

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA PARA
CALIBRACIÓN Y REGULACIÓN DEL SWITCH DE
PRESIÓN HIDRÁULICO Y DE LA BOMBA HIDRÁULICA
DEL AVIÓN T-35 PILLAN**

POR:

JORGE GREGORIO JIMÉNEZ AGUIRRE

Proyecto de Grado como requisito para la obtención del Título de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

2004

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **JORGE GREGORIO JIMÉNEZ AGUIRRE**, como requerimiento parcial a la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**.

Tlgo. Joselito Chávez

SUBS. Téc. Avc.

DIRECTOR DEL PROYECTO

Latacunga, 22 de Julio del 2004.

DEDICATORIA

El poder de la voluntad, la convicción y firmeza de pensamientos para enfrentar la realidad, muchas veces adversa, es conflictiva y traumatizante en la dura lucha por una mejor calidad de vida.

El estudiante desafiando el infortunio se eleva sobre los obstáculos en busca del conocimiento científico y humanístico, para purificar su mente de la ignorancia, pasión y maldad.

La educación es libertad, solidaridad humana, defensa de la naturaleza, acción creadora, innovación vital, que nos permite soñar en un mundo mejor y justo sin explotación pleno de éxito, colmado de felicidad y amor.

El presente proyecto está dedicado a la Aviación Naval, a mis compañeros de trabajo, por cuanto hemos compartido similares experiencias y porque no decirlo momentos gélidos y de alegría.

A mi esposa Karina, mi hija, que con todo corazón colaboraron voluntariamente en la elaboración de este trabajo; mi familia ha sido la base esencial en mi estabilidad emocional, ya que su apoyo desinteresado, ha sido el incentivo moral para mi éxito personal y profesional, porque solo la armonía familiar brinda el ambiente apropiado para la superación y entrega.

A mis padres, por forjarme como un hombre de bien para la sociedad.

A mi asesor de proyecto, quien con su acertada dirección y conocimientos profesionales ha hecho posible que este proyecto se haya logrado culminar con éxito.

JORGE GREGORIO JIMÉNEZ AGUIRRE

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios por brindarme la fuerza necesaria en todo momento para seguir avante en la formación de mi carrera profesional.

A la Armada, por permitirme surgir tanto personalmente como profesionalmente.

A mis familiares, especialmente a mi esposa, mi hija y mis padres que me brindaron su apoyo incondicional par así poder culminar con éxito mis estudios.

A todas las personas que en forma desinteresada contribuyeron para la finalización exitosa de este proyecto.

A mis compañeros de trabajo en la Sección de Mantenimiento del Escuadrón Aeronaval-100 de la Aviación Naval que con sus conocimientos técnicos ayudaron a plasmar el equipo construido.

JORGE GREGORIO JIMÉNEZ AGUIRRE

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Página.
CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
LISTADO DE FIGURAS	VIII
LISTADO DE TABLAS	IX
LISTADO DE ANEXOS	X
GLOSARIO	XI
RESUMEN	01
INTRODUCCIÓN	03
Planteamiento del Problema	03
Justificación	04
Objetivos	05
Alcance	05

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS BÁSICOS DE HIDRÁULICA.

1.1 FUNDAMENTOS BÁSICOS DE HIDRÁULICA	06
1.1.1 Generalidades	06
1.1.2 Términos hidráulicos	07
1.2 Unidades de medida en aplicaciones hidráulicas	09
1.3 Potencia hidráulica	10
1.4 Transmisión de presión hidráulica	11
1.5 Tuberías hidráulicas	12
1.6 Líquidos hidráulicos utilizados en aviación	15
1.7 Bombas	24
1.8 Acoples	26
1.9 Manómetros	28
1.10 Sistema hidráulico del avión Pillán	32

1.11 Boletines	42
1.12 Sistema eléctrico	42
1.13 Servicio	44
1.14 Órdenes técnicas	45
1.15 Tipos de bancos hidráulicos de prueba	45

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS	47
2.2 ESTUDIO TÉCNICO	47
2.2.1 Primera Alternativa	47
2.2.2 Segunda alternativa	49
2.3 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	50
2.3.1 Primera Alternativa	51
2.3.2 Segunda alternativa	52
2.4 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	52
2.4.1 Aspecto técnico	53
2.4.2 Aspecto económico	54
2.4.3 Aspecto complementario	54
2.5 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	54
2.6 TABLAS DE MATRIZ DE EVALUACIÓN Y DECISIÓN	56
2.7 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA	57
2.8 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	57

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN

3.1 Orden de construcción	59
3.1.1 Cuerpo principal del banco	60
3.1.1.1 Sistema hidráulico	61
3.1.1.2 Sistema eléctrico.	61
3.2 DIAGRAMAS DE PROCESO	64
3.3 DIAGRAMAS DE ENSAMBLE	71

3.4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	73
---	-----------

**CAPÍTULO IV
ELABORACIÓN DE MANUALES**

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL	77
4.2 OPERACIÓN	78
4.3 MANTENIMIENTO	79
4.4 VERIFICACIÓN	80
4.5 REGISTRO DE CONTROL	81

**CAPÍTULO V
ANÁLISIS ECONÓMICO**

5.1 PRESUPUESTO	84
5.2 COMPARACIÓN ENTRE EL BANCO DE PRUEBA CONSTRUIDO Y UN EQUIPO ADQUIRIDO EN LA FÁBRICA	87

**CAPITULO VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1 CONCLUSIONES	89
6.2 RECOMENDACIONES	90

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS.

PLANOS.

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1 Prensa hidráulica	12
Figura 1.2 Bomba de engranajes	25
Figura 1.3 Medidor de presión de tubo bourdón	29
Figura 1.4 Medidor de presión tipo diafragma	31
Figura 1.5 Medidor de presión tipo aneroide	31
Figura 1.6 Sistema hidráulico	33
Figura 1.7 Tren de aterrizaje del Avión T-35 Pillán	35
Figura 1.8 Bomba hidráulica	35
Figura 1.9 Ubicación de la bomba hidráulica	36
Figura 1.10 Switch de presión	37
Figura 1.11 Depósito para fluido hidráulico	38
Figura 1.12 Palanca actuadora del tren	39
Figura 1.13 Válvula de bajada de emergencia	40
Figura 1.14 Luces indicadoras de posición del tren	41
Figura 1.15 Banco de prueba de accesorios hidráulicos	45
Figura 1.16 Banco hidráulico para trenes de aterrizaje	46
Figura 1.17 Banco hidráulico para conjunto de frenos	46
Figura 2.1 Primera alternativa	48
Figura 2.2 Diagrama esquemático de la primera alternativa	48
Figura 2.3 Segunda alterativa	49
Figura 2.4 Diagrama esquemático de la segunda alterativa	50
Figura 3.1 Estructura principal del banco de prueba	60
Figura 3.2 Sistema eléctrico	62
Figura 3.3. Banco de prueba hidráulico para aviones T-35 Pillán	76

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.1 Colores de los líquidos hidráulicos	19
Tabla 1.2 Identificación de los herrajes	27
Tabla 1.3 Características de la bomba hidráulica	37
Tabla 1.4 Rango de operación del interruptor de presión	37
Tabla 2.6.1 Matriz de Evaluación	56
Tabla 2.6.2 Matriz de Decisión	57
Tabla 3.3 Estado de los elementos de la estructura del banco	74
Tabla 3.4 Estado de los elementos del sistema eléctrico del banco	74
Tabla 3.5 Estado de los elementos del sistema hidráulico del banco	75
Tabla 4.1 Codificación de los procedimientos de ensayo del banco de prueba	77
Tabla 5.1 Lista del costo de materiales del banco	85
Tabla 5.2 Costo de utilización de las máquinas herramientas	85
Tabla 5.3 Costo de mano de obra	86
Tabla 5.4 Costo de otros gastos	86
Tabla 5.5 Costo total del banco de prueba hidráulico para regulación y calibración del switch de presión hidráulico	87
Tabla 5.6 Costo de un banco similar construido con herramientas alquiladas	87

LISTADO DE ANEXOS

Boletines de servicio ENAER	A
Circuito eléctrico de la batería y alternador	B
Diagrama y carta de servicio	C
Órdenes Técnicas	D

GLOSARIO

Tandem	: Ubicación en serie.
Perfomance	: Desarrollo de una máquina.
ENAER	: Empresa Nacional de Aeronáutica-Chile
EAV-100	: Escuadrón Aeronaval-100
GPU	: Unidad de poder externa.
VDC	: Voltaje de corriente directa.

RESUMEN

El presente proyecto surge de la necesidad expuesta en la sección de electricidad del departamento de mantenimiento del EAV-100 de la Aviación Naval, de solucionar la discrepancia producida durante el vuelo del avión T-35 Pillán AN-212, al no mantener el tren de aterrizaje arriba y asegurado mediante presión hidráulica, controlado por un switch de presión, el mismo que hace funcionar la bomba hidráulica.

En la primera parte de este trabajo, se plantea el objetivo que es el de construir un banco de prueba que permita la regulación y calibración del switch de presión hidráulico y la bomba hidráulica, para lo cual se empezó una investigación buscando información de las órdenes técnicas y la fábrica ENAER sobre el sistema de trenes de aterrizaje para aplicar en un equipo que simule situaciones similares al del avión.

Se propone dos alternativas de construcción del banco para luego evaluarlas y analizar la más adecuada.

Se realiza un estudio de parámetros de funcionamiento en cada uno de los sistemas del banco de prueba, obteniendo resultados satisfactorios con respecto a los factores de seguridad, operación y mantenimiento de cada uno de los elementos.

Posteriormente, se procede a la construcción del banco de prueba tomando en consideración los elementos principales que intervienen en el tren de aterrizaje como son: bomba hidráulica, interruptor de presión hidráulico, cilindro actuador hidráulico,

manómetro, fusibles protectores, mangueras hidráulicas. Además se incluye un reporte, el mismo que complementa la construcción.

Se implementa manuales de mantenimiento, verificación y operación del banco de prueba con el fin de llevar un mejor control y así alargar la vida útil del mismo.

Concluida la construcción, se realiza las pruebas de funcionamiento y operación, con la finalidad de observar el comportamiento del banco, mismo que proporciona resultados satisfactorios, lo que implica la justificación de este proyecto.

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

La Aviación Naval de Guayaquil cuenta actualmente con una flota de cuatro aviones T-35B Pillán de fabricación Chilena. Estos aviones son de entrenamiento militar, monomotor, biplaza, con asientos en tandem, tren triciclo retráctil. Está diseñado para satisfacer los requerimientos de un avión de instrucción primaria y al mismo tiempo prepara al piloto alumno para volar aviones de performances superiores. Es un avión de dos cabinas con instrumental completo en ambas, no obstante los vuelos con un piloto deben efectuarse solamente desde la cabina delantera.

El problema surge cuando el piloto reporta que durante el vuelo normal el avión presenta falla en el tren de aterrizaje al no mantenerse en la posición arriba y asegurado.

Actualmente la sección de electricidad del departamento de mantenimiento no dispone de un mecanismo de regulación y calibración del switch de presión hidráulica y la bomba hidráulica, para realizar los trabajos en el dispositivo, llegando a la necesidad de solicitar asesoramiento a través del Internet a ENAER, retrasando el mantenimiento por falta de información.

El EAV-100 no dispone de información técnica suficiente para lograr realizar las regulaciones y calibraciones del interruptor hidráulico y la bomba hidráulica.

JUSTIFICACIÓN

Por carencia de equipos que permita verificar el funcionamiento del interruptor de presión y bomba hidráulica, se ha visto la necesidad de construir un banco de prueba para la calibración y regulación del switch de presión hidráulico y la bomba hidráulica, con este conjunto se proporciona facilidad de mantenimiento a un problema frecuente en los aviones T-35 Pillán durante el vuelo, así como ahorro de tiempo, al tener que desinstalar los elementos y llevarlos a diferentes talleres para realizar el trabajo pertinente.

Surge la exigencia de esta construcción para realizar trabajos de mantenimiento adecuados, evitando riesgos y daños al material y disminuir los inconvenientes que tiene el personal al realizar sus actividades.

Los equipos si pueden construirse con mano de obra ecuatoriana, técnicos de la Institución, se evitará la importación del mismo, lo que contribuirá en un ahorro económico a las Fuerzas Armadas.

En la construcción del banco de prueba se pone en práctica los conocimientos adquiridos durante el transcurso en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Este proyecto tiene la finalidad de ayudar, mejorar y facilitar la calibración y regulación de los elementos antemencionados, y servirá como aporte didáctico para la capacitación del personal de alumnos mecánicos de la Aviación Naval.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Construir un banco de prueba para calibración y regulación del switch de presión y bomba hidráulica del avión T-35 Pillán, el mismo que se usará en las instalaciones de la Aviación Naval.

Objetivos Específicos:

- Investigar los Principios Básicos de Funcionamiento de la bomba y el switch de presión hidráulico.
- Investigar posibles bancos que realicen la calibración y regulación de las bombas en los aviones T-35B Pillan.
- Construir y verificar el funcionamiento del banco en la calibración y regulación del switch y bomba hidráulica para el avión T-35 Pillán.

ALCANCE:

Proporcionar un mejor contingente técnico para solucionar la discrepancia del switch de presión y bomba hidráulica del avión T-35B Pillán, para lo cual se investigó el funcionamiento del sistema hidráulico de la aeronave, se buscó posibles bancos de calibración en las diferentes bases de la Fuerza Aérea y en el Internet; la construcción del proyecto simula al sistema de tren de aterrizaje del avión, y aportará en el desarrollo productivo de la Aviación Naval de Guayaquil.

CAPÍTULO I

1.1 FUNDAMENTOS BÁSICOS DE HIDRÁULICA.

1.1.1 GENERALIDADES

Es importante que el estudiante de mecánica tenga los conocimientos necesarios de los fundamentos básicos de hidráulica, estos ayudarán a familiarizar con las leyes físicas, los diferentes elementos hidráulicos y líquidos utilizados para la construcción del banco de prueba hidráulico.

A continuación se explica los fundamentos básicos de hidráulica:

“La hidráulica es la tecnología o estudio de presión y flujo de líquidos, los mismos que se vierten y toman la forma de sus recipientes o contenedores.

Debido a que los líquidos no son compresibles, permiten transferir y multiplicar fuerzas. El término “hidráulica” aplicado en aviación, se usa para describir un método de transmisión de energía de un lugar a otro, empleando un fluido. Existen ciertas leyes físicas que son aplicables a todos los fluidos y que deben ser conocidas por el mecánico que desee comprender en forma completa los principios de la hidráulica y su aplicación en la operación del sistema hidráulico del tren de aterrizaje del avión.

Incomprensibilidad: Los fluidos, para todos los fines prácticos, son incomprensibles. Bajo presiones extremadamente altas, el volumen de un fluido puede

disminuir algo, aunque tal disminución es tan ligera que se considera como insignificante. Por ejemplo al presionar el pedal de los frenos de un avión, el freno actúa instantáneamente porque no se pierde tiempo en comprimir el fluido.

Expansión: Los fluidos se expandirán y contraerán debido a cambios de temperatura. Cuando un fluido en un recipiente cerrado se somete a temperaturas altas, se expandirá y ejercerá una presión sobre las paredes del recipiente. Es necesario instalar unidades de alivio térmico en distintas partes de un sistema hidráulico y tener un espacio vacío en todos los recipientes donde la temperatura del fluido es probable se eleve. Sin estas medidas de precaución, el fluido que se expande puede ejercer suficiente presión para reventar un depósito, una tubería o unidad que se haya instalado en el sistema. El enfriamiento de un fluido encerrado producirá una disminución de presión.”

Tomado del libro de: -Hidráulica básica del Centro Tecnológico Naval. Pág.2

-Sistema Neudrúlicos y Principios de Operación. Cap.2.Pág. 30,31

1.1.2 TÉRMINOS HIDRÁULICOS.

Los términos hidráulicos permiten tener conocimientos para entender apropiadamente los conceptos de los principios hidráulicos y su aplicación a los sistemas hidráulicos del avión, así como de los elementos, accesorios y líquidos se debe dominar el significado exacto y la relación entre varios términos hidráulicos en la construcción del banco de prueba hidráulico para la regulación y calibración del switch de presión hidráulico y regulación de la bomba hidráulica del avión Pillán T-35.

Estos términos se definen a continuación:

“Área: Es la medición de una superficie. Se expresa en “pulgadas cuadradas”. Por ejemplo, en el sistema hidráulico del avión, nos interesaremos en las áreas de la culata del pistón. Conociendo esta área, podemos determinar la cantidad de fuerza requerida para impulsar un mecanismo.

Fuerza: Es la cantidad de empuje sobre un objeto. Se expresa en “libras fuerza.” La fuerza en un sistema hidráulico se deriva de la presión aplicada que actúa sobre el área de la culata de un pistón.

