20 °C).

c) Punto de inflamación

Estos deben tener un punto de inflamación elevado con el fin de reducir al mínimo los posibles riesgos de incendio. Su punto de inflamación de los aceites hidráulicos suelen estar cerca de los 170°C.

d) Viscosidad

La viscosidad de un fluido es aquella propiedad que determina la cantidad de resistencia opuesta a las fuerzas cortantes.

La viscosidad se debe primordialmente a las interacciones entre las moléculas del fluido.

En la viscosidad influye la temperatura-presión de trabajo y cizalladura producida por los estrangulamientos del circuito. Cuanto más viscoso es un aceite más difícilmente circula por las tuberías.

La viscosidad se mide en unidades absolutas.

- ✓ Viscosidad absoluta. Significa la viscosidad real del líquido. Se mide en poises y centipoises.
- ✓ Viscosidad cinemática. Es su viscosidad absoluta no corregida de acuerdo a su peso específico a la temperatura de la prueba. Se mide en stokes y centiestokes.

Viscosidad Cinemática = Viscosidad Absoluta

e) Índice de viscosidad

El índice de viscosidad es un número que indica la variación de la viscosidad con la temperatura.

Cuanto mas alto es el índice de viscosidad la variación de la viscosidad es menor. La viscosidad adecuada para un sistema es cuando no hay fugas, es decir lubrica bien y circula fácilmente.

Para elevar su índice de viscosidad en aceites minerales se utiliza aditivos, y los números que indican su viscosidad van de 80 a 120.

El peso específico, la viscosidad y el índice de viscosidad son las características técnicas más importantes de un aceite hidráulico.

f) Resistencia contra la oxidación y corrosión

La oxidación se origina en los metales por influencia de la temperatura, presión y agua; por lo que deben llevar aditivos que eviten la oxidación y corrosión.

g) Acidez

Se expresa por el número de neutralización y viene determinado por los miligramos KOH que se necesitan para neutralizar la acidez de un gramo de aceite.

El número de acidez (neutralización) nos indica el grado de refinado de un aceite nuevo. Como los aditivos no son neutros, tanto como la acidez inicial, interesa seguir su evolución durante el trabajo.

h) Duración de un aceite hidráulico en servicio

Para la duración de un aceite depende de su calidad, características del circuito.

i) Consideraciones importantes

Para el almacenamiento adecuado del aceite se debe emplear el tipo de aceite que exija la máquina, distribución y utilización correcta.

2.2.1 Tipos de líquidos hidráulicos

a) Aceite a base mineral

Su principal componente es el petróleo y su especificación estándar es el MIL-H-5606. Este líquido es de color rojo para su fácil identificación. Este provee en un solo grado cuyo margen de operación es de:

– 65 °F a 275 °F

– 53.9 °C a 135 °C

Los sellos que se utiliza para este tipo de líquidos pueden ser de caucho sintética, cuero o aleaciones metálicas.

Este tipo de líquido hidráulico es el más utilizado en los sistemas de aviación. Otro fluido a base de petróleo también se la conoce con la especificación de MIL-H-6083 y se lo utiliza únicamente como aceite preservativo especialmente en los amortiguadores.

b) Aceite a base vegetal

Su especificación estándar es MIL-H 7444 son mezclas de aceite de resina, parafina y alcohol, generalmente es color azul obscura, posee un color fuerte y los sellos que se utilizan para este tipo de líquidos son de caucho natural.

Son poco usados por su marcada tendencia a la corrosión y porque después de varios periodos de tiempo se espesan y dificultan la acción de las válvulas, no se deben mezclar con la base mineral, ya que forman sustancias gomosas que afectan a todas las unidades hidráulicas.

c) Aceite a base sintético

Su especificación estándar es MIL-H-8446, sus componentes principales son elementos químicos de fosfato, ácidos y alcohol.

Por razón de características la inflamabilidad fabricantes de productos químicos y constructores de aviones han realizado conjuntamente una serie de trabajos con el fin de obtener un producto que reúna todas las condiciones necesarias y de esta forma se han obtenido los siguientes.

- Skydrol 700 color verde claro
- Skydrol 500 color azul
- Skydrol 500 A – 500 B color violeta

2.3 GATO HIDRÁULICO

El gato hidráulico es un dispositivo mecánico que se utiliza para levantar o mover objetos pesados. El más común es el gato del automóvil, que se utiliza para elevar una parte del mismo; está compuesto por un sistema de trinquetes, engranajes y tornillos.

$$P=F/S \qquad \qquad \qquad \text{(Ec. 1.1)}$$

Donde :

P= Presión.

F= Fuerza.

S= Superficie.

El gato hidráulico utiliza pistones y fluidos para levantar los pesos. (fig.2.2).

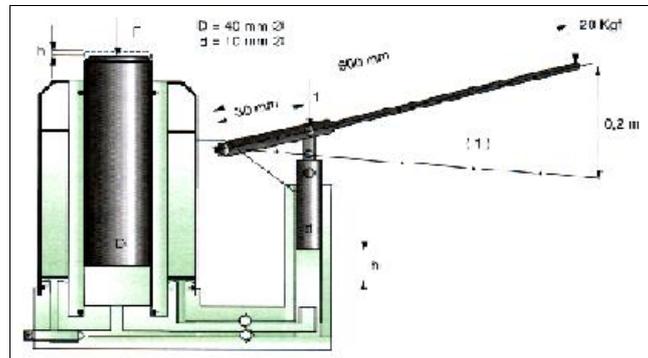


Fig. 2.2 Gato Hidráulico

2.3.1 Fuerza hidráulica

La fuerza hidráulica no es más que el producto de la presión por la superficie sobre la que actúa:

$$F = P \times S \quad (\text{Ec. 1.2})$$

Siendo,

F = Fuerza.

P = Presión.

S = Superficie.

La fuerza se expresa en kgf y Newton (1 kg. = 9.81 N).

La presión se expresa en Kgf/cm², bar, atmósferas o PSI (Lbf/pulg²).

2.3.2 Caudal

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

$$Q = S \times V \quad (\text{Ec. 1.3})$$

Siendo,

Q = Caudal.

S = Superficie tubería.

V = Velocidad.

2.3.3 Ley de la continuidad

Dice que el caudal es constante a lo largo de un circuito, no es tomada en cuenta para hidráulica, salvo en máquinas o instalaciones de más de 10 m de altura (alguna prensa).

2.3.4 Fluidos Hidráulicos

- Aceite hidráulico

Los aceites hidráulicos cumplen dos requisitos en las máquinas:

1. Transmiten energía.
2. Lubrican los aparatos hidráulicos.

Los aceites hidráulicos son aceites minerales refinados. Se calcula que un 70% de las averías se derivan del empleo.

Los aceites hidráulicos se caracterizan por proteger a las distintas máquinas o equipos de la oxidación, corrosión, y de no hacer espuma, también de apartar el agua del aceite conservando su viscosidad dentro de un margen de temperaturas.

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

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

2.4 TIPOS DE GATOS.

a) Gato hidráulico manual

Es eficaz solo para trabajos de levantamiento vertical y no puede ser usado para fuerzas descendentes. El rango de temperatura en el cual puede ser usado es de +45 °C a -35 °C.

2.5 TRENES DE ATERRIZAJE

El tren de aterrizaje consiste en mover el avión en la superficie terrestre. Después de despegar, el tren de aterrizaje se retrae y antes de aterrizar el tren de aterrizaje se extiende y se bloquea colocándose en su posición.

Un tren de aterrizaje tiene como principal función la de absorber las cargas de aterrizaje, hasta un valor aceptable para las condiciones de resistencia de la estructura del avión.

2.5.1 Tren de aterrizaje principal

El tren principal está formado por dos conjuntos de una o más ruedas, cada uno a un lado del eje longitudinal del avión. Este tren principal soporta la mayor parte del peso del avión en tierra.

Además de esta rueda o combinación de ruedas, el tren principal incluye otros mecanismos que cumplen funciones diversas en la operación del tren, tales como frenos, amortiguadores, cilindros hidráulicos, etc.

2.5.2 Tren de aterrizaje de nariz.

Este tipo de tren de aterrizaje se encuentra localizado en la parte delantera del avión y este proporciona un mejor control direccional durante el carreteo, despegue y aterrizaje.

2.6 CONFIGURACIÓN DE TRENES DE ATERRIZAJE

2.6.1 Tipos por características de articulación

1) Trenes Retráctiles

Estos cuentan con la posibilidad de repliegue y alojamiento del tren dentro del compartimiento interno de una aeronave.

2) Trenes Fijos

Este tipo de tren fijo es utilizado en aviones pequeños, el mismo que ofrece mayor resistencia aerodinámica al avance.

2.6.2 Tipos por geometría de suspensión

a) Tren de suspensión telescópica

La suspensión del tren es telescópica cuando el eje de la rueda está en la prolongación del soporte o pata principal estructural del tren.

No obstante tiene el inconveniente de que la carrera del amortiguador en carga es larga, pues tiene que absorber todo el desplazamiento vertical de la rueda. Este tipo de tren se repliega debido a la longitud del amortiguador.



Fig. 2.3 Tren con suspensión telescópica

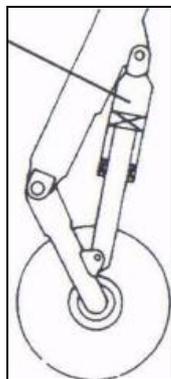
a) Tren de suspensión articulado

Llamada también de palanca y esta es cuando cumple dos condiciones:

- El eje de la rueda está atrás del soporte o pata principal estructural del tren.
- El brazo de la rueda se une al soporte principal por razón de una articulación a través de la cual puede girar libremente.

Este tipo de suspensión, hace uso del efecto palanca para disminuir la carrera del amortiguador para un determinado desplazamiento vertical de la rueda.

Amortiguado



Brazo de la rueda

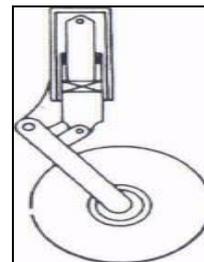
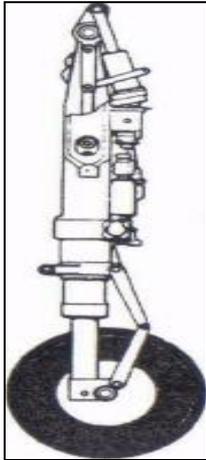


Fig. 2.4 Tren de suspensión articulado

Este tipo de tren de palanca es necesario para aviones que operan en todo tipo de pistas.

Con carga



Amortiguador

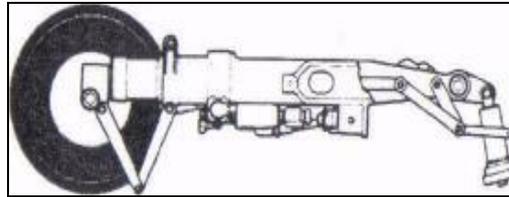


Fig 2.5 Trenes de aterrizaje

El tren articulado impone menor carga en el terreno, las buenas características de flotación se deben a que las ruedas de los trenes de palanca se pueden desplazar hacia atrás, al mismo tiempo que lo hacen verticalmente, bien a causa del impacto o a las anomalías de la superficie.

2.7.2 Amortiguación dura

En este tipo de amortiguación dura tiene una desventaja, que cuando una aeronave tenga una carga pesada o un aterrizaje forzado, el pistón puede golpear el límite superior de su carrera y causar un daño estructural en el tren de aterrizaje.