Unidad de Presión: Es la cantidad de fuerza aplicada en una unidad de “área”; generalmente una pulgada cuadrada. Así, tenemos libras por pulgada cuadrada, o sea PSI. Esta presión actúa sobre la culata del pistón de un impulsor y es la fuerza que opera o mueve un mecanismo.

Recorrido: Representa el espacio recorrido por el pistón en un cilindro, es una distancia expresada en pulgadas.

Volumen: Medida de cantidad, expresada en “pulgadas cúbicas”, que representa la cantidad del fluido contenido en un depósito o desplazado por una bomba o un cilindro impulsor.

Fluido: Es cualquier sustancia líquida o gaseosa. Un líquido es un fluido cuyas partículas forman un volumen definido. El término “fluido hidráulico” se usa como nombre común del aceite usado en los sistemas y dispositivos hidráulicos del avión.”

Tomado del libro de: *-Guía de estudio Sistema Neudrúlicos y Principios de Operación-IAAFA.*
Cáp.2. Pág. 32,33

1.2 UNIDADES DE MEDIDA EN APLICACIONES HIDRÁULICAS.

Las unidades de medida utilizadas en aplicaciones hidráulicas, permiten escoger la más adecuada para la familiarización en mecánica para aplicar en la construcción del banco de prueba hidráulico.

“Según el Sistema Internacional de medidas, las unidades normalizadas para aplicaciones en hidráulica y sus equivalencias, tenemos:

$$\text{Pascal (Pa) } 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Bar(bar) } 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

A continuación se estudian algunas unidades de presión utilizadas y sus equivalencias:

$$1 \text{ PSI} = 0.06894 \text{ bar} = 0.0703 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ Atm} = 14.7 \text{ PSI} = 1.013 \text{ bar kg/cm}^2 = 0.9879 \text{ Atm}”$$

Tomado del libro de: *-Neumática, hidráulica y Electricidad Aplicada. Cáp. 1. Pág. 14*

En aviación, la unidad de medida utilizada en aplicaciones hidráulicas, es: “libras por pulgada cuadrada”, más conocida como “PSI.”

1.3 POTENCIA HIDRÁULICA.

Se debe tener conocimiento de la potencia hidráulica para realizar la construcción del banco de prueba hidráulico. Seguidamente se comenta la potencia hidráulica y sus relaciones existentes:

“Desde el punto de vista de las aplicaciones de energía hidráulica en las aeronaves es conveniente estudiar las relaciones que expresan la potencia hidráulica de un sistema. Son relaciones muy sencillas, que se obtienen sin mucha dificultad de las definiciones básicas.

La potencia hidráulica es el trabajo que efectúa un mecanismo hidráulico, por unidad de tiempo.

$$\text{Trabajo} = \text{Presión} \times \text{Superficie} \times \text{distancia} \Rightarrow T = P \times S \times d \quad (\text{Ec. 1.1})$$

$$\text{La potencia hidráulica es: } \text{Potencia} = \frac{\text{Trabajo}}{\text{tiempo}} \quad (\text{Ec. 1.2})$$

$$\text{Pot} = \frac{P \times S \times d}{t} \quad (\text{Ec. 1.3})$$

Se llama caudal (Q) al volumen de líquido que circula por segundo, como consecuencia de este desplazamiento.

La potencia hidráulica se define de esta forma:

$$Potencia = Presión \times Caudal \quad (Ec. 1.4)$$

$$Potencia = P \times Q \quad (Ec. 1.5)$$

Tomado del libro de: -Principios de Hidráulica. Pág. 18,19,20

1.4 TRANSMISIÓN DE PRESIÓN HIDRÁULICA.

Este ítem, permite definir la transmisión de presión de un lugar a otro por medio de un fluido a través de una cañería o manguera y otros dispositivos de control de presión.

Por medio de la transmisión de presión se obtiene la ventaja mecánica.

Posteriormente se expone un poco más a fondo acerca de la transmisión de presión hidráulica:

“En aeronáutica se aplica la hidráulica para transmitir potencia de un lugar a otro del avión, mediante el empleo de un líquido como agente o medio operacional.

La transmisión de potencia de un lugar a otro de la aeronave se efectúa mediante tuberías y elementos de control de flujo de líquido.

La presión aplicada a un fluido encerrado se transmitirá en todas las direcciones en forma igual y sin disminución, por unidad de área. Esta presión actúa en ángulo recto de las paredes del recipiente y la misma cantidad de presión es ejercida en toda el área igual.”

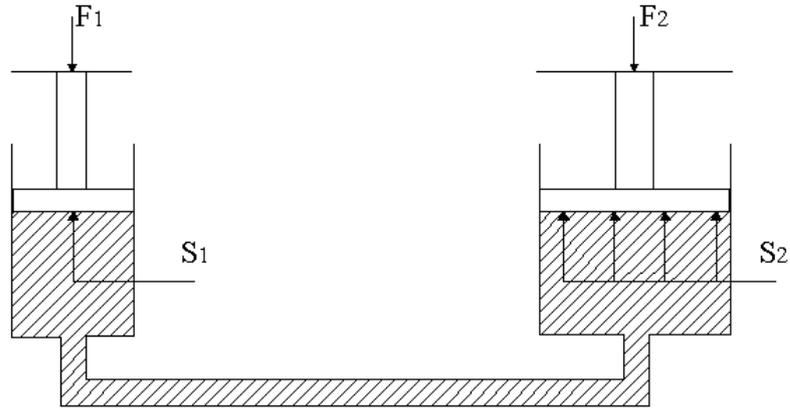


Figura 1.1 Prensa hidráulica

Tomado del libro de: -Principios de Hidráulica. Pág.18, 19,20

1.5 TUBERÍAS HIDRÁULICAS.

Es importante conocer el tipo de tubería o cañería para la construcción del banco de prueba hidráulico, ya que de ello dependerá su buen funcionamiento, rendimiento y seguridad para el operario.

Por tal motivo se requiere de un estudio complejo para determinar la tubería o cañería a utilizarse. Estos son elementos importantes en la instalación hidráulica. Para elegir la tubería adecuada hay que valorar una serie de variantes características, tal como: presión, temperatura, caudal.

Para la construcción del banco de prueba se toma las usadas en el sistema hidráulico del Pillán T-35, este tipo de avión utiliza mangueras hidráulicas, debido a que es pequeña y no se tiene espacio suficiente para instalar cañerías. Para tener un concepto claro, en el siguiente párrafo se expone las tuberías hidráulicas.

“Dentro de las tuberías utilizadas en aviación para los diferentes sistemas hidráulicos, tenemos:

- Cañerías, y
- Mangueras

Estos dos tipos se usan para los mismos propósitos, dirigir el fluido desde y hasta las distintas unidades. Las tuberías hidráulicas utilizadas en aeronáutica son de dos tipos:

- Rígido, y
- Flexible.

Las tuberías rígidas se denominan cañerías hidráulicas, y las flexibles se las conoce como mangueras hidráulicas.

CAÑERÍAS HIDRÁULICAS.

Las cañerías hidráulicas son utilizadas en sistemas muy importantes o de alta presión y en zonas del avión donde no se requieren un mayor dobléz, de manera que ésta no proporciona resistencia para el flujo del líquido hidráulico durante la operación del sistema hidráulico, estas cañerías hidráulicas son de aleaciones de aluminio con paredes gruesas, debido a su resistencia a la corrosión, fatiga, facilidad para trabajarlo y su peso ligero. Sin embargo se usará tuberías de acero con paredes delgadas, resistente a la corrosión, en algunas instalaciones hidráulicas especiales de alta presión (3,000 PSI.)

MANGUERAS HIDRÁULICAS FLEXIBLES.

Las mangueras hidráulicas flexibles se emplean para conectar unidades expuestas a movimiento y vibración en sistemas tanto de alta como de baja presión.

Este tipo de mangueras proporciona una ventaja en la instalación de sistemas hidráulicos utilizados en aviación, debido a su flexibilidad.

Las mangueras hidráulicas son utilizadas en el sistema hidráulico del tren del avión (ruedas del tren), donde hay mucho movimiento y vibración, tanto en el despegue, retracción, extensión y aterrizaje.

En el sistema hidráulico del tren de aterrizaje del avión Pillán se usa mangueras hidráulicas desde la bomba hidráulica hasta el cilindro actuador hidráulico, debido a la facilidad de conexión.

Existen tres tipos mangueras:

- Manguera de caucho para presión medianamente alta.
- Manguera de caucho para presiones alta, y
- Manguera de teflón para presión mediana.

Con el fin de lograr reducir las pérdidas de carga, es importante que las paredes de las tuberías hidráulicas sean lisas, los cambios de dirección tengan un radio adecuado, es decir que no sean muy bruscos.”

Tomado del libro de: *-Mantenimiento y reparación de estructuras de aviones. Cáp.9 Pág. 280.*
-Hidráulica Básica. Unidad 1. Pág. 12,13,14,15.

1.6 LÍQUIDOS HIDRÁULICOS UTILIZADOS EN AVIACIÓN.

Este párrafo permite distinguir el tipo de líquido hidráulico apropiado para utilizar en el banco de prueba hidráulico, la aplicación inadecuada deteriorará los sellos que se encuentran en el banco de prueba hidráulico, por lo que los fabricantes han determinado el tipo de líquido hidráulico apropiado para ser utilizado en aviación.

A continuación se detalla de manera explícita el tipo, uso, función de los líquidos hidráulicos utilizados en aviación:

“Los fabricantes de equipos determinan generalmente el tipo de fluido con que opera su equipo, de acuerdo con las características y requerimientos adecuados a las condiciones de trabajo, temperatura y presiones bajo las cuales deberá exponerse el fluido.

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

FUNCIONES.

1. Transmitir la potencia de un punto a otro.
2. Realizar el cierre entre piezas móviles reduciendo fricciones y desgastes.
3. Lubricar y proteger contra herrumbre o corrosión las piezas del sistema.

4. No sufrir cambio físico o químico o el menor posible.
5. Suministrar protección contra el desgaste mecánico.

PRINCIPALES PROPIEDADES DE LOS FLUÍDOS HIDRÁULICOS.

1. Viscosidad apropiada.
2. Variación mínima de viscosidad con la temperatura.
3. Baja compresibilidad.
4. Buen poder lubricante.
5. Inerte frente a los materiales de juntas y tubos.
6. Buena resistencia a la oxidación.
7. Características anticorrosivas.
8. Propiedades antiespumantes.
9. Ausencia de acción nociva.

Dentro de las características generales de los flúidos, para el normal funcionamiento de un sistema hidráulico tenemos:

Viscosidad: La viscosidad es la resistencia interna del fluído a la circulación. La viscosidad aumenta conforme disminuye la temperatura. Un fluído hidráulico de características aceptables, que es utilizado en un sistema hidráulico, deberá ser lo suficientemente espeso par ofrecer buena obstrucción en las bombas, válvulas, pistones, así como ser lo suficientemente líquido de tal forma que no ofrezca resistencia a la circulación y pérdidas de fuerzas en altas temperaturas de trabajo.

Los fluídos de alta viscosidad son de mejor resistencia al calor, que un fluído de baja viscosidad.

Estabilidad Química: La estabilidad química del fluído es la capacidad a resistirse a la oxigenación y daños en largos periodos de tiempo. Todos los fluídos poseen una tendencia de alterar sus características químicas, en diferentes condiciones de trabajo, esto puede ocurrir en un sistema que opera tiempos prolongados en altas temperaturas.

Punto de Destello: El punto de destello es el punto en el cual el fluído libera vapores en tal cantidad que se alcanzarán a encender momentáneamente cuando son expuestos a llama abierta, por lo que se pretende de los fluídos hidráulicos un alto punto de destello, punto en el cual se verificará la alta resistencia, inflamación y bajo porcentaje de evaporación a temperaturas normales.

Punto de Inflación: El punto de inflación, es el punto en el cual el fluido libera vapores, en tal cantidad que alcanzará a encenderse y continuará quemándose, cuando sea expuesto a una chispa o llama abierta.

TIPOS DE ACEITES.

Aceite de Base Vegetal: Esta compuesto por aceite de resino y alcohol. Es de fácil identificación por su olor picante creado por su contenido de alcohol y su color azulado.

Este tipo de aceite no es de amplio uso en la aviación actual, y se lo puede encontrar especialmente en los sistemas de frenos de los aviones antiguos.

El sistema que opera con aceite vegetal, los sellos de los diversos accesorios están fabricados de goma natural.

Aceite de Base Mineral (Derivado del petróleo): El aceite mineral de especificación MIL-H-5606, MIL-H-6083, es fabricado de petróleo y puede ser reconocido por su color rojo oscuro.

Este aceite se encuentra en un amplio uso en aviación, por su buen performance en la amplia gama de temperaturas.

Los sellos utilizados en los sistemas hidráulicos de base mineral, podrán ser de goma sintética, cuero o compuestos metálicos.

Aceite a Base de Sintéticos: Este aceite sintético basándose en fosfatos, compuestos ácidos y alcohol, ha sido desarrollado para adquirir las características de alta estabilidad ante el fuego. Es utilizado en aviones grandes con motores a reacción.

El aceite podrá ser identificado externamente por su color cambiante de acuerdo a su especificación.

Así se tiene que:

Tabla 1.1 Colores de los líquidos hidráulicos.

ACEITE	COLOR
SKYDROL 7000	Verde Claro
SKYDROL 500	Azul
SKYDROL 500 A y 500 B	Violeta Claro

A medida que trabaja con los distintos tipos de aviones, tendrá la ocasión de conocer varios tipos de fluidos hidráulicos. Estos fluidos han sido preparados de manera que cumplan correctamente su función en temperaturas altas y bajas, que no le causen daños a las piezas del sistema hidráulico y para que resistan la ignición. Cuando usted agregue fluido hidráulico al sistema, utilice el aceite recomendado en el manual de mantenimiento del avión o sistema del fabricante.

Se ofrece cuatro tipos de fluidos hidráulicos y la forma en que se usan.

MIL-H-5606

MIL-H-83282

MIL-H-8446

MIL-H-6083

MIL = Militar

H = Hidráulico

5606 = Número de especificación, según la temperatura de trabajo

El fluido hidráulico MIL-H-5606, entre los mecánicos de hidráulica, generalmente se le conoce sencillamente como “5606”. Está hecho de aceite refinado por lo que se dice

que es un fluido con base de petróleo. Este tipo de fluido es de color rojo para su fácil identificación. En los sistemas hidráulicos donde se emplea estos fluidos hidráulicos, se usan sellos de caucho sintético (artificial). Se puede emplear este fluido hidráulico en donde la temperatura no sea menor que 65° F (-54°C) bajo cero, ni mayor que 275° F (135 °C) sobre cero.

El fluido que puede usarse en lugar del MIL-H-5606 es el MIL-H-83282, es un fluido sintético (artificial, hecho de productos químicos), también de color rojo.

VENTAJAS DEL FLUÍDO HIDRÁULICO MIL-H-83282 EN COMPARACIÓN CON EL MIL-H-5606.

- Es más resistente al fuego.
- Fluye correctamente en temperaturas más bajas que el MIL-H-5606.

Otro fluido sintético que se debe conocer es el MIL-H-8446. Algunos aviones que tienen sistemas hidráulicos de alta temperatura utilizan este fluido. Se puede usar este fluido en temperaturas que oscilan entre -65° F y +400° F. Si llegara a mezclarse agua con el fluido, se formaría coágulos y esta blanda atascaría el sistema. Por esta razón hay que usar nitrógeno para presurizar los sistemas que emplean fluido MIL-H-8446. Este fluido es de color ámbar para su identificación.

Otro fluido que deberá conocerse es el MIL-H-6083. Con este fluido se preservan los sistemas hidráulicos de los aviones y sus componentes cuando están en almacenamiento. Es un fluido con base de petróleo que también puede usarse en

los montantes amortiguadores. Si se van a usar piezas con fluido MIL-H-5606, no es necesario lavarlas para eliminar este tipo de fluido preservativo.

La experiencia comprueba que es imposible evitar fenómenos en el sistema hidráulico. El enemigo más temible y costoso del sistema hidráulico es la contaminación. El carácter de los problemas está determinado por simples desperfectos en las unidades del sistema, o su total destrucción, dependiendo de la clase de contaminación del fluido. La contaminación incluye suciedad, partículas de metal o caucho proveniente de los componentes del sistema, agua, el fluido hidráulico incorrecto o aún el aire. Los dos contaminantes comunes son:

DESGASTADORAS: Que incluye arena, restos de soldaduras, rebabas de máquinas y limallas.

NO DESGASTADORAS: Creadas por la oxigenación del fluido y de partículas pequeñas, que provienen de los sellos o de otras partes orgánicas. El mejor hábito que se puede adquirir para evitar la contaminación es mantener un buen orden y limpieza en el taller, el equipo y las herramientas.

PRECAUCIONES PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN DEL FLUIDO HIDRÁULICO.

- Usar el fluido hidráulico solo una vez.
- Todo el fluido extraído del avión se vierte en el tonel para aceite contaminado o en algún otro recipiente adecuado.

- Nunca conservar recipientes parcialmente llenos de fluido hidráulico para uso futuro. Las latas vacías deben desecharse.
- Abrir los recipientes con aparatos aprobados, nunca se debe usar herramientas de mantenimiento, tales como destornilladores, para abrir las latas.
- Asegúrese de leer la etiqueta y limpiar la parte superior de la lata antes de verter el fluido hidráulico.
- Antes de quitar la tapa de llenado se debe limpiar el cuello del depósito.
- Use tapones o tapas de cualquier tubería que se desconecte en el sistema hidráulico.
- Limpie las partes de un componente cuidadosamente con el agente de limpieza aprobado antes de instalarlo o armarlo.

SELLOS.

A fin de contener el fluido en el sistema, existen varios tipos de sellos usados para evitar los escapes. La función del sello es evitar la pérdida del fluido, o presión entre dos cuerpos, sean estos rígidos o dinámicos. El material empleado para la elaboración de los sellos depende del fluido usado en el sistema donde va colocado el sello.

“Los fluidos hidráulicos de base de petróleo requieren sellos de caucho sintético o de metal. Los sellos de metal también se conocen como arandelas de compresión.

Hay dos clasificaciones de sellos:

- **EMPAQUES**, que se usan en piezas movibles, y
- **EMPAQUETADURA**, que se usan en piezas estacionarias.

Los sellos utilizados en aviación son de tres formas:

Los sellos de empaque de anillo en “V”, están diseñados en forma de una “V”, que se extiende en un círculo completo. Estos sellos se usan en algunos aviones antiguos. Están fabricados de caucho sintético.

Las arandelas de compresión se usan para empaquetaduras y se parecen a una arandela simple hecha de metal suave como cobre o aluminio. Se usan con pernos y herrajes universales. Cuando se aprieta el perno en su lugar, las arandelas de metal suave se comprimen ligeramente para formar un sello y evitar los escapes. El tipo más común de empaque y empaquetaduras de caucho sintético es el sello de anillo “O”, que están diseñados en forma de una “O” que se extiende en un círculo completo. No será difícil determinar la diferencia entre las arandelas de compresión, los anillos de en “V” y los anillo en “O”, porque son muy distintos en apariencia.

Cuando se requiere realizar un cambio de sello mientras está dando mantenimiento a un sistema hidráulico, averigüe el número de la pieza en la Orden Técnica.

El uso de empaques en “O” como los ellos, se limita a una presión máxima de 1,500 PSI, a menos que se instale un anillo de apoyo, los cuales se instalan en la

ranura con el sello para protegerlo contra los daños causados por la alta presión, estos anillos de refuerzo se fabrican de cuero o teflón.”

*Tomado del libro de: - Hidráulica Básica. Unidad 1. Pág. 6,7,8,9
-Sello, Fluidos y Lubricantes (IAAFA)Pág. 148-158*

1.7 BOMBAS.

Las bombas hidráulicas son los elementos importantes en un sistema hidráulico, tiene por función aumentar la presión del líquido hidráulico, que es el medio operativo que sirve como transmisor de la potencia hidráulica.

BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO (HIDROSTÁTICAS).

“Como su nombre lo indica las bombas hidrostáticas o de desplazamiento positivo suministran la cantidad determinada de fluido en cada carrera, revolución o ciclo. Su desplazamiento exceptuando las pérdidas por fugas, es independiente de la presión de salida, lo que las hace muy adecuadas para la transmisión de potencia.

Las aplicaciones típicas de las bombas de desplazamiento positivo son:

- Con líquidos volátiles.
- Con líquidos viscosos.
- Inyección de líquidos a alta presión.
- Prensas hidráulicas.
- Para compresión y filtrado.

Atendiendo a las propiedades que nos presentan las bombas de desplazamiento positivo y como estas bombas son las más utilizadas en sistemas hidráulicos, en el siguiente párrafo se hace un estudio de la operación y funcionamiento de las bombas de engranajes.

FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

BOMBA DE ENGRANAJES.

Una bomba de engranajes figura 1.2, suministra un caudal, transportando el fluido entre los dientes de dos engranajes bien acoplados. Uno de los engranajes es accionado por el eje de la bomba y hace girar al otro. Las cámaras de bombeo, formada entre los dientes de los engranajes, están cerradas por el cuerpo de la bomba y por las placas laterales (llamadas frecuentemente placas de presión o de desbaste).

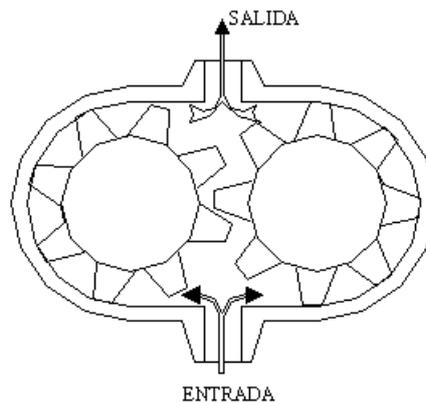


Figura 1.2 Bomba de engranajes

Los engranajes giran en direcciones opuestas, creando un vacío parcial en la cámara de entrada de la bomba. El fluido se introduce en el espacio vacío y es transportado, por la

parte exterior de los engranajes, a la cámara de salida. Cuando los dientes vuelven a entrar en contacto los unos con los otros, el fluido es impulsado hacia fuera. La alta presión existente a la salida de la bomba impone una carga no equilibrada sobre los engranajes y los cojinetes que los soportan.”

Tomado del libro de: -Hidráulica Básica(CETNAV). Pág. 23,27

1.8 ACOPLES.

Los acoples son utilizados en el banco de prueba para unir las mangueras con los terminales de las líneas hidráulicas ubicadas en la bomba.

Seguidamente se estudia los acoples empleados en aviación:

“Todos los modelos recientes de aviones están equipados con uniones el tipo AN (Ejército-Armada) o MS (Estándar Militar.) La Aviación Militar emplea dos tipos de acoples o herrajes antemencionados con las tuberías. Los herrajes AN tienen una manga con un borde biselado que se amolda al reborde de la tubería y forma un sello cuando se aprieta la tuerca de la tubería.

La tubería que se usa con los herrajes MS no es abocardada. Cuando se aprieta la tuerca del tubo de un herraje MS, la manga queda acuñada entre la tubería y el herraje para formar un obturador o sello. La torsión en los herrajes MS es de suma importancia, demasiada torsión creará fugas. Los tipos y materiales de los herrajes se identifican por su color.

Tabla 1.2 Identificación de los herrajes.

HERRAJES		
TIPO	MATERIAL	COLOR
AN	Aluminio	Azules
AN	Acero	Negro
MS	Aluminio	Gris o Amarillo Pálido
MS	Acero	Amarillo Oscuro

Estos herrajes no son intercambiables. Los herrajes de acero se usan para las altas presiones donde los de aluminio no resisten.

Para los herrajes AN se necesitan tubería abocardada, mientras que los herrajes MS no pueden conectarse a la tubería abocardada.

Los herrajes AN se usan comúnmente para conectar con un componente. Los herrajes MS sin abocardar están diseñados primordialmente para sistemas hidráulicos de alta presión (3,000 PSI) que puedan estar sometidos a fuertes vibraciones o presiones. Los herrajes de las tuberías tienen roscas de tubo. Las roscas de tubo tienen un diámetro más pequeño en el extremo del herraje y más grande cerca del centro para formar un obturador o sello cuando se aprietan.

Un herraje, de acuerdo con su tipo y uso, tendrá roscas de tubería o de máquina. Las roscas de tubería, similares a las que se usan en plomería de tipo corriente, son ahusadas. Cuando se conectan dos herrajes de tubería, un macho y una hembra, sus roscas forman un sello.

Al usar herrajes con rosca de tubería, se debe aplicar un compuesto de antiatascamiento (JAN-A-669) para evitar el atascamiento y los escapes a alta presión.

Las roscas de máquina (roscas rectas), similares a las que se usan en las tuercas y pernos, no forman sello. Este tipo de rosca se utiliza solamente para unir las conexiones.

Para que la conexión quede a prueba de fluido, se emplea una conexión de tubo abocardado, una arandela aplastable o un obturador sintético. Las roscas de máquina no son ahusadas.”

*Tomado del libro de: -Mantenimiento y reparación de estructuras de aviones. Cáp.9 Pág. 280
-Tipos y usos de ferretería, herrajes y dispositivos de seguridad(IAAFA)Pag78-90*

1.9 MANÓMETROS.

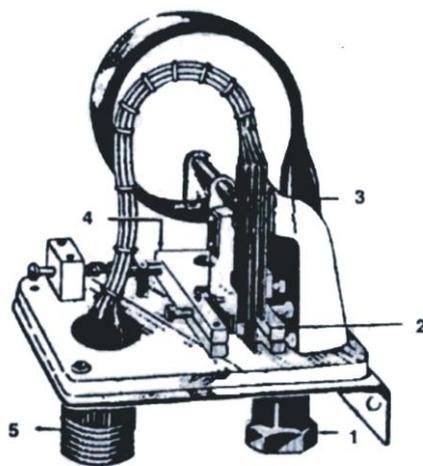
Los diferentes tipos de instrumentos medidores de presión indican muchas clases de información, tal como la presión de: aceite, combustible, aire e hidráulica. Estos indicadores permiten verificar visualmente la cantidad de presión que fluye por una cañería del sistema.

A continuación se detallan algunos manómetros o medidores de presión utilizados en aviación:

MEDIDOR DEL TIPO TUBO BOURDÓN.

“Los indicadores de tubo Bourdón, figura 1.3, son todos similares en su construcción y principio de operación, aun cuando se pueden usar para diferentes

alcances e indicaciones. El tubo Bourdón, que es elíptico en su sección transversal y sellado en el extremo exterior, se fabrica de bronce o de cobre de berilio. Este extremo exterior que se puede mover libremente, está conectada a una articulación, una palanca, y un piñón que controlan la aguja indicadora, el extremo abierto que está fijado de forma fija a la caja del instrumento, está conectado a una tubería o herraje, donde se aplica la presión a la parte inferior del tubo Bourdón.



1. Conexión líquido hidráulico.
2. Puente interior de la placa interruptora.
3. Tubo bourdón.
4. Placa interruptora.
5. Conexión eléctrica.

Figura 1.3 Medidor de presión de tubo bourdón.

Cuando la tensión se aplica, el tubo Bourdón actúa como un resorte y tiende a enderezarse, haciendo que la aguja indicadora se mueva.

La parte exterior del tubo se expone a la presión atmosférica por medio de un dispositivo de ventilación del tubo o por medio de un pequeño orificio en la caja. Esto tiende a resistir el enderezamiento del tubo.

Cuando se libera la presión, el tubo vuelve a su posición normal. Este es un indicador de presión diferencial y registra diferencia entre la presión atmosférica y la presión que se mide. Este tipo de indicadores es usado para medir alta presión.

MEDIDOR DEL TIPO DE DIAFRAGMA.

Los indicadores de presión, conocidos con el nombre de MANÓMETROS, del tipo de diafragma, figura 1.4, usan un disco circular hueco o diafragma, para medir la presión. La presión que se va a medir se admite al diafragma sensitivo a la presión, a través de la parte posterior de la caja. El diafragma se expande cuando siente la presión, transfiriendo la acción a la aguja indicadora mediante un balancín, un sector y un piñón que están conectados a la parte delantera del diafragma. Cuando se disminuye la presión, se contrae el diafragma, moviendo la aguja indicadora en la dirección contraria. Un escape en el diafragma daría una lectura errónea de presión de funcionamiento.

Se emplean diafragmas en forma de discos metálicos circulares, ondulados debido a su sensibilidad. Esta cápsula sensible responde a muy pequeños cambios de presión. Este dispositivo mide la diferencia entre la presión aplicada a la entrada de la caja y la presión dentro del diafragma.

Estos medidores sirven para medir bajas presiones (Presión de gases, estática o presión de succión.)

MEDIDOR DEL TIPO DE ANEROIDE.

Este tipo de medidor, figura 1.5, se compone de dos discos delgados de metal corrugado, soldados entre sí para formar una cámara hermética. Difiere del tipo de diafragma porque el aneroide esta sellado.

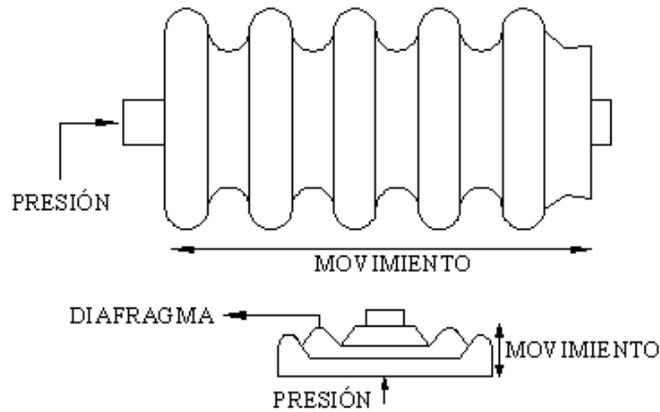


Figura 1.4 Medidor de presión tipo diafragma

Se saca el aire del aneroide y se admite la presión al instrumento de la caja. La caja no se ventila a la atmósfera. Como la presión inferior del aneroide es constante, la presión que se mide es directa o absoluta.

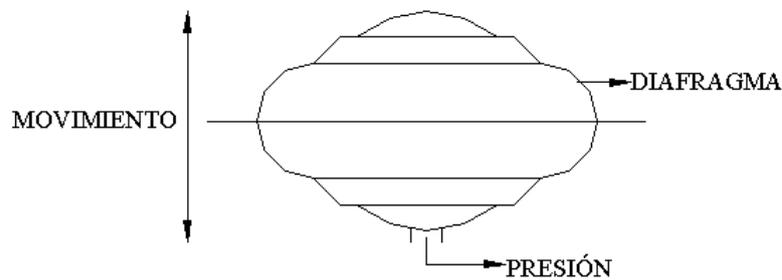


Figura 1.5 Medidor de presión tipo aneroide

El instrumento se clasifica como un dispositivo de medición de presión absoluta.

Un escape en el aneroide daría una lectura errónea. Estos instrumentos se usan para medir baja presión (Altímetros, Velocímetros)”

Tomado del libro de:-Hidráulica Básica- Texto del alumno. Unidad 2. Pág. 28-30

1.10 SISTEMA HIDRÁULICO DEL AVIÓN PILLAN.

Para realizar la construcción del banco de prueba, se expone a continuación las particularidades del sistema que permite tener conocimientos de funcionamiento del sistema en sí, así como de los elementos que lo componen.

“GENERALIDADES.

Posee dos sistemas operados con fluido hidráulico. Uno acciona el tren de aterrizaje y otro el sistema de frenos. La presión hidráulica para mover el tren es proporcionada por una bomba conectada a un motor eléctrico, además tiene un sistema de indicación de posición del tren de aterrizaje, una válvula de bajada de emergencia que permite bajar el tren cuando la bomba está inoperativa, ésta se acciona desde la consola derecha de la cabina delantera, liberando la presión del sistema, permitiendo que el tren caiga por gravedad, (figura 1.6). El sistema de frenos es independiente, accionado por cilindros maestros, posee un depósito de líquido hidráulico ubicado en la pared cortafuego.

ELEMENTOS DEL SISTEMA HIDRÁULICO DEL TREN DE ATERRIZAJE.

El sistema hidráulico del tren de aterrizaje, figura 1.6, está compuesto por una bomba hidráulica, reversible la cual tiene el depósito incluido, líneas hidráulicas, válvula emergencia, cilindro actuador del tren de nariz, cilindros actuadores del tren principal, un interruptor de presión, tres interruptores de posición abajo del tren y un interruptor de seguridad en tierra ubicado en la pierna izquierda.