2.8 FUNCIONAMIENTO DEL AMORTIGUADOR OLEONEUMÁTICO

a) Construcción y operación de los amortiguadores

El amortiguador soporta el peso del avión en tierra (carga estática) y absorbe gran parte de las cargas de aterrizaje, y de carreteo (cargas dinámicas).

La estructura del avión únicamente recibe una mínima parte de estas aceleraciones que se presentan por el contacto del avión con la pista.

La cámara inferior está llena de líquido hidráulico y la parte superior con nitrógeno a presión. Cuando el neumático del avión entra en contacto con el suelo, transmite el movimiento vertical de la rueda al amortiguador.

El pistón del cilindro del amortiguador se desplaza hacia arriba como resultado del desplazamiento vertical de la rueda. El líquido desplazado de la cámara inferior por el pistón pasa a la cámara superior de nitrógeno a presión a través del orificio de comunicación de ambas cámaras. El volumen disponible para el gas disminuye y por tanto la presión aumenta durante este proceso.

La carga dinámica de la rueda se absorbe, en parte, por la compresión del nitrógeno pero la mayor parte se transforma en calor por el calentamiento del líquido cuando pasa por el orificio estrecho que separa las cámaras de gas y de líquido.

El rebote del amortiguador se produce durante el proceso de retorno del líquido hidráulico a la cámara inferior, a través del orificio calibrado. El impulso para el rebote se debe a la presión del nitrógeno existente en la cámara.

b) Construcción de amortiguador oleoneumático. Fig. 2.7

- | | |
|---|--|
| 1.- Soporte de la pala | 7.- Cámara inferior (líquido hidráulico) |
| 2.-Válvula de llenado | 8.- Cabeza del pistón del amortiguador |
| 3.-Cilindro del amortiguador. | 9.- Pistón |
| 4.-Cámara de aire | 10.-Retenes de estanqueidad |
| 5.- Cámara superior del cilindro | 11.-Articulaciones de torsión |
| 6.- Orificio de comunicación de cámaras | 12.-Eje de la rueda. |

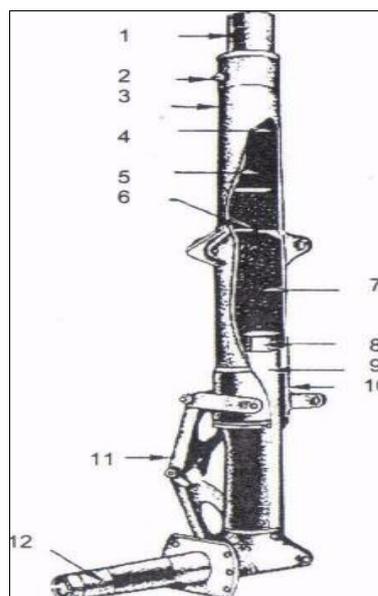


Fig. 2.7. Construcción del amortiguador oleoneumático.

La mayor parte de los amortiguadores tienen un orificio especial, adicional, para compensar el rebote.

Es el orificio calibrado de rebote, puede ser también una válvula especial, la razón es que si el fluido retorna muy rápidamente a la cámara inferior, el avión rebota hacia arriba, y a la inversa, si pasa poco líquido es difícil que el amortiguador encuentre su posición estática de equilibrio y el avión ondula por la pista en un movimiento lento pero perceptible.

La cantidad de líquido hidráulico que pasa por el orificio que separa las cámaras de aire y fluido del amortiguador determina la velocidad de desplazamiento del pistón y con ella el movimiento vertical del eje de la rueda, mecanismos que están unidos.

El control de la sección de paso del orificio se efectúa de diversas formas. Para los amortiguadores utilizados en aviones pequeños es suficiente un simple orificio, para obtener eficiencias adecuadas de amortiguación.

Para la aplicación en aviones mayores es una aguja calibrada, perfilada, o válvula de control de flujo; la velocidad de desplazamiento del pistón debe ser pequeña cuando el amortiguador alcanza posiciones que se corresponden con las de máxima compresión. Por lo tanto el orificio de paso debe ser también pequeño.

Los amortiguadores pueden ser de una o dos etapas, la diferencia entre uno y otro reside en que el amortiguador de dos etapas tiene dos cámaras de nitrógeno y de líquido hidráulico.

- El amortiguador de doble etapa se emplea para mejorar la amortiguación del tren durante las operaciones en pistas poco preparadas.
- También se emplea cuando la velocidad vertical del avión oscila en una banda muy amplia.
- La segunda cámara del amortiguador trabaja en serie con la primera, es decir, inicia su operación una vez que se ha alcanzado una determinada carrera de amortiguación en la primera cámara.
- El amortiguador de dos etapas mejora las características de amortiguación.

2.8.1 Componentes internos de un tren de aterrizaje

1.- Válvula de llenado

2.-Cámara superior

3.-El pasador regulador varía el tamaño del orificio

4.-Orificio

5.-Cámara inferior (aceite)

6.-Pistón

7.-Obturadores

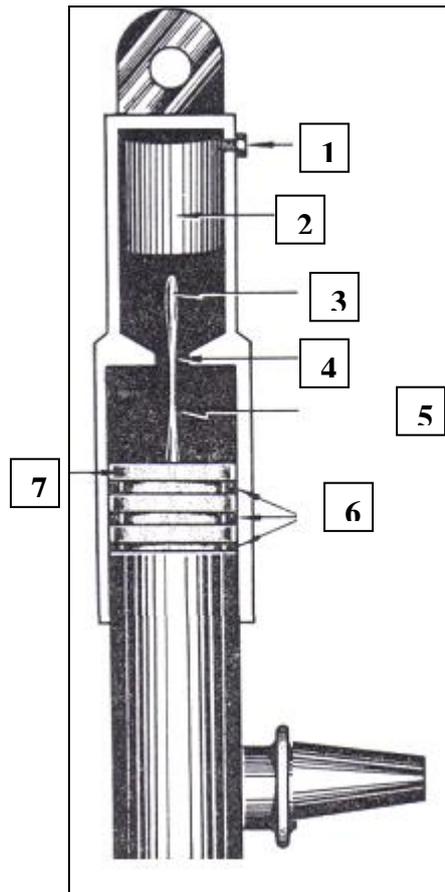


Fig. 2.7. Componentes internos de un tren de aterrizaje

2.8.2 Articulación de torsión (Compás)

Esta cumple como función principal la de mantener la rueda centrada, en un plano normal de rotación respecto a la superficie.

A esta articulación de torsión se la conoce con el nombre de tijeras o compás; una de las jambas del compás está unida al cilindro de la pata y la otra se conecta al pistón del amortiguador.



Fig.2.9 Articulación de compás

El ángulo de las articulaciones de torsión con el amortiguador totalmente extendido, no debe ser superior a 135 Grados.

2.9 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE AMORTIGUACIÓN.

1) Relación de compresión total

Para el avión comercial, la banda de variación de posición del amortiguador entre carga estática y totalmente comprimido oscila entre el 16 y 20 por ciento de la carrera total.

Esto quiere decir que el amortiguador no baja mucho cuando el avión se carga a tope. Por esta razón se emplean relaciones de presión de 3 a 1, medidas entre carga estática y de compresión total del amortiguador.

2) Relación de presión para extensión completa del amortiguador

Suele ser del orden de 4 a 1 en aviones comerciales.

No es recomendable un valor de presión en extensión completa superior al resultado de la expresión anterior por la tendencia del amortiguador a rebotar.

Tampoco puede ser tan pequeño que se quede pegado ante la más mínima retención por juntas desgastadas, o simplemente por suciedad entre el pistón y el cilindro por cuyo interior se desplaza.

En estática el amortiguador suele estar en posición algo menor del 50% de su carrera.

Ejemplos:

Piper Comanche, 45 %; Aero Commander, 40 %; Piper Navajo Turbo, 35 %. La banda de relaciones de presión se sitúa entonces alrededor de 2 a 1.

A continuación presentamos la presión de prueba de las siguientes aeronaves.

Para el avión Kfir

Tren principal es 186.5 kg/cm^2 dentro del amortiguador

Tren de nariz es 310 kg/cm^2 .

Para el avión C-130

Tren principal es $450 \text{ PSI} \pm 10$

Tren de nariz es $550 \text{ PSI} \pm 10$

La cantidad de líquido hidráulico que pasa por el orificio que separa las cámaras de aire y líquido del amortiguador determina la velocidad de desplazamiento del pistón y con ella el movimiento vertical del eje de la rueda, mecanismos que están unidos.

2.10 LLENADO Y COMPROBACIÓN DE LÍQUIDO HIDRÁULICO

Para realizar el llenado del líquido hidráulico primeramente se procede a ubicar el tren de aterrizaje de manera vertical y sujeta de manera adecuada.

Luego se procede a abrir la válvula de llenado del tren y se verifica si la válvula es de aguja o de cierre de recorrido. Si es la de cierre de recorrido se afloja la válvula y después se conecta un acople sobre la misma; también se puede conectar la manguera en forma directa.

Se procede a llenar líquido hidráulico cuando el tren se encuentre comprimido para extenderlo.

Luego se procede a comprimir el tren para sacar todo el líquido hidráulico y el aire interno a esto se lo conoce como sangrado. Se debe realizar por varios ciclos comprimir y extender para verificar la existencia de fugas de líquido hidráulico, y comprobar que no existan partículas de aire en el interior del cilindro.

En algunos casos se debe verificar si están conectadas las tijeras, constatar que el tipo de líquido hidráulico sea el correcto según la Orden Técnica.

Una vez que este lleno de líquido hidráulico se procede a comprimir el tren dejando la cantidad de líquido al límite o nivel de la válvula, y se desconecta las cañerías.

Después se puede realizar el llenado de nitrógeno de acuerdo a la presión especificada en los manuales y para su comprobación se cierra la válvula de llenado y se chequea las fugas con agua jabonosa o de manera visual.

Luego, se alivia la presión de nitrógeno dejando una cantidad mínima de acuerdo a la orden técnica con el fin de ser transportada a cualquier lugar y termine esta almacenada sin ningún riesgo.

Nota: Esta información fue obtenida en el departamento de accesorios de trenes de la Escuadrilla Ala No -12 mediante una explicación del personal capacitado y calificado con que cuenta el departamento; en base a manuales técnicos existentes en el mismo.

2.11 TIPOS DE BANCOS

2.11.1 Banco de prueba para el Shock absorber del avión Arava.

Este banco de pruebas fue realizado como proyecto de grado por el Cbos. Sandoval Edwin.

1) Descripción general del banco

El banco de prueba para esta constituido de un soporte para el amortiguador de choque y una estructura móvil donde se encuentra el panel de control del mismo, una bomba manual y un alojamiento para el cilindro de nitrógeno.

Este banco consta de dos sistemas para su funcionamiento, los mismos que son: un sistema hidráulico y un sistema neumático accionado por nitrógeno, cada uno de estos sistemas están conformado por diferentes elementos que permiten su manipulación siendo estos cañerías, válvula antiretorno (check), válvula reguladora de presión, llave de paso y manómetros de alta presión con glicerina. Todo esto de acuerdo a los requerimientos que son exigidos por el Manual de Mantenimiento del Avión Arava T-201.