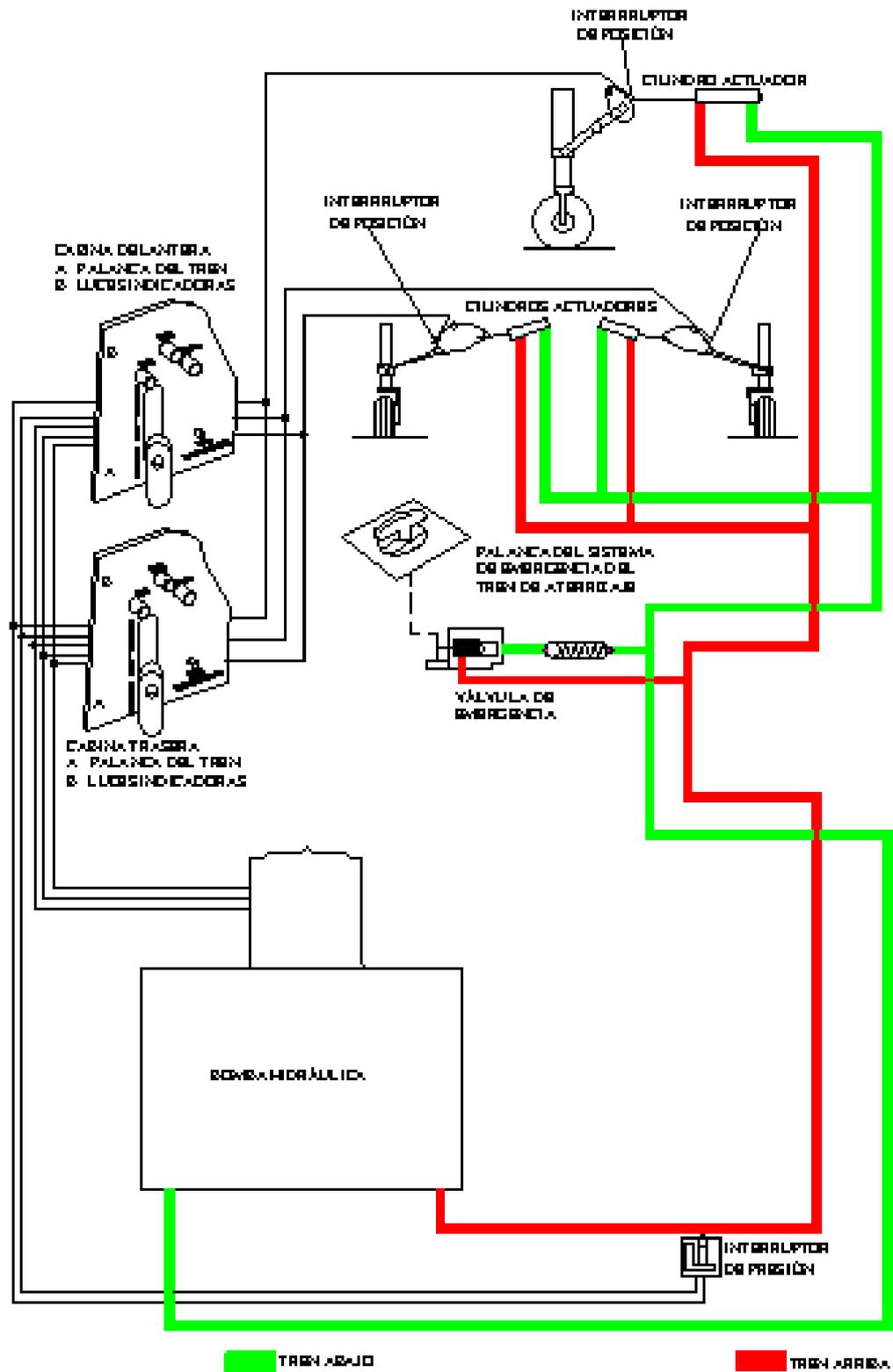


Figura 1.6 Sistema hidráulico

Al seleccionar la posición tren arriba o tren abajo, el fluido hidráulico impulsado a presión por la bomba, llega a los cilindros actuadores, aumentando la presión en un lado del cilindro obligando al fluido hidráulico del otro lado del pistón a desplazarse hacia la bomba. Las dos líneas funcionan en forma alterna (presión, retorno), dependiendo del sentido de rotación de la bomba hidráulica. El interruptor de presión está instalado junto a la bomba hidráulica y durante la retracción del tren es el medio por el cual se corta la bomba. Este interruptor abre el circuito eléctrico al solenoide de la bomba, cuando el tren está en la posición arriba. El interruptor mantiene el circuito abierto hasta que la presión en el sistema baja, momento en el cual el interruptor de presión cierra el circuito eléctrico y hace funcionar nuevamente la bomba. Al estar el tren completamente extendido, la acción en conjunto de 3 interruptores detiene el funcionamiento de la bomba.

En posición arriba el tren permanece asegurado, por la presión existente en el sistema hidráulico. Abajo la rueda de nariz se asegura mediante un gancho, el cual se introduce en un pivote asegurador, mientras que las principales es por medio de un gancho de seguro y en base a un efecto mecánico de resortes y varillas.

Cada una de las piernas del tren de aterrizaje posee dos microinterruptores que actúan como limitadores, uno para la posición arriba y el otro para la posición abajo y asegurado. La dirección del avión en tierra se efectúa por frenado diferencial.

TREN DE ATERRIZAJE.

El avión está equipado con un tren de aterrizaje tipo triciclo, retráctil, con amortiguadores óleo-neumáticos y es accionado hidráulicamente por cilindros actuadores,

figura 1.7. El tren de nariz incorpora un amortiguador de vibraciones. Se asegura en la posición abajo por medio de seguros mecánicos y en la posición arriba se mantiene únicamente por presión hidráulica. Un sistema mecánico centra la rueda de nariz en tierra y al retractar el tren, las compuertas son accionadas por un sistema mecánico de resortes sincronizados con el movimiento del tren. La rueda de nariz tiene un radio de giro de 25° a ambos lados. Frenos de disco están instalados en el tren principal.

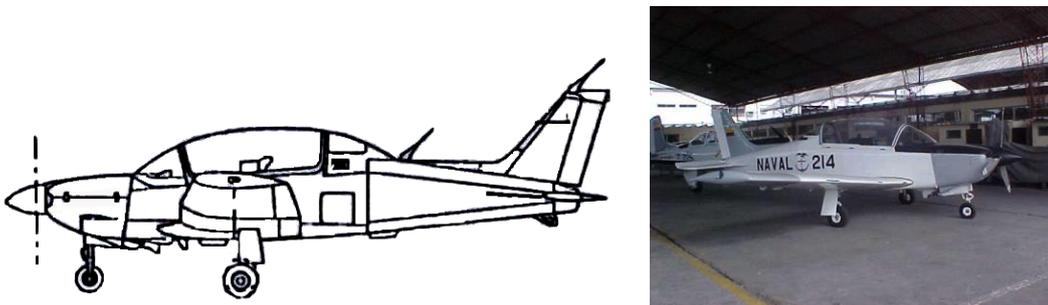


Figura 1.7 Tren de aterrizaje del Avión T-35 Pillán

BOMBA HIDRÁULICA.



Figura 1.8 Bomba hidráulica.

La bomba, figura 1.8, es de tipo engranajes y accionada por un motor eléctrico (1) reversible de 28 voltios. La energía eléctrica necesaria es obtenida desde la

barra de corriente continua. Está diseñada para operar hasta una presión de 2,500 lbs/pulg^2 . Tiene un depósito para el fluido hidráulico (2), que es parte integral de la bomba. Para prevenir un aumento excesivo de presión en el sistema hidráulico, debido a la expansión, existe en la bomba, una válvula de alivio térmico. Esta válvula de alivio se abre a $2,250 \pm 250 \text{ lbs}/\text{pulg}^2$ y permite que el fluido hidráulico pase al depósito.

Una válvula de lanzadera localizada en la base de la bomba, permite que el fluido desplazado por los cilindros actuadores retorne al depósito.

La bomba hidráulica está ubicada en la cabina delantera, debajo de la consola derecha, figura 1.9. Es accionada por la palanca del tren ubicada en el panel lateral izquierdo de cada cabina, las cuales están conectadas mecánicamente. Al accionar la palanca se mueve un interruptor ubicado en el costado izquierdo del fuselaje, debajo del panel de instrumentos de la cabina delantera y que acciona a su vez dos relés, uno para la posición arriba y otro para la posición abajo del tren de aterrizaje.”



Figura 1.9 Ubicación de la bomba hidráulica

Tabla 1.3 Características de la bomba hidráulica.

CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA HIDRÁULICA	
Tipo 108	Modelo 19
Presión Alta	2,000-2,5000 PSI
Presión Baja	500-800 PSI
Flujo (a 1000 lbs/pulg ²)	45 pulg ³ /min
Líquido Hidráulico	MIL-H-5606
Válvula de Alivio	2,250± 250 PSI
Presión de entrega de la Válvula de lanzadera	400-800 PSI

Tabla 1.4 Rango de operación del interruptor de presión.

Presión de abertura	1.800+100 Lbs/Pulg ² (PSI).
Presión de cierre (Presión diferencial)	200-400 Lbs/Pulg ² (PSI).

La presión del sistema hidráulico con el tren arriba es regulada por un interruptor de presión de 1,800 PSI, figura 1.10. El tren de aterrizaje se asegura y mantiene abajo, por medio de la presión del sistema y un seguro mecánico.

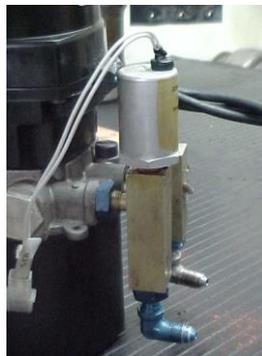


Figura 1.10 Switch de presión

El sistema de seguro para la posición arriba se efectúa por presión y en esta posición el sistema utiliza las 1,800 PSI las que son atrapadas por una válvula de retención, ubicada en la bomba.

DEPÓSITO PARA FLUÍDO HIDRÁULICO.

Este depósito es parte integral de la bomba hidráulica. Para llenarlo hay que retirar el tapón de llenado, figura 1.11, el cual incorpora una varilla medidora con dos marcas, máximo y mínimo.

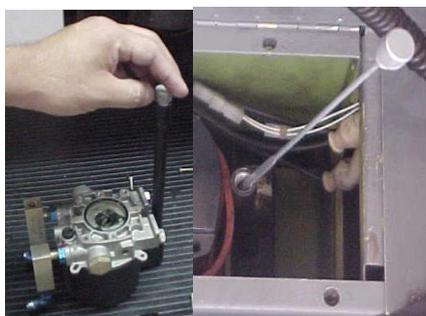


Figura 1.11 Depósito para fluido hidráulico.

PALANCA ACTUADORA DEL TREN DE ATERRIZAJE.

Toda la operación normal del sistema se efectúa por medio de la palanca del tren, figura 1.12, ubicada en el panel izquierdo de ambas cabinas. Para conocer la seguridad en que se encuentra el tren, el avión posee tres luces verdes sobre la palanca del tren y una luz roja en la manilla de la palanca. Cuando el tren se encuentra abajo y asegurado, deben encenderse las tres luces verdes. Cuando el tren se encuentra en movimiento, ya sea hacia abajo o arriba, la luz roja debe permanecer encendida. Cuando el tren se encuentra en la posición arriba todas las luces (verdes y rojas) deben permanecer apagadas. Este

sistema de luces es energizado a través de los interruptores de posición del tren, ubicados en cada pierna.

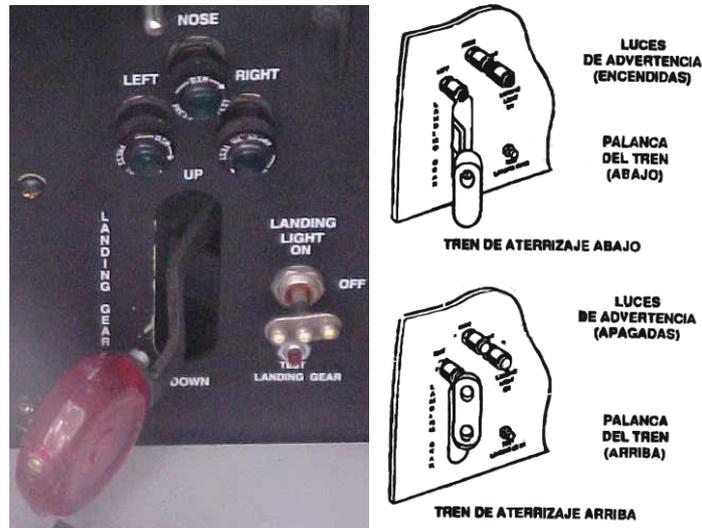


Figura 1.12 Palanca actuadora del tren

Para verificar la condición de las ampolletas de las luces, el avión posee un botón de prueba ubicado al costado de la palanca (para la luz roja), las luces verdes se prueban presionándolas

Cuando el peso del avión actúa sobre el tren de aterrizaje principal, un microinterruptor de seguridad ubicado en la pierna izquierda, deja inoperativo el circuito eléctrico del tren de aterrizaje, evitando así que este pueda ser subido en tierra.

Cuando los amortiguadores alcanzan su máxima extensión al levantarse el avión del suelo, deja de operar el microinterruptor, el circuito eléctrico de operación del tren se restaura y este puede ser subido.

VÁLVULA DE BAJADA DE EMERGENCIA.

La válvula de bajada de emergencia se encuentra ubicada en la cabina delantera, debajo de la consola derecha sector posterior, figura 1.13. Esta válvula se actúa tirando hacia arriba la manilla ubicada sobre la consola. Cuando el tren de aterrizaje está en la posición arriba, la línea de presión arriba queda presurizada, sosteniendo el tren de aterrizaje. Al momento de tirar la manilla de emergencia, la válvula libera la presión pasando ésta hacia la línea de tren abajo, permitiendo que el tren de aterrizaje descienda por gravedad.

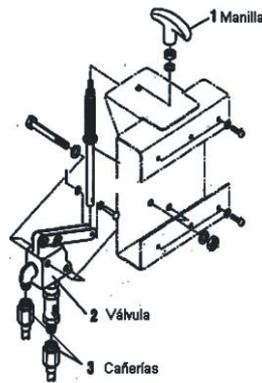


Figura 1.13 Válvula de bajada de emergencia.

SISTEMAS DE INDICACIÓN DE LA POSICIÓN DEL TREN DE ATERRIZAJE.

La posición abajo y asegurado del tren de aterrizaje es señalizada por tres luces verdes encendidas, ubicadas en el panel lateral izquierdo, inmediatamente arriba de la palanca actuadora del tren. Una luz roja encendida, ubicada en la perilla de la palanca actuadora del tren indica una posición desasegurada del tren de aterrizaje, figura 1.14. Todas las luces apagadas (verdes y roja) indican que el tren está completamente retractado.

Las luces verdes indicadoras de posición del tren así como la luz roja de advertencia de condición desasegurada del tren son comandadas por un sistema de microinterruptores (un microinterruptor para posición arriba, y otro para posición abajo por cada pierna del tren).

La acción en conjunto de los tres interruptores de la posición abajo y el interruptor de presión en la posición arriba corta el funcionamiento de la bomba hidráulica.



Figura 1.14 Luces indicadoras de posición del tren.

La bocina de alarma suena cuando se reduce el acelerador aproximadamente a 12 pulgadas de Hg de presión de carga y el tren de aterrizaje no está en la posición abajo y asegurado.

En la pierna izquierda del tren de aterrizaje se incorpora otro microinterruptor que impide que el tren sea retraído mientras el avión esté posado en tierra.”

Tomado del libro de: -O.T 1T-35 (EC)-2. Manual de mantenimiento.

-Curso de mantenimiento en avión T-35B para mecánicos.

1.11 BOLETINES.

Los boletines son documentos otorgados por el fabricante previa solicitud del propietario de una aeronave, cuando ha ocurrido discrepancias o fallas en un determinado sistema del avión.

Para la respectiva regulación y calibración del interruptor de presión y funcionamiento de la bomba hidráulica, se solicitó información a la Empresa Nacional de Aeronáutica de la ciudad de Santiago de Chile. (Ver Anexo A.)

1.12 SISTEMA ELÉCTRICO.

Este párrafo brinda conocimientos de consumo eléctrico del avión, información necesaria para la construcción del banco de prueba. Seguidamente se explica todo lo relacionado al sistema.

“DESCRIPCIÓN.

“El T-35 tiene un sistema eléctrico de corriente continua de 28 voltios. La energía es proporcionada por un alternador Prestolite de 28 voltios 70 amperes. Una batería de 24 voltios y 15,5 amperes-hora permite la operación de los diferentes componentes eléctricos del avión, (cuando el alternador está inoperativo). La puesta en marcha del motor se puede efectuar mediante la batería o por medio de una planta de poder externa a través de la conexión que para ello posee el avión en el costado derecho trasero del fuselaje.

El sistema eléctrico incluye también barras de distribución, paneles de fusibles automáticos, luces interiores de cabina (instrumentos, consolas y mapas), luces exteriores (navegación, aterrizaje y carreteo) y un interruptor "MASTER".

El sistema eléctrico del avión se ha distribuido en tres barras las que se han designado:

Barra principal delantera: ubicada en el panel de fusibles automáticos instalado en la consola derecha de la cabina delantera.

Barra principal trasera: ubicada en el panel de fusibles automáticos instalado en la consola derecha de la cabina trasera.

Barra esencial: ubicada en el panel de fusibles automáticos de la consola derecha de la cabina delantera; está conectada al borne positivo de la batería mediante un circuit-breaker de 10 amp. Las barras delantera y trasera se energizan con la batería, con el alternador, o con una fuente eléctrica externa (Ver Anexo B.)

SISTEMA DE LA BATERÍA.

La potencia para arrancar el motor y operar el circuito eléctrico, antes de la entrega de corriente del alternador, es proporcionada por una batería de 24 voltios, 15,5 amp-hora y que tiene incorporadas tapa antiderrame. Está ubicada debajo de la consola derecha de la cabina trasera y es accionada por el interruptor "MASTER" a través del relé de la batería.

BATERÍA

Es del tipo plomo-ácido, de 24 VCC y 15.5 amperes-hora. Posee tapas de ventilación de gases que se cierran durante la aplicación de G's negativas, impidiendo el derrame de electrolito. La barra esencial está permanentemente conectada a la batería a través de un fusible automático de 10 Amp. que actúa como protección y adicionalmente como desconector de la barra esencial.

Al conectar el MASTER eléctrico, se cierra el relay de la batería, conectándola a la barra principal, por lo tanto la barra quedara energizada con los 24 VCC de la batería, hasta que el alternador energice las barras. Como el voltaje del alternador es mayor que el de la batería, esta última recibirá corriente para su carga en vez, de entregar. (Ver Anexo B.)”

Tomado del libro de: -O.T IT-35 (EC)-2. Manual de mantenimiento.

-Curso de mantenimiento en avión T-35B para mecánicos.

1.13 SERVICIO

Para su operación normal, el avión necesita combustible, aceite, líquido hidráulico, aire a presión para los neumáticos y cuando sea requerida, energía eléctrica exterior.

Para un correcto servicio de estos elementos ver el diagrama y carta de servicio (Anexo C.)

1.14 ÓRDENES TÉCNICAS.

Las órdenes técnicas son extendidas con el propósito de suministrar instrucciones y procedimientos para el mantenimiento, instalación, operación y modificación de la aeronave.

Para efectos de construcción del banco se consideraron las siguientes órdenes técnicas (ver anexo D):

- O.T. 1T-35(EC)-2, SECCIÓN III (Mantenimiento)
- O.T. 1T-35A- 4, SECCIÓN II, Pág. 2-162, (Catalogo de partes)

1.15 TIPOS DE BANCOS HIDRÁULICOS DE PRUEBA

El banco existente en el bloque 42 del ITSA, es un equipo que permite la prueba de varios componentes hidráulicos, además posee tomas exteriores para elementos hidráulicos ajenos al banco.(figura 1.15)



Figura 1.15 Banco de prueba de accesorios hidráulicos

Los bancos existentes en el bloque #18 del Ala #12, son bancos de comprobación y calibración de trenes de aterrizaje(figura 1.16), y conjunto de frenos.



Figura 1.16 Banco hidráulico para trenes de aterrizaje



Figura 1.17 Banco hidráulico para conjunto de frenos

Los equipos anteriormente mencionados no se ajustan al proyecto que se desea construir. Se ha considerado el principio básico hidráulico, para la fabricación del banco de prueba hidráulico para la regulación y calibración del switch de presión y la bomba hidráulica del avión T-35 Pillan.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS.

En el siguiente capítulo se propone las alternativas de construcción propuestas para el banco de prueba de comprobación, en el que se pone énfasis las características de rendimiento para la calibración y regulación del switch de presión hidráulico. Dentro de las alternativas planteadas, se han escogidos los bancos de prueba siguientes:

- Banco de prueba hidráulico con bomba manual
- Banco de prueba electro-hidráulico

2.2 ESTUDIO TÉCNICO.

2.2.1 Primera Alternativa.

En la primera alternativa se estudia un banco de prueba hidráulico para regulación y calibración del switch de presión hidráulico con bomba manual.

Cuando se requiere la aplicación de este tipo de banco hidráulico, se refiere al trabajo que efectúa el operario sobre la bomba manual a fin de obtener la presión deseada para la regulación y calibración del switch de presión hidráulico.

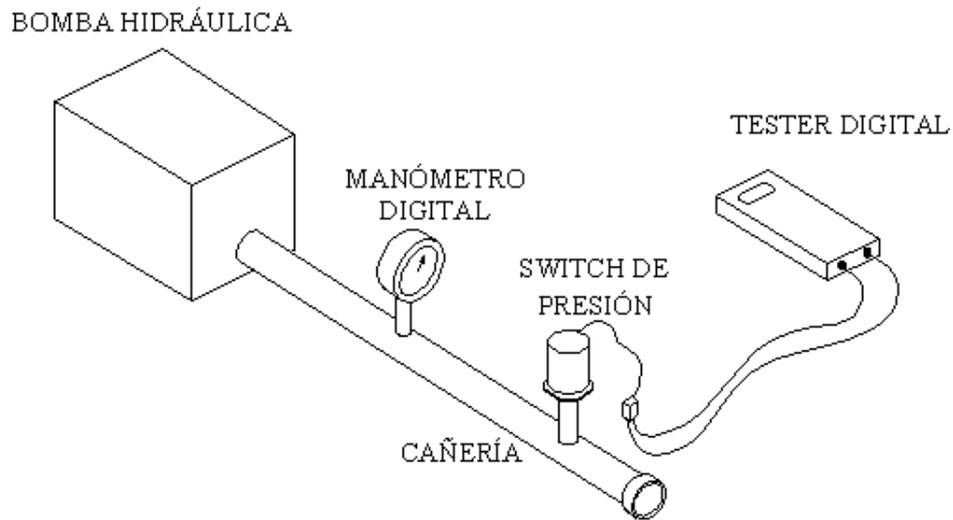


Figura 2.1 Primera Alternativa

El banco de prueba hidráulico consta de los siguientes elementos y partes:

- Bomba hidráulica manual
- Manómetro de presión
- Tester digital
- Switch de presión
- Cañerías asociadas

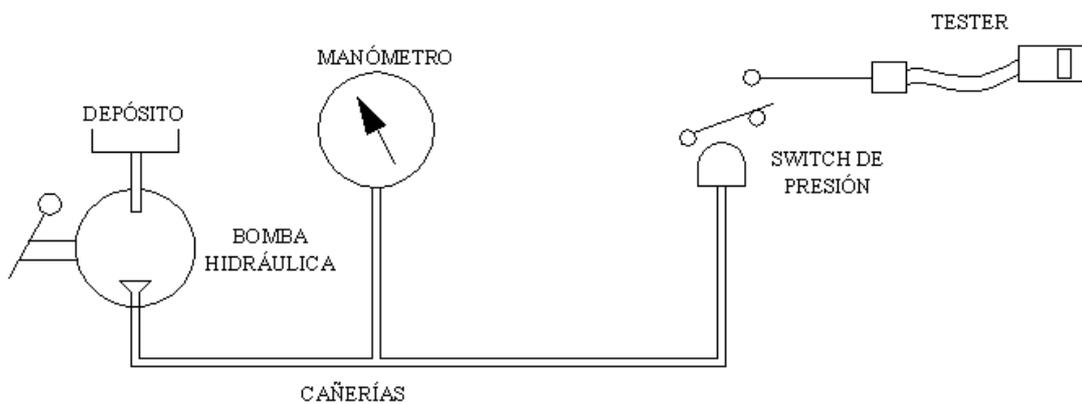


Figura 2.2 Diagrama esquemático de la primera alternativa

2.2.2 Segunda Alternativa.

Esta alternativa proporciona las características de un banco de prueba hidráulico para regulación y calibración del switch de presión hidráulico con accionamiento electro-hidráulico.

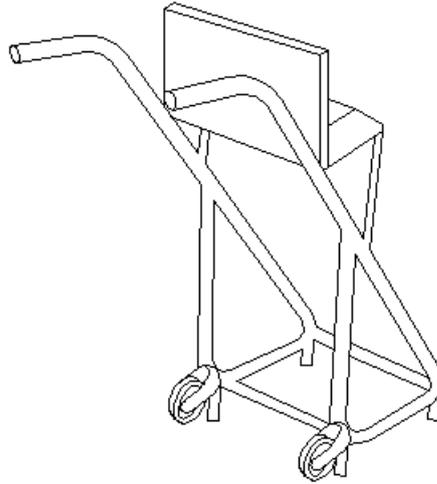


Figura 2.3 Segunda alternativa

El accionamiento es proporcionado por un motor eléctrico de 28 VDC, el cual mueve la bomba para generar presión del fluido en forma constante, esto permite la regulación y calibración del switch de presión y bomba hidráulica en menos tiempo y de forma más práctica.

Elementos del banco de prueba hidráulico:

- Estructura
- Fuente de poder
- Motor eléctrico
- Bomba

- Reservorio
- Manómetro de presión
- Válvula de alivio
- Switch de presión
- Cilindro actuador

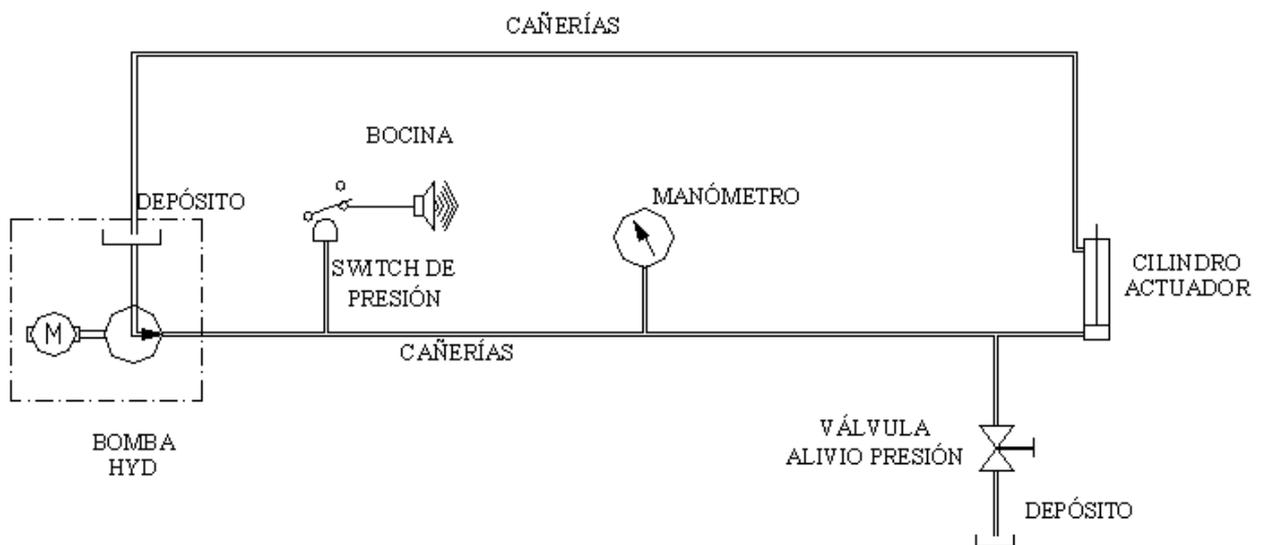


Figura 2.3 Diagrama esquemático de la segunda alternativa

2.3 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.

El análisis está determinado de acuerdo a las ventajas y desventajas que ofrece cada tipo de banco de prueba hidráulico.

Así el estudio será un análisis a fin de escoger la mejor alternativa que ofrezca cada tipo de banco de prueba hidráulico con sus respectivas características de operación y funcionamiento.

2.3.1 Primera alternativa.

MÁQUINA HERRAMIENTA: Banco de Prueba Hidráulico para la regulación y calibración del switch de presión hidráulico con bomba manual.

Ventajas.

- Simplicidad del equipo.
- Se requiere de poco material para la construcción.
- Fácil operación.
- Su mantenimiento no es complejo.
- Se aplica pocos procesos de construcción.
- Construcción sencilla.
- Transportable a cualquier lugar.
- Bajo costo.
- Su forma y tamaño ocupa poco espacio físico.

Desventajas.

- Requiere mayor empleo de tiempo para realizar el trabajo
- Desgaste físico por parte del operario.
- Para su operación y funcionamiento se necesita como mínimo de dos hombres.

2.3.2 Segunda alternativa.

MÁQUINA HERRAMIENTA: Banco de Prueba Hidráulico para la regulación y calibración del switch de presión hidráulico con accionamiento electro-hidráulico.

Ventajas.

- Reduce el tiempo empleado para la realización del trabajo.
- No requiere de desgaste físico por parte del operario.
- Se necesita un hombre para su operación y funcionamiento.
- Facilidad de operación.
- Eficiencia en el trabajo.

Desventajas.

- Requiere varios procesos de construcción.
- Para su operación se necesita de operarios calificados.
- Riesgo de cortocircuito en el motor eléctrico.
- Complejidad en el mantenimiento.
- Alto costo.
- Su forma y tamaño ocupa mayor espacio físico.

2.4 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.

Los parámetros de evaluación en cada una de las alternativas serán evaluadas de acuerdo a varios aspectos que se consideren importantes, por lo que se asignará un valor determinado (X_1) para cada parámetro de selección.

La asignación de los valores X_1 , dependerá de la importancia del parámetro y su valor de ponderación estará entre:

$$0 < X_1 \leq 1$$

Su evaluación se dará en función de las ventajas y desventajas que presentan las alternativas. Los parámetros de selección que se han considerado para la evaluación respectiva, son los siguientes, los mismos que están divididos en tres aspectos:

- Aspecto Técnico.
- Aspecto Económico.
- Aspecto Complementario.

2.4.1 Aspecto Técnico.

- Tiempo de trabajo.
- Diseño.
- Rendimiento.
- Facilidad de operación.
- Mantenimiento.
- Materiales.
- Procesos de construcción.
- Fiabilidad.

2.4.2 Aspecto Económico.

- Costo de fabricación.
- Costo de operación.

2.4.3 Aspecto Complementario.

- Tamaño.
- Forma.

2.5 DEFINICIÓN DE CADA UNO DE LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.

Tiempo de Trabajo: Habla del tiempo de empleo para la calibración y regulación del switch de presión hidráulico. Es el principal factor para la construcción del banco. Se le dará un valor de 0.9.

Diseño: Es muy importante mantener la rigidez y fijación del banco para evitar problemas de vibraciones, desplazamientos a fin de obtener una alta precisión en la calibración. Su valor es de 0.5.

Rendimiento: Se refiere al nivel de capacidad de operación en la calibración y regulación del switch de presión de acuerdo a la finalidad con la que fue construido el banco. Se le asignará un valor de 1.

Facilidad de Operación: Lo que se desea en el banco es la fácil manipulación, para realizar la calibración y regulación del switch de presión. Su valor es de 0.8.

Mantenimiento: Este servirá para evaluar las técnicas empleadas en los dos tipos de accionamiento, para mantener al banco de prueba hidráulico en condiciones operativas. Su valor es de 0.6.

Materiales: Trata de los materiales a usarse en la construcción y su factibilidad de adquisición, así como de las propiedades mecánicas de cada uno. Este parámetro tiene un valor de 0.4.

Procesos de Construcción: Se analizará desde el punto de vista en que se construyen las partes y elementos de las dos alternativas mencionadas anteriormente. Su valor es de 0.6.

Fiabilidad: Servirá para analizar el funcionamiento y la seguridad que brinde los tipos de accionamiento en el banco de prueba hidráulico. Se le asignará un valor de 0.9.

Costo de Fabricación: Es de mucha importancia, ya que el factor de costo, tanto de materiales y elementos del banco de prueba hidráulico, dará la pauta de la alternativa idónea, tomando en consideración que los trabajos no necesitan una secuencia continua de operación. Este parámetro tiene un valor de 0.8.

Costo de Operación: Dependerá del funcionamiento de los elementos que accione a las distintas alternativas. Este parámetro tiene un valor de 0.6.

Tamaño: Servirá para realizar un análisis y evaluación en el aspecto físico que utiliza cada una de las alternativas antemencionadas. Su valor es de 0.2.

Forma: Depende del tipo de banco de prueba hidráulico a construirse, con el fin que proporcione una rigidez en la maquina herramienta. Su valor es de 0.2.

2.6 TABLAS DE MATRIZ DE EVALUACIÓN Y DECISIÓN.

Basándose en los parámetros de evaluación, se analizará y evaluará la mejor opción de las alternativas propuestas. En la tabla de matriz de evaluación contendrá los parámetros de evaluación, valor de ponderación y las alternativas planteadas, mientras que en la tabla de matriz de decisión tan solo contendrá los parámetros de evaluación y las alternativas y este servirá para escoger la mejor opción de una alternativa.

Tabla 2.6.1 Matriz de Evaluación.