2) Descripción del circuito hidráulico del banco

El liquido hidráulico (MIL-H-5606) se encuentra en el reservorio de la bomba manual, mediante la bomba manual se impulsa el hidráulico por las

cañerías de presión pasando por una válvula reguladora manual que nos permite enviar el flujo necesario, por un manómetro donde podemos observar la presión que ingresa al amortiguador (300 a 3000 PSI), continua por una válvula check la misma que permite el paso del líquido hidráulico en un solo sentido de flujo, siguiendo hacia el amortiguador de choque. Esto permite que el amortiguador se extienda completamente.

3) Datos técnicos del soporte del shock absorber

Altura	1,60 m.
Ancho	0,50 m.
Profundidad	0,20 m.
Peso	200 lb.

4) Datos técnicos de la estructura del panel de control

Altura	1,20 m.
Ancho	0,50 m.
Profundidad	0,40 m.

5) Accesorios a utilizarse

- Bomba Hidráulica Manual
- Manómetros de Alta Presión con Glicerina
- Válvula Reguladora
- Cañerías de Presión. (Hidráulico Y Nitrógeno)
- Tuberías Rígidas

- Tuberías Flexibles
- Cilindro de Nitrógeno
- Gato Hidráulico Manual

6) Materiales a utilizarse

- Tubo cuadrado de hierro reforzado de 1¼ pulg.
- Plancha de tol
- Electrodo AWS-E-6011

2.11.2 Banco de prueba para el shock absorber 01-A de presión hidráulica

a) Dimensiones:

Altura total	200 cm.
Altura de la mesa	90 cm.
Ancho total	120 cm.
Largo	150 cm.

b) Sistemas:

- Sistema de servicio de prensa
- Sistema Hidráulico
- Sistema de aire
- Sistema de nitrógeno
- Sistema electrónico

c) Partes

Válvula de aguja	Control de presión
Regulador de presión	Válvula selectora maestra
Presión manométrica 3000	Indicador de purga
Presión manométrica 10000 PSI	Filtro de aceite
Presión manométrica 1000 PSI	Unidad de poder
Presión manométrica 200 PSI	Tanque de aceite
Elementos de succión	Motor eléctrico
Bomba hidráulica	Bomba de aire
Válvula de alivio	Filtro de aire
Respiradero	Cilindro actuador
Válvula eléctrica	Registrador
Engrasador	Indicadores
Control de circulación	Cronómetro
Acumulador de carga	Interruptor del motor y de luz

Para la descripción de este banco de prueba se tomará en cuenta la parte de más interés para nuestro estudio, por que se explicará en forma general el Sistema Hidráulico.

La unidad de poder provee presión fuera del banco, el sistema interno es constituido por conductos de acero inoxidable, y se encuentra localizado dentro del banco.

e) Elementos

Consigue una rápida presión de 4000 PSI a una velocidad de 1200 RPM, su panel de control es operado eléctricamente.

Incluye tanques de acero inoxidable con capacidad de 100 litros

- litros de succión
 - 1 para la bomba principal
 - 1 para la bomba de aire
- Motor eléctrico de 480 V, 60 Hz, 10 Hp
- Bomba
- Filtro de presurización
- Filtro de la línea de retorno
- Tapa del orificio de llenado con ventilador

f) Sistema interno

En el sistema interno está construido de canales de acero inoxidable, contiene todos los equipos necesarios para su operación.

Conseguir alta presión provista por la unidad de poder la misma que sujeta a la bomba de aire utilizada, la cual provee una presión de 16000 PSI y presión de aire de 100 PSI.

g) Sistema de operación

1) La presión de la bomba principal del banco de trabajo tiene la conexión en la parte trasera, entra presión al regulador el cual será operado por el control de presión.

La válvula selectora principal recibe presión y es transmitida al actuador u orificio de llenado siguiendo su debida instrucción de operación.

La válvula selectora tiene 3 enchufes conectados en la presión interior de la válvula en dirección al envasador y un enchufe para el envasador de la línea de retorno.

2) Cuenta con selectores en el tanque para el retorno de aceite. Pasa a través de un montaje transparente, el cual permite un chequeo sobre presencia de aire en el sistema interior del shock absorber y un eficiente drenaje.

3) Ajustar la válvula de aguja entre el selector y actuador, cuya función es la de asegurar al pistón a la altura requerida por el operador.

Se debe ajustar a la velocidad de movimiento del cilindro actuador.

La regulación de la velocidad es manualmente y únicamente en dirección ascendente.

En dirección de carrera descendente el aceite pasa libremente dentro del regulador.

4) La línea de presión de la bomba de aire unida a la línea del selector de carga y a la salida del shock absorber.

La válvula debe ser ajustada entre la línea de presión y el tanque de la línea de retorno, se debe relevar la presión de carga.

5) Cuando el shock absorber este cargado por la mitad de la bomba principal, la presión será indicada en los respectivos manómetros, si la bomba de aire es usada para carga y sobrecarga la presión será indicada en el manómetro especial para su función.

Nota: Esta información fue obtenida en el departamento de accesorios de trenes de la Escuadrilla Ala No -12, en base al manual técnico del banco.

2.11.3 Banco de prueba universal para el llenado de líquido hidráulico y chequeo de los trenes de aterrizaje de diferentes aeronaves.

El banco de pruebas universal es un diseño estructural propio y no existe en el mercado nacional.

Descripción general

Es un sistema hidráulico básico que se compone prácticamente de dos partes que son:

- La bomba
- El cilindro

La bomba tiene como principal función la de impulsar aceite hidráulico a través de cañerías hacia el cilindro actuador de un tren de aterrizaje.

El cilindro es encargado de transformar la fuerza hidráulica en trabajo, al aplicar la fuerza en la bomba manual se impulsa el aceite hidráulico a través de cañerías a la parte de entrada de líquido hidráulico del cilindro cuya función es extender el pistón del cilindro realizándose de esta manera el chequeo.

Se puede incorporar elementos adicionales si este lo requiere. Por ejemplo uno de los elementos importantes es el depósito para el aceite hidráulico y esto es para seguir bombeando el aceite y poder realizar el respectivo chequeo del tren de aterrizaje por varios ciclos.

El depósito puede contar con un orificio de comunicación exterior que permita que el aceite vaya entrando en la bomba por la acción de gravedad.

Para la comprobación se realizará mediante una gata hidráulica de 50 toneladas, esta tiene como principal función la de regresar al cilindro a su posición inicial completando su chequeo.

El banco de prueba consta de una estructura que tiene los siguientes datos técnicos.

a) Dimensiones de la estructura

Altura total	2.32 cm.
Ancho total	95 cm.

b) Sistemas

- Sistema Hidráulico

c) Partes

- Consola y Estructura
- Bomba Hidráulica
- Reservorio
- Un Gato hidráulico manual de 50 toneladas
- Manómetros
- Válvulas regulados
- Válvulas de corte
- Cañerías flexibles
- Tanque reservorio

d) Banco de prueba hidráulico 04-A

Para el funcionamiento completo del banco de prueba y chequeo de los diferentes trenes de aterrizaje se necesita un equipo anexo cuyo nombre y especificaciones son las siguientes.

El 04-A Banco de prueba hidráulico de fabricación israelita con número de parte EL-04A vista en la Fig. 2.10.



Figura 2.10 Banco de prueba hidráulico 04-A

Este banco de prueba es diseñado para el chequeo de frenos y otros accesorios hidráulicos, es transportable y opera con líquido hidráulico MIL-H 5606 o alguna alternativa conveniente.

Provee máxima presión de 4500 PSI usando una bomba de aire y 3000 PSI usando una bomba manual.

La bomba manual es una bomba auxiliar y ésta es usada en caso de mal funcionamiento de la bomba de aire, es utilizada para chequear baja presión y para operar el banco de prueba en un área donde no exista línea de presión de aire.

Sistema de operación

La presión de aire es transmitida por la válvula de presión de la bomba por la vía del sistema de lubricación y entra al banco de prueba por la vía de la toma

de entrada localizada en la parte trasera del banco y esta pasa a través del filtro y el regulador de la válvula de cierre de presión.

Partes fundamentales del banco de pruebas hidráulico.

- 1 manómetro de baja presión
- 1 manómetro de media presión
- 1 manómetro de alta presión
- 1 válvula de entrada de aire
- 1 válvula reguladora de presión de aire
- 1 válvula de alivio
- 1 válvula de presión hidráulica
- Bomba de aire
- Bomba manual
- Reservorio para el fluido hidráulico
- Filtro de aire
- Filtro de aceite
- Regulador de aire

En la parte trasera del equipo anexo 04- A la misma que cuenta con tres salidas para instalar cañerías. Una de línea de retorno, una para el sistema hidráulico y finalmente para el sistema de aire.



Fig. 2.11. Banco de prueba hidráulico 04-A parte trasera

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

3.1 Planteamiento de alternativas

3.1.1 Primera Alternativa



Fig. 3.1 Banco de prueba para el Shock absorber del avión Arava

3.1.2 Segunda alternativa



Fig. 3.2 Banco de prueba para el shock absorber 01-A de presión hidráulica.

3.1.3 Tercera alternativa



Fig. 3.3 Banco de prueba para el llenado y pruebas para el chequeo de los diferentes trenes de aterrizaje de las aeronaves

3.2 Estudio de factibilidad

En función de las ventajas y desventajas que presenta cada una de las alternativas, se evaluará cada parámetro con el fin de determinar una elección a través de la obtención del valor más alto en la calificación de parámetros.

Para el estudio de factibilidad se consideran los siguientes factores:

- Factor técnico constructivo
- Factor operacional
- Factor económico

a) Factor técnico constructivo

Refiere al proceso constructivo de las piezas y partes de un banco de llenado y comprobación del tren de aterrizaje.

b) Factor operacional

Refiere a facilidad de utilización del Banco de llenado y comprobación.

c) Factor económico

Refiere a la inversión económica que se debe erogar para la construcción del banco de prueba.

3.2.1 Ventajas y Desventajas

Tabla 3.1 Ventajas y desventajas de la primera alternativa

Alternativa N° 1	
Ventajas	Desventajas
Sirve para comprobar el correcto funcionamiento del montante amortiguador (shock absorber).	Solo es usado para chequear el shock absorber del avión Arava T-201
Requiere de poco material para su construcción.	Emplea mayor tiempo en la realización del trabajo.
El mantenimiento no es complejo.	Para la operación del banco se necesita mínimo dos operarios.
Requiere de pocos procesos para su construcción.	
De fácil operación.	
Simplicidad del equipo.	
Fácil transporte.	
La forma y tamaño ocupa poco espacio fijo.	

Tabla 3.2 Ventajas y desventajas de la segunda alternativa

Alternativa N° 2	
Ventajas	Desventajas
Control seguro en el manejo de presión hidráulica y neumática.	El peso es mucho mayor debido a su recubrimiento estructural.
Fácil verificación de la presión mediante indicadores análogos.	La realización de los trabajos deben ser efectuados por personal aptamente capacitados y calificados.
Tiene tres sistemas incluidos Sistema hidráulico. Sistema de nitrógeno. Sistema de aire	Costo elevado del banco debido a la incursión de instrumentos análogos para su respectiva indicación (panel de control).
Se puede realizar a su vez llenado de nitrógeno y pruebas de hermeticidad.	Dificultad de traslado de un lugar a otro.
Se puede controlar la fuerza.	Mayor cantidad de elementos mecánicos y eléctricos por ende mayor consumo de electricidad.
Es regulable de acuerdo al tamaño de cilindro deseado.	Costo elevado en mantenimiento y operación en los equipos.