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN X_1	ALTERNATIVAS	
		1	2
Tiempo de Trabajo	0,9	0,5	0,9
Diseño	0,5	0,4	0,5
Rendimiento	1,0	0,6	0,9
Facilidad de Operación	0,8	0,8	0,7
Mantenimiento	0,6	0,5	0,6
Materiales	0,4	0,4	0,4
Procesos de Construcción	0,6	0,5	0,6
Fiabilidad	0,9	0,6	0,8
Costo de Fabricación	0,8	0,6	0,7
Costo de Operación	0,6	0,4	0,6
Tamaño	0,2	0,1	0,2
Forma	0,2	0,2	0,2

Tabla 2.6.2 Matriz de Decisión.

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	ALTERNATIVAS	
	1	2
Tiempo de Trabajo	0,45	0,81
Diseño	0,20	0,25
Rendimiento	0,60	0,90
Facilidad de Operación	0,64	0,56
Mantenimiento	0,30	0,36
Materiales	0,16	0,16
Procesos de Construcción	0,30	0,36
Fiabilidad	0,54	0,72
Costo de Fabricación	0,48	0,56
Costo de Operación	0,24	0,36
Tamaño	0,02	0,04
Forma	0,04	0,04
TOTAL	3,97	5,12

2.7 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.

Una vez realizado el análisis de los aspectos técnicos, económicos y complementarios, basándose en una evaluación de parámetros, se ha determinado la construcción de un banco de prueba hidráulico con accionamiento electro-hidráulico por presentar mejores condiciones costo, construcción y operación.

2.8 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS.

El principal requerimiento técnico para el banco de prueba hidráulico con accionamiento electro-hidráulico, es la operación de la bomba con 28 VDC.

La alimentación de 28VDC se tomará de una fuente externa o de la GPU disponible en todas las bases de la Aviación Naval.

La construcción esta tomada en cuenta con los accesorios y unidades del avión.

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN

Este capítulo se basa en la construcción del banco de prueba hidráulico para regulación y calibración del switch de presión hidráulica y la bomba hidráulica, tiene como objetivo, resumir las principales consideraciones de procesos de manufactura y ensamble para llevar a cabo la construcción de los diferentes sistemas y piezas del banco, con la ayuda directa de máquinas herramientas manuales y especiales de la sección de estructuras, electricidad de la Aviación Naval y talleres particulares, las cuales fueron utilizadas de acuerdo a las partes que conforman el banco y según la complejidad que representa el maquinado de una u otra pieza.

La construcción del banco se la realiza por etapas, las mismas que se describen posteriormente en los diagramas de proceso. A continuación se detalla el plan de construcción:

3.1 Orden de Construcción:

- Cuerpo principal del banco
 - Caja metálica.
 - Sistema hidráulico.
 - Sistema eléctrico.

- Soporte.
 - Ruedas.

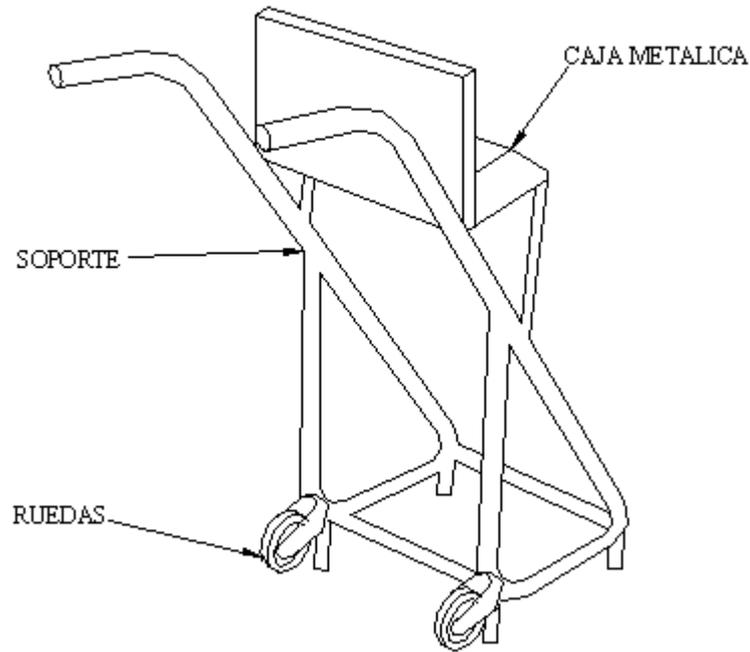


Figura 3.1 Estructura principal del banco de prueba

3.1.1 Cuerpo principal del banco

El cuerpo principal del banco es una caja metálica construida de lámina de toll de 1,32 mm de espesor. Tiene aproximadamente una figura geométrica de 60x30x30 cm de acuerdo con el plano general anexo E. El sistema hidráulico y eléctrico se encuentran alojados en la caja.

En la parte frontal se puede apreciar los elementos hidráulicos y eléctricos. Las caras laterales están remachadas a la parte frontal. El panel de control se une por medio de bisagra de pasador y se asegura a la base de los elementos hidráulicos por dos tornillos ubicados en los extremos. La base y la cara posterior se fijan también por tornillos. Posee un depósito para recoger el líquido drenado del sistema a través de la válvula de restricción.(Ver plano general del banco)

3.1.1.1 Sistema hidráulico.

Este se asegura a la caja con los siguientes componentes:

- Bomba hidráulica
- Cilindro actuador
- Manómetro
- Válvula restrictora manual
- Cañerías
- Acoples

La bomba hidráulica del avión se acopla a la base sobre la caja metálica donde se puede retirar para chequeo de otro bomba reportada, el cilindro actuador se asegura con dos abrazaderas de acero y pernos en la parte posterior, las mangueras se fijan a los elementos hidráulicos, el manómetro se acopla a la cañería de presión, la válvula restrictora manual se une cerca del cilindro actuador en la línea de presión y sirve para simular caída de presión en el sistema. (Ver figura 2.4)

3.1.1.2 Sistema eléctrico.

El sistema eléctrico del banco (figura 3.2), está compuesto de una toma para fuente externa de 28VDC, circuit breaker, barra de conexión para la bomba, interruptores, luces piloto, alarma auditiva, relees, diodos, los mismos que están conectados con cable flexible #10 y #16. la energía requerida para el funcionamiento del banco se la obtiene de las unidades de poder externa existentes en la Aviación Naval.

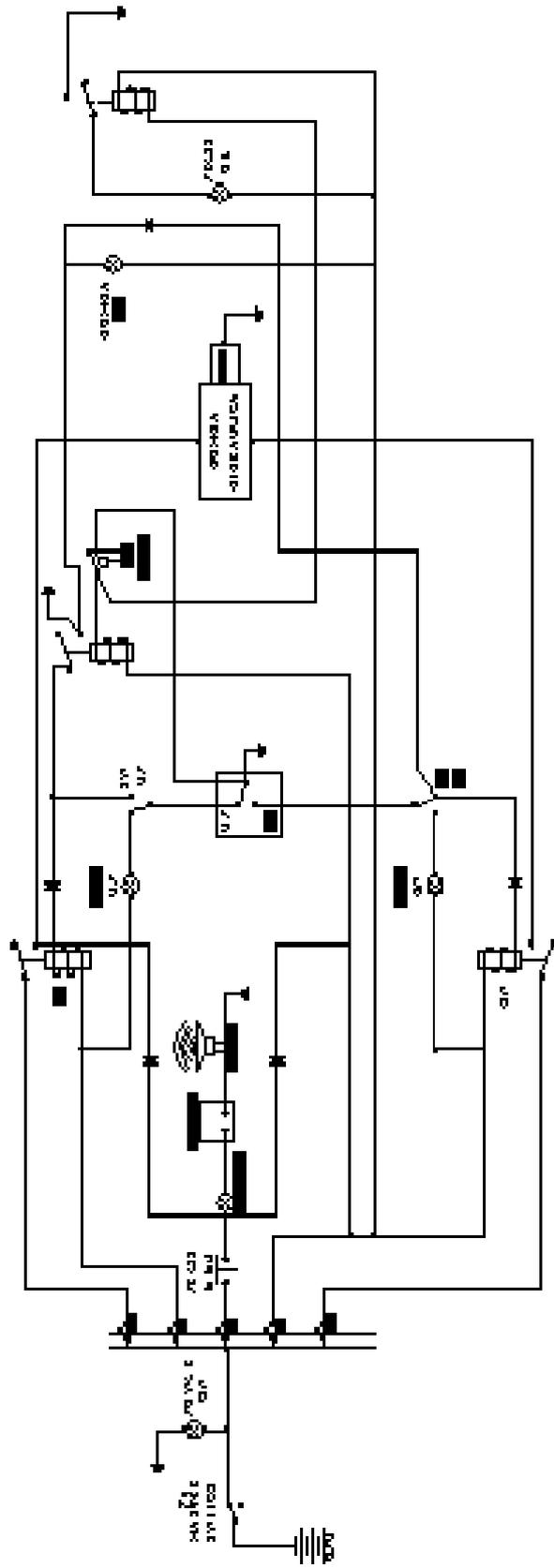


Figura 3.2 Sistema eléctrico

Tabla 3.1 Características técnicas de las máquinas herramientas utilizadas en el proyecto

MÁQUINA HERRAMIENTA	CARACTERÍSTICAS
Dobladora de tubo	Manual para varios Ø.
Sierra manual Stanley	--
Taladro de Banco Delta	115 W, 1725 rpm
Esmeril Electric bench Grinder	1/2 H.P, 1700 rpm
Soldadora Eléctrica M&A.	110 v, 6 A
Prensa Manual	40 Ton.
Taladro neumático Craftman	100PSI, 25.000 rpm
Remachadora manual	--

La fabricación de los diferentes sistemas ha consumido el siguiente número de horas de máquinas herramientas presentadas en la siguiente tabla:

Tabla 3.2 Tiempo de operación de los diferentes sistemas en las máquinas herramientas

ELEMENTO	OPERACIÓN [hr]								
	A	B	C	D	E	F	G	H	Total
Estructura	1	3	1	2	4	1	3	2	17
Sistema eléctrico	2	--	--	--	3	1	4	--	10
Sistema hidráulico	2	--	--	--	--	2	1	1	6
Total por operación	5	3	1	2	7	4	8	3	33

Simbología :

A : Cortado

B : Doblado

C : Taladrado

D : Esmerilado

E : Soldadura

F : Comprobación

G : Ensamble

H : Pintura

Existen algunas operaciones realizadas, donde no se pueden determinar un número de horas de operación tales como montaje de la materia prima, puntos de soldadura, mediciones, etc.

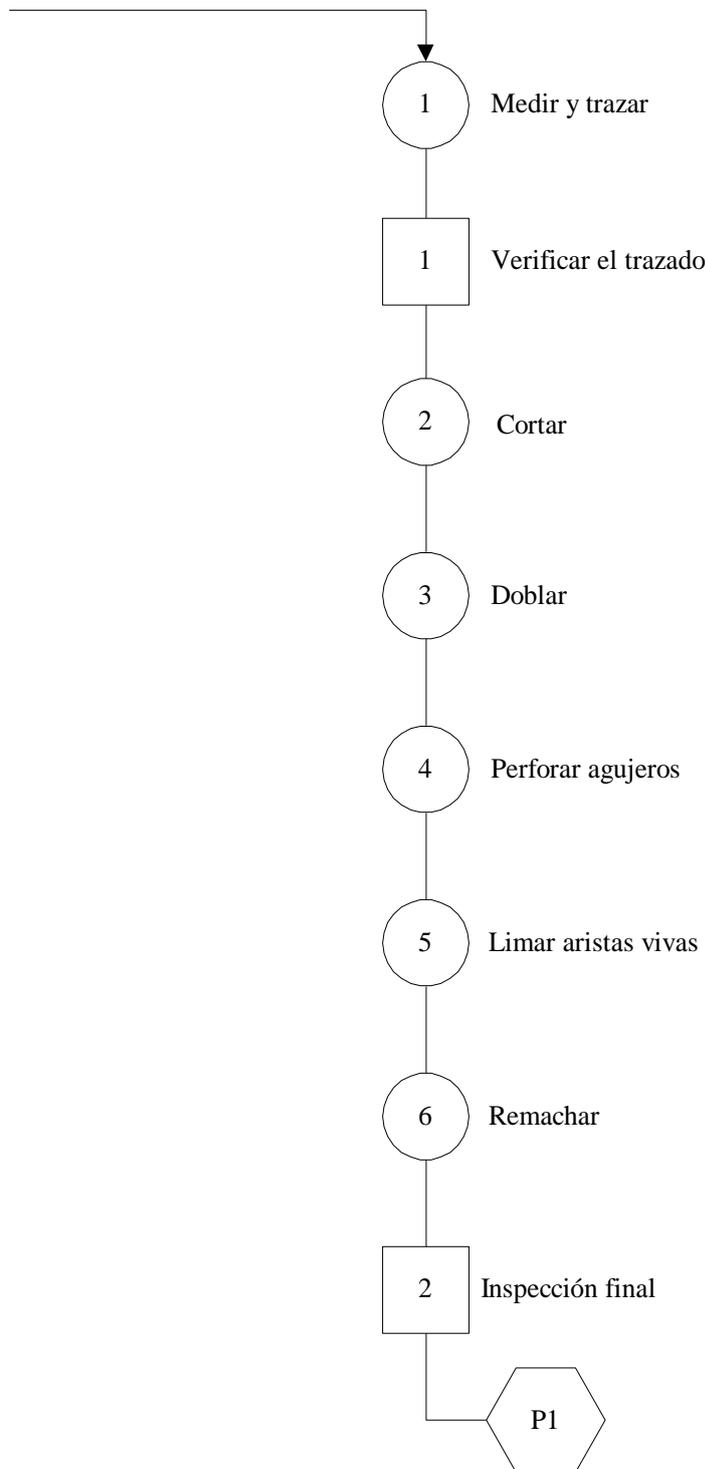
3.2 DIAGRAMAS DE PROCESO.

Los diagramas de proceso indican la secuencia de operación de construcción que se realizó en cada una de las partes y sistemas del banco de prueba, como son: el cuerpo principal, soporte, sistema hidráulico y eléctrico.

3.2.1 Diagrama de proceso de fabricación de la caja metálica, según plano general.

MATERIAL : Acero AISI 1018

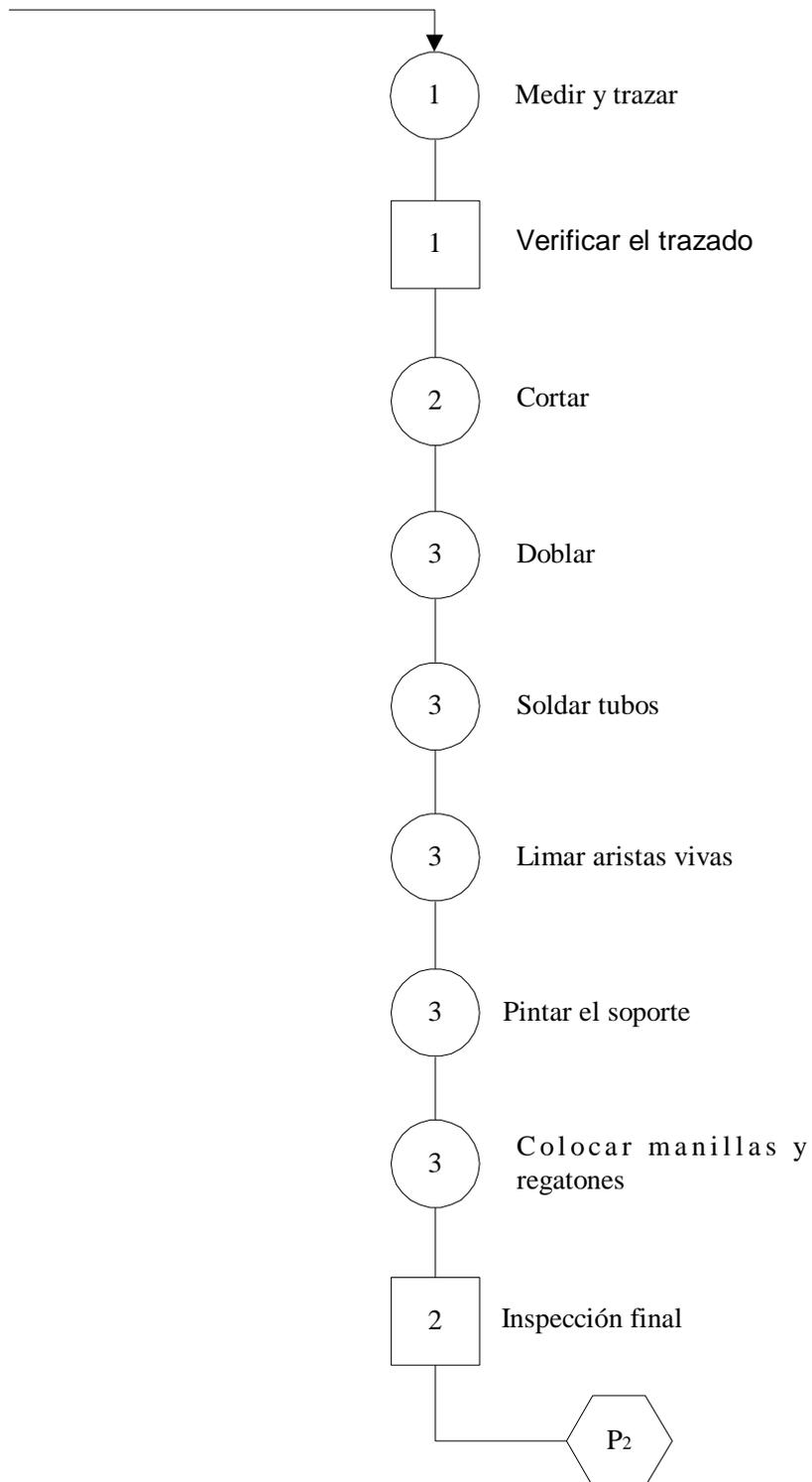
Plancha 2 m * 1.2 m * 1.32 mm



3.2.2 Diagrama de proceso de fabricación del soporte, según plano general.

MATERIAL : Acero

Tubo $\varnothing_{\text{ext}} = 7/8$ pulg. L = 6 m y espesor = 1.5 mm

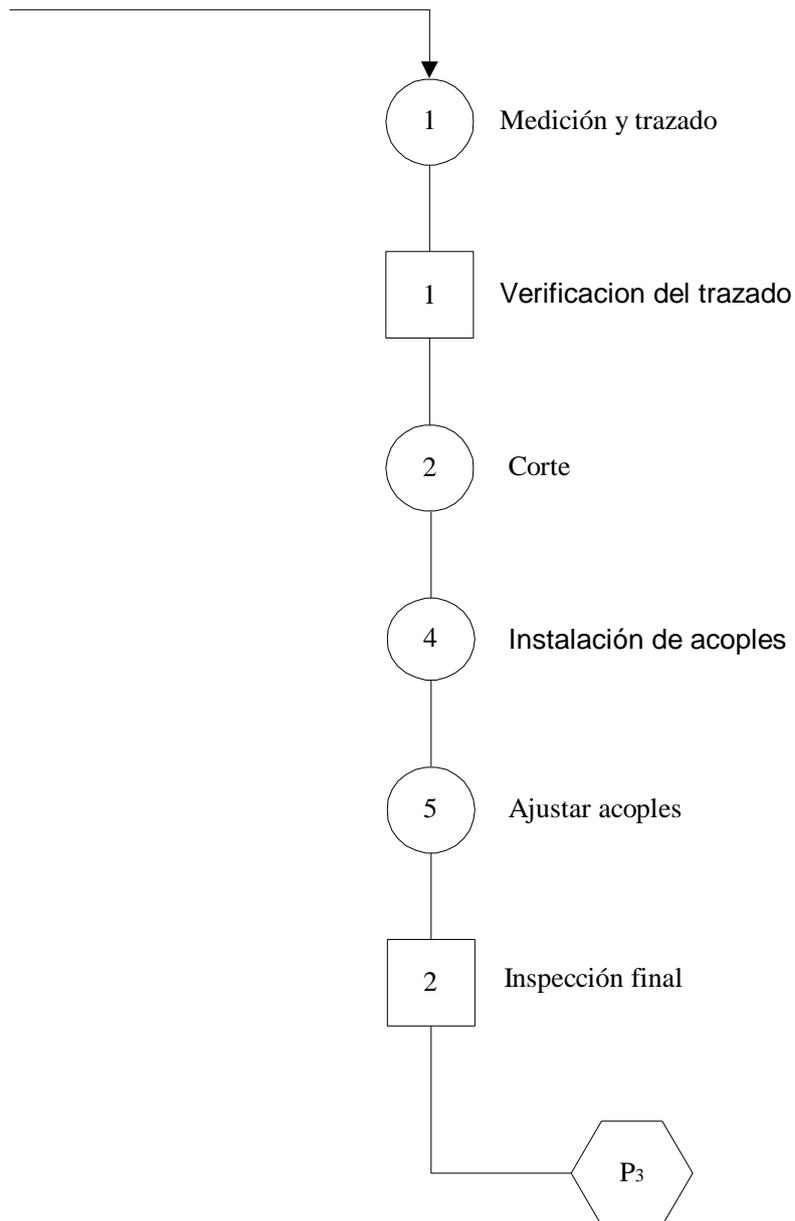


3.2.3 Diagrama de proceso de fabricación del sistema hidráulico, según figura 2.4

MATERIAL : manguera con 01 lamina de alambre

Acoples de acero

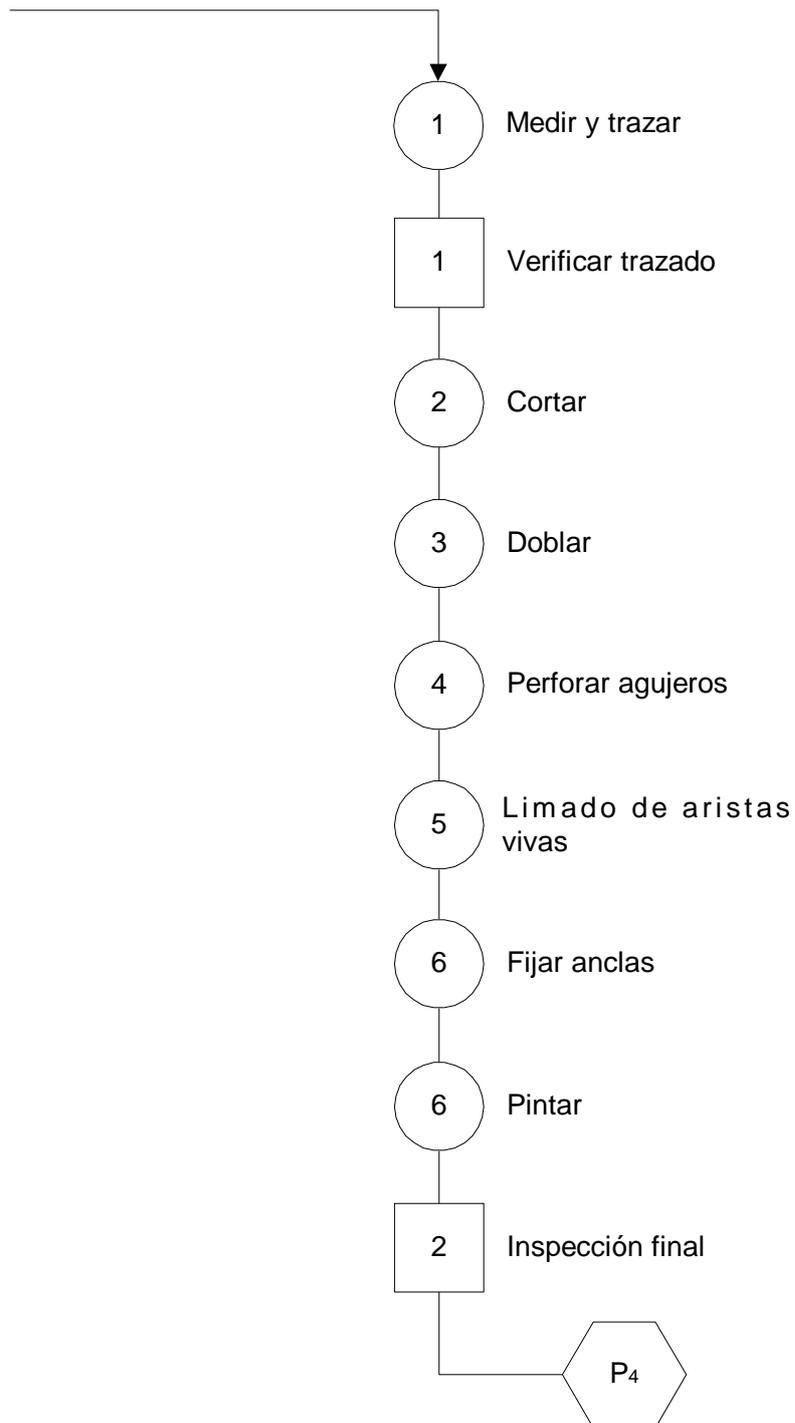
Férulas



3.2.4 Diagrama de proceso de fabricación de la base para la bomba hidráulica, según plano de construcción.

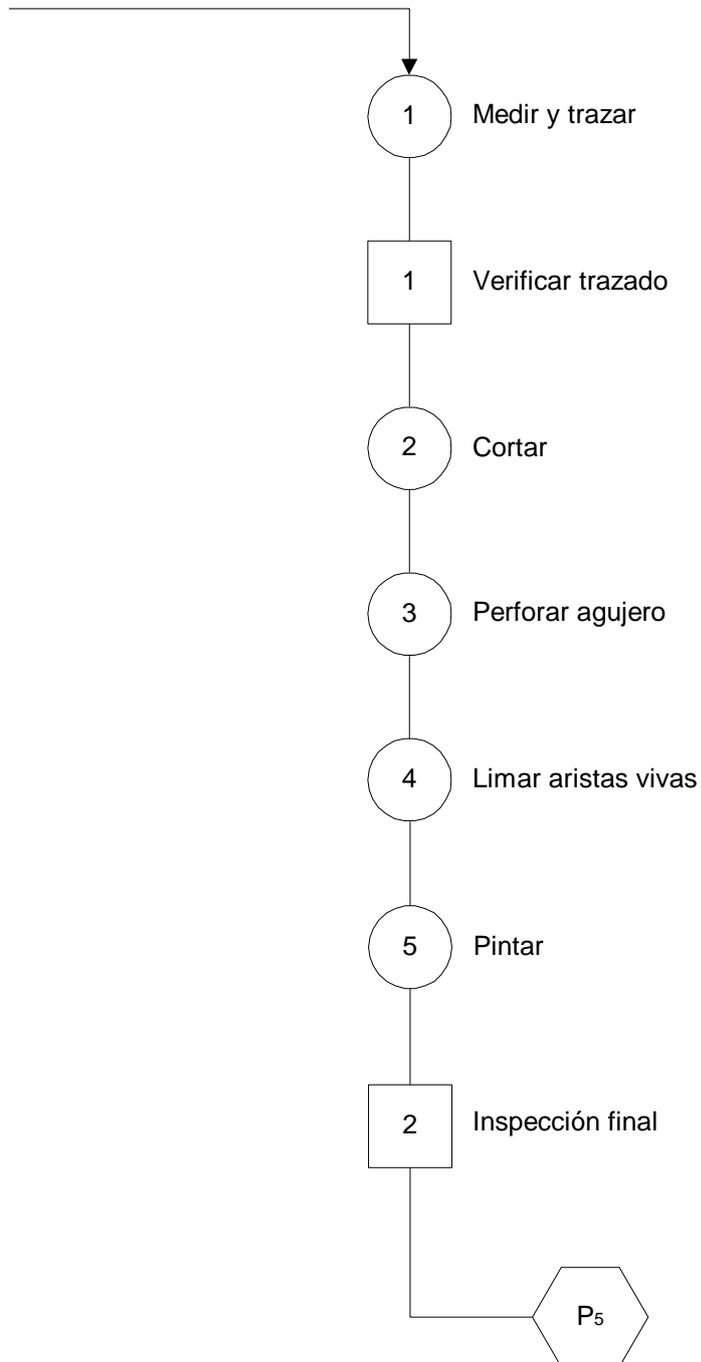
MATERIAL : Aluminio

Plancha 40 cm * 30 cm * 1/32 pulg. espesor



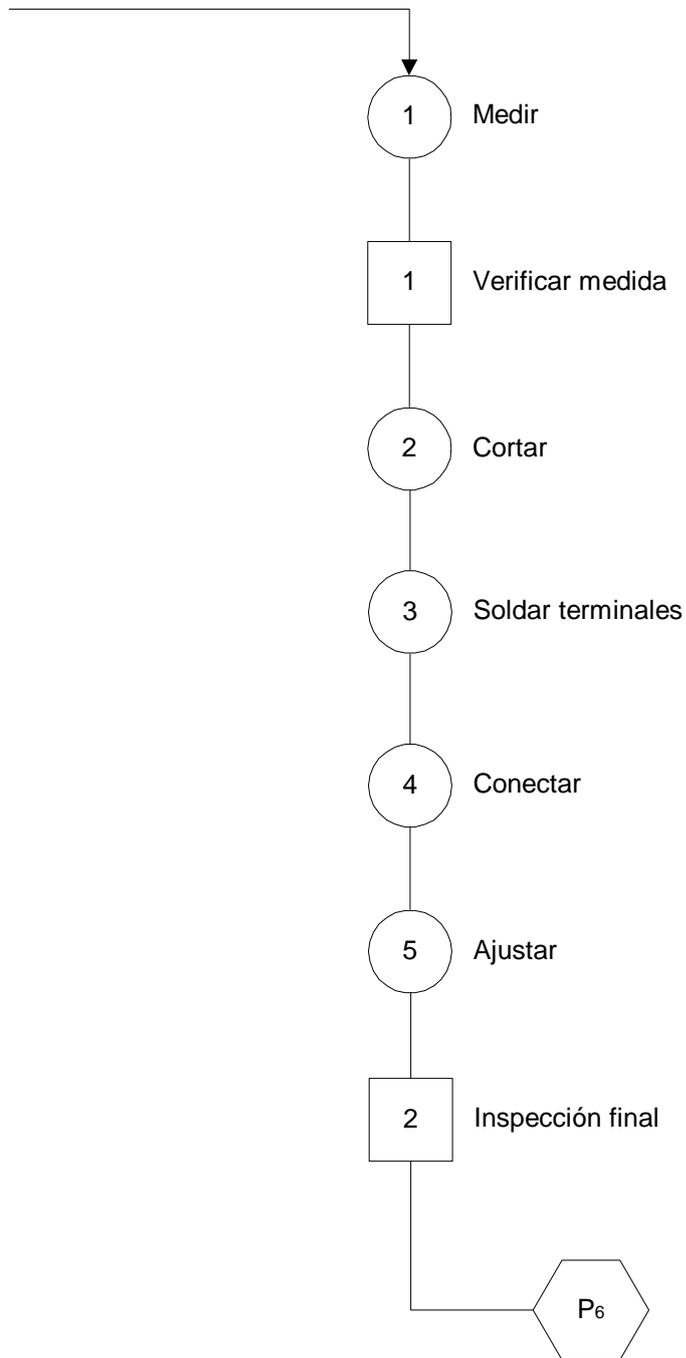
3.2.5 Diagrama de proceso de fabricación de la placa para el cilindro actuador hidráulico, según plano de construcción.

MATERIAL : Aluminio, 1/32 pulgadas de espesor



3.2.6 Diagrama de proceso de fabricación del sistema eléctrico según plano 06

MATERIAL : Cable flexible: #10 y #16



3.3 DIAGRAMAS DE ENSAMBLE.

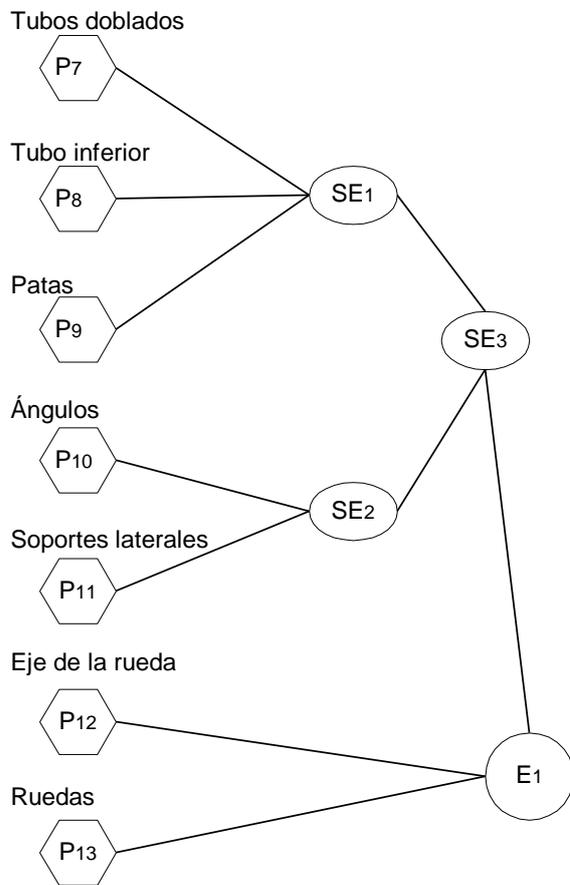
Para el ensamble de la bomba hidráulica, se debe realizar con mucho cuidado puesto que se instalan con un determinado torque de 20 a 25 PSI.