Tabla 3.3 Ventajas y desventajas de la tercera alternativa

Alternativa N° 3	
Ventajas	Desventajas
Facilidad operación del equipo, y ahorro total de energía eléctrica.	La estructura se encuentra empotrada al piso por lo que dificulta el traslado a otro lugar.
Costo de operación y mantenimiento mínimo.	Para la operación del banco se necesitan mínimo dos personas.
Realizar llenado de nitrógeno en amortiguadores de trenes principales, tren de nariz y actuadores.	Emplea mayor tiempo al realizar la inspección o chequeo.
Realizar llenado, sangrado de líquido hidráulico, inspección y comprobación de fugas en el cilindro a ser chequeado.	
Se puede operar manualmente o por accionamiento del equipo anexo.	

3.3 Parámetros de evaluación y selección

Los parámetros de selección que se han considerado, son los siguientes:

Técnico constructivo

- Facilidad de construcción
- Complejidad de las piezas
- Funcionabilidad
- Mantenimiento
- Materiales

Operacional

- Facilidad de operación.

Económico

- Costo de construcción.

3.3.1 Factor de ponderación (Fp)

Al evaluar las alternativas, se asignará un valor X_i a los parámetros de selección, que se han considerado importantes. La asignación de los valores X_i dependerán del grado de importancia que considere el investigador (factor de ponderación) en base a los factores antes indicados.

El factor de ponderación, varía entre 0 y 1.

$$0 < F_p < 1$$

3.3.2 Parámetros del factor técnico constructivo

- **Facilidad de construcción**

El banco de prueba a realizarse debe ser de fácil construcción. Se asigna un valor de ponderación $F_p = 0.8$.

- **Complejidad de las piezas**

Las piezas a construirse deben ser geoméricamente los más sencillas posible y que satisfagan los requerimientos de esfuerzos y operación. Se asigna un valor de ponderación $F_p = 0.8$.

- **Funcionabilidad**

Trata sobre las características del equipo, tanto como estructura, indicadores, componentes y demás elementos que conforman el sistema hidráulico, con la finalidad de que cumplan los fines a los que fueron instalados. Por la importancia a este parámetro se da un valor de ponderación $F_p=0.9$.

- **Mantenimiento**

El mantenimiento del banco de prueba debe ser fácil de realizar y con el menor costo. Se asigna un valor de ponderación $F_p = 0.7$.

- **Materiales**

Trata del tipo de material recomendable y su fácil adquisición para que la construcción del banco de prueba sea óptima sin dar lugar a retrasos. Se asigna un valor de ponderación $F_p=0.9$

3.3.3 Parámetro del factor operacional

- **Facilidad de operación**

Se refiere a la percepción, facilidad, sencillez de operar y controlar el banco con sus respectivos componentes. Se asigna un valor de ponderación $F=0.9$.

3.3.4 Parámetro del factor económico

- **Costo de construcción**

Es de gran importancia la selección de la mejor alternativa con la finalidad de que permita una comprobación eficiente de cada tren de aterrizaje que sea sometido al banco de prueba y también se buscará la opción más económica para su construcción. Se asigna un valor de ponderación $F_p=0.8$.

3.3.5 Matriz de evaluación

Tabla 3.4 Matriz de evaluación

Nº	Parámetros de evaluación	Fp	Alternativa	Alternativa	Alternativa
			Nº 1	Nº 2	Nº 3
			C1	C2	C3
1	Facilidad de construcción	0.8	9	10	9
2	Complejidad de las piezas	0.8	8	7	8
3	Funcionabilidad	0.9	9	10	9
4	Mantenimiento	0.7	7	6	8
5	Materiales	0.9	9	10	9
6	Facilidad de operación	0.9	10	7	9
7	Costo de construcción	0.8	7	7	9

3.3.6 Matriz de selección

Tabla 3.5 Matriz de selección

Nº	Parámetros de evaluación	Alternativa	Alternativa	Alternativa Nº 3
		Nº 1	Nº 2	Nº 3
		C1 x Fp	C2 x Fp	C3xFp
1	Facilidad de construcción	7.2	8.0	7.2
2	Complejidad de las piezas	6.4	5.6	6.4
3	Funcionabilidad	8.1	9.0	8.1
4	Mantenimiento	4.9	4.2	5.6
5	Materiales	6.3	9	6.3
6	Facilidad de operación	9.0	6.3	8.1
7	Costo de construcción	5.6	5.6	7.2
	TOTAL	47.5	47.7	48.8

3.4 Selección de la mejor alternativa

Una vez realizado el análisis y la evaluación de parámetros en cada alternativa se establece que la tercera alternativa, banco de prueba universal para el llenado y chequeo de los trenes de aterrizaje de diferentes aeronaves, presenta mejores condiciones de diseño rendimiento y fiabilidad.

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO

4.1 Principios Básicos de construcción

La construcción estructural del banco de prueba es la evaluación del trabajo, es decir estimar, apreciar y calcular el valor exacto de que se realizará.

Esto conlleva a la determinación del diseño del banco de prueba, la clase de material que se empleará, tamaño, resistencia y otros componentes que estarán inmiscuidos en la construcción.

Para la realización de la construcción se debe tomar en cuenta algunos factores fundamentales que intervendrán de alguna u otra manera en el factor estructural del banco.

El material a utilizarse deberá proporcionar estabilidad en la estructura y será capaz de resistir cargas excesivas de compresión, expansión y flexión.

4.1.1 Descripción del banco

El banco de prueba para el llenado y pruebas para el chequeo de los diferentes trenes de aterrizaje de las aeronaves está constituido de un soporte o estructura en el que contendrá un gato hidráulico manual de 50 toneladas cuya

función es proporcionar la carga para la comprobación del cilindro actuador de los diferentes trenes de aterrizaje. Este banco, en la parte superior posee elementos regulables para los diferentes tipos de trenes a ser inspeccionados, la cual tendrán tres regulaciones con diferentes medidas de acuerdo al tren de aterrizaje establecido para la inspección y su respectiva copa de sujeción del tren con la regulación de la estructura.

4.1.2 Partes constitutivas

- 1) Estructura Fija
- 2) Regulación
- 3) Gato Hidráulico (50 toneladas)
- 4) Acople del Gato Hidráulico
- 5) Soportes de la estructura

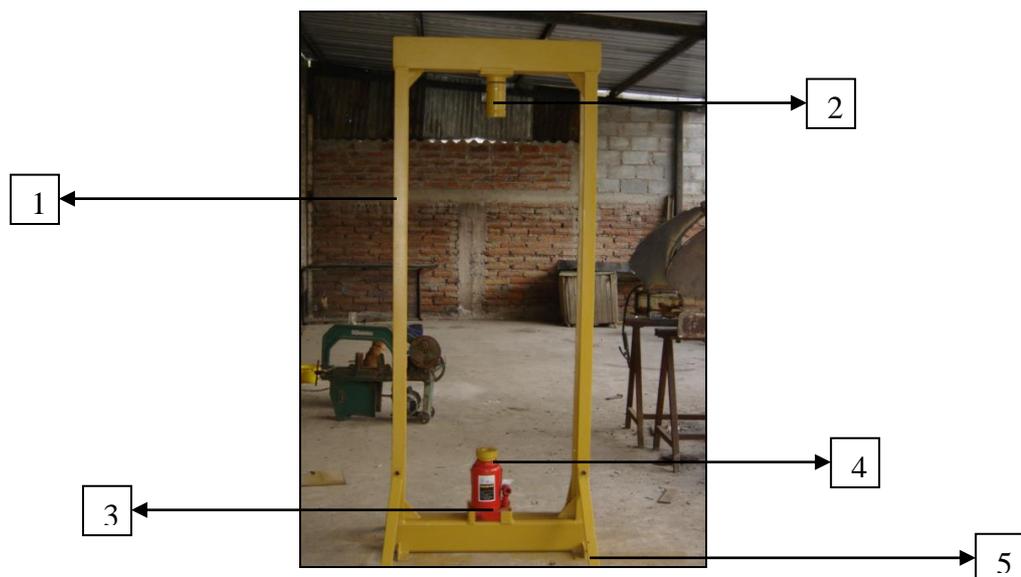


Fig. 4.1 Diseño estructural del banco

6) Consola del Banco 04-A (Equipo Anexo), y sus respectivas partes constitutivas.

- a. 1 manómetro de baja, media y alta presión
- b. 1 válvula de entrada de aire, reguladora, alivio

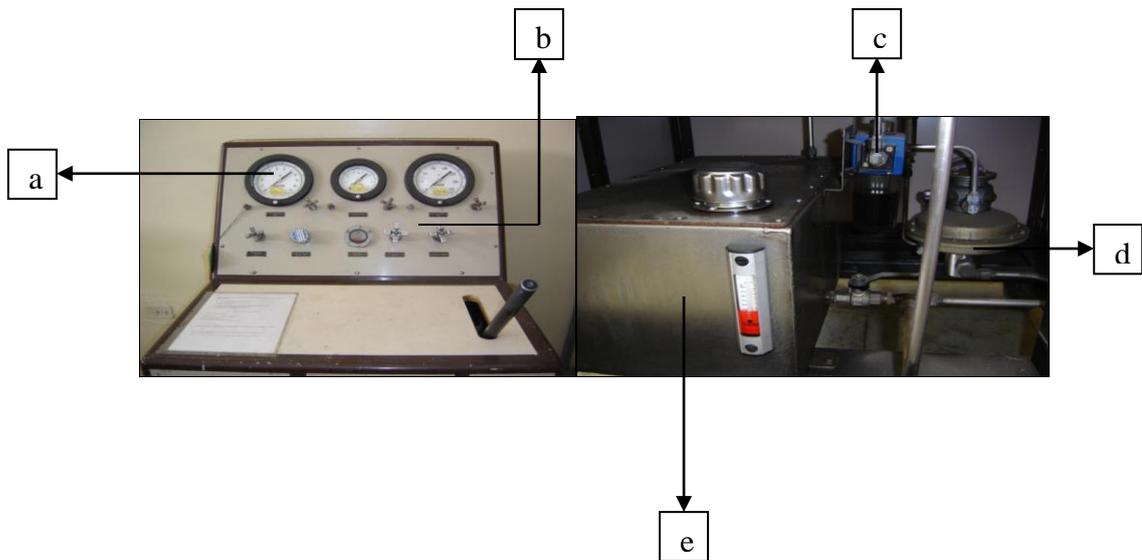


Fig. 4.2 Partes el banco de prueba hidráulico 04-A

- c. Bomba de aire
- d. Bomba manual
- e. Reservorio

4.1.3 Descripción del circuito hidráulico del banco

El líquido hidráulico (MIL-H-5606) se encuentra en el reservorio de la bomba manual localizada en el parte interior del equipo anexo 04-A y mediante la bomba manual se impulsa el líquido hidráulico por las cañerías de presión pasando por una válvula reguladora manual que permite enviar el flujo necesario, un manómetro permite observar la presión con que el fluido ingresa al amortiguador (300 a 3000 PSI),continua por una válvula check que permite el paso del líquido hidráulico en un solo sentido de flujo.

4.1.4 Dimensiones de la estructura

Tabla 4.1: Dimensiones de la estructura

	Altura Total	Ancho Total	Material
Estructura Fija	232cm.	95 cm.	UPN-140
Base	13 cm.	95 cm.	Tubo Cuadrado

4.1.5 Operación

Opera con líquido hidráulico MIL-H-5606, la bomba manual transporta líquido hidráulico a través de cañerías a la parte superior lugar donde se encuentra ubicado el cilindro actuador que va ha ser inspeccionado.

El líquido hidráulico ingresa al cilindro con la finalidad de expandir al cilindro para su respectivo chequeo. El gato hidráulico manual proporciona carga para la comprobación del cilindro actuador de los diferentes trenes de aterrizaje y este hace que el cilindro retorne a su posición original inspeccionando la existencia de fugas para finalmente realizar el desmontaje del cilindro inspeccionado.

4.2 Construcción

Para la construcción del banco de prueba, se debe tomar en cuenta la optimización de recursos, materiales y equipos disponibles en el departamento de trenes de aterrizaje del ALA N° 12.

En tal razón, no todos los elementos constitutivos del banco se construyeron. A continuación los elementos construidos y no construidos.

4.2.1 Elementos construidos

Estructura Fija

Acoples de la copa del cilindro a la estructura parte superior

Acople del gato hidráulico en la base

Acople del gato hidráulico y el cilindro

Soportes de la estructura fija

4.2.2 Elementos no construidos

Gato hidráulico de 50 toneladas

Consola del Banco de prueba 04-A con sus respectivas partes.

4.3 Cálculos

Considerando el acople, se forma como área de contacto la sección superior.

Presión de diseño

$$P = 1000 \text{ PSI}$$

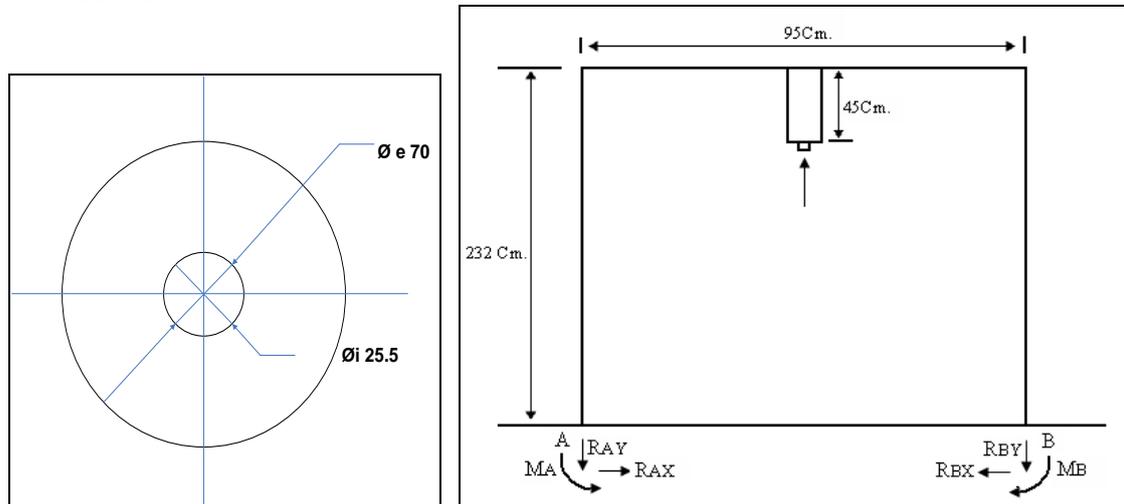


Fig. 4.3 Esquemas de aplicación

$$A = \frac{\pi(De^2 - Di^2)}{4} \quad \text{Ec (4.1)}$$

$$De = 2.8 \text{ pulg}$$

$$Di = 1 \text{ pulg}$$

$$A = \frac{\pi(2.8^2 - 1^2)}{4}$$

$$A = 5.19 \text{ pulg}^2$$

Fuerza de Aplicación

$$P = F/A \quad \text{Ec (4.2)}$$

$$F = P \times A$$

$$F = 1000 \text{ lbf/pulg}^2 \times 5.119 \text{ pulg}^2$$

$$F = 5200 \text{ lbf.}$$

Cálculo de reaccion

$$\sum fy = 0$$

$$1) \underline{R1y + R1x = F} \quad \text{Ec(4.3)}$$

$$\sum fx = 0$$

$$R1x - R2x = 0$$

$$2) \underline{R1x = R2x} \quad \text{Ec(4.4)}$$

$$\sum MA = 0$$

$$MA - MB - F \times \frac{L}{2} = 0$$

$$3) \underline{MA - MB = F \times \frac{L}{2}} \quad \text{Ec(4.5)}$$

La estructura es hiperestática. Por la facilidad de cálculo se analiza en primera instancia la viga como un elemento doblemente empotrado.

Por simetría

$$RA = RB$$

$$MA = MB$$

Para la distribución de cargas ver en lista de anexos la tabla e la resistencia de materiales de Singer (Tabla 7-2. Vigas doblemente empotradas).

$$RA = RB = \frac{F}{2}$$

$$RA = RB = \frac{5200\text{ lbf}}{2}$$

$$RA = RB = 2600 \text{ lbf.}$$

$$MA = MB = \frac{Fl}{8}$$

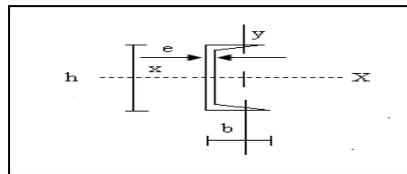
$$MA = MB = \frac{5200 * 8\text{ lbf. m}}{8}$$

$$MA = MB = 520 \text{ lbfm.}$$

El esfuerzo a fluencia es:

$$T = \frac{M1}{S} \tag{Ec (4.6)}$$

Tabla 4.2: El perfil que se considera para el cálculo es: UPN 14 cuyas características son:



Perfil	Dimensiones en milímetros				X cm ²	Transversal cm ²	Masa Kg/m	Eje x			Eje y		
	h	b	e	e ₁				lx	Sx	Rx	ly cm ⁴	Sy cm ³	Ry cm
14	140	60	7	10	1.75	20.4	16.01	605	86.40	5.45	62.7	14.8	1.75

$$Sy = 14.8 \text{ cm}^3$$

$$Tf = \frac{520\text{ lbf. m} / 100\text{ cm} \cdot 1\text{ kf} / 22\text{ lbf. m}}{14.8\text{ cm}^3}$$

$$Tf = 1607.916 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

El límite de proporcionalidad a tensión para aceros de 0.2 carbono laminado en caliente es:

$$T = 2450 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$\therefore T_f < T_{AD}$$

$$(1607.916 < 2450) \frac{kgf}{cm^2}$$

En tal razón, se acepta el material seleccionado.

4.4 Codificación de máquinas, herramientas y equipos

Tabla 4.3: Codificación de máquinas

Nº	Máquina	Características	Código
1	Sierra eléctrica	220/440V; 1145 RPM	M1
2	Pulidora	129V - 10,000RPM	M2
3	Soldadora Eléctrica	110/220 V	M3
4	Esmeril	110 V - ½ HP	M4

Tabla 4.4: Codificación de herramientas

Nº	Herramienta	Código
1	Flexómetro	H1
2	Escuadra	H2
3	Calibrador Pie de rey	H3
4	Sierra manual	H4
5	Entenalla	H5
6	Martillo	H6
7	Rayador	H7
8	Cepillo de acero	H8
9	Taladro de mano	H9

Tabla 4.5: Codificación de equipos

Nº	Equipo	Características	Código
1	Compresor y equipo de pintura	80 PSI - 1 HP	E1

4.4.1 Tabla de procesos

Tabla 4.6: Tabla de procesos

Nº	Proceso	Máquina	Herramientas	Equipos
1	Cortado	M1		
2	Pulido	M2		
3	Soldado	M3		
4	Esmerilado	M4		
5	Medidas		H1-H2-H3	
6	Cortado		H4	
7	Entenalla		H5	
8	Martillado		H6	
9	Rayado		H7	
10	Cepillado		H8	
11	Taladrado		H9	
12	Pintado			E1

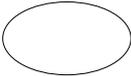
4.5 Diagramas de proceso

Estos diagramas están compuestos por símbolos que indican la forma como se ha trabajado en la construcción del banco. A continuación se presenta una tabla con la simbología utilizada en cada uno de los procesos de construcción del banco de prueba.

4.5.1 Codificación de simbología para diagramas de procesos.

La siguiente tabla indica la simbología utilizada en los diagramas de proceso y ensamblaje.

Tabla 4.7: Simbología de los diagramas

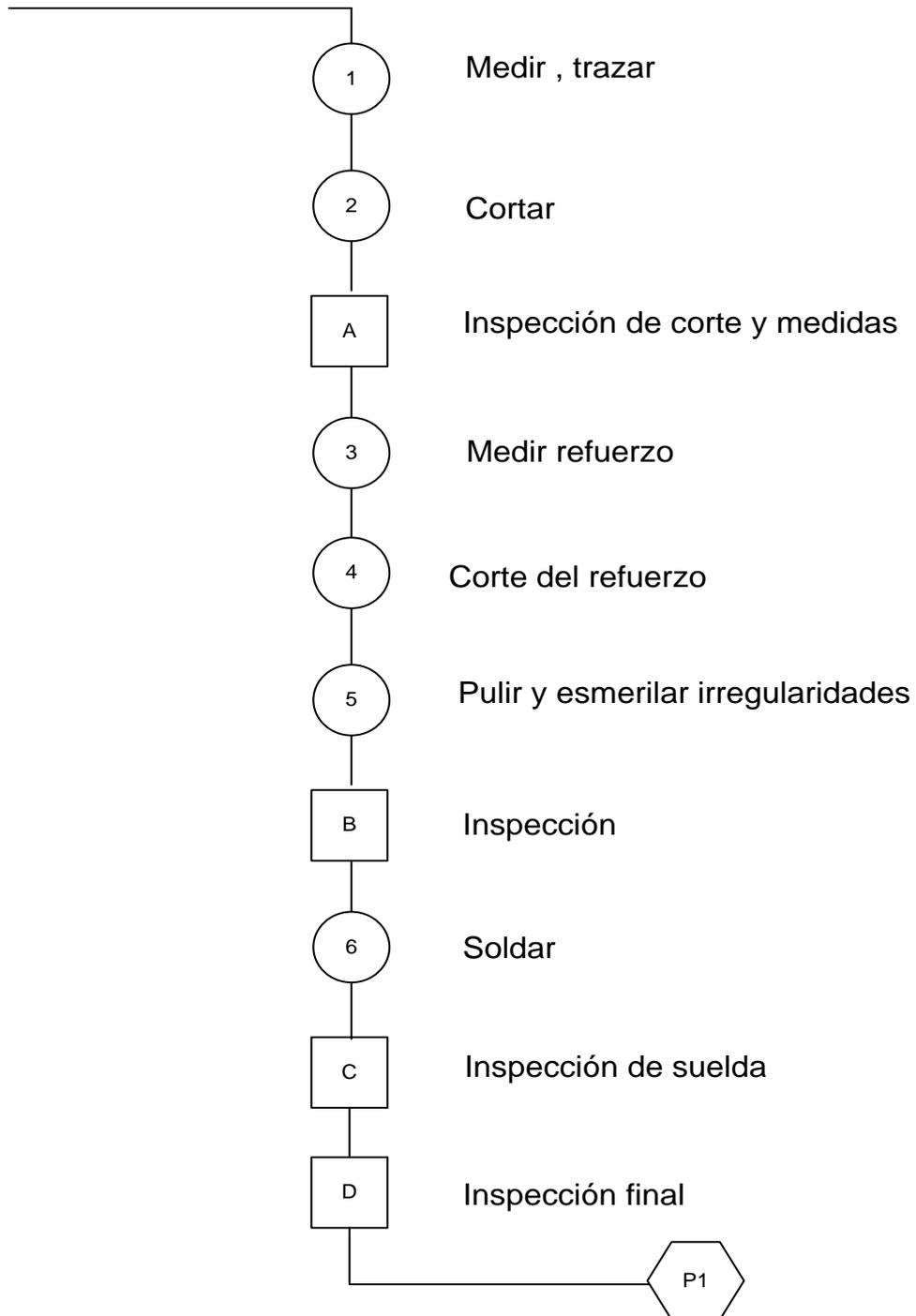
Nº	SIMBOLOGÍA	SIGNIFICADO
1		Operación
2		Inspección
3		Conector
4		Producto semi elaborado
5		Ensamblaje

4.6 Diagramas de proceso de Construcción

A continuación los siguientes diagramas de construcción del banco de prueba.

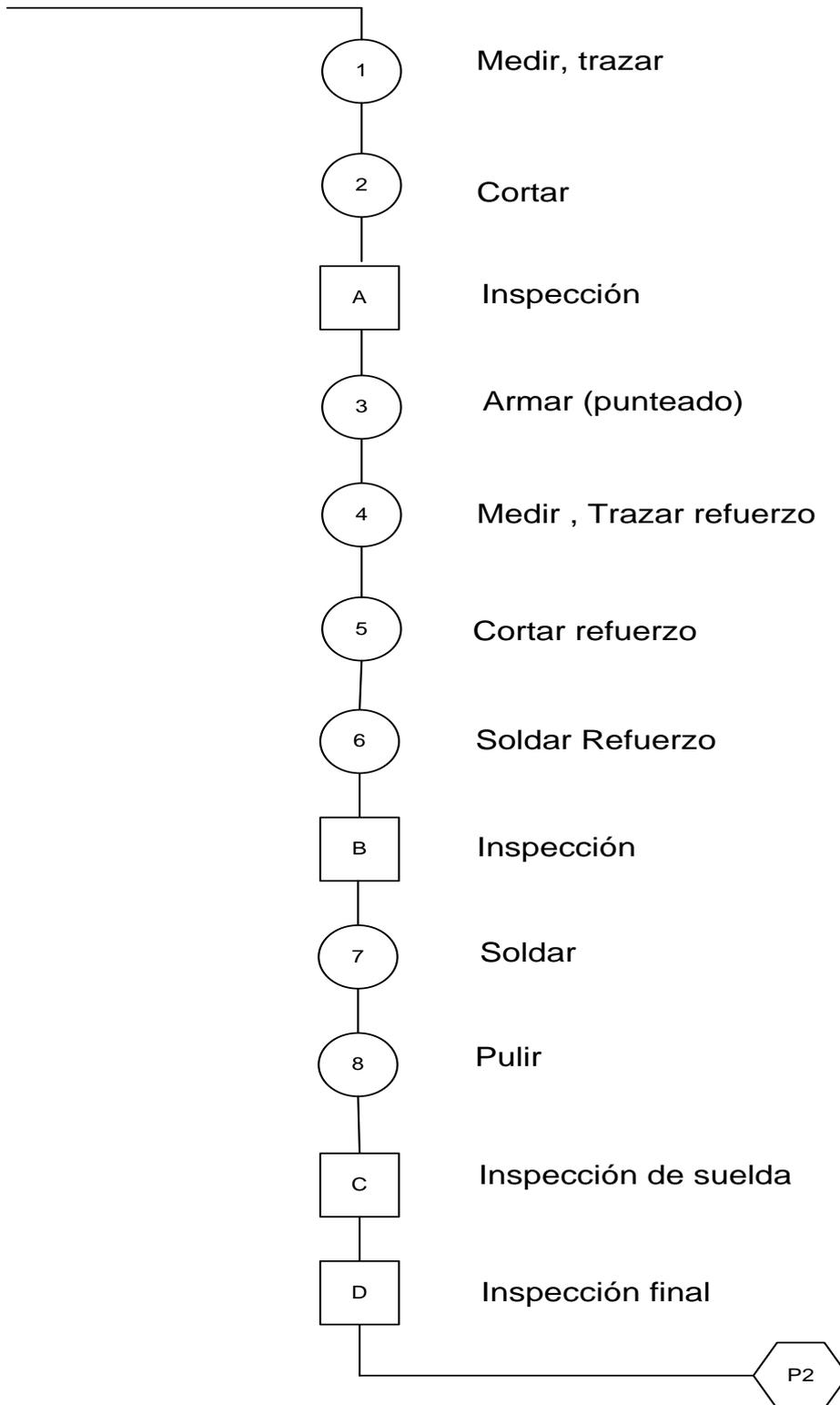
4.6.1 Diagrama de proceso de construcción de la base de la estructura del Banco.

Material: Tubo cuadrado: $e = 12.3 \text{ mm}$.



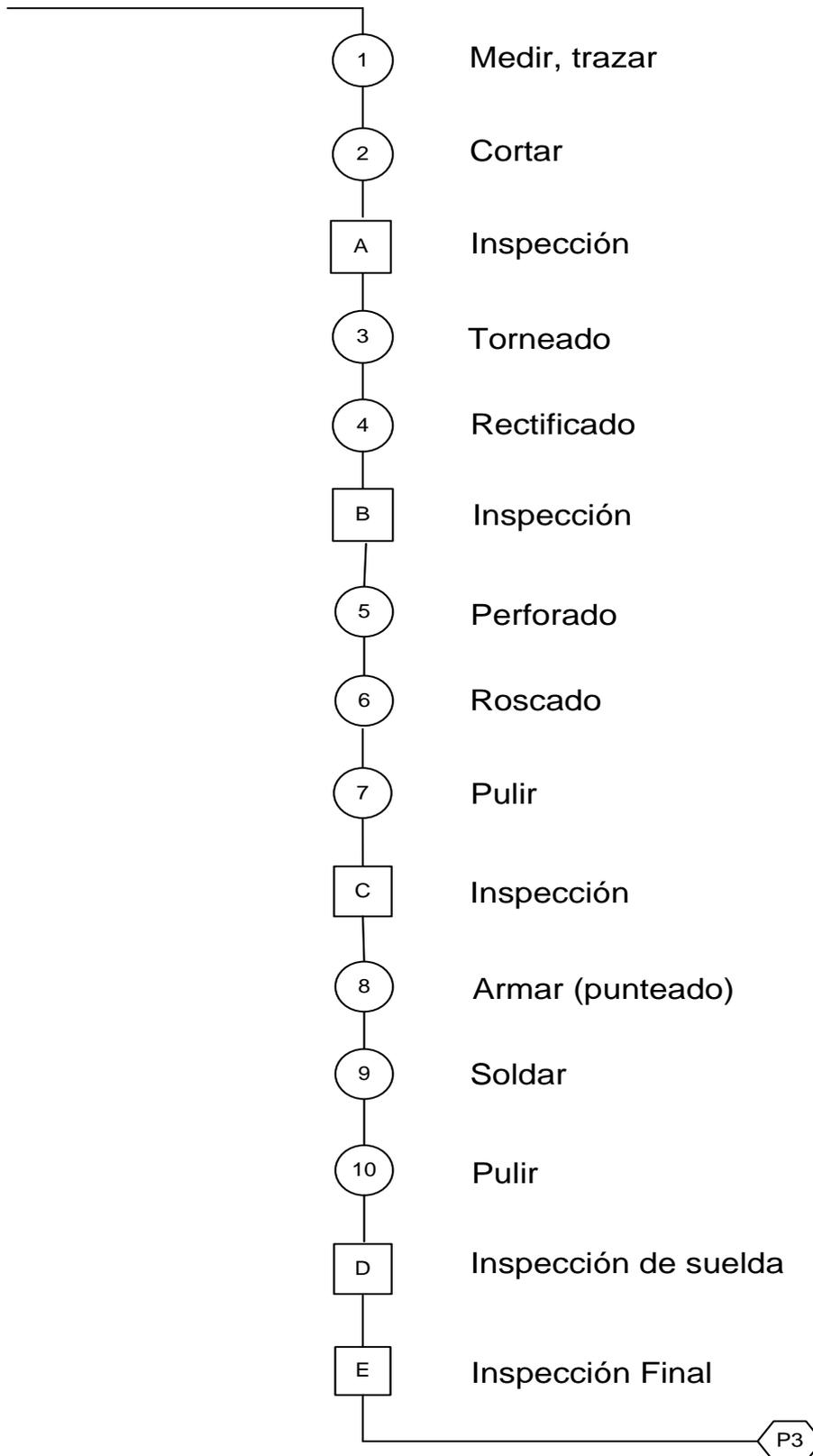
4.6.2 Diagrama de proceso de construcción de los parantes laterales y superior de la estructura.

Material: UPN 140 x 60 mm. ; Platina e = 16.02 mm.



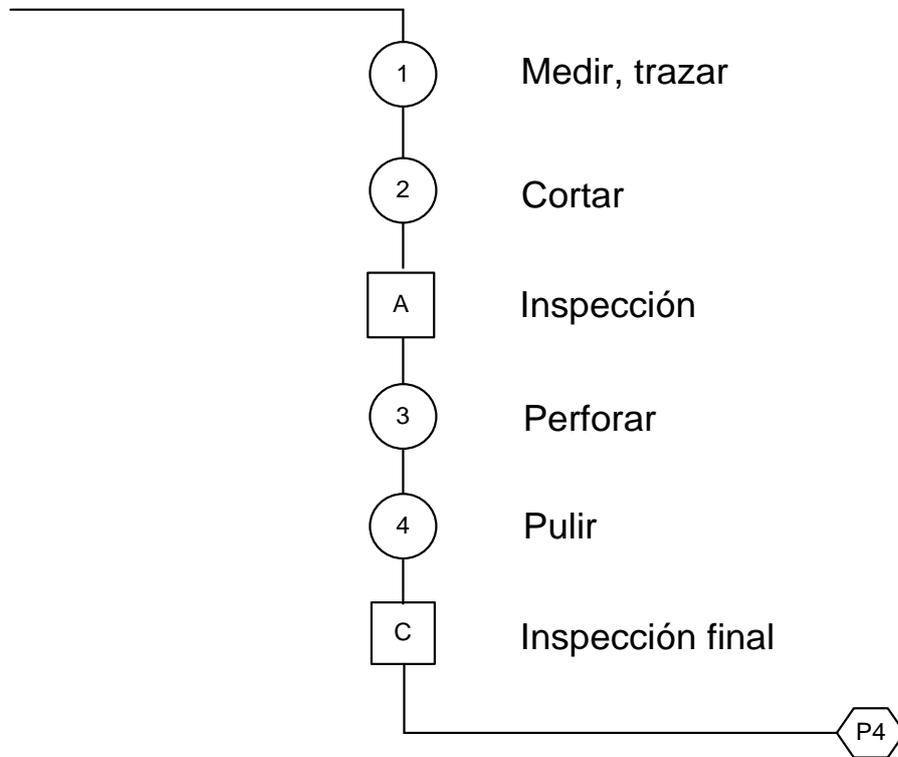
4.6.3 Diagrama de proceso de construcción acoples de la parte superior de la estructura con el cilindro.

Material: Tubo de oleoducto $\varnothing = 90$ mm.



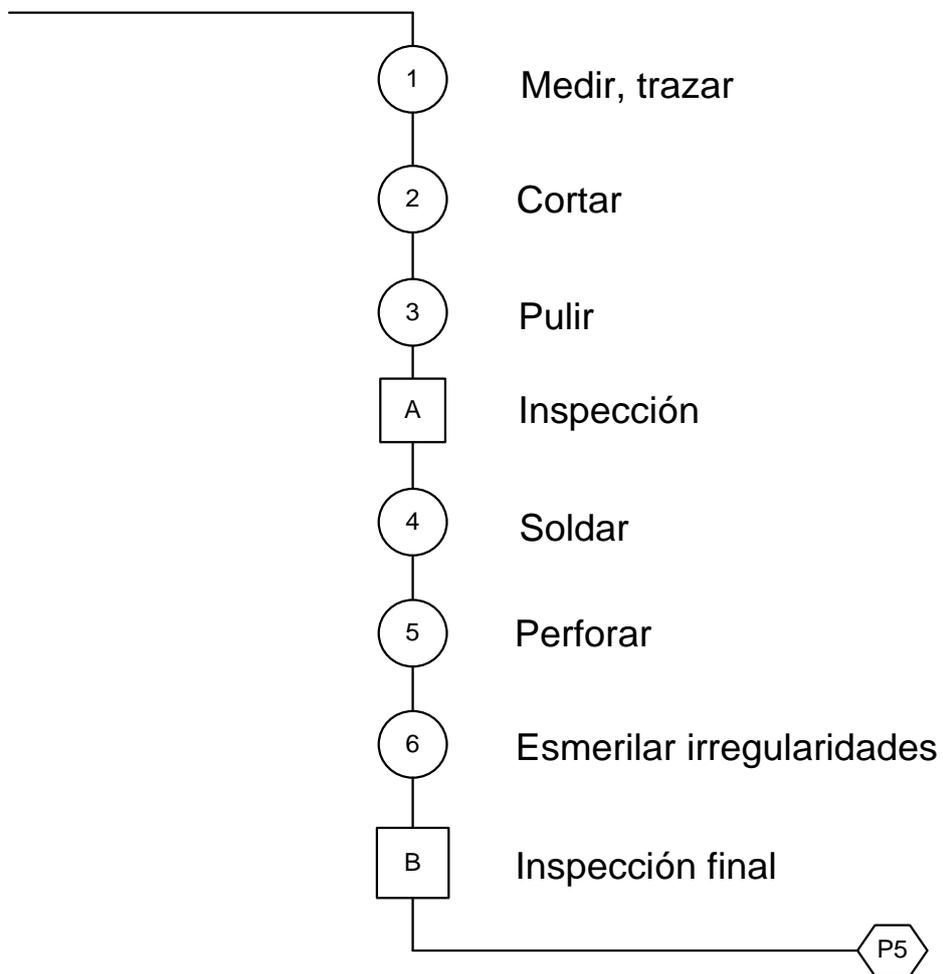
4.6.4 Diagrama de proceso de construcción soportes de la estructura.

Material: T: e = 2 pulg. x 5/16



4.6.5 Diagrama de proceso de construcción acople del gato hidráulico.

Material: Platina de 1 $\frac{1}{2}$ pulg.

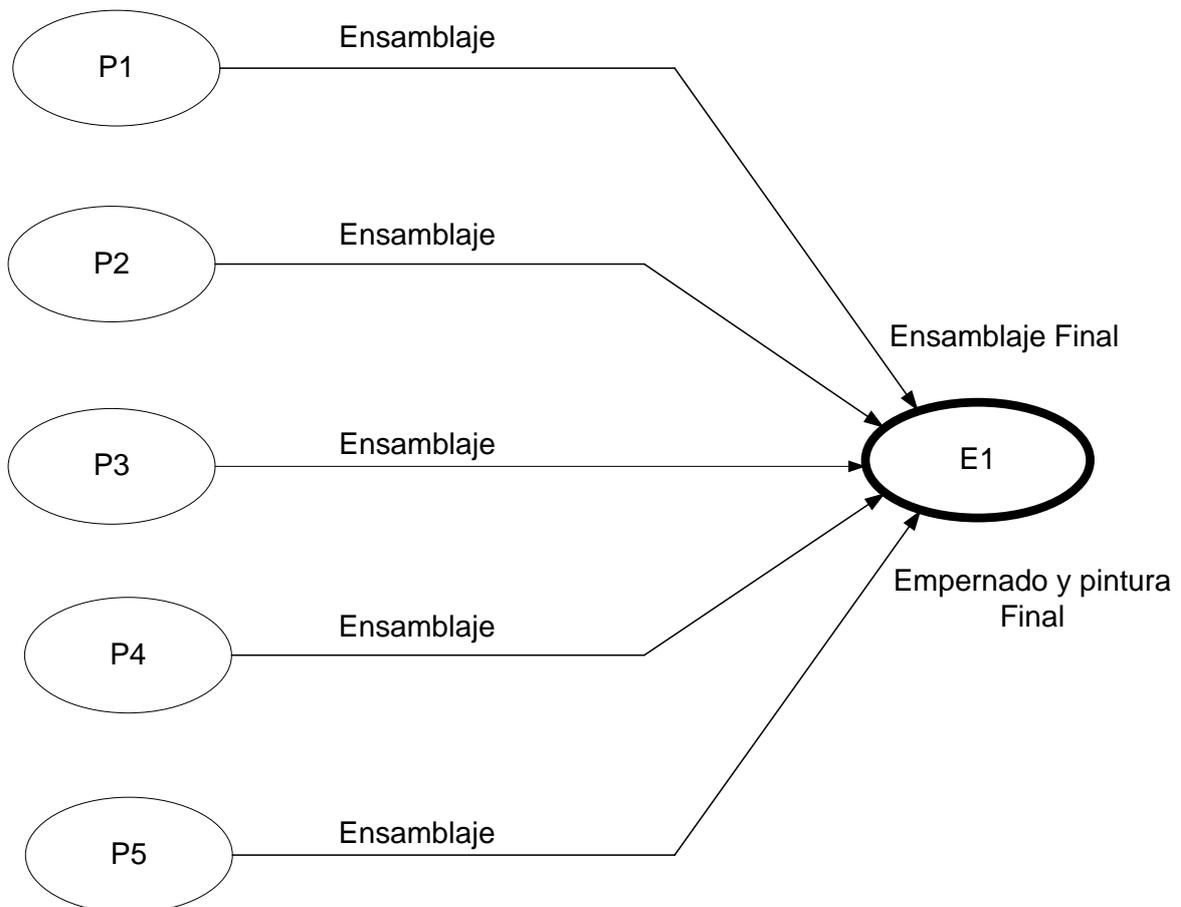


4.7 DIAGRAMAS DE ENSAMBLAJE

Para realizar el ensamble de la estructura, con sus respectivos componentes, se debe realizar con mucho cuidado tomando en cuenta su respectiva tolerancia, exactitud entre los elementos que conforman el banco de prueba.

A continuación se presenta los diagramas de ensamble final del banco.

4.7.1 Ensamblaje General de todos los elementos del banco de pruebas para el llenado y chequeo de diferentes trenes de aterrizaje



CAPÍTULO V

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y MANUALES

5.1 Pruebas de funcionamiento

Finalizado la construcción de la estructura con sus respectivos acoplamiento de los diferentes componentes del sistema hidráulico del banco de prueba 04-A, se procede a verificar el funcionamiento respectivo de cada uno de sus componentes.

5.1.2 Estructura del banco de prueba

Para observar el estado en que se encuentra los diferentes elementos que conforman el diseño a continuación la siguiente tabla:

a) Estructura del banco de prueba

Tabla 5.1: Verificación de condición de la estructura.

	Ensamble Óptimo	Ensamble Óptimo
ELEMENTO	SI	NO
Soporte Superior	✓	
Soporte Lateral	✓	
Soporte Fijo	✓	
Base	✓	

5.1.3 Sistema Hidráulico del banco de prueba

Para observar el estado de los diferentes elementos que conforman este sistema continuación la siguiente tabla.

Tabla 5.2: Verificación de elementos del sistema generador de presión hidráulica.

Elementos	Condiciones de funcionamiento	Condiciones de ensamble
Bomba Hidráulica Manual	✓	✓
Gata Hidráulica 50 Ton.	✓	✓
Válvula Reguladora de paso	✓	✓
Válvula de corte	✓	✓
Manómetros	✓	✓
Acoples	✓	✓
Cañerías	✓	✓

Tabla 5.3: Verificación del funcionamiento del banco de pruebas de acuerdo a las presiones proporcionadas por el Manual.

ELEMENTOS	PRESIÓN HIDRÁULICO 300 PSI	PRESIÓN NITRÓGENO 830 PSI	CONDICIÓN DE FUNCIONAMIENTO	CONDICIÓN DE ENSAMBLE
Estructura del amortiguador	✓	✓	✓	✓
Amortiguador	✓	✓	x	✓
Gato Hyd	✓	✓	✓	✓
Bomba Hyd.	✓		✓	✓

5.2 ELABORACIÓN DE MANUALES DE PROCEDIMIENTO

En este capítulo, se establece los diferentes procedimientos según los requerimientos que exigen las normas de verificación, mantenimiento, además de realizar un análisis de las normas de seguridad que todo técnico de mantenimiento debe conocer antes de efectuar cualquier tipo de trabajo en aviación, ya que cualquier error puede ser el último.

5.3 TIPOS DE MANUALES

A continuación se da a conocer los diferentes manuales que se aplica en el banco de trabajo para su correcto manejo.

- Manual de seguridad
- Manual de operación
- Hoja de registro

5.4 MANUAL DE SEGURIDAD

Para la respectiva operación del banco de prueba se han ideado planes de seguridad que debe seguir el técnico el mismo que pueda evitar posibles accidentes o alguna lesión grave

 <p>ITSA</p>	MANUAL DE SEGURIDAD		Pág. 1 de 2
	OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBA UNIVERSAL PARA EL LLENADO Y CHEQUEO DE LOS TRENES DE ATERRIZAJE DE DIFERENTES AERONAVES		Código: BPTA-MS
	Elaborado por: AC: William Perugachi G.		Revisión N°: 01
	Aprobado por : Ing. Dag Bassantes	Fecha: 2006-05-08	Fecha: 2006-05-08
<p>1.0 OBJETIVO:</p> <p>Documentar los procedimientos de seguridad que debe seguir el técnico del banco de prueba para comprobar los diferentes trenes de aterrizaje.</p> <p>2.0 ALCANCE:</p> <p>Mantener la seguridad del operario al momento de utilizar el banco respectivo.</p> <p>3.0 PROCEDIMIENTOS</p> <p>1.- Antes de realizar cualquier trabajo, el operario debe tomar en cuenta las medidas necesarias que evite alguna lesión grave.</p> <p>2.- Realizar una inspección visual la misma que pueda detectar algún desperfecto en el banco de prueba antes de realizar su funcionamiento u operación.</p> <p>3.- Utilizar el equipo necesario para realizar el chequeo de los diferentes trenes de aterrizaje.</p> <p>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>			

 <p>ITSA</p>	MANUAL DE SEGURIDAD		Pág. 2de2
	OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBA UNIVERSAL PARA EL LLENADO Y CHEQUEO DE LOS TRENES DE ATERRIZAJE DE DIFERENTES AERONAVES		Código: BPTA-MS
	Elaborado por: AC: William Perugachi G.		Revisión N°: 01
	Aprobado por : Ing. Dag Bassantes	Fecha: 2006-05-08	Fecha: 2006-05-08
<p>4.- Las zonas del montaje y de pruebas asignadas para la reparación y el mantenimiento de accesorios del amortiguador de choque se deben aislar del equipo de generación de partículas provocadas por amoladoras, esmeriles, pulidoras etc.</p> <p>5.- La ventilación apropiada para asegurar la contaminación mínima.</p> <p>6.- Aliviar las presiones del banco de prueba.</p> <p>7.- Verificar posición de válvulas de control.</p> <p>8.- Verificar posición y aseguramiento del gato hidráulico y acoples del banco.</p> <p>9.- Verificar conexión de cañerías al accesorio a inspeccionarse.</p> <p>10.- Verificar que el reservorio hidráulico del banco.</p> <p>11.- Verificar que el líquido hidráulico este limpio.</p> <p>12- Debe tener un asistente durante la prueba de los trenes de aterrizaje.</p> <p>13.- Durante la prueba verificar el recorrido del accesorio a ser chequeado.</p> <p>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>			

5.5 MANUAL DE OPERACIÓN

Con este manual da a conocer el procedimiento de operación del banco de prueba; el mismo que sirve para el llenado de líquido hidráulico y chequeo de los trenes de aterrizaje de diferentes aeronaves.

 ITSA	MANUAL DE OPERACIÓN		Pág. 1 de3
	OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBA UNIVERSAL PARA EL LLENADO Y CHEQUEO DE LOS TRENES DE ATERRIZAJE DE DIFERENTES AERONAVES		Código: BPTA-MO
	Elaborado por: AC: William Perugachi G.		Revisión N°: 01
	Aprobado por : Ing. Dag Bassantes	Fecha: 2006-05-08	Fecha: 2006-05-08
<p>1.0 OBJETIVO:</p> <p>Documentar los procedimientos de operación del banco de prueba para la comprobación</p> <p>2.0 ALCANCE:</p> <p>Describe las operaciones de funcionamiento y el personal indicado para realizar el trabajo en el banco de prueba, además de las precauciones que se debe tomar.</p> <p>3.0 PROCEDIMIENTOS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Llenar al reservorio de líquido hidráulico según especificación del accesorio. 2.- Conectar las cañerías al accesorio. 3.- Cerrar válvula de alivio del banco de prueba. 4.- Cerrar válvula de presión del banco anexo con número de parte 04-A. <p>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>			

 ITSA	MANUAL DE OPERACIÓN		Pág. 2de3
	OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBA UNIVERSAL PARA EL LLENADO Y CHEQUEO DE LOS TRENES DE ATERRIZAJE DE DIFERENTES AERONAVES		Código: BPTA-MO
	Elaborado por: AC: William Perugachi G.		Revisión N°: 01
	Aprobado por: Ing. Dag Bassantes	Fecha: 2006-05-08	Fecha: 2006-05-08
<p>5.- Trabajar con la bomba manual hasta 3000 PSI si es neumática se conecta aire a presión de 70 PSI a la entrada del banco de pruebas para hacer funcionar la bomba booster y obtener más de 3000 PSI en el banco.</p> <p>6.- Verificar la medida o marcación en el indicador de baja presión.</p> <p>7.- Seguir bombeando y verificar la presión en el indicador de alta.</p> <p>8.- Chequear fugas a la conexión del accesorio.</p> <p>9.- Realizar una secuencia o repasos de extensión y contracción para sangrar el aire según la especificación de la orden técnica (O.T.).</p> <p>10.- Regular la cantidad de líquido hidráulico necesario según la orden técnica (O.T.)</p> <p>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>			

 ITSA	MANUAL DE OPERACIÓN		Pág. 3de3
	OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBA UNIVERSAL PARA EL LLENADO Y CHEQUEO DE LOS TRENES DE ATERRIZAJE DE DIFERENTES AERONAVES		Código: BPTA-MO
	Elaborado por: AC: William Perugachi G.		Revisión Nº: 01
	Aprobado por: Ing. Dag Bassantes	Fecha: 2006-03-29	Fecha: 2006-04-18
<p>11.- Aliviar la presión con la válvula de alivio.</p> <p>12.- Abrir la llave de presión del banco anexo con número de parte 04-A.</p> <p>13.- Desconectar la manguera del accesorio.</p> <p>14.- Cerrar la válvula de llenado del accesorio.</p> <p>15.- Colocar tapones en el cilindro y en las cañerías.</p> <p>16.- Llenar el nitrógeno según la orden técnica (O.T.)</p> <p>17.- Se comprime el accesorio y en esa posición chequear fugas.</p> <p>18.- Se alivia la presión del gato hidráulico.</p> <p>19.- Finalmente desmontar el accesorio.</p> <p>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>			

5.6 HOJA DE REGISTROS

Una correcta información del banco de trabajo y su manejo se ha ideado una hoja de registros la misma que almacenara información del modo de operación, las fallas o errores que presentan y su modo de instalación del banco de trabajo.

	REGISTRO	Código: BPTA-HR
	LIBRO DE MANTENIMIENTO	Registro N°:

N°.	FECHA		TRABAJO REALIZADO	MATERIAL Y/O REPUESTO UTILIZADO	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
	INICIO	FINAL				

CAPÍTULO VI

ESTUDIO ECONÓMICO

En el presente capítulo se detalla el costo de la construcción del banco de prueba.

6.1 Presupuesto

Basado en una apreciación del monto que podría costar el construir una estructura para un banco que funciona con sistema hidráulico manual, el presente proyecto se presupuestó en 700 dólares.

6.2 Estudio Económico

Se consideran cuatro rubros principales en la construcción estos son:

- Materiales
- Alquiler de máquinas, herramientas y equipos utilizados
- Mano de obra
- Otros

6.2.1 Materiales

Comprende todos los materiales utilizados en la construcción del banco.

Tabla 6.1 Materiales Utilizados

Nº	Material	Dimensiones	Cant	Val / unid	Subtotal
1	UPN-140	140 X 60 mm.	1	145	145
2	Tubo cuadrado	e = 12.3 mm L = 95 cm.	1	35	35
3	Platina	e = 16.02 mm	1	15	15
4	Electrodos	Relleno 70-18	12lbs.	1.20	14.40
		Fondeo 60-11	12lbs.	2	24
5	Pernos	½ x 2 pulg.	4	0.20	0.80
6	Acoples	15, 30, 45 cm.	3	80	80
7	Tubo oleoducto	Ø= 90 mm.		8	8
8	Fondo		½ gal.	7	7
9	Pintura		½ gal.	12	12
10	Gato hidráulico	50 toneladas	1	85	85
TOTAL					426.20

6.2.2 Máquinas, herramientas y equipos.

Tabla 6.2 Máquinas

Nº	Máquina	Tiempo (h)	Valor/hora (\$)	Subtotal (\$)
1	Torno	7	1.50	10.50
2	Soldadora	12	2.50	30
3	Pulidora	1	2	2
TOTAL				47.50

Tabla 6.3 Herramientas

Nº	Herramienta	Tiempo (h)	Valor/hora (\$)	Subtotal (\$)
1	Escuadras	1	0.50	0.50
2	Sierra manual	2	0.50	1.00
3	Entenalla	2	1.00	2.00
4	Herramientas varias	2	2.00	2.00
TOTAL				5.50

Tabla 6.4 Equipos

Nº	Máquina	Tiempo (h)	Valor/hora (\$)	Subtotal (\$)
1	Equipo de pintura	1	10	10
TOTAL				10

6.2.3 Mano de obra

Tabla 6.5 Mano de obra

Nº	Detalle	Subtotal (\$)
1	Operario de torno, suelda, pintura.	200
TOTAL		200

6.2.4 Costo total

Tabla 6.5 Costo total

Nº	Detalle	Subtotal (\$)
1	Materiales	426.20
2	Alquiler de máquinas, herramienta, equipos.	63
3	Mano de obra	200
TOTAL		689.20

El costo total empleado en la construcción del banco asciende a un total de seis cientos ochenta y nueve dólares con veinte centavos.

6.3 Comparación con una máquina que se encuentra en el mercado regional

En el mercado regional se cotizó una estructura para la realización de inspecciones de diferentes trenes de aterrizaje de características similares a la construida a un costo de novecientos dólares incluido el IVA. Existe una diferencia de doscientos diez dólares con ochenta centavos.

La diferencia justifica la construcción de la estructura para comprobación e trenes en distintos aspectos.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se realiza un análisis para saber de qué manera afecta el proyecto a los técnicos dentro de los talleres, por ello se ha planteado algunas conclusiones y recomendaciones de acuerdo al funcionamiento y mantenimiento del banco de prueba que a continuación se detalla:

7.1 CONCLUSIONES

- La implementación del Banco de prueba universal para el llenado de líquido hidráulico y chequeo de los trenes de aterrizaje de diferentes aeronaves brinda la seguridad necesaria para el personal técnico de mantenimiento quienes realizan las inspecciones respectivas.
- El banco construido bajo criterios de universalidad, considerando parámetros de seguridad operacional y sobre la base de pruebas realizadas se concluye que satisface las expectativas planteadas en el proyecto y se encuentra en condiciones estándares de operación.
- El estudio de los bancos de prueba para el llenado y chequeo de trenes de aterrizaje de diferentes aeronaves permitió plantear y seleccionar la alternativa más adecuada para su construcción.
- En base a datos técnicos de carga operacional para el chequeo de trenes y las dimensiones de estas se determinó los parámetros dimensionales y de resistencia para la construcción del banco.
- Los manuales de seguridad y operación provee la documentación básica necesaria para el correcto empleo del banco de prueba por parte el personal de mantenimiento del departamento de trenes de aterrizaje.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que todo trabajo o inspección que se realice en el banco de prueba universal de trenes se debe efectuar en un medio que brinde medidas de seguridad adecuadas.
- Se recomienda manipular de manera correcta el banco de prueba tomando en cuenta las normas establecidas en los manuales de seguridad y operación.
- Se recomienda que el banco de prueba sea utilizado para diferentes tipos de trenes de aterrizaje con que cuenta el departamento de accesorios de trenes de aterrizaje del Ala No-12
- Se recomienda realizar los chequeos con cargas normales designadas en los manuales, órdenes técnicas y no exceder a sobrecargas.

BIBLIOGRAFÍA

- **OÑATE, Antonio Esteban (1996)**, Conocimientos del Avión, México, Editorial Paraninfo.
- **I.A.F.A** (Academia Interamericana De Las Fuerzas Aéreas) Conjuntos del tren de aterrizaje.
- **Oñate Esteban**, Energía Hidráulica.
- Manual de mantenimiento avión K-FIR.
- Manual de mantenimiento avión C-130.
- Manual de oleohidráulica.
- **Montoya V, Manuel**, Física Versión General.
- **Alvarenga A, Beatriz**, Física General.
- Manual de Mecánica Industrial Neumática de Hidráulica (Vol. II).
- Manual de operación y mantenimiento del banco de pruebas hidráulico con Número e parte 04-A de Industria Israelita.
- Manual de operación y mantenimiento del banco de pruebas para shock Absorber 01-A de presión hidráulica.
- Proyecto de grado realizado por el Cbos. Sandoval Edwin.
- Proyecto de grado realizado por el Cbos. Guashpa Víctor.