Con respecto al ensamble de los diferentes sistemas del banco de prueba, se requiere de herramientas básicas las cuales se detallan a continuación:

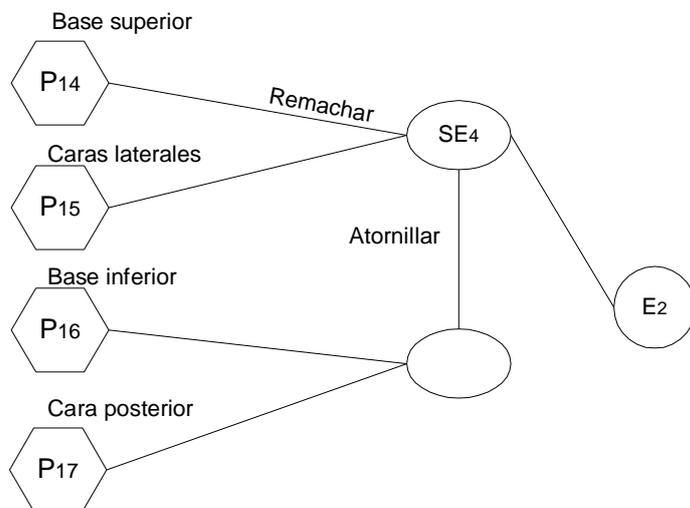
- Juego de llaves mixtas
- Cortador
- Destornillador
- Torquímetro
- Cautín
- Rache
- Juego de dados
- Cinta aislante

A continuación se presenta los diagramas de ensamble de los diferentes sistemas y elementos del soporte móvil.

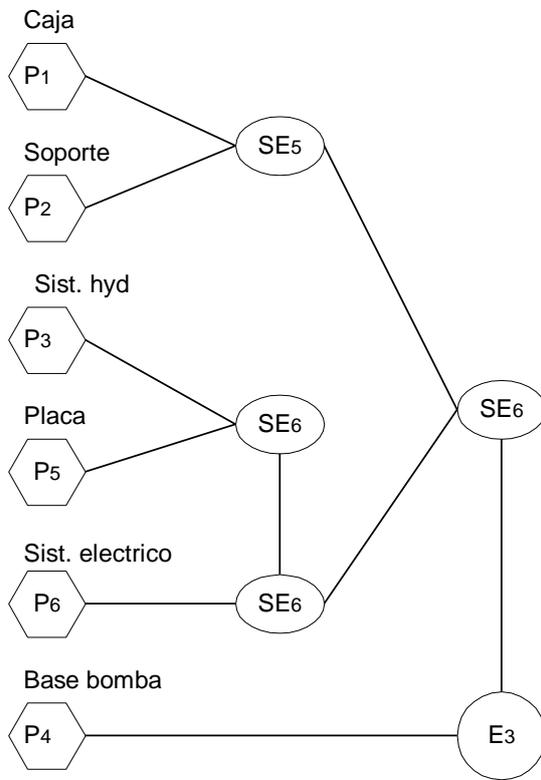
3.3.1 Diagrama de ensamble del soporte.



3.3.2 Diagrama de ensamble de la caja metálica.



3.3.3 Diagrama de ensamble del banco.



3.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Una vez terminada la construcción de los diferentes sistemas del banco de prueba, se procede a verificar las características de cada uno de los mismos.

3.4.1 Estructura del banco de prueba.

El estado de los diferentes elementos de este sistema se presenta a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 3.3 Estado de los elementos de la estructura del banco.

Elemento	Ensamble óptimo	
	SI	NO
Caja	✓	
Soportes	✓	
Base	✓	

3.5.2 Sistema eléctrico del banco.

El estado de los diferentes elementos de este sistema se presenta a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 3.4 Estado de los elementos del sistema eléctrico del banco.

Elemento	Funcionamiento		Ensamble óptimo
	SÍ	NO	
Fuente de poder	✓		✓
Motor	✓		✓
Interruptores	✓		✓
Cableado	✓		✓
Luces	✓		✓
Switch de presión	✓		✓
Alarma auditiva	✓		✓

3.6.3 Sistema hidráulico del banco.

El estado de los diferentes elementos de este sistema se presenta a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 3.5 Estado de los elementos del sistema hidráulico del banco.

Elemento	Funcionamiento		Ensamble óptimo
	SÍ	NO	
Bomba	✓		✓
Manómetro	✓		✓
Cilindro actuador	✓		✓
Válvula	✓		✓

Con respecto al funcionamiento global de todos los sistemas mecánicos se dice que el banco de prueba para calibración y regulación del switch de presión hidráulico y la bomba hidráulica se encuentra en perfectas condiciones y funciona óptimamente.

A continuación se presenta al banco de prueba construido y en condiciones de funcionamiento.



Figura 3.3 Banco de prueba hidráulico para aviones T-35 Pillán

CAPÍTULO IV

ELABORACIÓN DE MANUALES

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

En este capítulo, se establece los distintos procedimientos según los requerimientos que exige la Norma ISO 9000 de verificación y mantenimiento, además de instructivos, formatos de registro con su respectiva implementación del banco de prueba hidráulico para regulación y calibración del switch de presión hidráulico y la bomba hidráulica. La codificación del banco y los procedimientos de ensayo, según el Manual de Calidad de los Laboratorios ITSA se indica en la siguiente tabla:

Tabla 4.1 Codificación de los procedimientos de ensayo del banco de prueba para el avión T-35B Pillán.

PROCEDIMIENTO	CÓDIGO
Banco de prueba hidráulico para el avión T-35 Pillán.	AN-BTH-01
Manual de operación.	AN-BTH-P ₁
Manual de mantenimiento.	AN-BTH-P ₂
Manual de verificación.	AN-BTH-P ₃
Hojas de registro de operación.	AN-BTH-R ₁
Hoja de registros de mantenimiento.	AN-BTH-R ₂
Hoja de registro de verificación.	AN-BTH-R ₃

Las técnicas y formatos que a continuación se detallan, permitirán conseguir una verdadera organización de los mismos con el fin de alcanzar un trabajo de calidad.

AVINAV  EAV-100	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS		Pág. : 1 de 1
	OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBA HIDRÁULICO PARA REGULACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL SWITCH DE PRESIÓN HIDRÁULICO Y LA BOMBA HIDRÁULICA		Código : AN-BTH- P ₁
	Elaborado por: Jorge Jiménez Aguirre		Revisión No. : 1
	Aprobado por:	Fecha :	Fecha :

1.0 OBJETIVO.

Documentar el procedimiento para operación del banco de prueba hidráulico para regulación y calibración del switch de presión hidráulico y la bomba hidráulica.

2.0 ALCANCE.

Contempla el banco destinado a ser aplicado a la regulación y calibración del switch de presión hidráulico y la bomba hidráulica del sistema de tren de aterrizaje de los aviones T-35 Pillán.

3.0 PROCEDIMIENTOS.

3.1 Procedimientos para poner en “FUNCIONAMIENTO” el banco de prueba hidráulico.

- 3.1.1 Verificar el nivel del fluido hidráulico en el depósito de la bomba.
- 3.1.2 Verificar que las válvulas de paso estén cerradas.
- 3.1.3 Verificar acoples de unión.
- 3.1.4 Conectar la fuente de poder de 28VDC.
- 3.1.5 Colocar el interruptor de poder del banco en posición ENCENDIDO..
- 3.1.6 Mueva el interruptor de tren arriba o abajo para el funcionamiento de la bomba.

3.2 Procedimientos para “APAGAR” el banco de prueba hidráulico.

- 3.2.1 Colocar el interruptor de poder del banco en posición APAGADO.
- 3.2.2 Desconecte la fuente de poder.

4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD -----

AVINAV  EAV-100	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS		Pág. : 1 de 1
	MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBA HIDRÁULICO PARA REGULACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL SWITCH DE PRESIÓN HIDRÁULICA Y LA BOMBA HIDRÁULICA		
	Elaborado por: Jorge Jiménez Aguirre.		Revisión No. : 1
	Aprobado por:	Fecha :	Fecha :

1.0 OBJETIVO.

Documentar el procedimiento de mantenimiento del banco de prueba hidráulico para regulación y calibración del switch de presión hidráulico y la bomba hidráulica.

2.0 ALCANCE.

Contempla el banco de prueba hidráulico para regulación y calibración del switch de presión hidráulico y la bomba hidráulica destinado a ser dado mantenimiento.

3.0 DEFINICIONES.

4.1 Limpieza general: Eliminar suciedades superficiales en el equipo.

4.0 PROCEDIMIENTO.

El Aerotécnico Naval realiza los siguientes tipos de mantenimiento:

4.1 Mantenimiento Semanal.

4.1.1 Limpieza general del banco y sus accesorios.

4.2 Mantenimiento Mensual.

4.2.1 Revisar cableado por ruptura, torcedura, desconexión.

4.2.2 Revisar válvula de paso por fuga, corrosión.

4.2.3 Revisar tuberías por desgaste, torceduras, fugas, corrosión.

4.2.4 Revisar acoples por fisura, desgaste, fatiga del material.

4.2.5 Inspeccionar elementos del banco, cambiar según condición.

4.2.6 Verificar condición del manómetro.

4.3 Mantenimiento Anual.

4.3.1 Revisar visualmente soportes y estructura del banco de prueba.

4.3.2 Verificar indicación correcta del manómetro.

4.3.3 Pintar accesorios y estructura del banco de prueba.

4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD -----

AVINAV  EAV-100	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS		Pág. : 1de 1
	VERIFICACIÓN DEL BANCO DE PRUEBA HIDRÁULICO PARA REGULACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL SWITCH DE PRESIÓN HIDRÁULICA Y LA BOMBA HIDRÁULICA		
	Elaborado por: Jorge Jiménez Aguirre.		Revisión No. : 1
	Aprobado por:	Fecha :	Fecha :

1.0 OBJETIVO

Documentar el procedimiento para la verificación del banco de prueba hidráulico para regulación y calibración del switch de presión hidráulico y la bomba hidráulica.

2.0 ALCANCE

Contempla al banco de prueba hidráulico para regulación y calibración del switch de presión hidráulico y la bomba hidráulica.

3.0 PROCEDIMIENTO

3.1 El Aerotécnico Naval realiza la verificación de este soporte cada tres meses.

3.2 Limpiar bien los puntos de conexión hidráulica de la bomba y el cilindro actuador hidráulico.

3.3 Verificar que la estructura del banco correctamente fija.

3.4. Verificar que no exista fugas, corrosión, en el sistema hidráulico del banco.

3.5. Verificar el sistema eléctrico del banco por cables sueltos.

3.6. Verificar si el cilindro actuador tiene desperfecto alguno.

5.7. Verificar si el indicador de presión tiene algún desperfecto.

4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD -----

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO

En este capítulo se detalla el costo de construcción del banco de prueba hidráulico para regulación y calibración del switch de presión hidráulico y la bomba hidráulica del avión T-35B Pillán, para luego realizar un análisis comparando el costo del banco con otro de similares características.

5.1 PRESUPUESTO.

Habiendo realizado un presupuesto antes de la ejecución del proyecto se considera un costo aproximado de \$ 800. Aclarando que este precio es solamente gastos de materia prima y fueron distribuidos como se indica a continuación:

1. Materia prima
2. Máquinas herramientas
3. Mano de obra
4. Otros

5.1.1 Materia prima

Este rubro comprende todos los materiales utilizados para construir la partes del banco de prueba hidráulico para regulación y calibración del switch de presión hidráulico.

Tabla 5.1 Lista del costo de materiales del banco.

MATERIAL PARA LA MÁQUINA	CANT.	UNID.	USD V.U	USD SUB TOT.
Tubo estructural Ø 7/8,1.5mm esp.	02	U de 6m.	5,20	10,40
Lamina de acero de 1.32mm esp.	01	U de 2*2.40 m	8,75	8,75
Elementos eléctricos	75	U	----	501,19
Elementos hidráulicos	14	U	----	292,82
Pintura	04	Lts.	----	12,65
			TOTAL	825,81

Máquinas herramientas.

Para la construcción de la máquina, se utilizan máquinas herramientas existentes en talleres de la Aviación Naval y particulares, donde se realizan tareas de corte, limado, pintado, entre otros, además también se realizó una investigación sobre el costo de las máquinas herramientas que se disponía. A continuación se muestra un cuadro con el costo de utilización de máquinas herramientas. Los valores dados son los que rigen actualmente en el sector de fabricación mecánico.

Tabla 5.2 Costo de utilización de las máquinas herramientas.

MÁQUINA HERRAMIENTA	USD/Hr	# Hr	SUB TOTAL
Dobladora de tubos	5,00	2	10,00
Cortadora de láminas	1,00	1	1,00
Dobladora de láminas	1,50	3	4,50
Soldadora	2,50	8	20,00
Torno	10,00	4	40,00
<i>Pintura</i>	<i>2,50</i>	5	12,50
TOTAL			88,00

5.1.2 Mano de obra

Los costos de mano de obra están comprendidos principalmente en el montaje, manufactura, pintura, etc.

Tabla 5.3 Costo de mano de obra.

DETALLE	VALOR USD.
Montaje	25,00
Instalación de sistema eléctrico e hidráulico	30,00
Construcción de piezas	70,00
Pintura	20,00
TOTAL	145,00

5.1.3 Otros

Este rubro comprende los materiales utilizados para las pruebas, costos de impresión de planos, transporte, fotos, etc.

Tabla 5.4 Costo de otros gastos.

DETALLE	VALOR USD.
TOTAL DE OTROS GASTOS	40

Por lo tanto, el costo total del banco de prueba hidráulico para regulación y calibración del switch de presión hidráulico es:

Tabla 5.5 Costo total del banco de prueba hidráulico para regulación y calibración del switch de presión hidráulico.

DETALLE	VALOR USD.
Materiales	825,81
Mano de Obra	145,00
Otros	40,00
TOTAL	1010,81

5.2 COMPARACIÓN ENTRE EL BANCO DE PRUEBA CONSTRUIDO CON HERRAMIENTAS PROPIAS CON OTRO FABRICADO CON HERRAMIENTAS ALQUILADAS.

Cabe enfatizar que este banco de prueba es único y no existe en el mercado un mecanismo igual. Seguidamente se presenta el costo de un banco construido con herramientas alquiladas correspondiente al banco de prueba hidráulico para el avión T-35B Pillán.

Tabla 5.6 Costo de un banco similar construido con herramientas alquiladas.

DETALLE	VALOR USD.
Costo del banco	1010,81
Costo del banco con alquiler de herramientas	1098,81

La finalidad de esta comparación es deducir si es favorable desde el punto de vista económico, construir la máquina con nuestros medios. Cabe resaltar que satisfacer una

necesidad social no podría ser evaluado o comparado, pero con fines didácticos se realizará esta comparación.

Costo del Mecanismo Construido: USD. 1010,81

Costo de la Máquina comprada: USD. 1098,81

Se tiene una diferencia de costos de USD. 88 a favor del banco construido.

Se podría expresar esta diferencia porcentualmente, entonces se tiene:

$$\frac{1098,81 - 1010,81}{1098,81} * 100 = 7,29$$

Una diferencia de 7,29 % es justificable para construir el banco de prueba en nuestros talleres y no comprarlo.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES.

- El banco de prueba hidráulico cumple con los parámetros de funcionamiento para realizar la calibración y regulación del switch de presión hidráulico y la bomba hidráulica de acuerdo con lo exigido por la ENAER.
- Los principios básicos de funcionamiento del switch y la bomba hidráulica proporciona información efectiva para conocer el funcionamiento de los mismos.
- Los bancos existentes en el país proporcionan información de hidráulica básica para la construcción del proyecto.
- El banco de prueba es de fácil transportación y su funcionamiento es óptimo.

6.2 RECOMENDACIONES.

- Poner en práctica los manuales de operación, mantenimiento y registro de discrepancias del banco.
- Pedir a la ENAER la información necesaria del funcionamiento del switch de presión hidráulico y la bomba hidráulica.
- La transportación del equipo se deberá realizar con las debidas precauciones para evitar daño alguno.

BIBLIOGRAFÍA

- Texto Centro Tecnológico Naval. Hidráulica.

- Textos ETFA:
 - Hidráulica General.

 - Hidráulica Básica-Texto del alumno.

 - Avión en General-Área de Mantenimiento.

- Textos IAAFA:
 - Herramientas y ferretería de aviación.

 - Sistemas neumáticos y principios de operación.

 - Principios de neumática.

- O.T 1T-35 A-4. Catálogo de partes.

- O.T 1T-35 (EC)-2. Manual de mantenimiento.

- Curso de mantenimiento en avión T-35B para mecánicos.

- Manual de vuelo T-35B PILLÁN.

- Roldán Vilorio José (1989). Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada