

INSTITUTO TECNÓLOGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DEL SISTEMA DE
LUBRICACIÓN EN EL MOTOR JET BÁSICO.**

POR:

IZA FARINANGO BYRON RUBÉN

**Proyecto de grado presentado como requisito parcial 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. **IZA FARINANGO BYRON RUBÉN** como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA.

Ing. Dag Bassantes.

Latacunga, 19 de Mayo del 2004.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado con infinito cariño y amor a Dios quien me dio la oportunidad de vivir, haberme dado sabiduría y anhelo de superación.

A mis padres por su apoyo incondicional durante toda mi vida estudiantil, por su comprensión y consejos para guiarme por el camino correcto, fruto de sacrificio y esfuerzo constante, para ser de mi un ser útil para la sociedad.

Sobre todo quiero dedicarle a mi papá Telmo Rubén quien con su apoyo moral y cariño supo ser gestor importante para lograr uno de los objetivos que me propuse cumplir en mi vida.

Iza Farinango Byron Rubén.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico que me brindó la oportunidad de ingresar a sus aulas, en las cuales supieron formarme como profesional con mucho esfuerzo, constancia y sacrificio.

Al personal académico e instructores quienes me supieron brindar todos sus conocimientos y experiencias, logrando cimentar en mi las mismas, para formarme como un profesional competitivo en el campo extenso de la aeronáutica.

Iza Farinango Byron Rubén.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Certificación	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Índice de contenidos	v
Listado de figuras	ix
Listado de tablas	xi
Listado de cuadros	xii
Listado de anexos	xiii
Listado de nomenclatura	xiv

INTRODUCCIÓN

Resumen	1
Antecedentes	2
Justificación	2
Objetivos	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
Alcance	4

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1 Motor Jet	5
1.1.1 Definición	5
1.1.2 Principio básico de funcionamiento	6
1.1.3 Descripción de funcionamiento del motor	6
1.2 Secciones del motor	7
1.2.1 Sección frontal	7
1.2.2 Sección media	8
1.3.3 Sección posterior	11
1.3 Lubricantes	12
1.3.1 Tipos de aceite aplicados en aviación	13
1.4 Sistema de lubricación	14

1.4.1 Descripción del sistema	14
1.4.2 Partes	15
1.4.3 Funcionamiento	23
1.5 Cojinetes	25
1.5.1 Tipos de cojinetes	25
1.5.2 Ventilación del sistema	28

CAPÍTULO II ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1 Circuito básico didáctico del sistema de lubricación	30
2.1.1 Definición de alternativas	3
2.2 Primera alternativa	32
2.2.1 Descripción de la Maqueta de operación Manual (Fig 2.2).....	32
2.3 Segunda alternativa	33
2.3.1 Descripción de la Maqueta de operación Automática (Fig 2.3).....	33
2.4 Análisis de factibilidad	34
2.4.1 Primera alternativa	34
2.4.2 Segunda alternativa	35
2.4.3 Parámetros de evaluación	35
2.5 Selección de la mejor alternativa	39

CAPÍTULO III CONSTRUCCIÓN

3.1 Descripción de la maqueta	40
3.2 Descripción del funcionamiento	41
3.3 Requerimientos técnicos	42
3.4 Materiales de construcción	42
3.4.1 Cálculos de potencia y selección de la banda	47
3.4.2 Cuadros de máquinas, herramientas y materiales utilizados	54
3.4.3 Diagramas de procesos	56
3.4.4 Diagramas de ensamble	80
3.4.5 Pruebas de funcionamiento	82

CAPÍTULO IV MANUALES

4.1 Manual de Operación	85
4.2 Manual de Mantenimiento	86
4.3 Manual de Verificación	87
4.4 Hojas de registros	88

CAPÍTULO V ESTUDIO ECONÓMICO

5.1 Presupuesto	93
5.2 Análisis económico	93
5.2.1 Herramientas y máquinas	93
5.2.2 Materiales	94
5.2.3 Mano de obra	96

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones	98
6.2 Recomendaciones	99

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1	Motor Jet
FIGURA 1.2	Aceleración de la masa de aire en el motor jet
FIGURA 1.3	Admisión de aire, turbo fan y compresor
FIGURA 1.4	Cámara anular
FIGURA 1.5	Cámara tubular
FIGURA 1.6	Cámara canular
FIGURA 1.7	Tobera y turbina
FIGURA 1.8	Depósito de aceite
FIGURA 1.9	Bomba de presión de aceite
FIGURA 1.10	Filtro de presión
FIGURA 1.11	Detector magnético de limalla
FIGURA 1.12	Unidad de indicación de cantidad de aceite e indicador
FIGURA 1.13	Transmisor de presión de aceite
FIGURA 1.14	Bulbo de temperatura e indicador de temperatura
FIGURA 1.15	Intercambiador de calor aceite – combustible
FIGURA 1.16	Diagrama de funcionamiento del sistema de aceite
FIGURA 1.17	Cojinete liso o de fricción
FIGURA 1.18	Rodamiento tipo bola
FIGURA 1.19	Rodamiento tipo rodillo
FIGURA 1.20	Respirador centrífugo
FIGURA 2.1	Circuito básico didáctico del sistema de lubricación
FIGURA 2.2	Maqueta de operación manual
FIGURA 2.3	Maqueta de operación automática
FIGURA 3.1	Plancha de Tol
FIGURA 3.2	Rueda de compresor y turbina
FIGURA 3.3	Acrílico transparente
FIGURA 3.4	Partes de acrílico de la maqueta
FIGURA 3.5	Madera de laurel
FIGURA 3.6	Base de madera para el soporte de los componentes
FIGURA 3.7	Platina y ángulo de hierro
FIGURA 3.8	Estructura de hierro
FIGURA 3.9	Maqueta del sistema de lubricación

LISTA DE TABLAS

TABLA 2.1	Matriz de Evaluación y Selección
TABLA 2.2	Matriz de Decisión
TABLA 3.1	Verificación de funcionamiento del sistema de lubricación
TABLA 5.1	Costos en la utilización de herramientas y máquinas
TABLA 5.2	Costos de materiales utilizados
TABLA 5.3	Costos de la mano de obra
TABLA 5.4	Costo total de la construcción

LISTADO DE CUADROS

CUADRO 3.1	Código de máquinas utilizadas en la construcción
CUADRO 3.2	Código de herramientas utilizadas en la construcción
CUADRO 3.3	Código de materiales utilizados en la construcción
CUADRO 4.1	Manual de operación
CUADRO 4.2	Manual de mantenimiento
CUADRO 4.3	Manual de verificación
CUADRO 4.4	Hoja de registros

LISTADO DE ANEXOS

- Anexo "A" Plano General
- Anexo "B" Planos de despiece
- Anexo "C" Fotografías de la construcción de la maqueta
- Anexo "D" Tablas

LISTADO DE NOMENGLATURA

W = velocidad angular

N = número de dientes

Q = caudal

V = volumen

t = tiempo

P = presión

W = potencia

R = radio de curvatura

F = fuerza

T = torque

D = diámetro

ω = peso

H = potencia a transmitir

D = diámetro mayor

d = diámetro menor

r = relación de transmisión

Ks = factor de servicio

Pd = potencia de diseño

C = distancia entre ejes

θ_1 = ángulo de contacto mayor

θ_s = ángulo de contacto menor

Lp = longitud de paso

L = perímetro interior

Hr = potencia nominal

Hr' = potencia nominal corregida

n = número de bandas

RESUMEN

El presente proyecto presenta una solución, para el estudio del sistema de lubricación de los cojinetes de un motor jet, que consiste básicamente en la construcción de una maqueta didáctica, en la cual se puede observar el circuito de aceite.

Para la elaboración de esta maqueta se empezó por el estudio del sistema de lubricación, planteamiento de alternativas y selección de la mejor de ellas. Para determinar, la mejor alternativa, se realizó una evaluación, para la selección de la construcción más idónea de acuerdo al medio y recursos económicos.

Para cumplir con este trabajo se realizaron tareas de investigación, construcción y creatividad de las partes, de esta manera se construyó la maqueta con materiales como: hierro madera y acrílico transparente, para obtener una mejor visión del circuito de lubricación de los cojinetes del motor. Además, se utilizaron 2 motores eléctricos para el funcionamiento, que es de manera automática operada por interruptores.

Concluida la construcción, se realizó las pruebas de funcionamiento con el propósito de observar el comportamiento del sistema de lubricación de los cojinetes, misma que arrojó resultados satisfactorios lo que implica la justificación del proyecto.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

En el aula taller de motores jet de la carrera de Mecánica Aeronáutica del I.T.S.A. no se cuenta con un adecuado material didáctico para el estudio del sistema de lubricación de los cojinetes de los motores.

El estudio de dicho sistema se lo realiza únicamente con el apoyo de diagramas y gráficas estáticas, mismas que tienen un alto grado de dificultad para su entendimiento. Dificultad que se minimizara si se contase en el aula taller con una maqueta didáctica que permita observar el flujo del lubricante a través del circuito de lubricación.

Justificación.

Los motores seccionados que se disponen en el aula taller permiten al estudiante familiarizarse con los elementos constitutivos, sistemas y funcionamiento de estos. Sin embargo, en los motores seccionados no se puede apreciar el sistema de lubricación de los cojinetes de manera operativa, en tal razón y sobre la base de los antecedentes descritos se justifica realizar el estudio

y construcción de una maqueta de un circuito básico que represente el sistema de lubricación de los cojinetes, en la cual se pueda observar la circulación del lubricante a través del circuito en manera operativa.

Así basándose a la falta de guías didácticas en el estudio del sistema de lubricación del motor jet, como estudiante del I.T.S.A. pongo en práctica los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera, mismos que sirvieron para la realización de este proyecto, que a futuro reforzara el aprendizaje de los alumnos del ITSA.

Objetivos.

Objetivo general.

Construir una maqueta de un sistema básico de lubricación de un motor jet, que servirá como guía didáctica a los instructores y alumnos de la Escuela de Mecánica Aeronáutica del ITSA.

Objetivos Específicos.

- **Analizar teóricamente las partes del sistema de lubricación de los cojinetes de un motor, su operación y funcionamiento.**
- **Diseñar un diagrama básico del sistema de lubricación de cojinetes.**
- **Analizar y seleccionar la alternativa de construcción basándose en un estudio técnico.**
- **Selección del material para la construcción de las partes del sistema de lubricación.**

- **Construir la maqueta.**
- **Realizar las pruebas funcionales de la maqueta.**
- **Elaborar manuales de Mantenimiento, Operación y verificación.**

Alcance.

El presente proyecto tiene por alcance proveer al aula taller de Motores jet una maqueta didáctica del

sistema de lubricación de cojinetes, a fin de que los estudiantes puedan observar este sistema en funcionamiento, para ello, se realizó un análisis de dicho sistema, se diseña el circuito de lubricación, se estudia la mejor alternativa de construcción referente a los materiales a emplearse y se construye la maqueta. Al término de la construcción se realizan pruebas funcionales a fin de determinar si la maqueta cumple con el objetivo del proyecto.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

Con las definiciones que se dan a continuación, el lector tendrá una descripción sencilla y fundamental de los principios de funcionamiento del sistema de lubricación y de las partes principales que conforma el motor jet básico.

1.1. MOTOR JET.

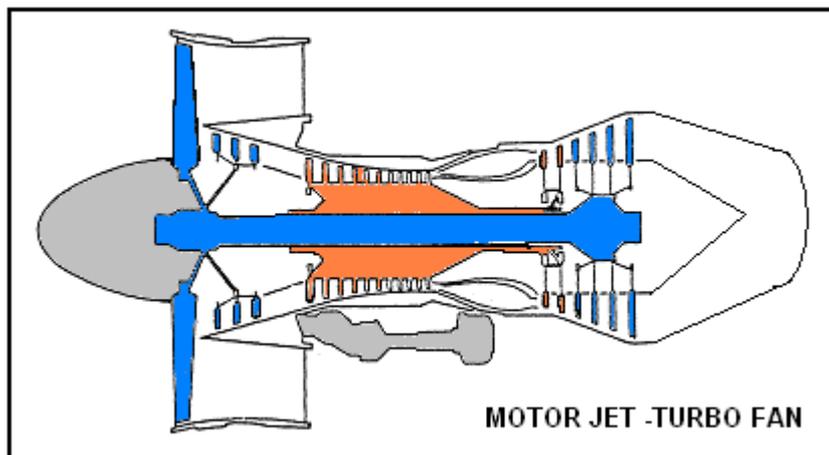


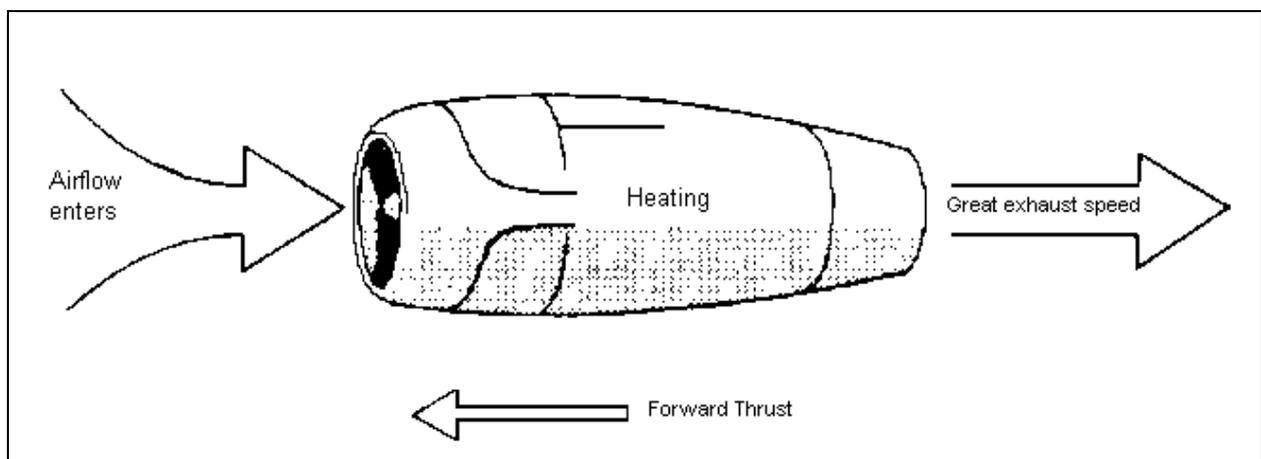
Figura. 1.1. Motor Jet.

1.1.1. Definición.

Se llaman motores de reacción las máquinas térmicas en las cuales la energía química del combustible se transforma en energía cinética en el chorro de gases que salen del interior del motor.

“Un motor jet también puede ser definido como un dispositivo mecánico el cual produce empuje hacia delante desplazando una gran masa de aire posterior”,
CURSO DE ENTRENAMIENTO KLM, Motores, Página No.

53. (Ver figura 1.2)



1.1.2. Principio básico de funcionamiento.

La propulsión del motor jet es una aplicación práctica de la tercera ley del movimiento de Isaac Newton la cual establece que “por cada fuerza que actúa sobre un cuerpo hay un a reacción igual y opuesta”.

1.1.3. Descripción de funcionamiento del motor.

El ciclo de trabajo de funcionamiento de un motor jet comienza desde la entrada de flujo de aire atmosférico, el cual, al ingresar a la sección del compresor es comprimido a una alta presión, para luego pasar a la sección difusora, en la cual el aire comprimido es repartido equitativamente hacia las cámaras de combustión, donde se produce la mezcla aire – combustible, que por medio de chispa producida por las bujías se produce la combustión. Los gases resultantes de la combustión se expanden a través de la rueda de turbina y la tobera de escape hacia atrás de retorno a la atmósfera. Durante esta parte del ciclo algo de la energía cinética en el chorro de gases expandidos son convertidos en energía mecánica por la turbina, para impulsar el compresor y los accesorios engranados, la energía restante, al ser descargada a la atmósfera, provee el chorro propulsivo.

1.2. Secciones del motor.

Un motor jet se divide en las siguientes secciones:

1.2.1. Sección frontal.

En la sección frontal de los motores jet por lo general se encuentra: Admisión del motor, fan y el compresor de baja (N1) y de alta (N2). (Ver figura 1.3).

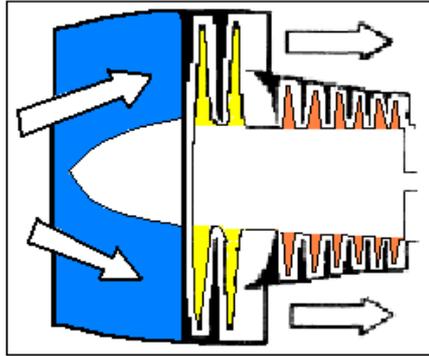


Figura. 1.3. Admisión de aire, turbo fan y compresor

Admisión del motor.

En la sección delantera del motor se encuentra la toma de aire llamada también admisión del motor la misma que permite recuperar al máximo la presión total del aire y enviarla hacia el compresor para comenzar el trabajo del mismo.

Compresor.

La función del compresor en un motor jet es básicamente mover al aire hacia atrás a través de varias etapas con el fin de aumentar sustancialmente la cantidad de aire a mayor presión para la entrega de este a las cámaras de combustión. Los motores en la actualidad suelen presentar el Fan (ventilador) que es una de las varias etapas del motor, de mayor diámetro que el resto, la misión del fan es aumentar el empuje del motor en un 80% sin que esta masa de aire adicional se quemara.

1.2.2. Sección media.

En esta sección se encuentran las cámaras de combustión que pueden ser de tres tipos:

- Cámara tipo anular.
- Cámara tipo tubular.
- Cámara tipo canular.

Cámaras de combustión.

Como ya se mencionó anteriormente, existen 3 tipos de cámaras de combustión, todas estas son diseñadas para cumplir con una sola función, que es realizar la mezcla aire – combustible y entregar la energía resultante a la turbina.

Cámara Anular.- Este tipo de cámara es una sola circular con cubiertas exterior e interior, llamada también cilíndrica anular.(Ver figura 1.4)

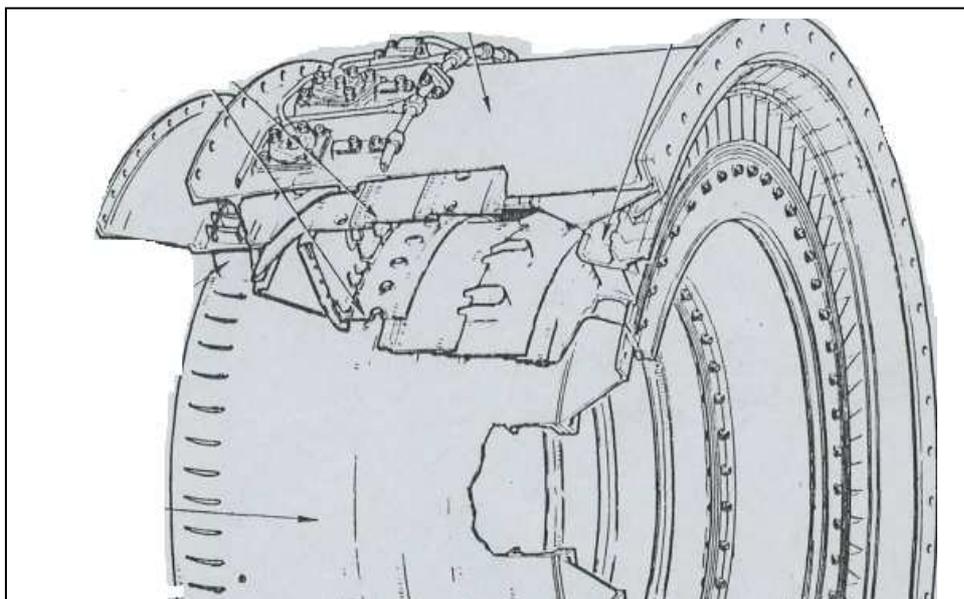


Figura. 1.4. Cámara anular.

Cámara Tubular.- Se la llama también cilíndrico doble anular, se compone de una serie de cámaras internas que se desliza en las externas sujetas por un perno especial prisionero. (Ver figura 1.5)

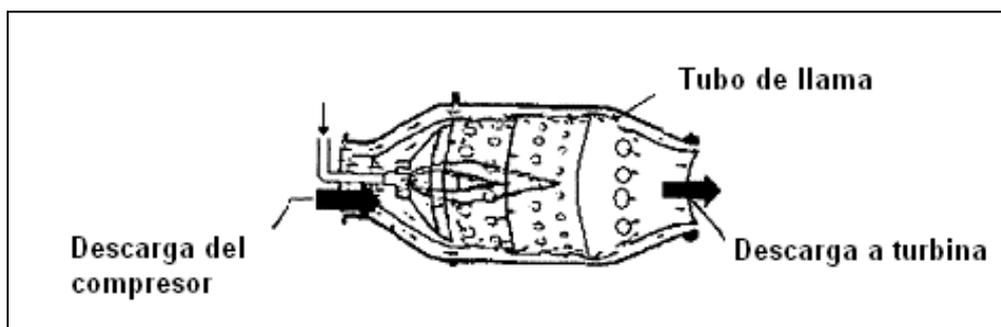


Figura. 1.5. Cámara tubular.

Cámara Canular.- Son de iguales características que la cámara tubular, la única diferencia es que este tipo de cámaras están protegidas por una cubierta exterior anular y una cubierta interior de protección del calor. (Ver figura 1.6)

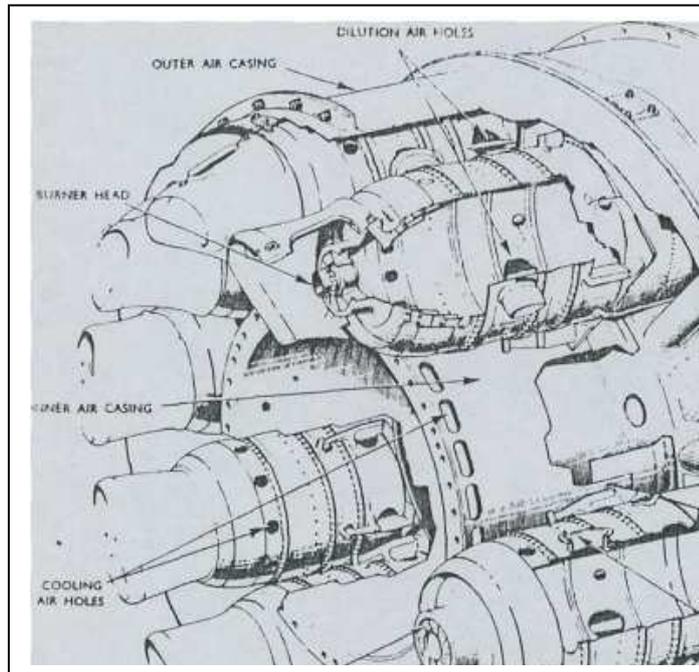
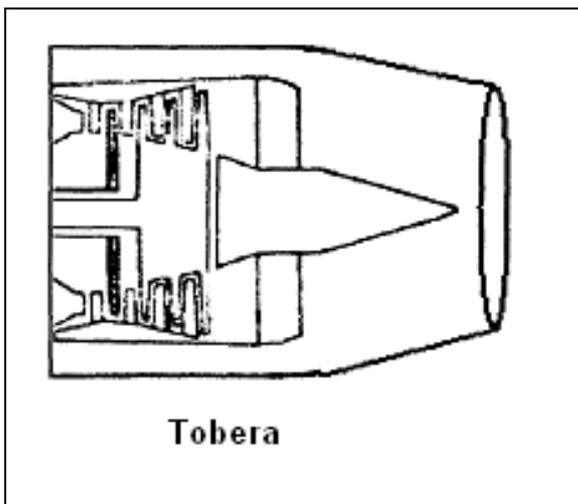


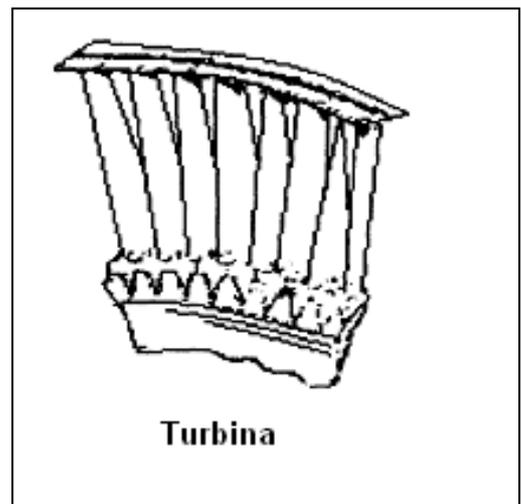
Figura. 1.6. Cámara canular.

1.2.3. Sección posterior.

En esta sección se encuentran las turbinas de baja, alta y la tobera. (Ver figura 1.7)



Tobera



Turbina

Figura. 1.7. Tobera y Turbina.

Turbina.

La misión de la turbina en un motor jet, “es convertir aproximadamente la tercera parte de la energía liberada en el proceso de la combustión, en energía mecánica para mover el compresor y la caja de los accesorios. El resto de la energía pasa a la tobera para obtener el empuje por el principio de acción -reacción”.

Tobera.

Todos los motores en general llevan incorporados a su salida, una tobera de escape. La tobera expande los

gases desde la turbina hacia la atmósfera, de manera que esta expansión de los gases produzca un máximo de empuje. La tobera es el órgano propulsor del motor de reacción.

1.3. Lubricantes.

“Un lubricante es, cualquier sustancia animal, vegetal, mineral o sintética cuyo propósito es reducir la fricción entre dos partes de un mecanismo sujetas a movimiento relativo”. El lubricante entre dos superficies metálicas que están en movimiento relativo genera una película de aceite que se adhiere a ambas superficies, impidiendo el contacto directo entre las partes acopladas en movimiento relativo.

Debido a las altas temperaturas de funcionamiento en el motor jet se emplean exclusivamente lubricantes de tipo sintéticos, desde el punto de vista químico este tipo de lubricantes se caracteriza por sus excelentes propiedades como la poca variación de la viscosidad por el aumento de la temperatura de trabajo.

Las propiedades fundamentales del aceite para lubricar son:

- Poca variación de la viscosidad con la temperatura.

- Mantener alta fluidez a bajas temperaturas.
- Altas características de anti - fricción.
- Gran capacidad de refrigeración.
- Resistencia a la oxidación.
- No tener propiedades corrosivas.
- Capacidad de arrastre.

1.3.1. Tipos de aceite aplicados en aviación.

Existen muchos tipos de aceites sintéticos para turbinas de gas, estos son fabricados dentro de especificaciones rígidas, por lo tanto se debe usar únicamente aquellos especificados por el fabricante.

“La selección del aceite se hace basándose en las cargas que soportan como a las temperaturas de operación de los cojinetes y a los efectos que causa la temperatura dada la viscosidad del aceite. Se realizan pruebas especiales del motor como del aceite en un laboratorio para luego aprobar la conveniencia del aceite específico de un motor, considerando los efectos de corrosión a los que puede estar expuesto el motor”.

“Hay 2 tipos de lubricantes en uso: El tipo I y II.

El lubricante tipo I corresponde a la famosa especificación MIL - L - 7808,

con múltiples versiones. El aceite de esta especificación es un estándar en la aviación militar.

Al tipo I pertenecen aceites comerciales como Aeroshell 300, Móvil Jet I, Exxon 15 y Shell 307, entre otros.

El lubricante tipo II corresponde a la especificación MIL - L- 23699.

Al tipo II pertenecen entre otros, Aeroshell 500, 700, Exxon 25, Caltex 2380, Texaco 7388 y Chevron jet 5.

1.4. Sistema de lubricación.

1.4.1. Descripción del sistema.

El sistema de lubricación básico instalado en los motores jet, consta por lo general de un depósito de aceite, cuya capacidad varia de acuerdo al tipo de motor, bombas (presión y recuperación), filtros, válvula reguladora de presión, intercambiador de calor, indicadores (presión, temperatura y cantidad de aceite),

**transmisores de presión, detectores de limalla, cojinetes
y un sistema de ventilación.**

**Estos componentes son los necesarios para el
funcionamiento óptimo del sistema y operación correcta
del motor.**

1.4.2. Partes.

**A continuación se definirá cada componente que
conforma el sistema de lubricación de un motor jet.**

Depósito de aceite.

Los depósitos de aceite cuyo tipo y capacidad varían de acuerdo a los requerimientos del motor, se pueden clasificar en 2 tipos. El tipo húmedo se llama así porque el aceite se encuentra almacenado en la misma caja de engranajes del motor; mientras que el tipo seco está instalado en la parte externa del motor.

El depósito tipo seco es presurizado por aire proveniente del sangrado del compresor, además posee líneas de ventilación, un separador de aire – aceite, un

puerto de servicio de aceite y una cañería de drenaje en la parte inferior del tanque.

Para realizar chequeos visuales en tierra de la cantidad de aceite en el depósito, cada motor tiene paneles de acceso los cuales permiten abastecer aceite si es necesario. Algunos tapones del depósito tienen acopladas una varilla para medir la cantidad de aceite en el tanque y otros depósitos tienen visores marcados con letras (E y F) en el cual se puede observar si la cantidad de aceite es la necesaria para su correcta operación. (Ver figura 1.8)

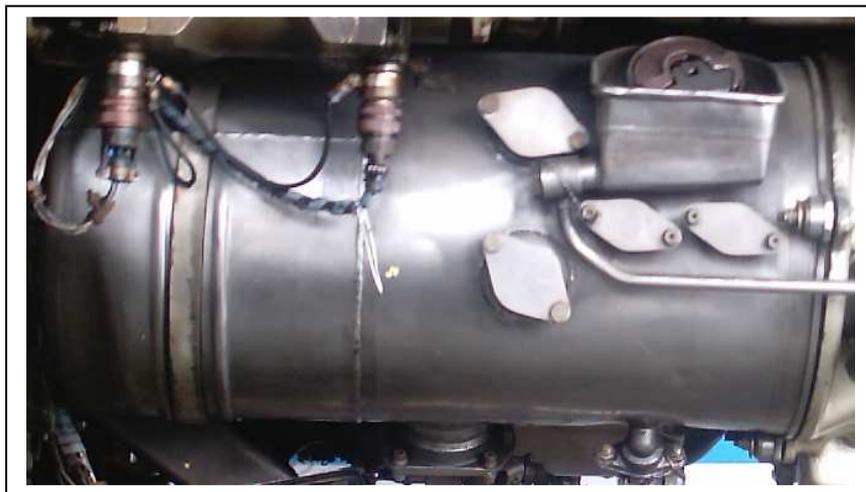


Figura. 1.8. Depósito de aceite.

Bomba de presión y recuperación.

El tipo de bombas que se emplean en los sistemas de lubricación en la mayoría de los aviones son de tipo engranajes (bomba roto - estática) "Al ser la bomba de desplazamiento constante la presión de impulsión depende de la

velocidad de rotación de la bomba”. El propósito de la bomba es de absorber el fluido del tanque y enviarlo a una presión de hasta 100 psi en máxima potencia y de 50 psi en relantín, la capacidad de bombeo es de hasta 4 galones por minuto suministrando el fluido mediante cañerías que empatan con inyectores, a medida que el aceite es enviado a las partes necesarias del motor una cantidad sustancial de aire de sellamiento se mezcla con este aumentando su volumen.

Por lo tanto para prevenir la inundación en el alojamiento del cojinete, es necesario el uso de más de una bomba de recuperación cuya capacidad es hasta

de 12 galones por minuto, de esta manera el aceite es retornado al depósito obteniendo la lubricación positiva formando un círculo vicioso de entrega permanente. “en el avión Boeing 727 se tiene 1 bomba de presión y 4 de recuperación.” (Ver figura 1.9)



Figura. 1.9. Bomba de presión de aceite.

Filtro.

El filtro de presión (ver figura 1.10) es un elemento que consta de un enrollamiento de malla metálica de acero inoxidable que se halla instalado en el cuerpo de la bomba en la línea de presión a la salida de la bomba, cuyo propósito es de retener o filtrar las impurezas que pueden obturar las cañerías en el sistema.

“Hay 2 tipos de filtros: de flujo total y flujo en derivación.

En los primeros, llamados de flujo total, todo el aceite pasa por el filtro.

En los segundos, llamados de derivación, sólo una parte del caudal de aceite pasa por el filtro siendo este último de malla más fina, puesto que si se colman no impiden la circulación del aceite”.

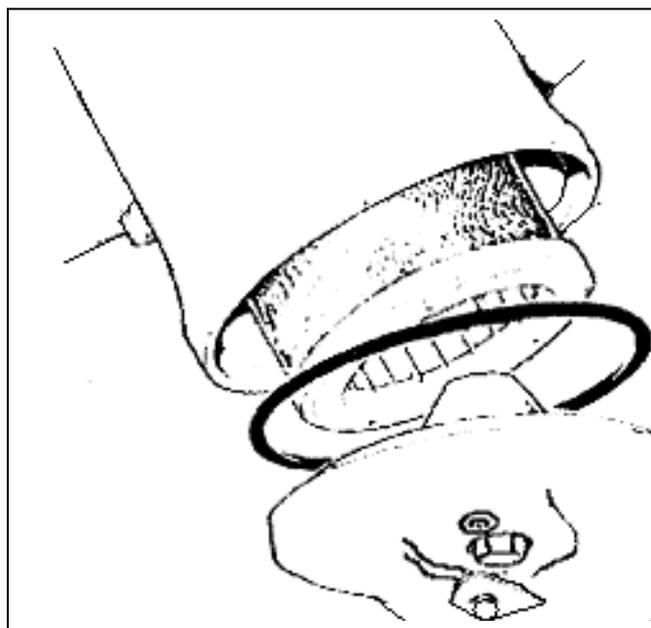


Figura. 1.10. Filtro de presión.

En el sistema de retorno se encuentran instalados detectores de limalla así mismo son generalmente tapones magnéticos. (Ver figura 1.11)

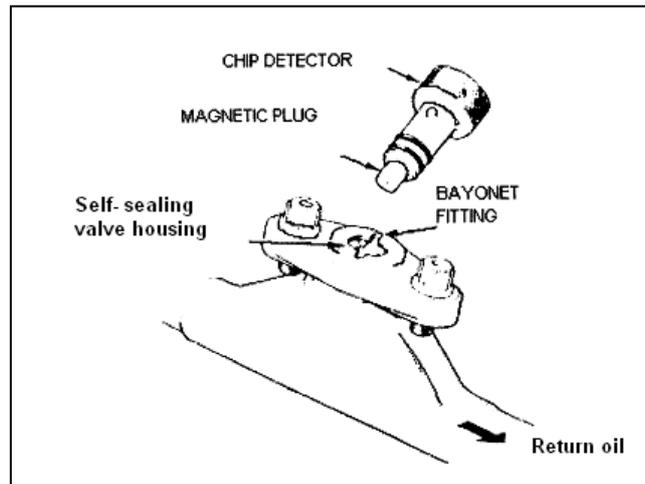


Figura. 1.11. Detector magnético de limalla.

Cañerías.

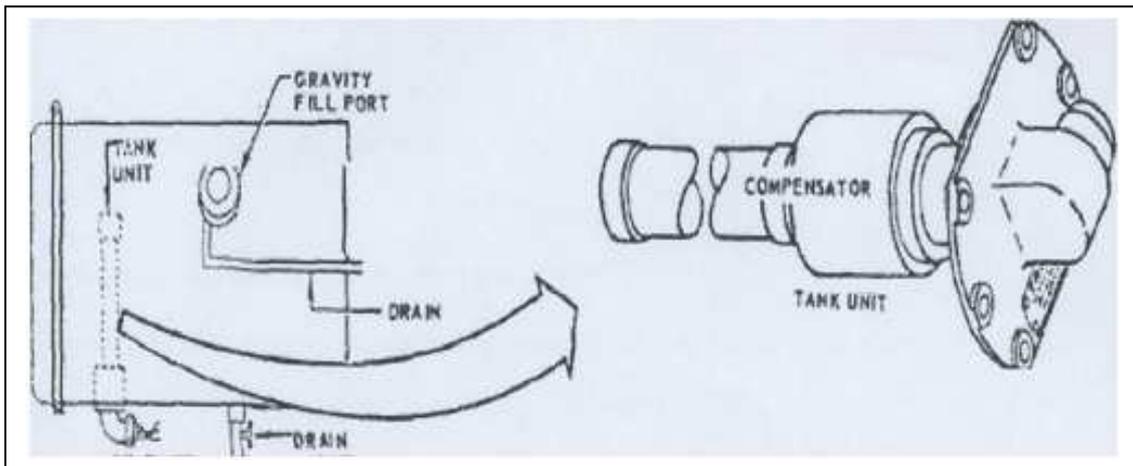
Las cañerías cumplen con la función de servir como medio de transporte para el fluido, en el sistema de lubricación las cañerías son de tubería metálica rígida.

“La tubería metálica es preferible en los 3 casos siguientes: cuando la línea en cuestión no está sometida a vibraciones importantes, cuando no conecte elementos que se desplazan uno respecto del otro, o cuando no pertenecen a líneas de conexión directa a las bombas”.

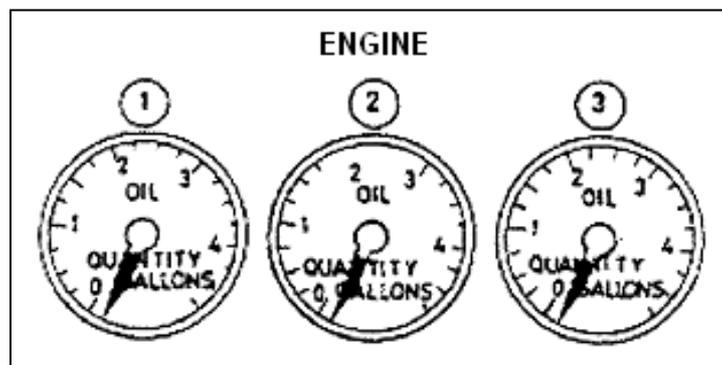
Estas tuberías son de aleación de aluminio que se emplean para presiones medias como en el sistema de lubricación.

Indicador de nivel de aceite.

En el depósito de aceite se encuentra internamente un capacitor medidor de cantidad y un compensador el cual está eléctricamente conectado a un indicador en la cabina. Un cambio en el nivel de aceite altera al capacitor el cual varía su resistencia eléctrica y envía una señal de corriente hacia el motor del indicador de cantidad, moviendo este la pluma del indicador la cual marca un valor. (Ver figura 1.12)



a) Unidad de indicación de cantidad de aceite.



b) Indicador de cantidad de aceite.

Figura. 1.12. a) Unidad de indicación de cantidad de aceite b) Indicador.

Transmisor de presión de aceite.

Para una operación correcta y segura del motor, resulta importante saber con precisión la indicación y la temperatura del aceite. “El transmisor siente la presión del aceite en la tubería y también siente la presión ambiente. La diferencia entre estas dos presiones es medida y convertida en una señal eléctrica la cual actúa al indicador de presión de aceite”. (Ver figura 1.13)

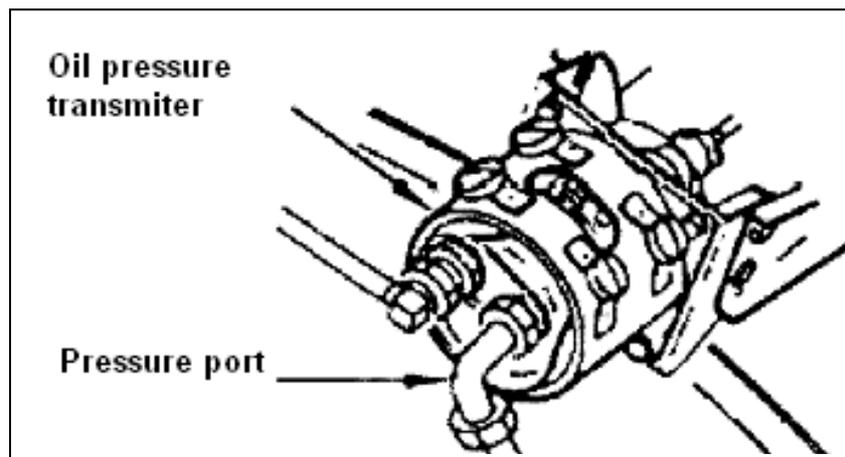


Figura. 1.13. Transmisor de presión de aceite.

A más del indicador de presión operado por un transmisor, un interruptor de baja presión de aceite se encuentra en el sistema para indicar el mínimo de presión disponible que se puede contar para una operación segura del motor, este interruptor está conectado a una luz de advertencia que se ilumina si la presión diferencial es de 34 a 38 psi.

La temperatura del aceite es captada por un elemento sensitivo colocado en el sistema de aceite. Un cambio en la temperatura ocasiona un cambio en el valor de la resistencia, por lo tanto produce un cambio de flujo de corriente al indicador, el cual esta marcado en ° C. (Ver figura 1.14)

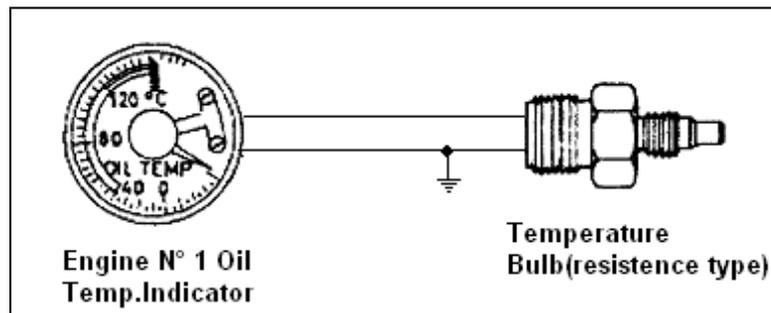


Figura. 1.14. Bulbo de temperatura e indicador de temperatura.

Intercambiador de calor.

Uno de los componentes utilizados en la mayoría de los aviones para el enfriamiento del aceite es, el uso de un intercambiador de calor (fuel –oil), conocido también como un radiador.

El aceite llega al radiador o intercambiador de calor aceite - combustible, donde parte del calor del aceite se transfiere al flujo de combustible, la razón fundamental

del intercambiador del calor es enfriar el aceite, si el intercambiador se obstruyese hay una válvula by pass que se abre para no interrumpir el flujo de aceite al motor, además para obtener un máximo intercambio de calor del aceite este pasa alrededor de los tubos hasta 14 veces.

La temperatura del motor oscila entre los 40° C y 120° C siendo la normal de 60° C a 80° C. A partir de los 120° C y hasta 157° C tiene una limitación máxima de 15 minutos. (Ver figura 1.15)



Figura. 1.15. Intercambiador de calor aceite – combustible.

1.4.3. Funcionamiento.

“La función del sistema de lubricación en los motores jet, es suministrar aceite al motor a una presión correcta y en cantidad suficiente, para lubricar, enfriar y limpiar principalmente a los rodamientos del motor y la caja de engranajes.

Para la descripción del funcionamiento del sistema de lubricación se toma como referencia el circuito de aceite del avión BOEING 727. Sistema de aceite, Página No. 101. (Ver figura 1.16)

En este sistema de aceite, una bomba principal recibe aceite desde un tanque y lo envía a presión al sistema. Luego el aceite es filtrado, enfriado y también monitoreado la presión, temperatura y cantidad. El aceite a presión recorre las cañerías hacia los inyectores de

los cojinetes y a la caja de engranajes para lubricarlos, luego el aceite caliente es recuperado desde el sistema por 4 bombas de recuperación y retornado al tanque de aceite, formando de esta manera un circuito de entrega permanente de aceite al motor, para su correcto funcionamiento.

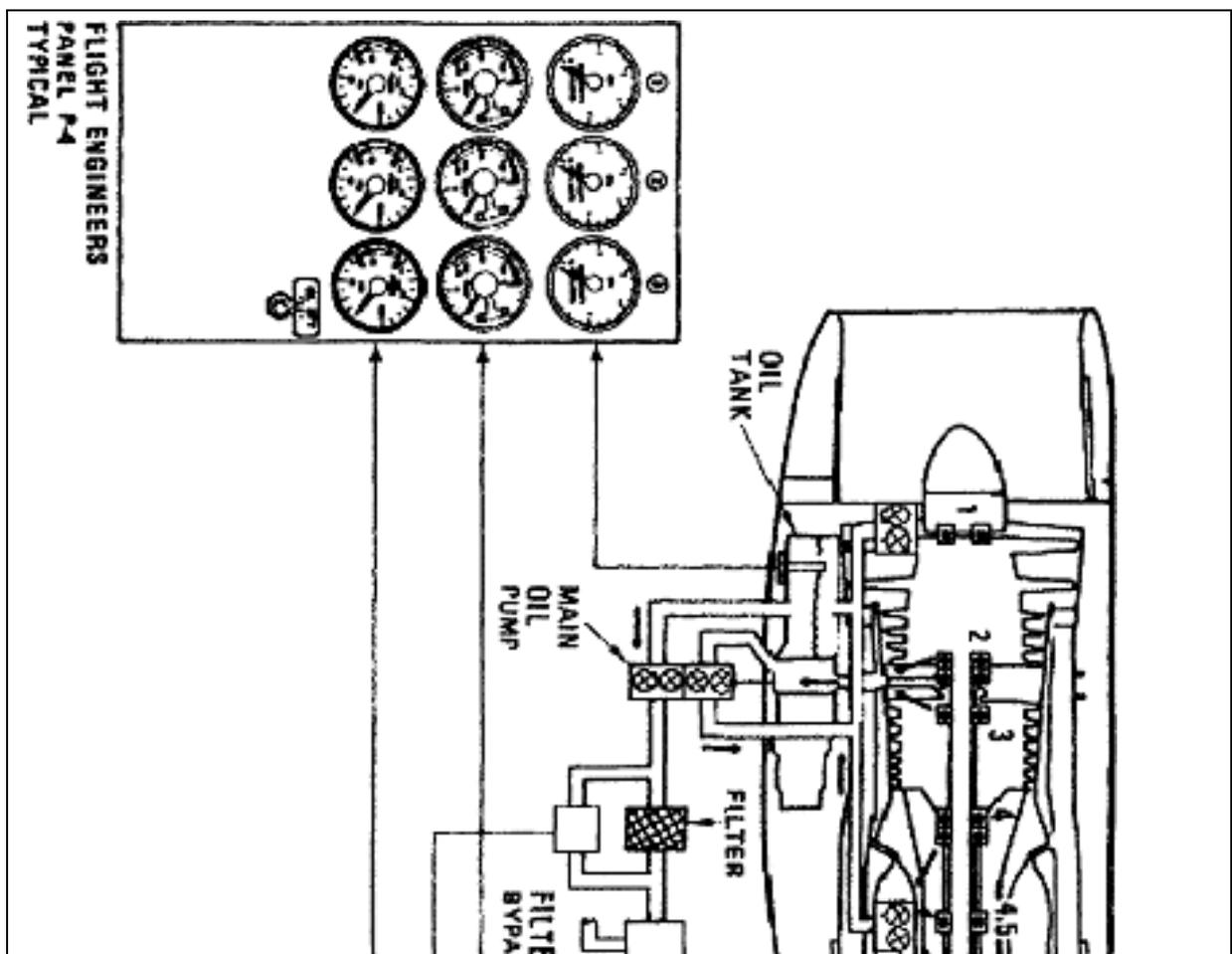


Figura. 1.16. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ACEITE.

1.5. Cojinetes.

“Se llama cojinete a un elemento en forma de anillo, y de material especial, que se monta fijo en un casquillo de soporte del eje, que sirve de pistas de deslizamiento a dicho eje, también se encuentran otros cojinetes como los de tipo bola y rodillo, que tienen gran aceptación debido a la baja fricción que presentan”.

1.5.1. Tipos de cojinetes.

Los cojinetes se clasifican en dos grandes tipos:

- Cojinetes de deslizamiento, o de fricción.
- Cojinetes de rodadura.

“En el primero, el rozamiento se efectúa por deslizamiento entre las 2 superficies en contacto. El cojinete liso o de fricción (Ver figura 1.17) que se aplica en el motor de aviación es un elemento de precisión, fabricado con tolerancias muy estrechas.

El cojinete consiste en un anillo, normalmente partido en 2 mitades, al igual que el cárter donde se instala, cuya superficie exterior se adapta a la perforación practicada en el cárter, y la interior es un revestimiento de material especial que

tiene buenas características de resistencia al desgaste (materiales anti – fricción)”.

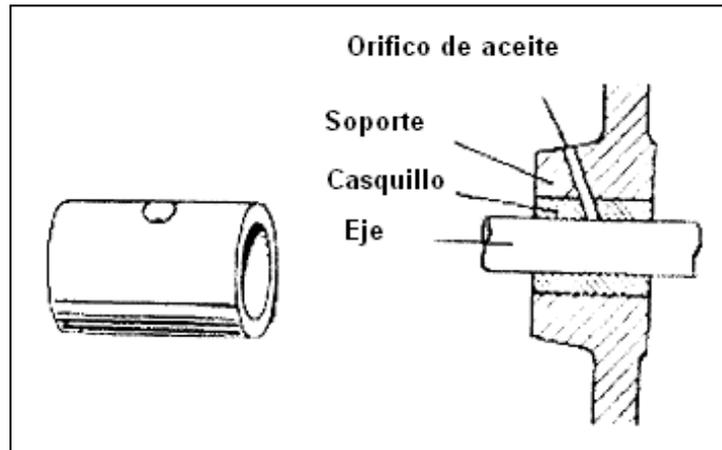


Figura. 1.17. Cojinete liso o de fricción.

“En los cojinetes de rodadura, el rozamiento se produce por rodadura de una superficie sobre otra”. Hay que notar la diferencia entre un cojinete liso y uno de rodadura; no es lo mismo que una pieza deslice sobre la otra a que rueda. El rozamiento en el cojinete de rodadura es mucho menor que en el cojinete de fricción.

El cojinete de rodadura es el que más se aplica para los motores jet, este tipo de rodamiento es un conjunto formado por dos anillos, uno interior que se une al eje y el otro a su soporte. En medio de los dos anillos se encuentran un conjunto de bolas, o de rodillos cilíndricos, que son llamados elementos rodantes, estas bolas están separadas por la jaula, que mantiene la separación entre las bolas.

Según el elemento rodante los rodamientos pueden ser:

- Rodamientos de bolas.
- Rodamientos de rodillos.

En los primeros rodamientos las bolas son el elemento interior de separación entre los anillos, este rodamiento de bolas soporta las cargas radiales, es decir, cargas perpendiculares al eje. “Hay cojinetes que son, a la vez, axiales y radiales. Son los *cojinetes de doble efecto*, que soportan tanto cargas axiales como radiales” (Ver figura 1.18)

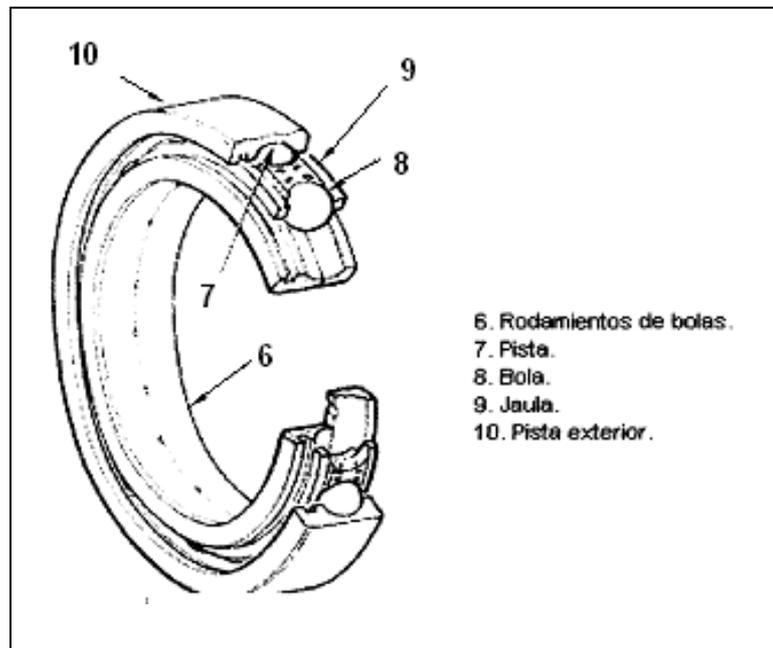


Figura. 1.18. Rodamiento tipo bola.

En los rodamientos de rodillos, los rodillos cilíndricos son el elemento interior de separación entre los anillos, este tipo de rodamiento soporta las cargas axiales, es decir soporta cargas que actúan en la dirección del eje.

(Ver figura 1.19)

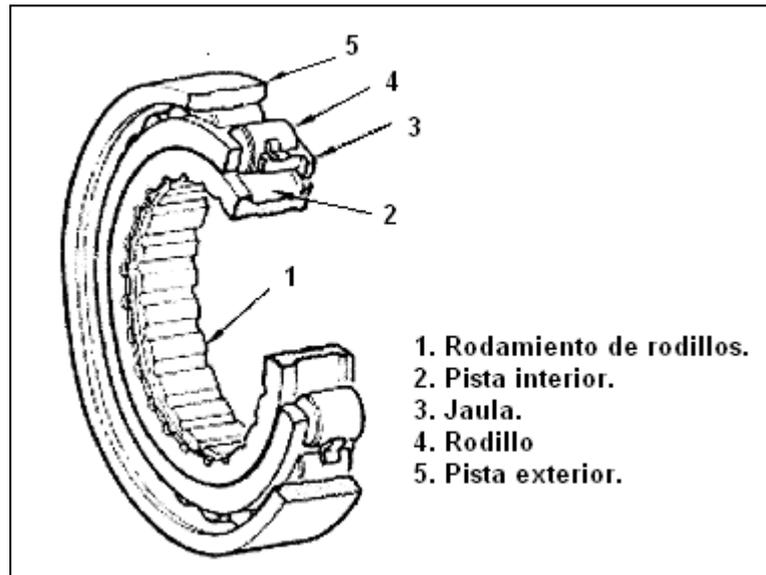


Figura. 1.19. Rodamiento tipo rodillo.

El material de construcción para los cojinetes que soportan grandes cargas y velocidades como: los empleados en los motores jet, exigen “materiales de fabricación de alto grado de pureza (aceros obtenidos en fundición bajo vacío, en horno eléctrico), que amplían la vida de servicio entre dos y cuatro veces la vida del rodamiento estándar.

Se exige gran precisión, estabilidad dimensional y equilibrado dinámico (debido al régimen alto de

revoluciones), lubricación especial, etc. Todas estas circunstancias se garantizan mediante certificados de calidad”.

1.5.2. Ventilación del sistema.

Un sistema respiradero de aceite conecta los compartimientos de los cojinetes del motor, la caja de accesorios y el tanque, para la separación del aire contenido en el aceite que retorna al depósito a través de un separador centrífugo localizado en la caja de engranajes.

Después de pasar a través de la unidad separadora donde ocurre una separación parcial del aire – aceite, el aire es luego disipado fuera de borda a través de una cañería de ventilación. (Ver figura 1.20)

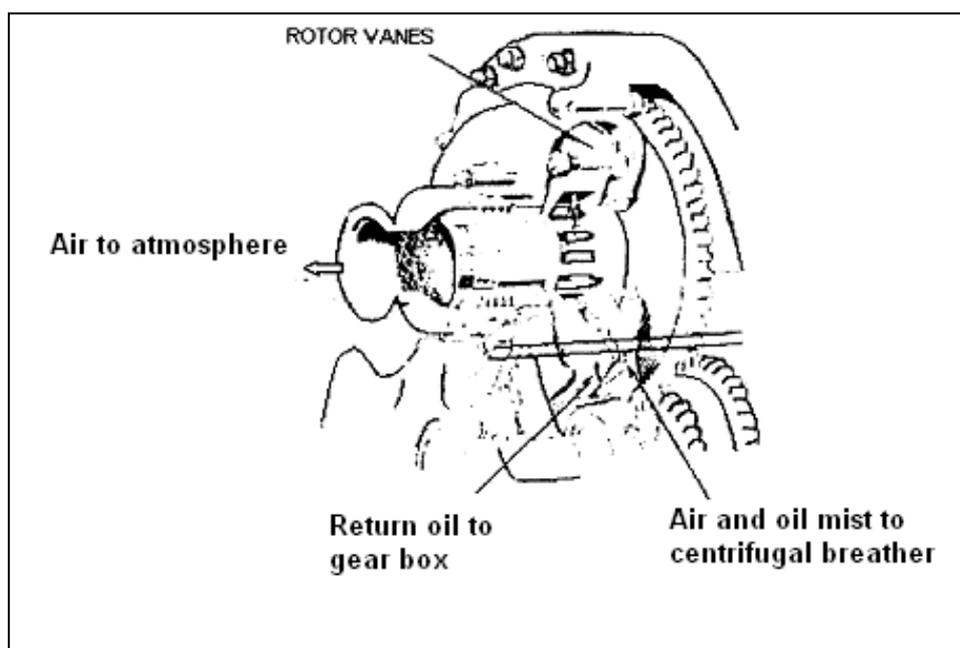


Figura. 1.20. Respirador centrífugo.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.

2.1. Circuito básico didáctico del sistema de lubricación.

La figura 2.1, representa el diagrama del circuito básico didáctico del sistema de lubricación de un motor jet, elaborado por el autor del presente proyecto.

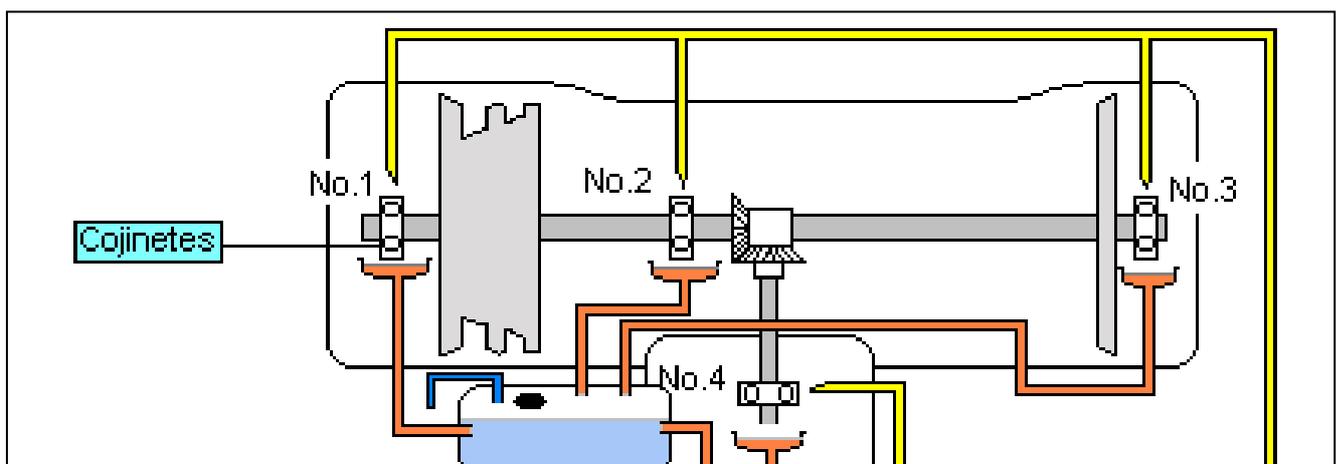




Figura. 2.1. Circuito básico didáctico del sistema de lubricación.

Descripción del circuito a construir.

Basándose en el estudio del sistema de lubricación de algunos de los motores que están operativos en la actualidad como son: motor JT8D-15-17 utilizados en los aviones B -727-100 y 200 y motor CFM -56 utilizado en el avión B 737-700; se ha elaborado un sistema básico de lubricación de los cojinetes, mismo que consta de componentes como: depósito de aceite, bomba de presión, filtro, intercambiador de calor, indicador de presión de aceite, cañerías de presión, recuperación y ventilación del depósito de aceite.

2.1.1. Definición de Alternativas.

En el presente proyecto, los materiales para la construcción no son los utilizados en aviación debido a su complejidad y costo, por lo que se reemplazan con los existentes en el mercado local. De esta manera, se tomara en cuenta el tipo de elementos para utilizar el material adecuado en su construcción.

La maqueta se construirá básicamente con acrílico transparente y plancha de tol negro.

Se plantean dos alternativas:

- Sistema de lubricación de operación manual.
- Sistema de lubricación de operación automático.

2.2. Primera Alternativa.

La primera alternativa presenta una maqueta del Sistema de lubricación de operación manual.

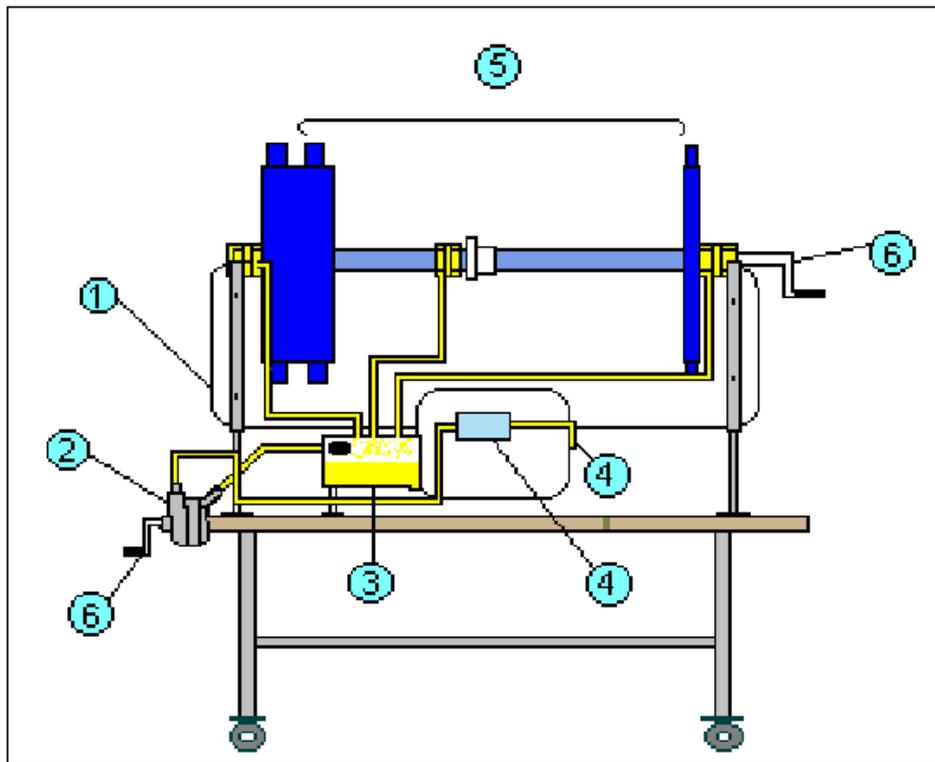


Figura. 2.2. Maqueta de operación manual.

2.2.1. Descripción de la Figura. 2.2.

1. Cárter del motor.
2. Bomba de presión de aceite.
3. Depósito de aceite.
4. Cañerías y filtro.
5. Eje, compresor y turbina.
6. Manivela.

2.3. Segunda Alternativa.

La segunda alternativa presenta una maqueta del Sistema de lubricación de operación automática.

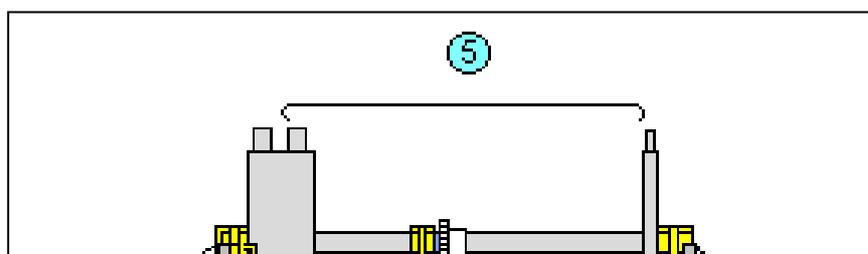


Figura. 2.3. Maqueta de operación automática.

2.3.1. Descripción de la Figura. 2.3.

1. Cárter del motor.
2. Bomba de presión de aceite.
3. Depósito de aceite.
4. Cañerías y filtro.
5. Eje, compresor y turbina.
6. Motores eléctricos.

2.4. Análisis de factibilidad.

Mediante el análisis de factibilidad se identifican las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas, para definir la mejor opción para la construcción de la maqueta.

2.4.1. Primera alternativa.

Sistema de lubricación de operación manual.

Ventajas:

- Menor uso de componentes de transmisión de movimiento.
- Menor complejidad del mecanismo de operación.
- Menor costo.

Desventajas:

- Mayor tiempo de trabajo.
- Se necesita de esfuerzo físico para su funcionamiento.
- Requiere de dos personas para su operación.
- Menor visualización del sistema.

2.4.2. Segunda alternativa.

Sistema de lubricación de operación automática.

Ventajas:

- Mayor visualización del sistema de lubricación.
- No se necesita esfuerzo físico para su operación.
- El sistema es automático.
- Fácil montaje y desmontaje de los componentes.

Desventajas:

- Mayor complejidad de construcción.
- Mayor peso.
- Mayor costo.

2.4.3. Parámetros de evaluación.

Para evaluar cada una de las alternativas se consideran varios factores y parámetros de selección, la alternativa que obtenga la mayor calificación será la seleccionada para ser construida. Los parámetros de selección tendrán un valor de 0.1 a 1.0, mismo que será multiplicado por el factor de ponderación asignada a cada parámetro. El factor de ponderación fluctuará su valoración de 5 a 10 en base a su importancia.

Factores y parámetros de evaluación.

1. Factor Mecánico.

- Material.

- Construcción.
- Operación.
- Mantenimiento.

2. Factor Financiero.

- Costo de fabricación.

3. Factor Complementario.

- Tamaño.
- Forma.
- Facilidad didáctica.
- Peso.

A continuación se define cada uno de los factores.

2.4.3.1. Factor Mecánico.

- **Material:** Se refiere al material recomendado y su fácil adquisición para lograr que la construcción sea óptima, considerando un valor de ponderación de 8.

- **Construcción:** Para la construcción de la maqueta se necesitan piezas, elementos móviles con tolerancias adecuadas y otros que permitan el correcto funcionamiento, se le asigna un valor de ponderación de 9.
- **Operación:** Se refiere al funcionamiento del sistema de lubricación en el motor jet con la mayor facilidad de operación, considerando un valor de ponderación de 7.
- **Mantenimiento:** Es importante para que el sistema de lubricación tenga un óptimo funcionamiento, considerando un valor de ponderación de 6.

2.4.3.2. Factor Financiero.

- **Costo de fabricación:** Es de mayor importancia para la elección adecuada en la selección de construcción y buscar la alternativa más económica, considerando un valor de ponderación de 9.

2.4.3.3. Factor Complementario.

- **Tamaño:** Se refiere al espacio que ocupara la maqueta didáctica de acuerdo al área que tengamos disponible, considerando un valor de ponderación de 5.
- **Forma:** Se refiere a la estética de la maqueta del sistema de lubricación del motor jet, considerando un valor de ponderación de 6.
- **Facilidad didáctica:** Permite observar el funcionamiento del sistema, considerando un valor de ponderación de 8.

- **Peso:** Se refiere en si al peso total de la maqueta, considerando un valor de ponderación de 5.

Tabla 2.1. Matriz de Evaluación y Selección.

Parámetros de Evaluación	F. Pond.	Alternativas			
	<i>X</i>	1	1xX	2	2xX
1. Factor Mecánico.					
• Materiales.	8	0.6	4.8	0.8	6.4
• Construcción.	9	0.6	5.4	0.8	7.2
• Operación.	7	0.7	4.9	0.9	6.3
• Mantenimiento.	6	0.7	4.2	0.8	4.8
2. Factor Financiero.					
• Costo de fabricación.	9	0.6	5.4	0.8	7.2
3. Factor Complementario.					
• Tamaño.	5	0.8	4.0	0.8	4.0
• Forma.	8	0.7	5.6	0.9	7.2
• Facilidad Didáctica	8	0.5	4.0	0.8	6.4
• Peso.	5	0.6	3.0	0.8	4.0
4. Total.			41.3		53.5

2.5. Selección de la mejor Alternativa.

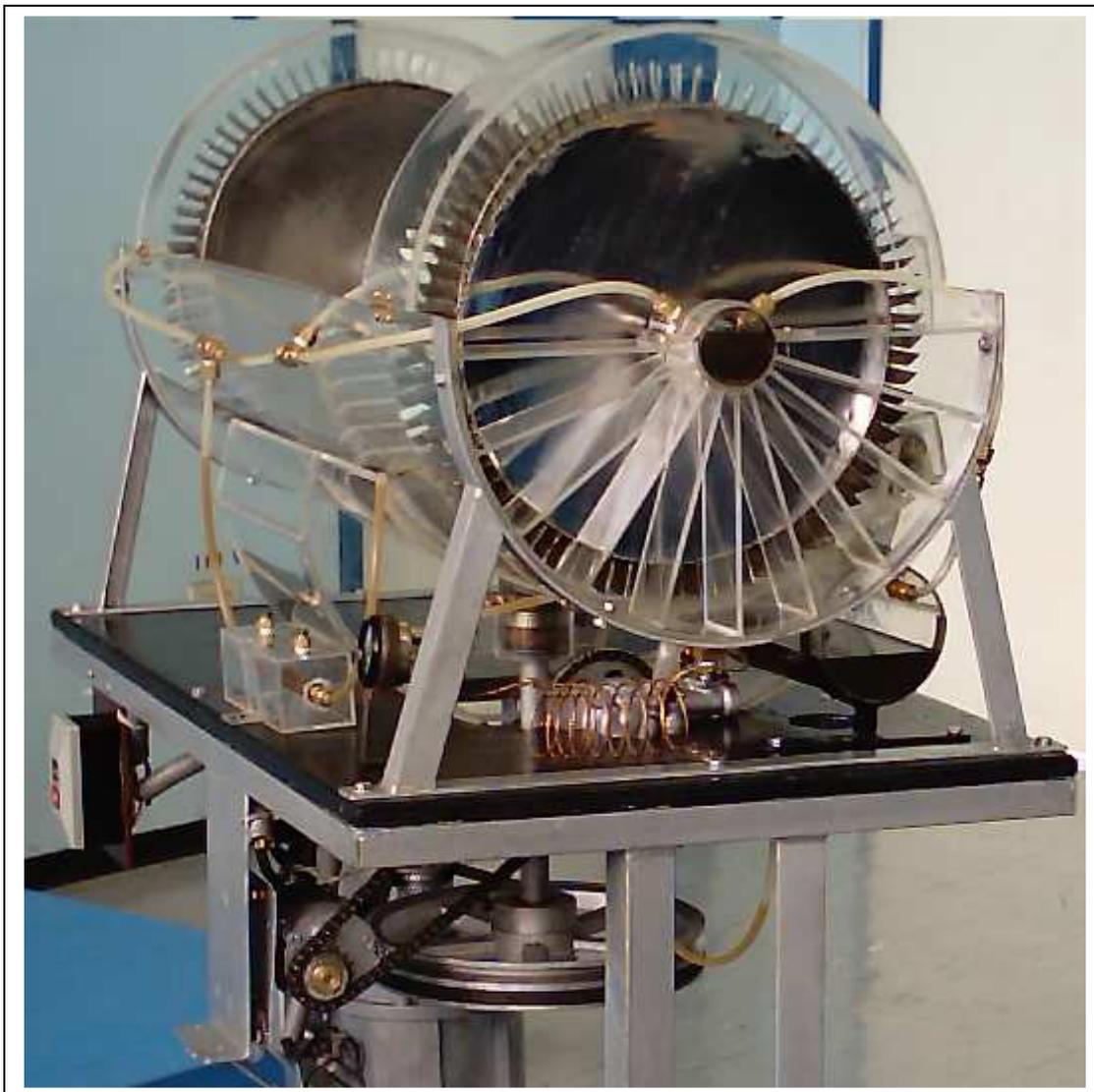
Concluido el análisis de factibilidad, de cada alternativa y la evaluación de parámetros, se determina que la Segunda Alternativa, representa la mejor opción para la construcción.

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN

En este capítulo se tiene como objetivo principal detallar los principales procesos de construcción y ensamblaje de las partes que conforman el sistema de lubricación básico de un motor jet.

3.1. Descripción de la maqueta



Los elementos constituyentes de la maqueta didáctica del sistema básico de lubricación de un motor jet son:

- Eje compresor turbina y eje impulsor.
- Cárter del motor.
- Compartimientos de los 4 rodamientos tipo bola.
- Cañerías y acoplamientos.
- Filtro de aceite.
- Depósito de aceite.
- Intercambiador de calor.
- Bomba de presión (tipo engranajes internos 4 dientes).
- Motor eléctrico 2HP 1700 rpm 110 V AC.
- Motor reductor eléctrico ¼ HP 110 V AC.
- Switch térmico “ON - OFF” y pulsador 110/220V AC.
- Indicador de presión de aceite.

3.2. Descripción del funcionamiento.

Este sistema básico de lubricación funciona automáticamente, presionando los pulsadores de encendido, los cuales energizan los motores eléctricos, uno de estos motores hace girar el eje del compresor – turbina y el otro acciona la bomba de aceite.

El aceite que se encuentra en el depósito, es absorbido por la bomba de presión e impulsado hacia un filtro de aceite, continuando a un intercambiador de

calor aceite – combustible, de la cual derivan dos cañerías, una para lubricar el cojinete #4 del eje impulsor y el otro lubricar los cojinetes principales #1, #2 y #3, luego de lubricar los cojinetes el aceite retorna al depósito a través de sus respectivas cañerías, de esta manera se cierra el circuito de lubricación.

El depósito de aceite esta provisto de un orificio de ventilación para evitar la sobre presión en el depósito. A la salida de la bomba se encuentra una cañería de cobre que conecta con un manómetro que mide la presión de aceite.

3.3. Requerimientos Técnicos.

- Para su funcionamiento se necesita una fuente externa de 110 V AC.
- Su mantenimiento debe ser constante para evitar la acumulación de polvo en la maqueta.
- Para el correcto funcionamiento de la bomba de alimentación de aceite se requiere el uso del aceite de especificación SAE 10W30 usado en el mercado automotor, debido a su baja viscosidad.
- La cantidad de aceite para operar el sistema debe ser el indicado en el depósito de aceite.

3.4. Materiales para la construcción.

Para el trabajo de construcción de las partes y componentes del sistema de lubricación se tomaron en cuenta ciertos materiales que se detallarán a continuación.

Tol negro



Figura 3.1. Tol negro

Las características importantes que presenta este material es que puede ser cortado, soldado y pintado fácilmente.

Utilización

Este tipo de material se utiliza en la construcción, de la rueda, de compresor y turbina, las mismas que recibieron un tratamiento de recubrimiento superficial (cromado), para mejorar su presentación y evitar su rápida oxidación.

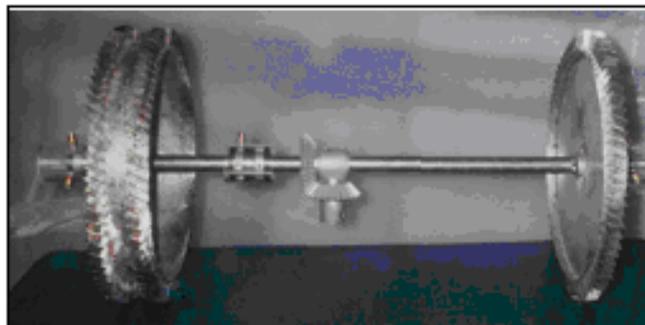


Figura 3.2. Rueda de compresor y turbina.

Acrílico

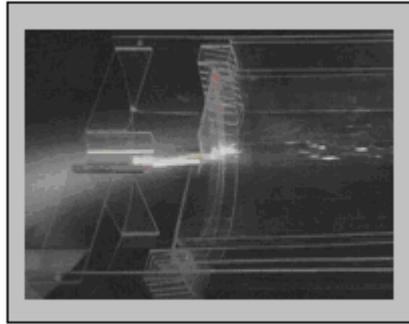


Figura 3.3. Acrílico

El acrílico es un material compuesto, que presenta características importantes como: facilidad de corte, claridad óptica y facilidad para la conformación de formas complejas al someterla a temperatura en un horno.

Utilización

Este tipo de material se utiliza en la construcción, del depósito de aceite, cárter del motor, alojamiento del filtro, alojamiento de los cojinetes y el intercambiador de calor.

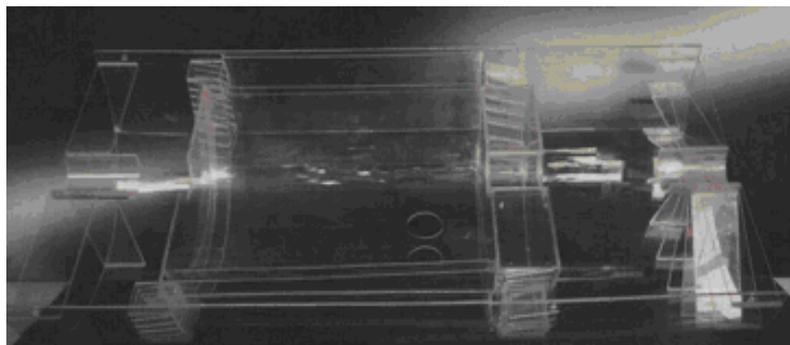


Figura 3.4. Partes de acrílico de la maqueta.

Madera

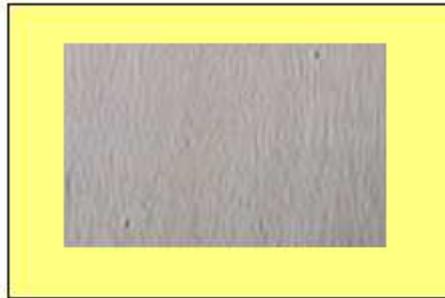


Figura 3.5. Madera

La madera es un material que es fácil de dar forma, resistente de acuerdo a su dureza y liviana cuando esta totalmente seca.

Utilización

Este tipo de material se utiliza en la construcción, de la base para el soporte del carter, depósito de aceite, indicador de presión de aceite, bomba de aceite e intercambiador de calor.

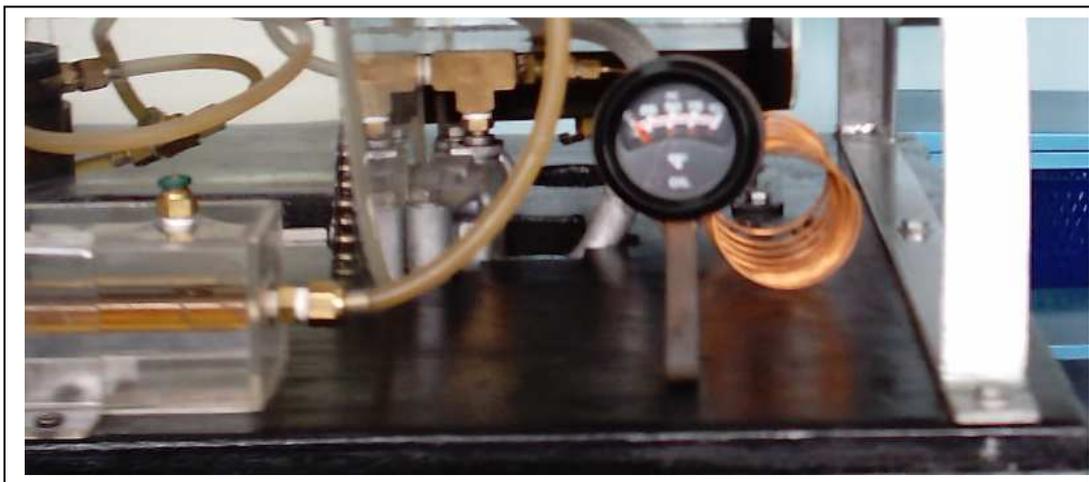


Figura 3.6. Base de madera para el soporte de los componentes.

Platina y ángulo de hierro

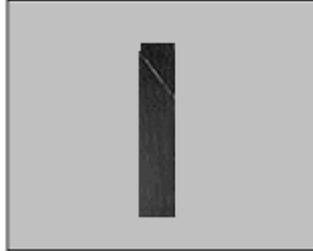


Figura 3.7. Hierro

El hierro es un material que se encuentra con mayor facilidad; además, es un material resistente de fácil aplicación para construir distintos elementos.

Utilización

Este tipo de material se utiliza para la construcción, de la estructura, que servirá para el soporte de los 2 motores eléctricos, interruptor y en si de todos los componentes del sistema de lubricación, además se encuentran platinas de hierro que sirven como puntos de apoyo del cárter del motor.



Figura 3.8. Estructura de hierro

3.4.1. Cálculos de potencia y selección de banda.

3.4.1.1. Cálculo de potencia de la bomba de aceite.

Para el cálculo de RPM de la bomba de aceite se tiene como datos: RPM del motor eléctrico (¼ HP), el número de dientes de la catalina (motor y bomba de aceite).

Donde:

$$W_1 = 228 \text{ rpm} \quad N_1 = 17$$

$$W_2 = ? \quad N_2 = 33$$

$$W_1 * N_1 = W_2 * N_2 \quad (\text{Ec.1})$$

$$W_2 = (W_1 * N_1) / N_2$$

$$W_2 = (228 \text{ rpm} * 17) / 33$$

$$W_2 = 117,45 \text{ rpm (bomba de aceite)}$$

Para determinar el cálculo de potencia de la bomba se tiene como datos:

$$V = 13,91 \text{ pulg}^3 \quad P = 51 \text{ lbf/ pulg}^2$$

$$t = 8 \text{ s} \quad 1 \text{ Hp} = 33000 \text{ lbf} * \text{ft} / \text{min}$$

$$Q = v / t \quad (\text{Ec.2})$$

$$Q = \left\{ (\pi * 2.25^2 \text{ pulg}^2 * 3,5 \text{ pulg}) / 4 \right\} (8\text{s})$$

$$Q = 1,74 \text{ pulg}^3 / \text{s}$$

$$\dot{W} = P \cdot Q \quad (\text{Ec.3})$$

$$\dot{W} = 51 \text{ lbf/pulg}^2 \cdot 1,74 \text{ pulg}^3 / \text{s}$$

$$\dot{W} = 88,74 \text{ lbf} \cdot \text{pulg} / \text{s}$$

$$\dot{W} = 443 \text{ lbf} \cdot \text{ft} / \text{min}$$

$$\dot{W} = 1,34 \cdot 10^{-2} \text{ Hp}$$

No se considera pérdidas en los conductos y accesorios.

3.4.1.2. Cálculo de potencia requerida para mover el eje del compresor, turbina.

Para el cálculo de la potencia se tiene como datos:

$$R = 0,18 \text{ (m)}$$

$$F = 20 \text{ (N)}$$

$$T = F \cdot R \quad (\text{Ec.4})$$

$$T = 20 \text{ N} \cdot 0,18 \text{ m}$$

$$T = 3,6 \text{ Nm}$$

Polea Motora

Polea Motriz

$$W_1 = 1700 \text{ rpm}$$

$$W_2 = ?$$

$$D_1 = 3 \text{ pulg}$$

$$D_2 = 11 \text{ pulg}$$

$$W_2 = (W_1 \cdot D_1) / D_2 \quad (\text{Ec.5})$$

$$W_2 = (1700 \text{ rpm} \cdot 3 \text{ pulg}) / 11 \text{ pulg}$$

$$W_2 = 463,63 \text{ rpm}$$

Eje Impulsor

$$W_2 = 463,63 \text{ rpm}$$

$$N_2 = 26$$

Eje Compresor - Turbina

$$W_3 = ?$$

$$N_3 = 30$$

$$W_3 = (W_2 \cdot N_2) / N_3$$

$$W_3 = (463,63 \text{ rpm} \cdot 26) / 30$$

$$W_3 = 401,8 \text{ rpm}$$

$$W_3 = 50,45 \text{ rad/s}$$

$$\dot{W} = T \cdot W$$

(Ec.6)

$$\dot{W} = 3,6 \text{ Nm} \cdot 50,45 \text{ rad/s}$$

$$\dot{W} = 181,62 \text{ Nm/s}$$

$$\dot{W} = 8033,20 \text{ lbf} \cdot \text{ft}/\text{min}$$

$$\dot{W} = 0,24 \text{ Hp}$$

No se consideran pérdidas por fricción.

(Se utilizó un motor monofásico de 110 V AC, 1700 RPM, 2 HP)

3.4.1.3. Carga de rodamientos.

Rodamientos 3

ω ; eje, turbina, compresor = 25 lb.

Asumiendo que el peso es distribuido simétricamente

$$F = \omega / 3$$

$$F = 25 \text{ lb} / 3$$

$$F = 8,33 \text{ lbs} \quad \text{Carga radial}$$

Cada cojinete soportará una carga radial de **8,33 lb**.

El diámetro interno del cojinete es de 1 pulg o 25,4 mm. (Ver Anexo "D" Tabla 1).

Serie N° (6305), KOYO JAPAN, RODAMIENTO TIPO BOLA.

Radio de filete máximo Flecha y carcasa 0.040 "

Peso aproximadamente 0,58 lb.

Velocidad limitante 11000 rpm.

Capacidad de carga dinámica 3800 lb.

Capacidad de carga estática 2550 lb.

3.4.1.4. Transmisión de potencia.

POTENCIA A TRANSMITIR

H = 0,24 Hp

DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DE LAS POLEAS

El diámetro de la polea conductora es $d = 3$ pulg. (76,2 mm) y gira a $n = 1700$ rpm, la polea conducida gira a $n_1 = 463,63$ rpm, por lo que la relación de transmisión r es $r = n/n_1 = 3,66$.

Por lo tanto el diámetro de la polea conducida es:

$$D = 11 \text{ pulg. (279,4 mm)}$$

SELECCIÓN DE LA BANDA

Factor de servicio.- Se selecciona para maquinaria impulsada con choque ligero

$$K_s = 1,1 \text{ (Anexo "D" Tabla 17-9)}$$

Potencia de diseño

$$P_d = H \cdot K_s$$

$$P_d = 0,24 \cdot 1,1$$

$$P_d = 0,264 \text{ Hp}$$

Tipo de banda.- Común SI para servicio pesado, sección transversal 13 C.

Norma.- ANSI/ RMA – 1P –20 – 1997.

Distancia entre ejes

$$C = 13,97 \text{ pulg (354,83 mm)}$$

Ángulo de contacto mayor

$$\theta_1 = \pi + 2 \operatorname{sen}^{-1} (D - d / 2C)$$

$$\theta_1 = 213,27^\circ (3,7223 \text{ rad})$$

Ángulo de contacto menor

$$\theta_s = \pi - 2 \operatorname{sen}^{-1} (D - d / 2C)$$

$$\theta_s = 146,67^\circ (2,560 \text{ rad})$$

Longitud de paso

$$L_p = (4 C^2 - (D - d)^2)^{1/2} + \frac{1}{2} (D \theta_1 - d \theta_s)$$

$$L_p = 51,08 \text{ pulg (1297,50 mm)}$$

Perímetro interior

$$L = L_p - 33,02$$

$$L = 1264,48 \text{ mm}$$

Longitud normal.- Para este caso, el tamaño más próximo recae en la banda 13C 1300,(Anexo "D" Tabla 17- 8), $K_a = 1.1106$ (Anexo "D" Tabla 17-6)

Tamaño de la banda

$$L_p = 1300 + 33.02$$

$$L_p = 1333,02 \text{ mm}$$

POTENCIA NOMINAL

Anexo "D" Tabla 17-5 se obtienen los valores de C_1 a C_4 .

$$C_1 = 3.316 \cdot 10^{-2}$$

$$C_2 = 1,088$$

$$C_3 = 1,161 \cdot 10^{-8}$$

$$C_4 = 5,238 \cdot 10^{-3}$$

$$K_a = 1,1106$$

$$r = 3,66$$

$$H_r = \left\{ C_1 - C_2 / d - C_3 (r \cdot d)^2 - C_4 \log (r \cdot d) \right\} \cdot (r \cdot d) + C_2 \cdot r (1 - 1/K_a)$$

$$H_r = 1,838 \text{ Kw}$$

POTENCIA NOMINAL CORREGIDA

$$K_1 = 0,95$$

$$K_2 = 0,94$$

$$Hr' = K_1 * K_2 * Hr$$

$$Hr' = 1.64 \text{ kw / banda}$$

NÚMERO DE BANDAS

$$n = Pd / Hr'$$

$$n = (0,1969 \text{ kw}) / (1,64 \text{ kw / bandas})$$

$$n = 0,12 \text{ bandas}$$

Por lo tanto se requiere de una sola banda.

3.4.2. Cuadros de máquinas, herramientas y materiales utilizados en la construcción de la maqueta didáctica del sistema de lubricación.

Cuadro 3.1 Código de máquinas utilizadas en la construcción.

CÓDIGO	MÁQUINA	CARÁCTERÍSTICAS
M1	SOLDADORA	110 / 220 V AC 60 HZ
M2	TALADRO	DRILLING M. 110V. 60 HZ
M3	TORNO	3600 RPM 3HP
M4	AMOLADORA	ISKRAPERLES 120V AC

M5	ESMERIL	120 V AC 60 HZ
M6	COMPRESOR	50 PSI ½ HP
M7	HORNO	COMBUSTIBLE GAS
M8	ENTENALLA	CAPACIDAD 5 “

Cuadro 3.2 Código de herramientas utilizadas en la construcción.

CÓDIGO	HERRAMIENTAS	CARÁCTERÍSTICAS
H1	FLEXÓMETRO	4 m.
H2	ESCUADRA GRADUADA	45 cm
H3	MARTILLO	10 Onzas (peso)
H4	SIERRA MANUAL	HOJA DESMONTABLE
H5	SERRUCHO MANUAL	8 Dientes * Pulg.
H6	LLAVES MIXTA	9/16”, ½ “, 10, 11 Y 14 mm.
H7	LLAVES HEXAGONALES	¼ “ Y 3/16”

Cuadro 3.3 Código de materiales utilizadas en la construcción.

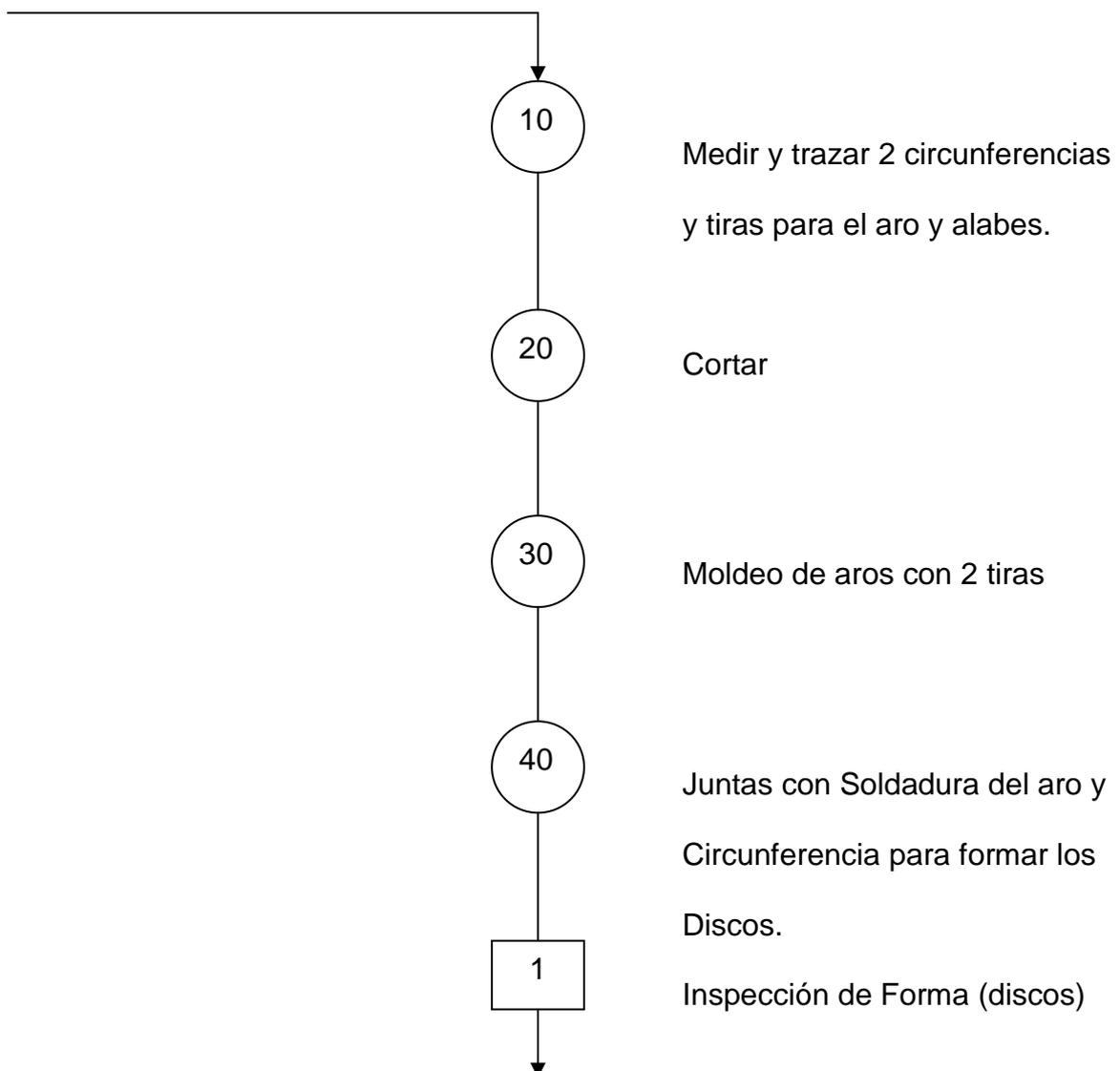
CÓDIGO	MATERIAL
mt1	Platinas de hierro 30*3 mm
mt2	Angulo de hierro 40*4 mm y 30*3 mm
mt3	Madera de laurel
mt4	Llantas giratorias
mt5	Plancha de Tol de 1,6 mm y 3mm
mt6	Ejes de 85,5 cm y 58,5 cm, D 1"
mt7	Electrodos 6011
mt8	Chumacera
mt9	Switch térmico y pulsador de 110/220 V
mt9	Cable eléctrico #12 y enchufe 110/220 V
mt10	Mangueras de Nylon 3/16", 1" y Nепlos de cobre 3/8"
mt11	Pintura y Tiñer
mt12	Bomba de aceite
mt13	Indicador de presión de aceite
mt14	Plancha de acrílico 4mm
mt15	Motores eléctricos 2hp y ¼ hp.,
mt16	Pernos con tuercas y arandelas de presión
mt17	Rodamientos
mt18	Engranajes de transmisión de movimiento
mt19	Retenedores de aceite
mt20	Poleas D 11" y D 3"

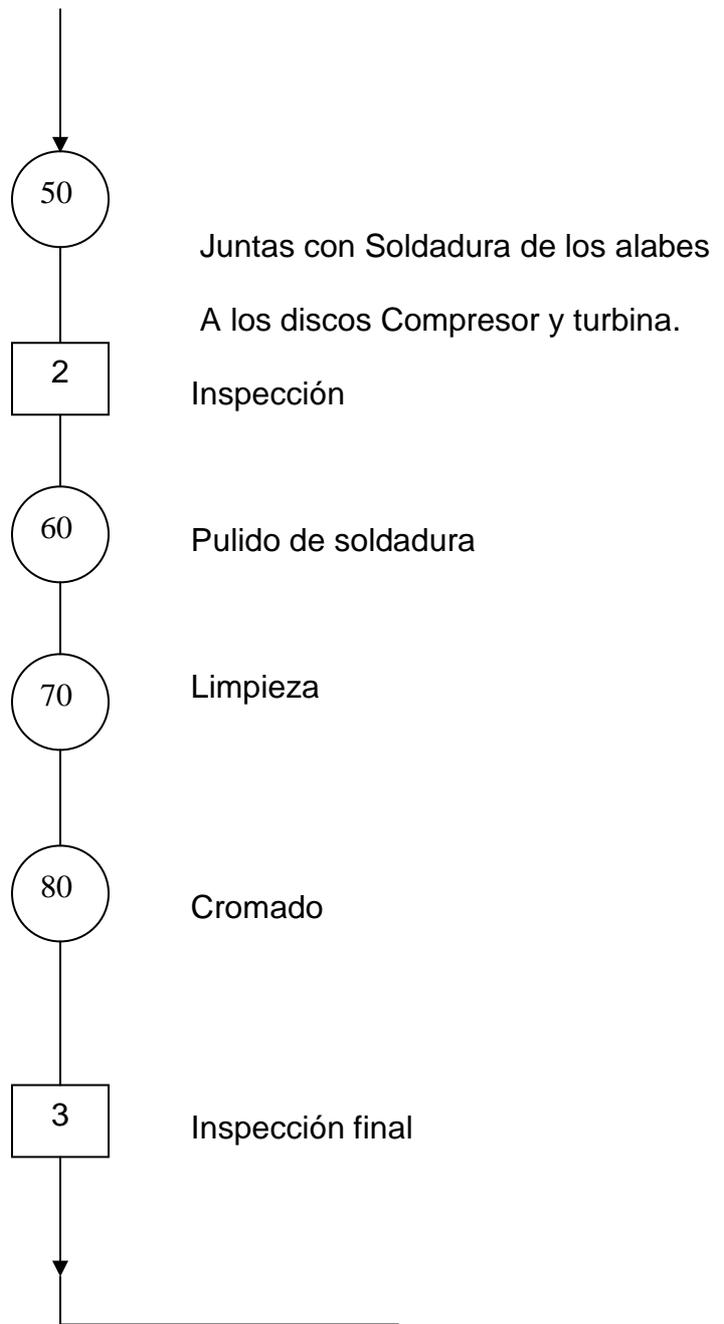
3.4.3. Diagrama de Procesos

A continuación se presentan los diagramas de los diferentes procesos de la construcción de la maqueta del sistema de lubricación.

3.4.3.1. Diagrama de proceso de fabricación de la rueda del compresor y turbina de la maqueta del sistema de lubricación según plano general.

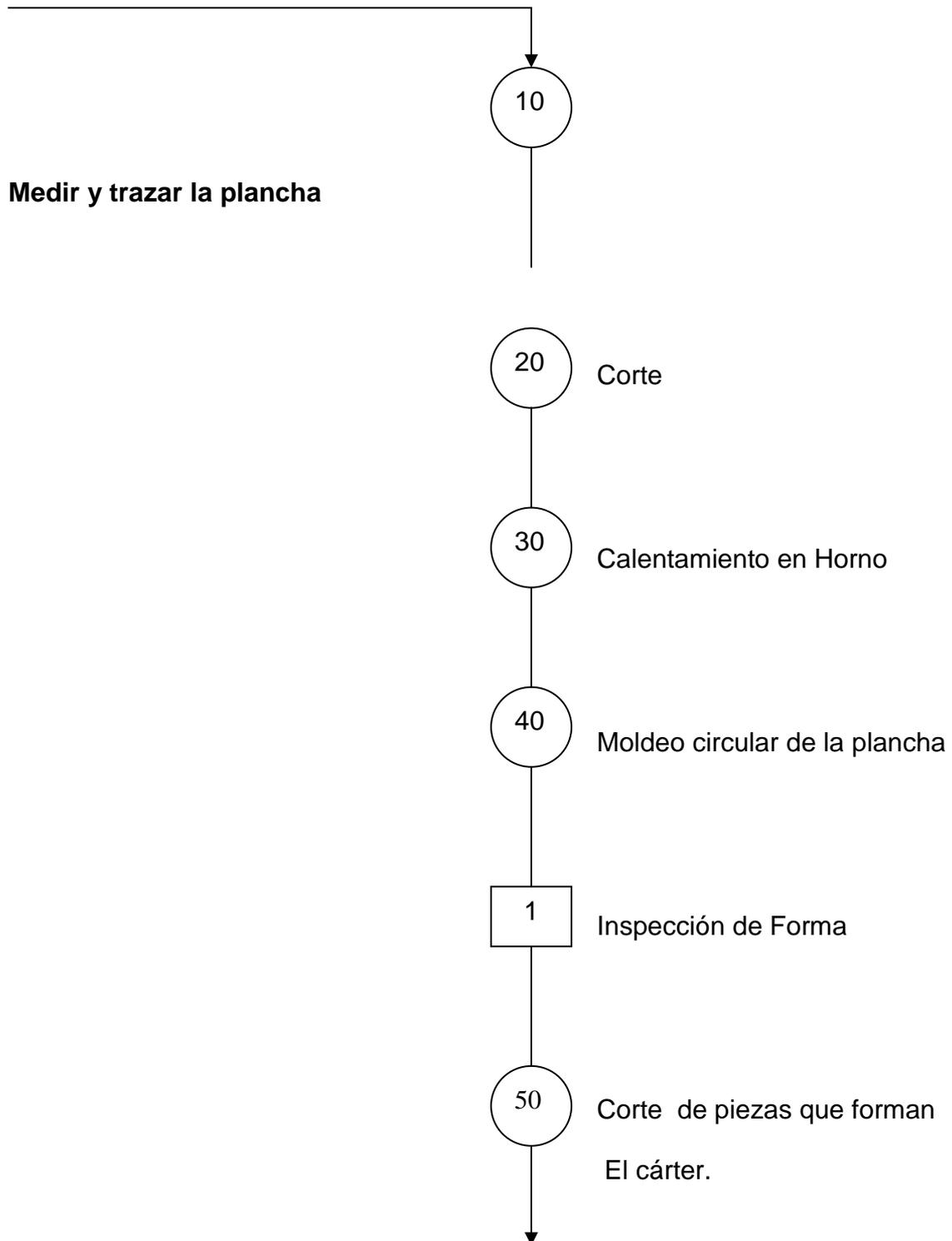
Material: Plancha de tol de 1,6 mm

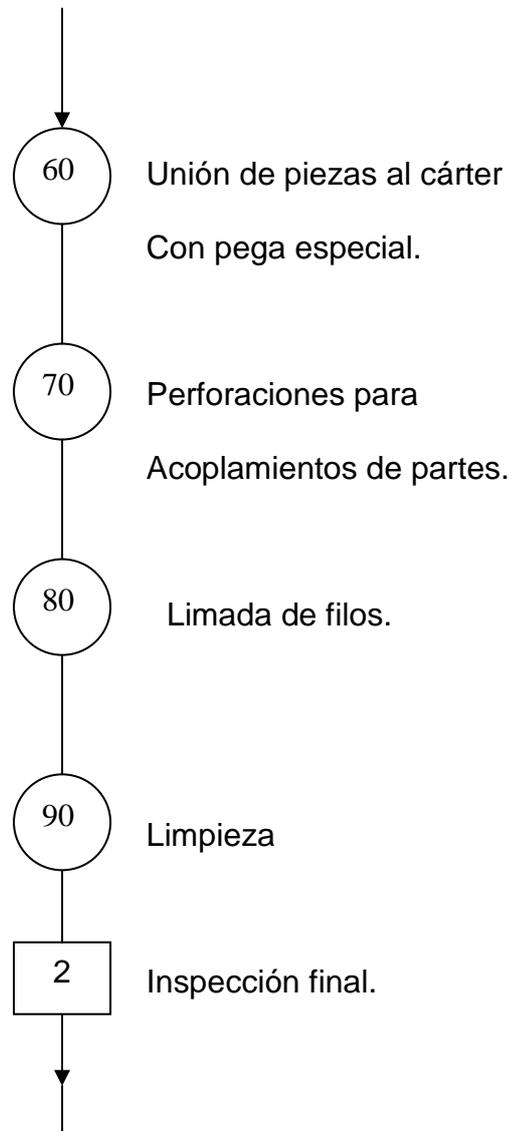




3.4.3.2. Diagrama de proceso de fabricación del cárter del motor jet del sistema de lubricación según plano general.

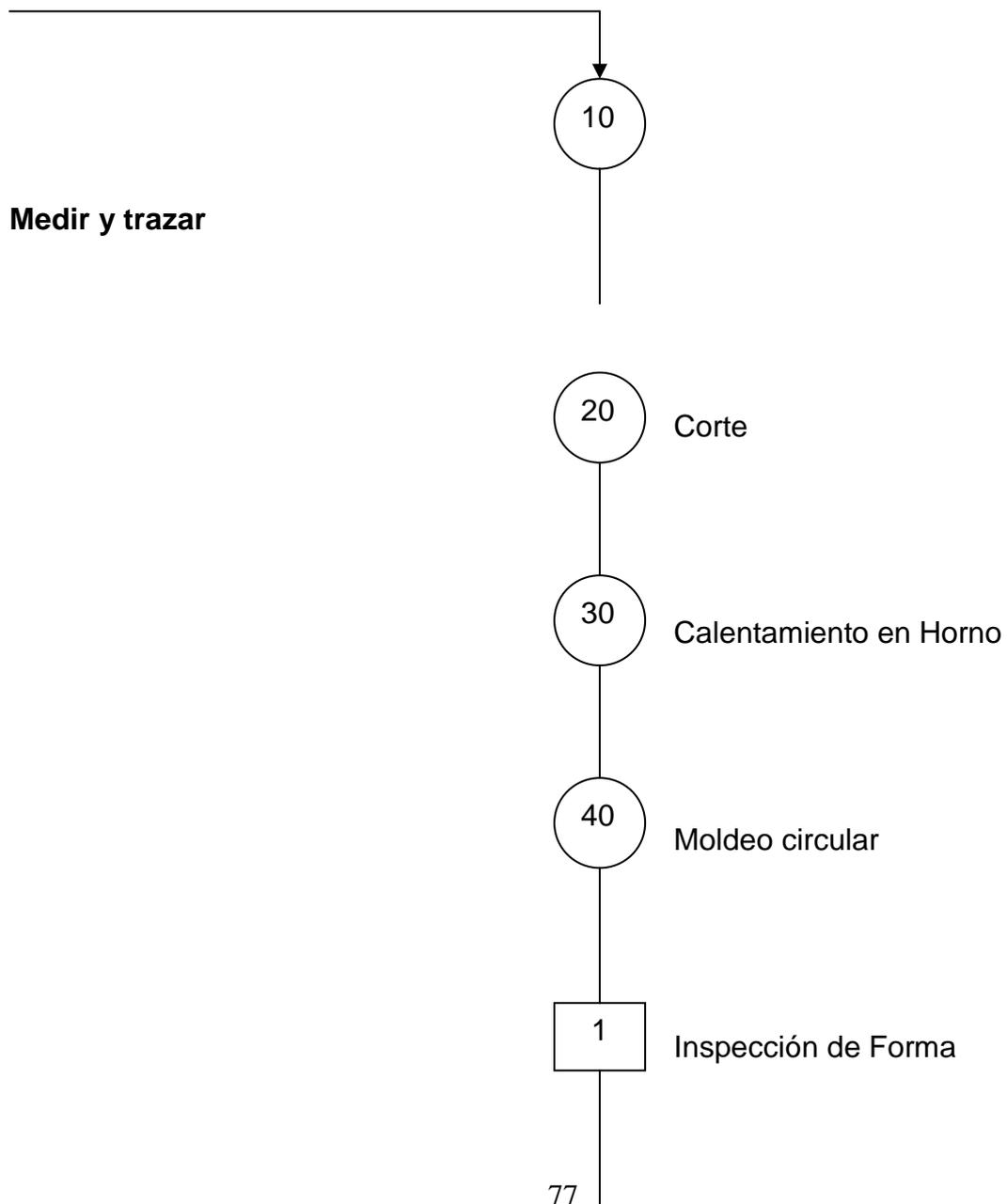
Material: Acrílico Transparente de 4 mm.

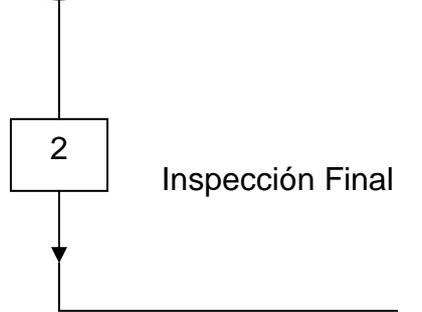
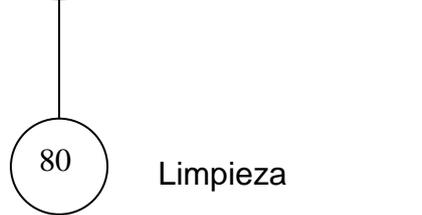
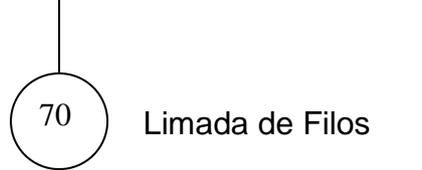
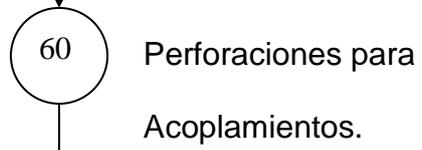
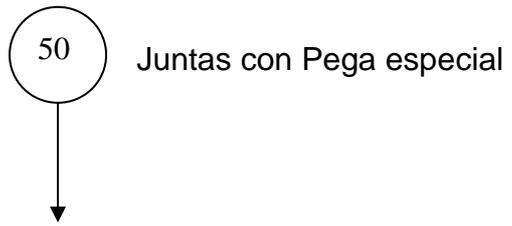




3.4.3.3. Diagrama de proceso de fabricación del depósito de aceite del sistema de lubricación según plano general.

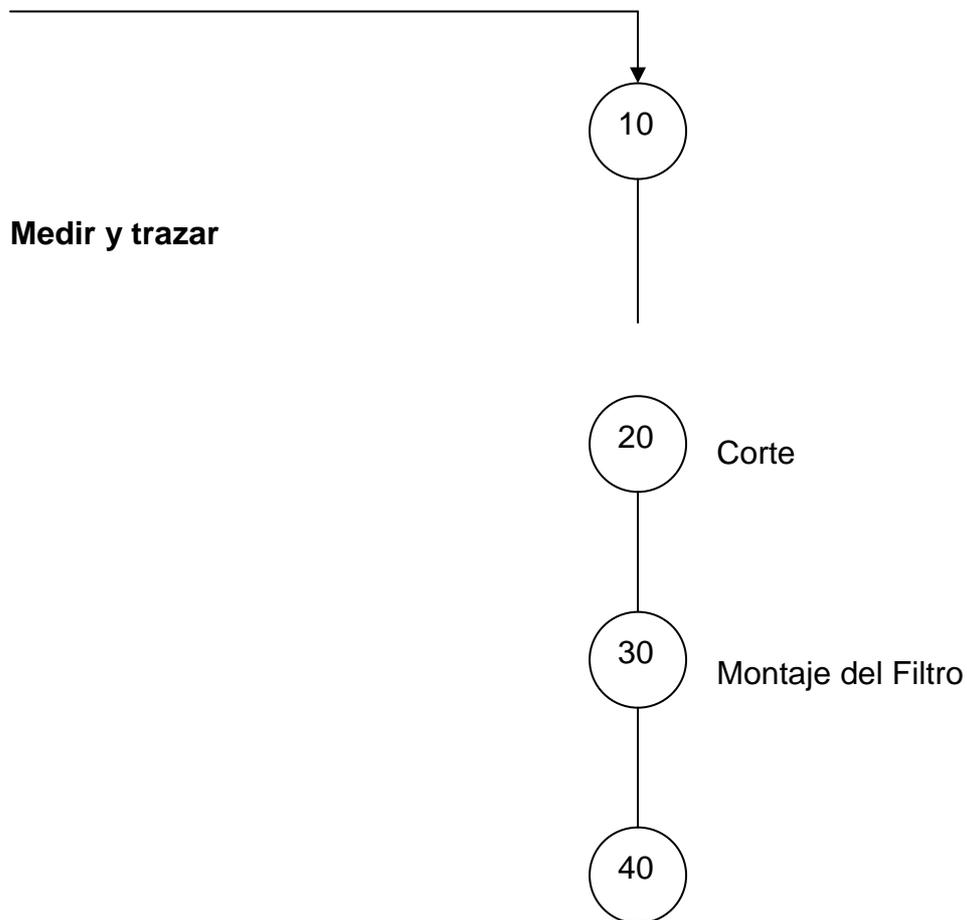
Material: Acrílico Transparente de 4 mm.

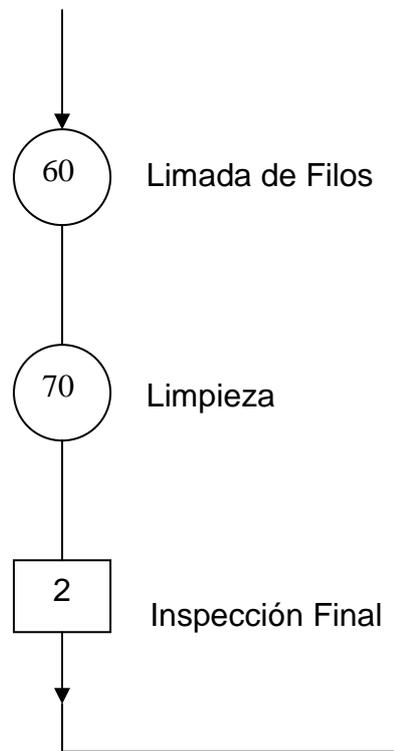
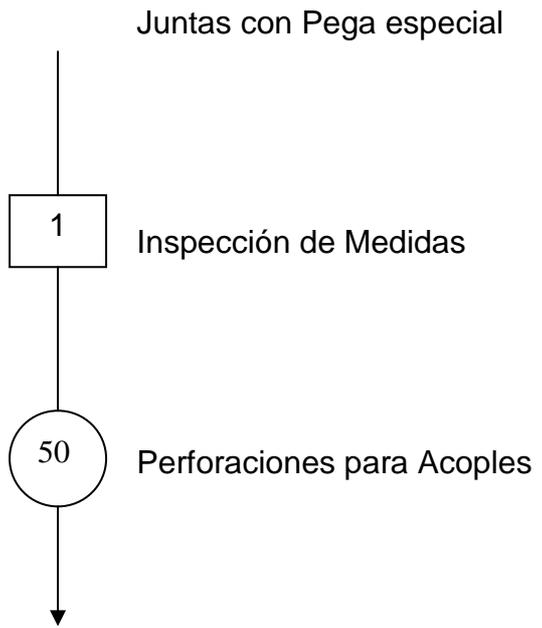




3.4.3.4. Diagrama de proceso de fabricación del alojamiento del filtro del sistema de lubricación según plano general.

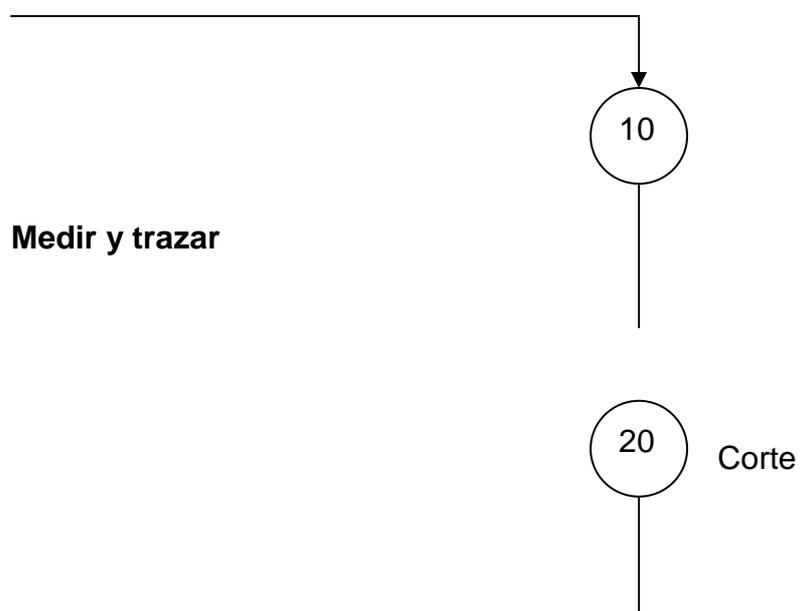
Material: Acrílico Transparente de 3 mm.

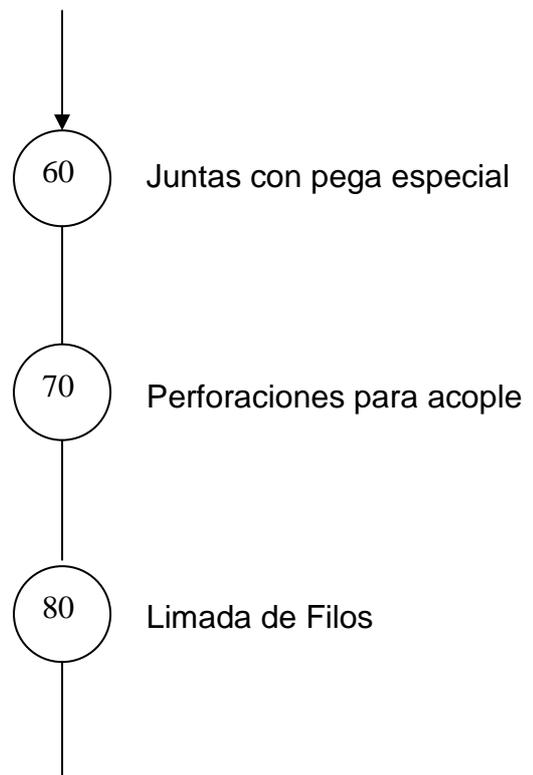
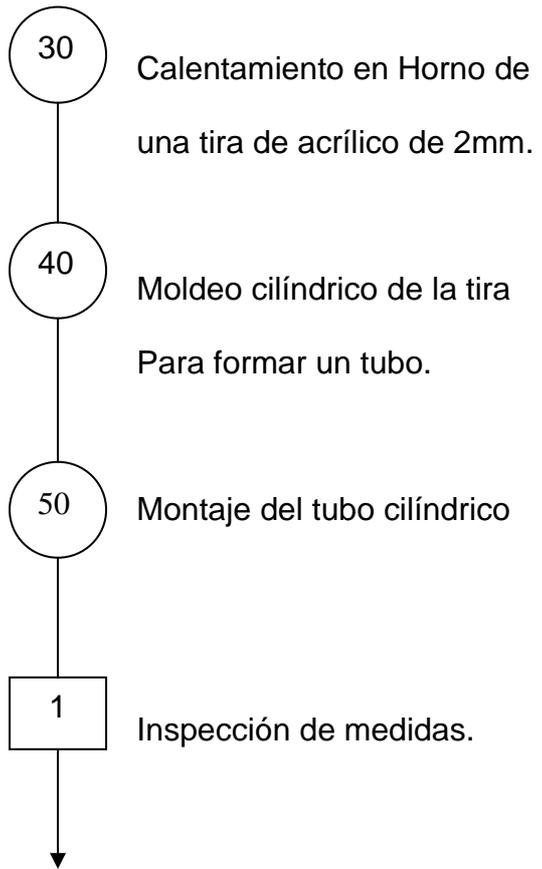


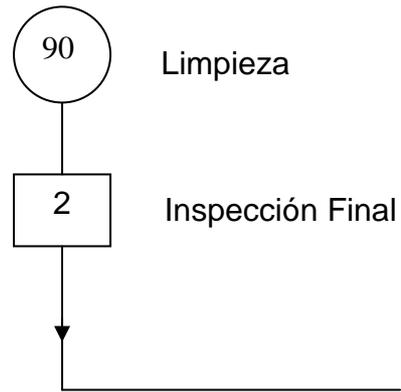


3.4.3.5. Diagrama de proceso de fabricación del intercambiador de calor aceite - combustible del sistema de lubricación según plano general.

Material: Acrílico Transparente de 3 mm y 2 mm.

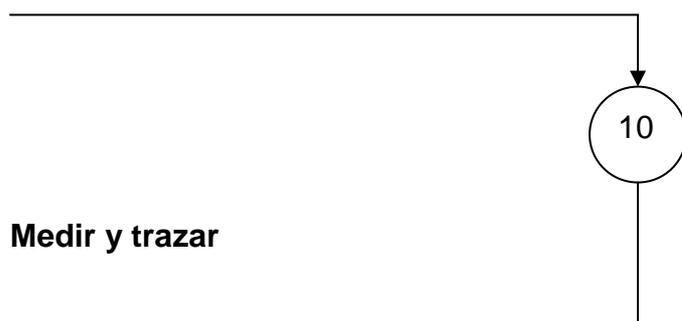




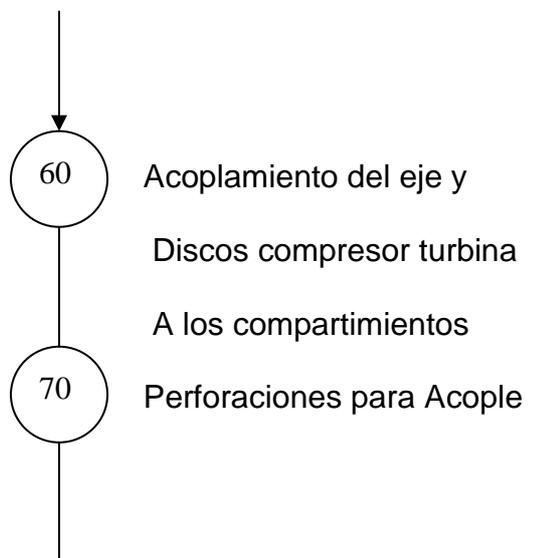
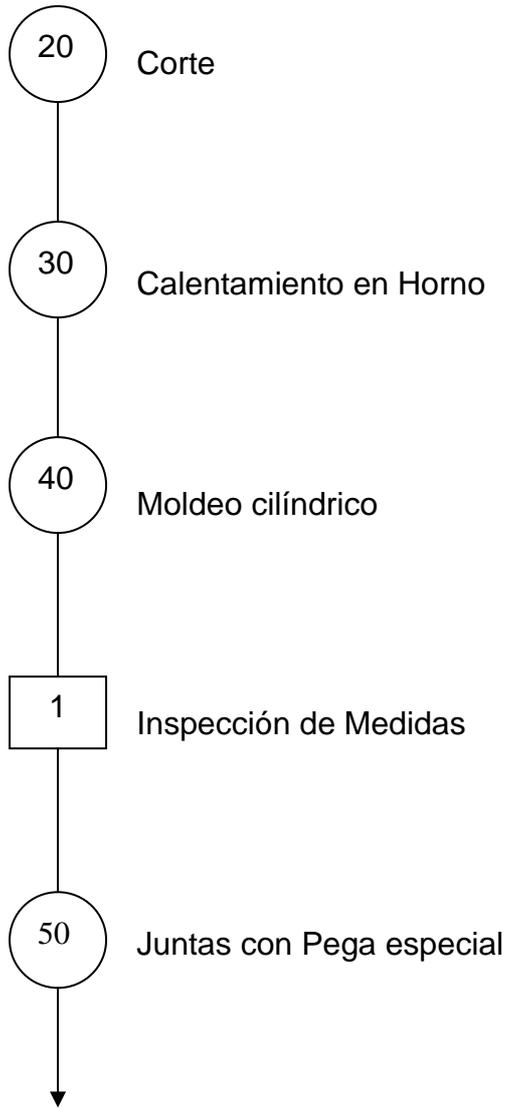


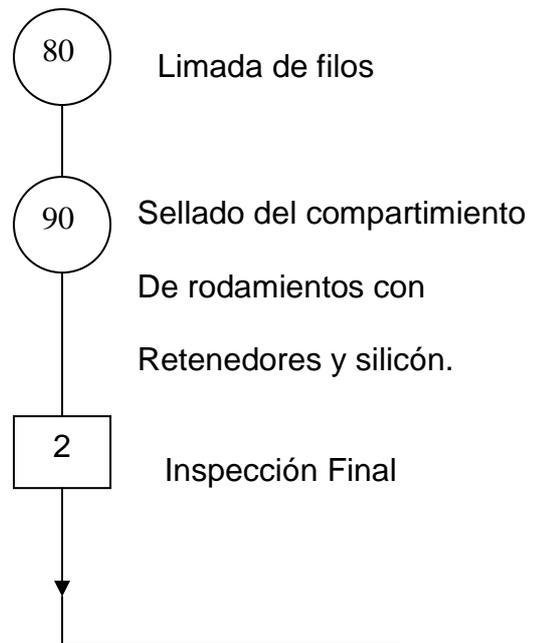
3.4.3.6. Diagrama de proceso de fabricación del compartimiento de cojinetes del sistema de lubricación según plano general.

Material: Acrílico Transparente de 4 mm.



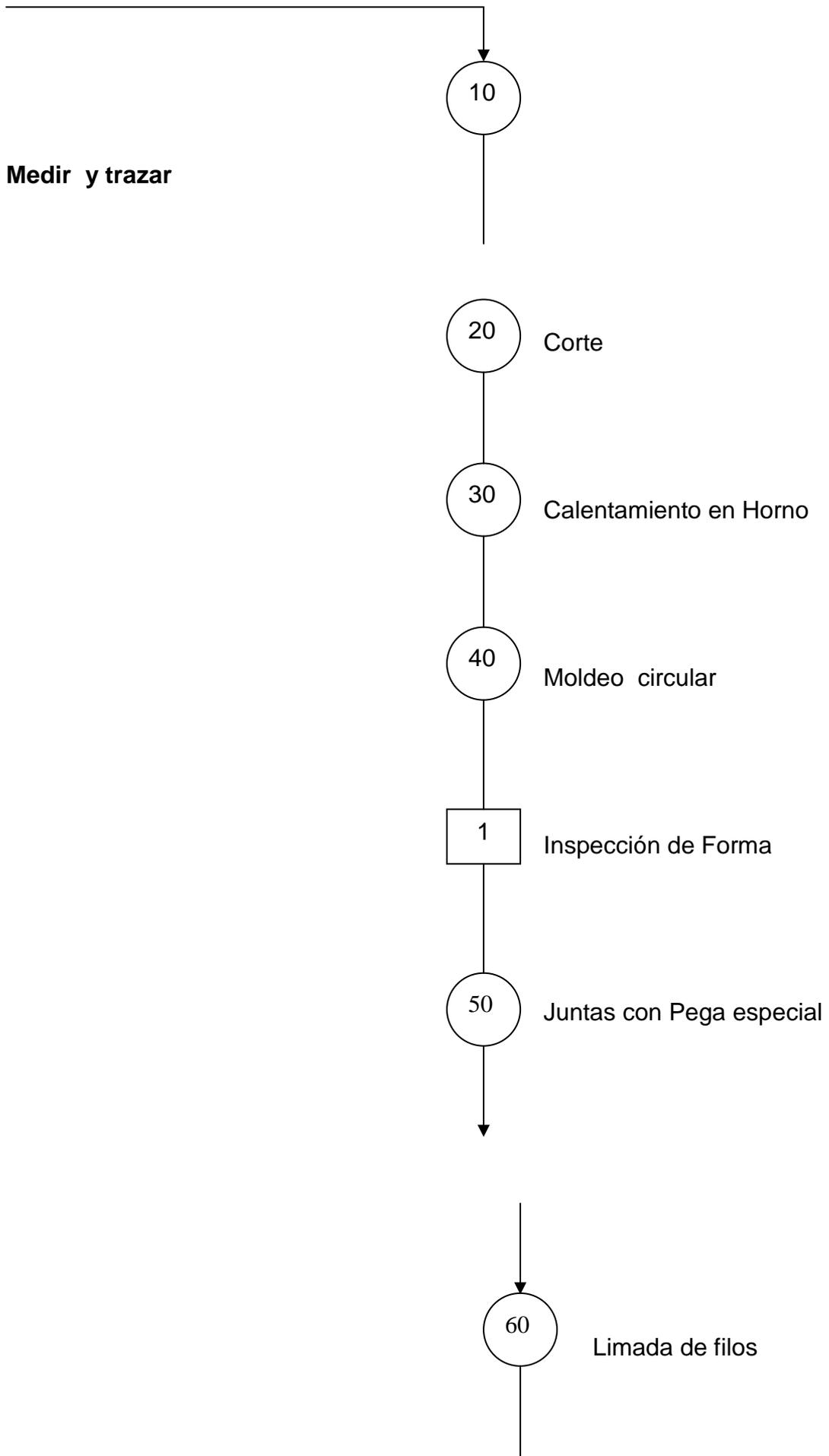
Medir y trazar





3.4.3.7. Diagrama de proceso de fabricación de protección de la rueda del compresor y turbina del sistema de lubricación según plano general.

Material: Acrílico Transparente de 3 mm.

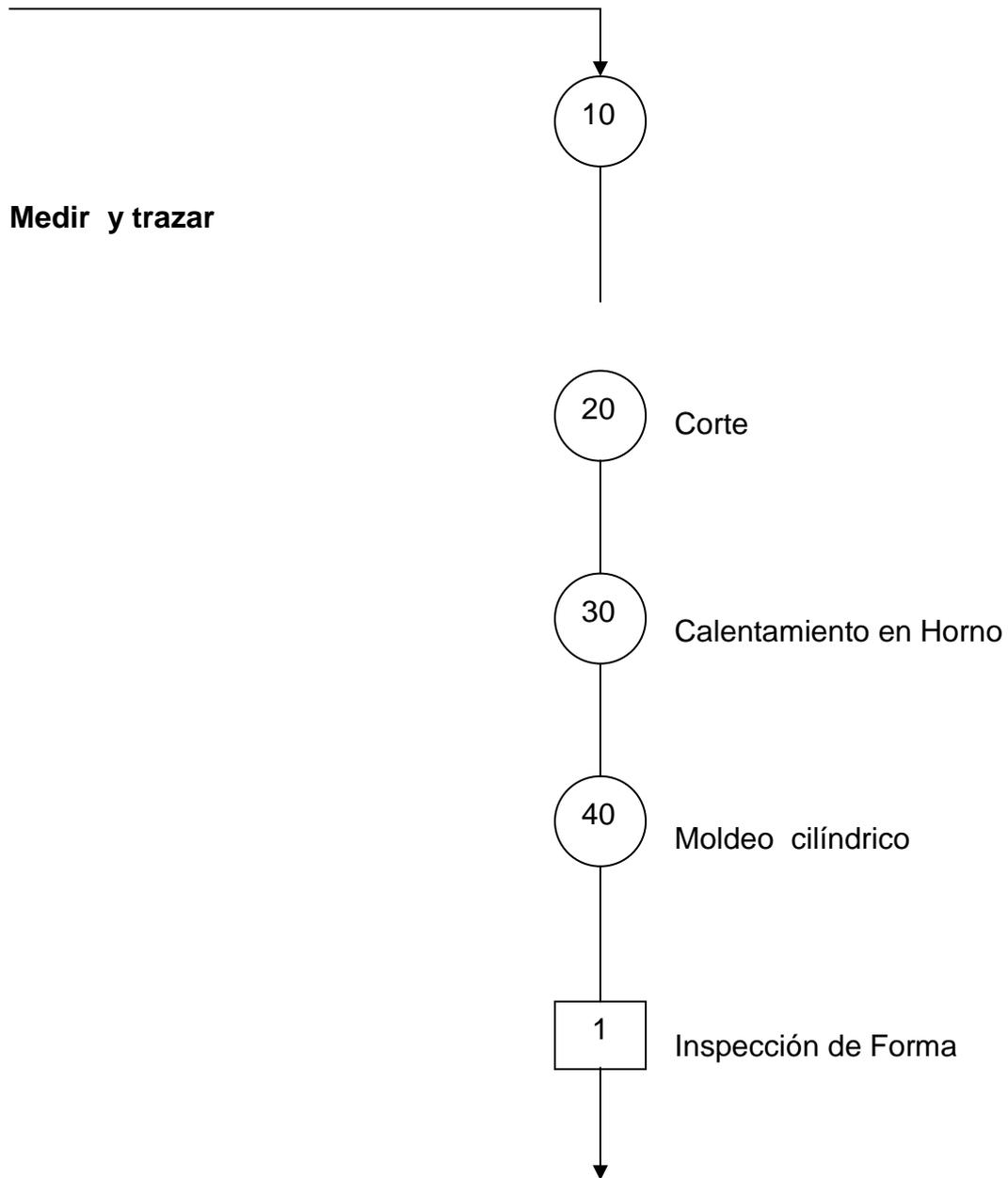


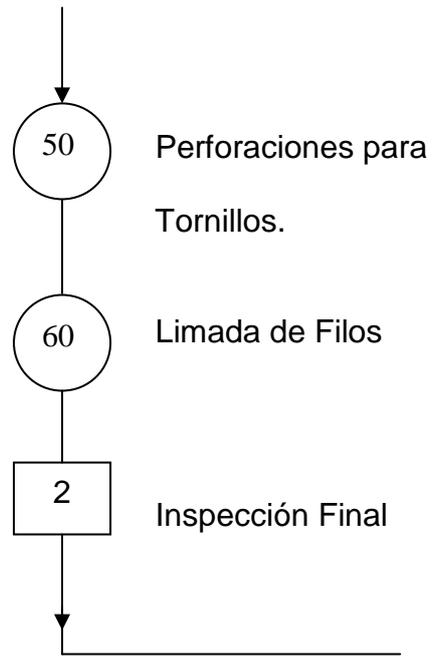


3.4.3.8. Diagrama de proceso de
fabricación de las abrazaderas de sujeción

de cojinetes del sistema de lubricación
según plano general.

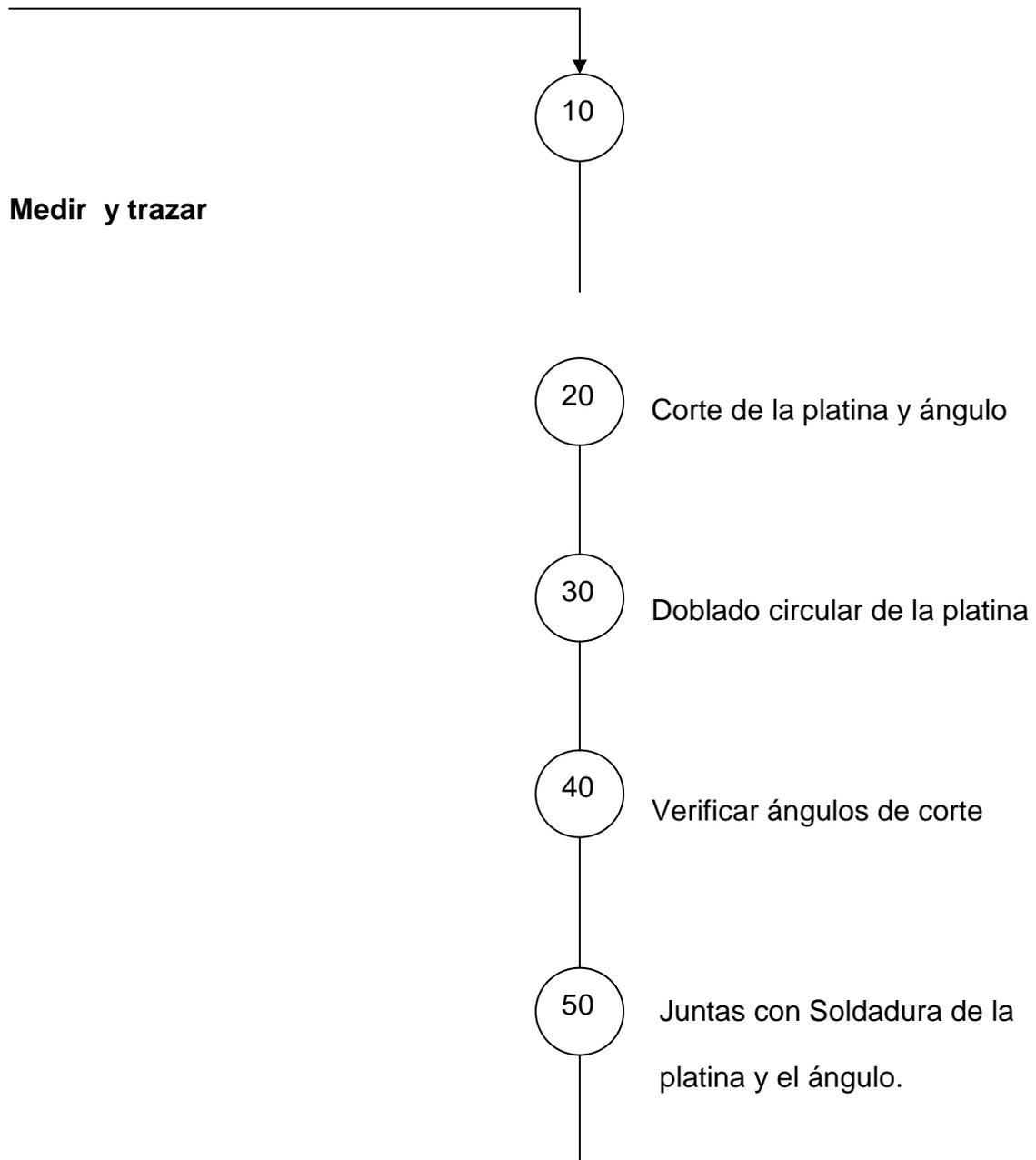
**Material: Acrílico Transparente de 3
mm.**

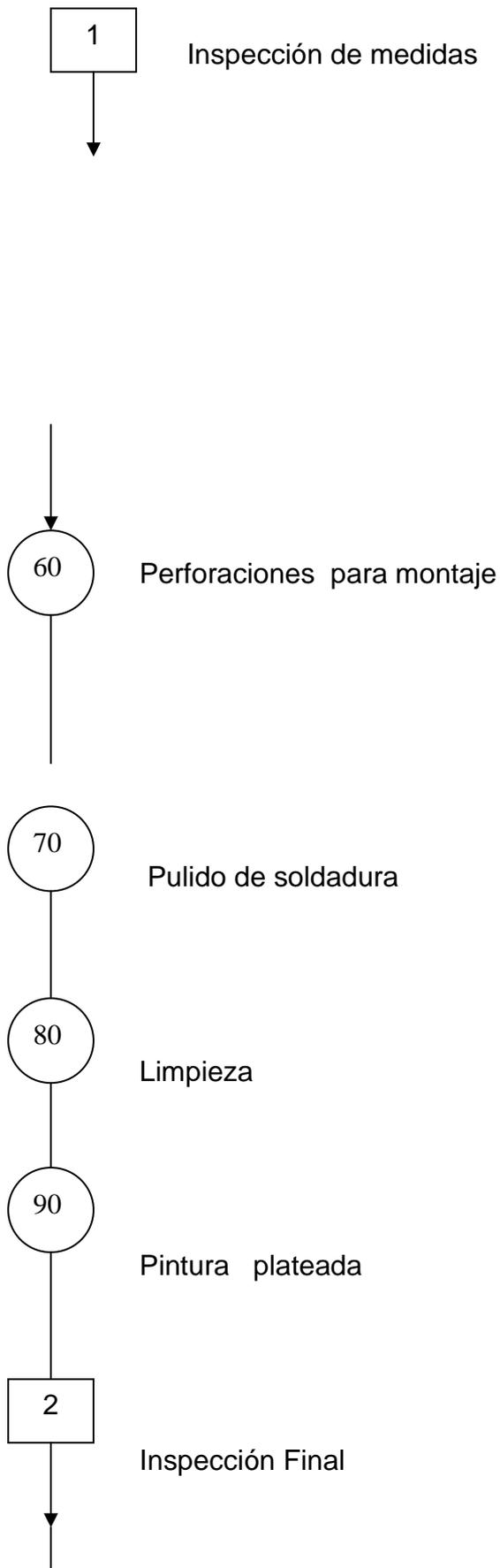




3.4.3.9. Diagrama de proceso de fabricación del soporte del cárter del sistema de lubricación según plano general.

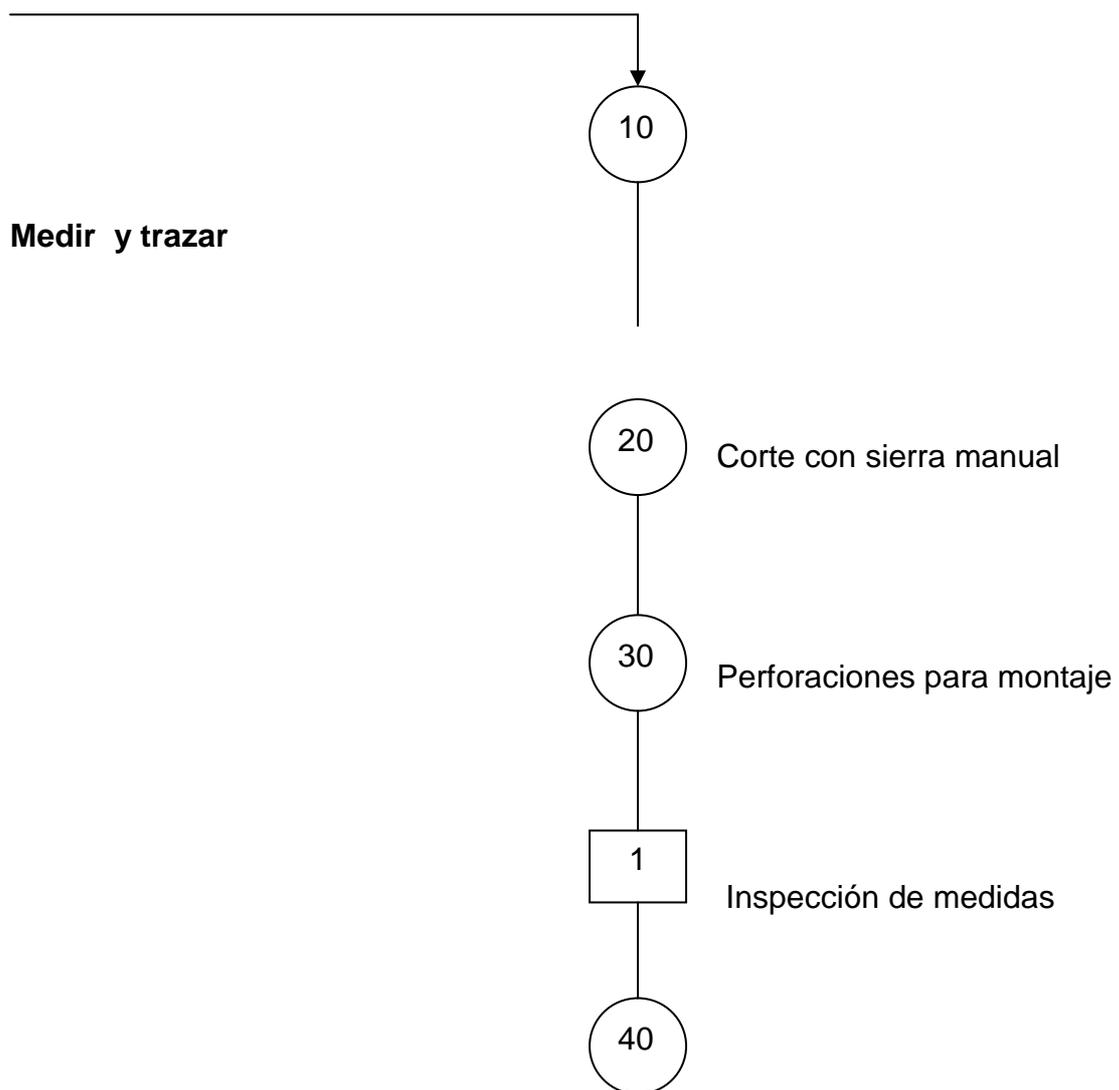
Material: Platina y Ángulo de hierro de 30*3 mm

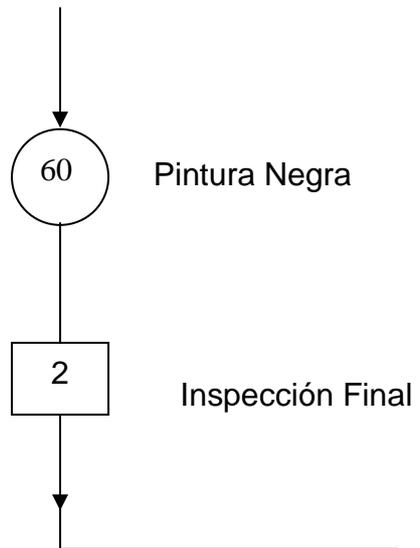
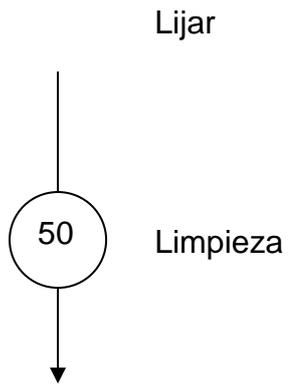




3.4.3.10. Diagrama de proceso de fabricación de la mesa del soporte de la maqueta del sistema de lubricación según plano general.

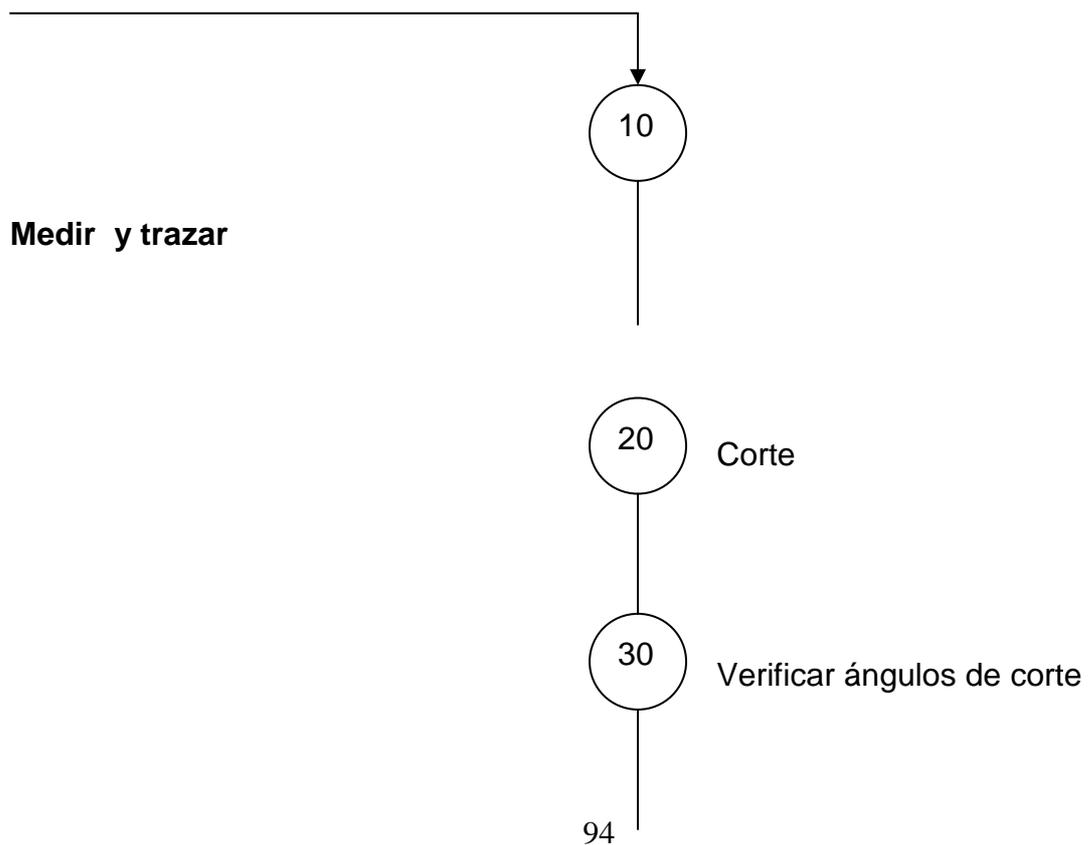
Material: Madera de Laurel

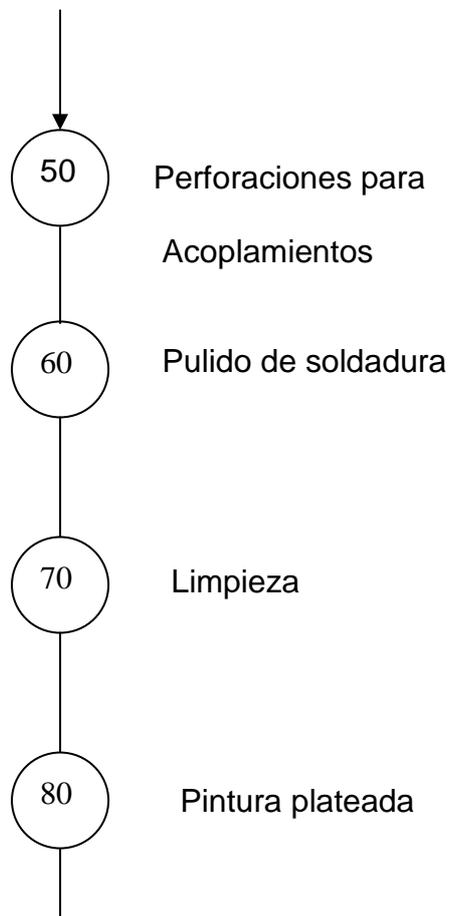
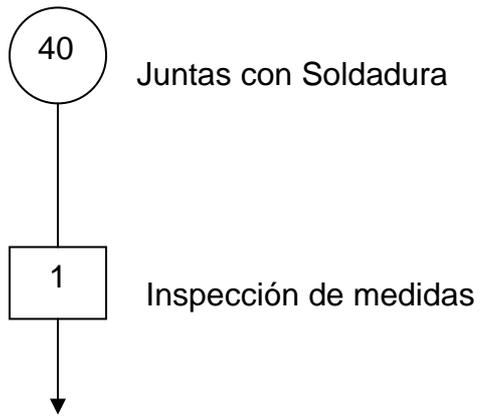




3.4.3.11. Diagrama de proceso de fabricación de la estructura de soporte del sistema de lubricación según plano general.

Material: Ángulo de Hierro de 40*4 mm y 30 *3 mm



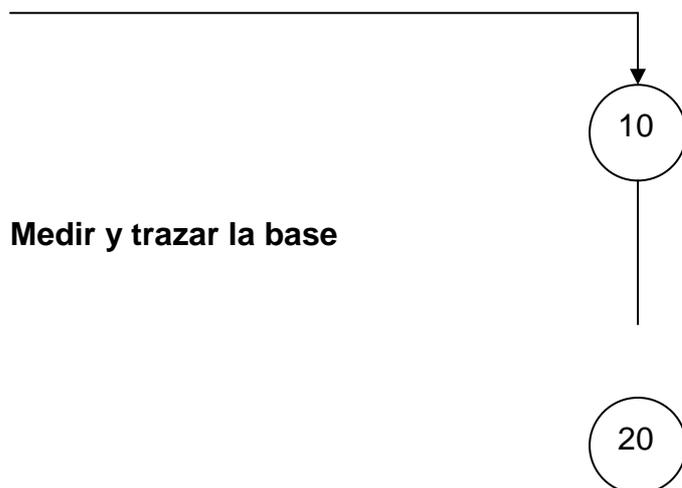


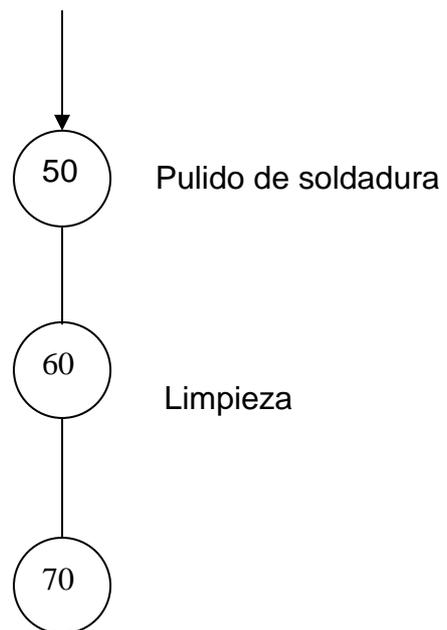
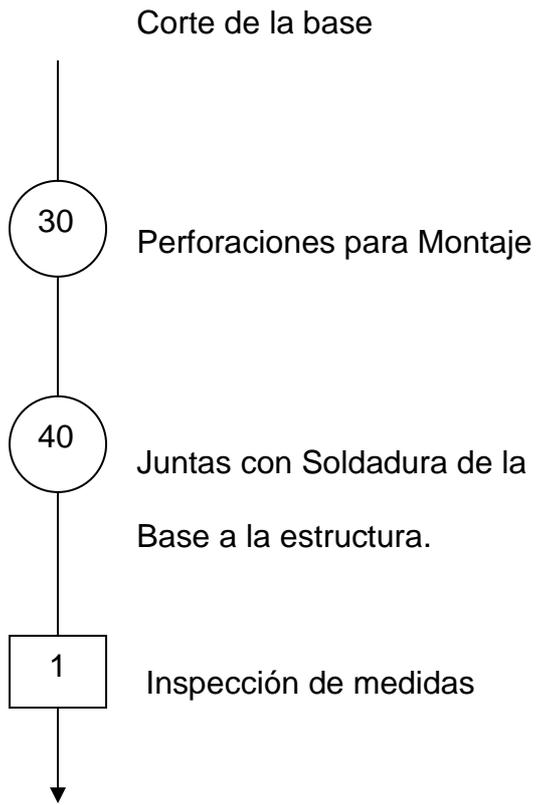


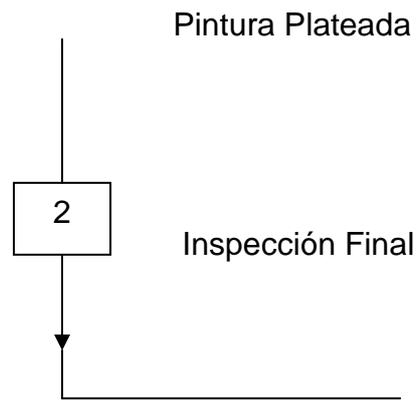
3.4.3.12. Diagrama de proceso de fabricación del soporte de los motores eléctricos del sistema de lubricación según plano general.

Material: Plancha de Tol de 3 mm. Acero

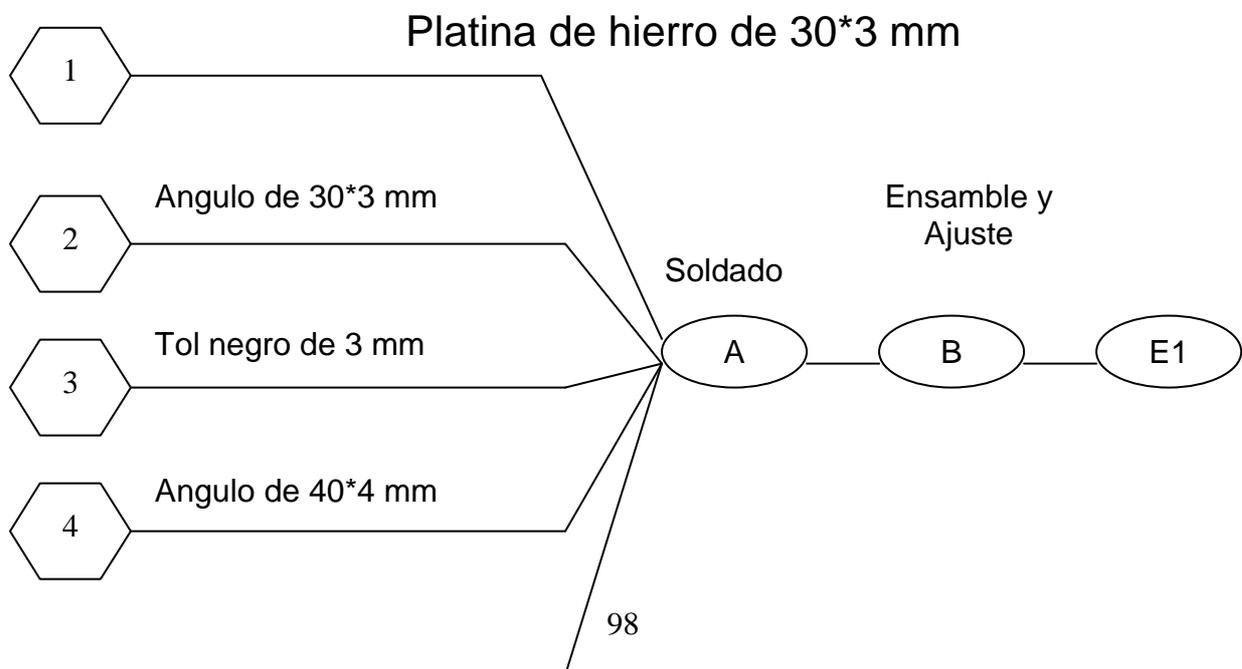
ST 36

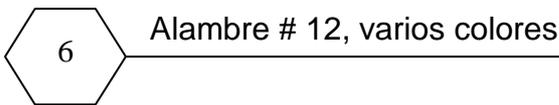
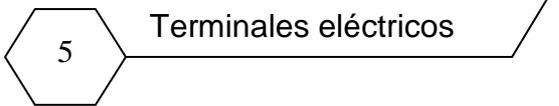
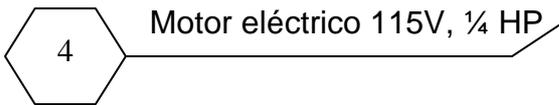
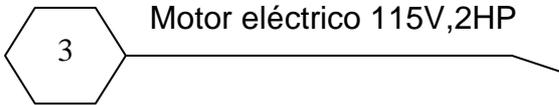
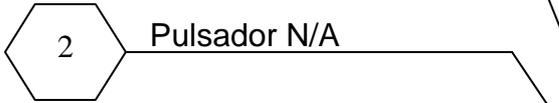
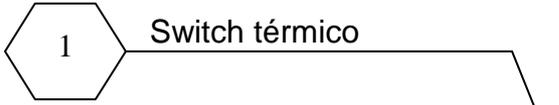
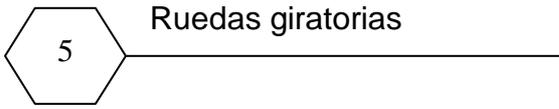






3.4.4. Diagrama de Ensamble

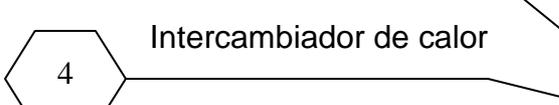
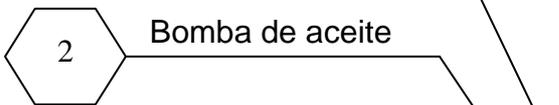
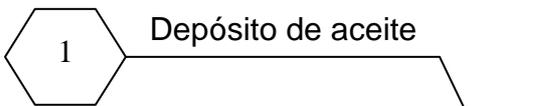




Instalación Eléctrica



Prueba y Ajuste



Instalación Hidráulica



Prueba y Ajuste



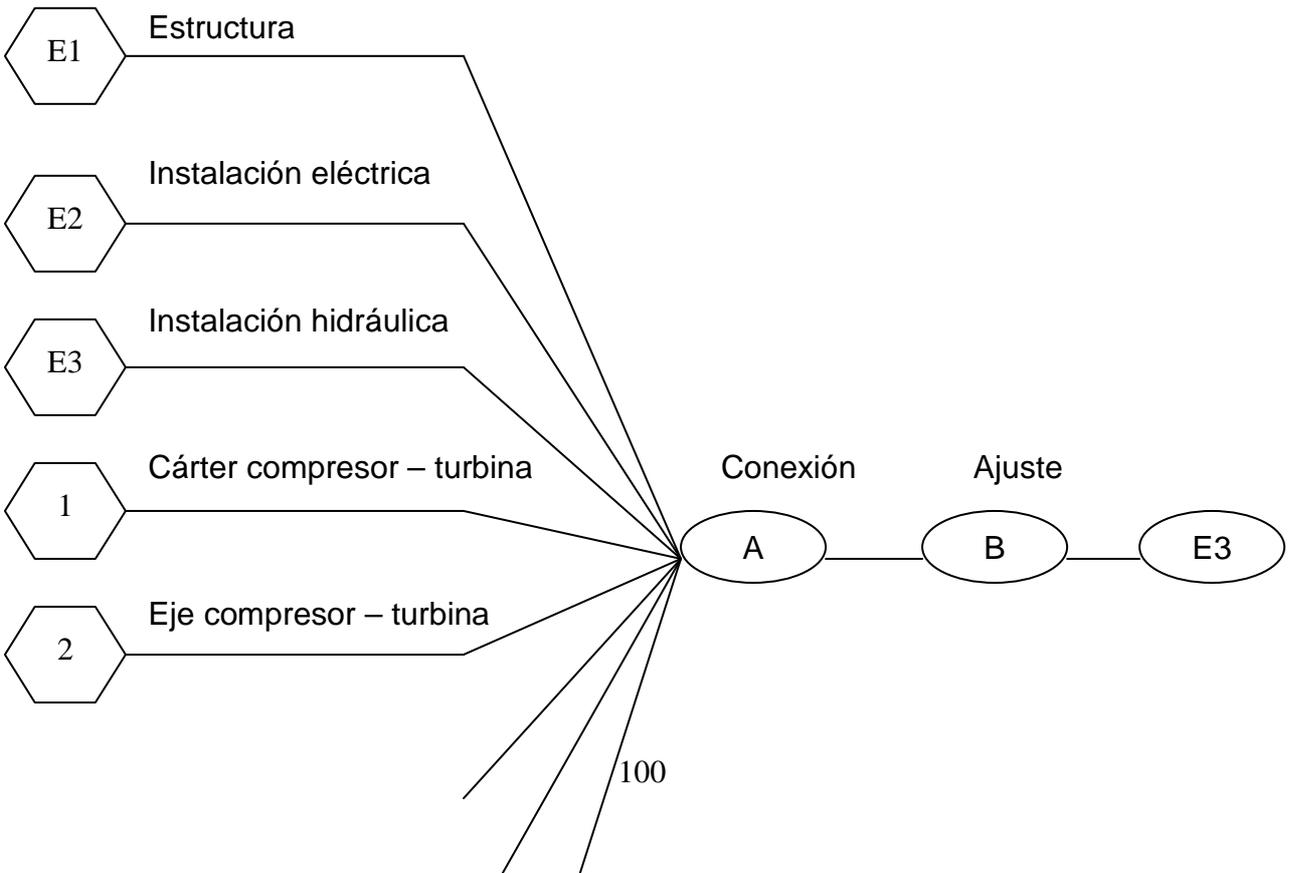
5 Manguera Nylon 3/16" y 1"

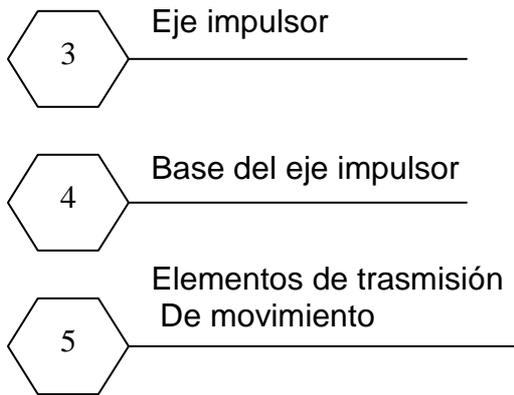
6 Cojinetes

7 Neplos de cobre 3/8"

8 Indicador de presión

9 Cañería de cobre 1/16"





3.4.5. Pruebas de funcionamiento.

Una vez realizada la construcción de la estructura y el acoplamiento del sistema eléctrico, sistema hidráulico y de los demás componentes, se procede a verificar su correcto funcionamiento o fallas del mismo.

Tabla 3.1. Verificación de funcionamiento del sistema de lubricación.

SISTEMA	CUMPLE TOLERANCIAS	EMSAMBLE OPTIMO
Estructura	✓	✓
Sistema eléctrico	✓	✓
Sistema hidráulico	✓	✓
Global	✓	✓

Con respecto al funcionamiento global del sistema eléctrico, sistema hidráulico y estructural se dice que la maqueta didáctica del sistema básico de lubricación de los cojinetes del motor jet se encuentra en perfectas condiciones y funciona óptimamente. Aquí se presenta terminada la maqueta.

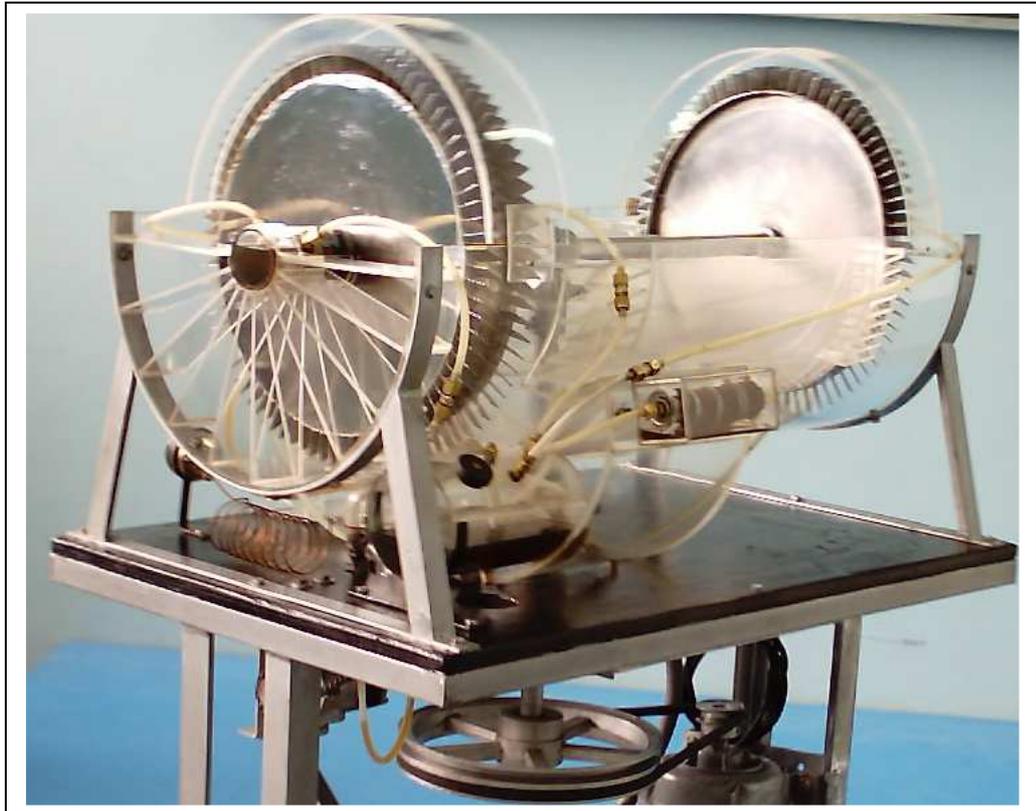


Figura. 3.9. Maqueta del sistema de lubricación.

CAPÍTULO IV

MANUALES

Descripción General.

En este capítulo, se establece los distintos procedimientos de operación, mantenimiento y verificación de la maqueta del sistema de lubricación, con su respectiva hoja de registro de operación y mantenimiento.

Con la implementación de estos manuales se da normativas para el correcto funcionamiento de la maqueta del sistema de lubricación.

Los manuales de operación, mantenimiento y verificación se detallaran en los siguientes cuadros.

Detalles de cada uno de los cuadros en este capítulo.

Formato	Cuadro N°
Manual de Operación.	4.1
Manual de Mantenimiento.	4.2
Manual de Verificación.	4.3

	MANUAL DE OPERACIÓN	Pagina: 1 de 1
	OPERACIÓN DE LA MAQUETA DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL MOTOR JET BÁSICO	Cuadro N°: 4.1
	Elaborado por: Byron Rubén Iza F.	Revisión N°: 01
	Aprobado por: Ing. Bassantes Dag	Fecha: 10-05-2004
FAE	MECÁNICA - AERONAÚTICA	I.T.S.A
<p>1.0 OBJETIVO</p> <p>Documentar el procedimiento para la Operación de la maqueta del sistema de lubricación del motor jet básico operado eléctricamente.</p> <p>2.0 ALCANCE</p> <p>Realizar la secuencia correcta para la operación de la maqueta didáctica de aprendizaje del sistema de lubricación.</p> <p>3.0 PROCEDIMIENTOS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar el cable de alimentación de la maqueta del sistema de lubricación a una fuente externa de 110 V AC. 2. Revisar que no existan objetos extraños en los componentes rotativos como: el eje compresor – turbina, engranajes de transmisión de movimiento, eje impulsor, banda, cadena y motores eléctricos. 3. Verificar que exista aceite necesario en el depósito para su correcto funcionamiento. 4. Mantener una distancia adecuada de 30cm de la maqueta, para evitar cualquier accidente. 5. Encender el sistema. Nota: para encender el sistema, se debe pulsar al mismo tiempo, el botón “Verde” y el botón negro “ON” y soltarlo. 6. Observar el movimiento del eje compresor – turbina. 7. Observar el flujo del lubricante en el circuito de lubricación de la maqueta. 8. En caso del aumento de presión (60psi), apagar el sistema. 9. Terminada la demostración del funcionamiento del sistema de lubricación de los cojinetes, se apagará presionando el botón rojo “OFF”. 10. Desconectar el cable de alimentación de la maqueta del sistema de lubricación de la fuente externa. 11. Enrollar el cable de alimentación eléctrica para evitar daños por contacto con otras piezas. 12. Anotar cualquier cambio de funcionamiento en la hoja de registro. <p>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD:</p>		

	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Página: 1 de 1
	MANTENIMIENTO DE LA MAQUETA DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL MOTOR JET BÁSICO	Cuadro N°: 4.2
	Elaborado por: Byron Rubén Iza F.	Revisión N°: 01
	Aprobado por: Ing. Bassantes Dag	Fecha: 10-05-2004
FAE	MECÁNICA – AERONÁUTICA	I.T.S.A

1.0 OBJETIVO

Documentar el procedimiento de Mantenimiento de la maqueta del sistema de lubricación del motor jet básico operado eléctricamente.

2.0 ALCANCE

Mantener el sistema de lubricación en condiciones estándar de operación.

3.0 PROCEDIMIENTOS

1. Se deberá mantener libre a la maqueta de objetos que no pertenezcan al funcionamiento del mismo.
2. Limpiar el polvo con una franela seca semanalmente, en caso de derrame de aceite en las partes de material de acrílico, se debe limpiar con cera de automóvil y luego limpiarla con una franela.
3. Revisar semanalmente el nivel de depósito del drenaje de la bomba de aceite, en caso de estar lleno dicho depósito, retirarlo y colocar el aceite nuevamente en el depósito principal del sistema de lubricación.
4. Engrasar cada 4 meses el engranaje de transmisión de movimiento de los ejes, la chumacera del eje impulsor y la cadena de acoplamiento de la bomba con el motor eléctrico.
5. En caso de la falta de aceite, se recomienda poner el aceite automotor de especificación SAE 10W30.
6. Revisar cada mes el circuito del sistema de lubricación; Mangueras, acoples y demás componentes del sistema, para evitar fugas de aceite a futuro.
7. Los cables eléctricos deben ser revisados cada 2 meses para evitar cortocircuitos.
8. Verificar que el cable de alimentación eléctrica se encuentre en buen estado. (que no esté deshilado).
9. Verificar el enceramiento del manómetro.

4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD: _____

	MANUAL DE VERIFICACIÓN	Página: 1 de 1
	VERIFICACIÓN DE LA MAQUETA DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL MOTOR JET BÁSICO	Cuadro N°: 4.3
	Elaborado por: Byron Rubén Iza F.	Revisión N°: 01
	Aprobado por: Ing. Bassantes Dag	Fecha: 10-05-2004
FAE	MECÁNICA – AERONÁUTICA	I.T.S.A
<p>1.0 OBJETIVO</p> <p>Documentar el procedimiento para la verificación de la maqueta del sistema de lubricación del motor jet básico operado eléctricamente.</p> <p>2.0 ALCANCE</p> <p>Verificar el correcto funcionamiento de la maqueta del sistema de lubricación.</p> <p>3.0 PROCEDIMIENTOS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El instructor encargado del aula taller de Motores realizara la verificación de la maqueta del sistema de lubricación cada 6 meses. 2. Verificar que los alabes del compresor y turbina se encuentren fijos. 3. Verificar que no exista rajaduras en los compartimientos de los cojinetes, depósito de aceite, intercambiador de calor y filtro de aceite. 4. Verificar que el switch térmico y pulsador realicen un buen contacto al operarlos. 5. Verificar la bomba de aceite. 6. Verificar que la presión en el sistema no exceda de 60 psi en funcionamiento. 7. Verificar que el indicador de presión de aceite retorne a su posición inicial luego de haber sido operado. <p>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD:</p>		

	HOJA DE REGISTROS	Página: 1 de 1
	HOJA DE REGISTROS DE LA MAQUETA DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL MOTOR JET BÁSICO	Cuadro N°: 4.4
		Revisión N°: 01
	Elaborado por: Byron Rubén Iza F. Aprobado por: Ing. Bassantes Dag	Fecha: 10-05-2004
FAE	MECÁNICA – AERONÁUTICA	I.T.S.A

REGISTRO

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Solicitado por:

Fecha de inicio:

Fecha de finalización:

Total horas de servicio:

Actividad:

Novedades / Observaciones:

Daños:

Acción Correctiva:

Acción Preventiva:

Tipo de aceite:

Presión:

FIRMA DE RESPONSABILIDAD:

 ITSA	REGISTRO	Código: SL- 01
	PRÁCTICAS DIDÁCTICAS	Registro N °:

Solicitado por:

Equipo utilizado:

Fecha de inicio:/...../.....

Fecha de finalización:/...../.....

Total de horas de instrucción:

Material:

Descripción de la práctica:

Práctica: Normal Anormal

Nº	Tema	Observaciones
01		
02		
03		
04		
05		
06		
07		

Responsable

	REGISTRO	Código: SL - 03
	LIBRO DE VIDA - DAÑOS	Registro N°:
ITSA		

Hoja: de

N°	Fecha	Daño Producido	Causa del Daño	Acción Correctiva	Observaciones/ Novedades
	/ /				
	/ /				
	/ /				
	/ /				
	/ /				
	/ /				
	/ /				
	/ /				
	/ /				

 ITSA	REGISTRO	Código: SL - 04
	LIBRO DE VIDA - MANTENIMIENTO	Registro N °:

Hoja: de

Nº	Fecha		Trabajo Realizado	Material y/o Repuesto Utilizado	Responsable	Observaciones
	Inicio	Finalización				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				

CAPÍTULO V

ESTUDIO ECONÓMICO

5.1. Presupuesto

Para el presupuesto referente a la construcción de la maqueta se ha considerado costos de materiales, máquinas y herramientas requeridos para este propósito, monto que asciende a 810 dólares.

5.2. Análisis Económico

El análisis del estudio económico realizado en el transcurso del proyecto de grado y práctica se detalla brevemente a continuación, existen principalmente 3 rubros que son:

- Herramientas y máquinas.
- Materiales usados.
- Mano de obra.

5.2.1. Herramientas y máquinas

Para la construcción de la maqueta didáctica del sistema básico de lubricación del motor jet, principalmente se utilizaron las herramientas y máquinas

existentes en el taller particular Soldaduras Carchi ubicado en la ciudad de Quito, incluyendo además el uso de otros talleres particulares.

A continuación se presenta un cuadro con el costo de la utilización de herramientas y máquinas utilizadas en la construcción.

Tabla 5.1. Costos en la utilización de herramientas y máquinas.

Nº	HERRAMIENTAS Y MÁQUINAS	VALOR USD		
		Costo/h	Nº horas	Subtotal
1	Torno	2.00	2	4.00
2	Amoladora	1.00	6	6.00
3	Soplete para pintar	1.20	2	2.40
4	Taladro	0.80	5	4.00
5	Suelda eléctrica	1.50	6	9.00
6	Esmeril	1.50	4	6.00
7	Sisilla	0.80	2	1.60
8	Entenalla	0.50	4	2.00
	TOTAL			35.00

5.2.2. Materiales usados

En este rubro comprende todos los materiales utilizados en la construcción, los mismos que se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 5.2. Costos de materiales utilizados

Nº	MATERIAL	Cantidad	VALOR USD	
			V / U	Subtotal
1	Platinas de hierro 30*3 mm	2	5.50	11.00
2	Angulo de hierro 40*4 mm y 30*3 mm	2	6.50	13.00
3	Madera de laurel	1	35.00	35.00
4	Llantas giratorias	4	3.00	12.00
5	Tol negro de 1,6 mm y 3mm	2	2.50	5.00
6	Ejes de 85,5 cm y 58,5 cm, D 1"	1	30.00	30.00
7	Cromado	2	13.00	26.00
8	Chumacera	1	4	4.00
9	Plancha de Acrílico de 4 mm	1	100.00	100.00
10	Motores eléctricos 2Hp y ¼ Hp	2	75.00	150.00
11	Switch térmico y pulsador de 110/220 V	1	10.00	10.00
12	Cable eléctrico #12 y enchufe 110/220 V	5m	1.50	6.00
13	Mangueras de Nylon 3/16" y 1"	6m	0.84	5.00
14	Neplos de cobre 3/8"	25	1.60	40.00
15	Pintura y Tiñer	1	15.00	15.00
16	Bomba de aceite	1	15.00	15.00
17	Indicador de presión de aceite	1	10.00	10.00

18	Electrodos 6011	50	0.20	10.00
19	Pernos con tuercas y arandelas de presión	30	0.37	11.00
20	Rodamientos	4	5.00	20.00
21	Engranajes de transmisión de movimiento	1	10.00	10.00
22	Retenedores	6	1.67	10.00
23	Poleas D 6" y D 2,5"	2	2.50	5.00
24	Cadena	1	5.00	5.00
25	Banda 128 cm. de longitud	1	3.00	3.00
	TOTAL			561

5.2.3. Mano de obra

Los costos de mano de obra comprenden a todo lo realizado manualmente.

Tabla 5.3. Costos de mano de obra

Nº	DETALLE	VALOR USD		
		Cantidad	V / U	Subtotal
1	Elaboración en mica del cárter y demás componentes del sistema de lubricación	-	215.00	215.00
2	Soldador mecánico	-	30.00	30.00
	TOTAL			245.00

Tabla 5.4. Costo total de la construcción

Nº	DETALLE	VALOR USD
1	Herramientas y máquinas	35.00
2	Materiales usados	561.00
3	Mano de obra	225.00
	TOTAL	821

El costo total en la construcción de la maqueta didáctica del sistema básico de lubricación del motor jet es de 821 USD.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- **El circuito básico diseñado para efectos de la maqueta, sobre la base de pruebas realizadas es operativo en un 100% y permite visualizar el funcionamiento básico del circuito de lubricación a los cojinetes del motor jet.**
- **La maqueta permite observar en forma clara los componentes que conforman un sistema básico de lubricación del motor jet.**
- **Para el funcionamiento de la maqueta del sistema de lubricación de cojinetes, se optó por utilizar motores eléctricos por su mayor facilidad de trabajo.**
- **Su funcionamiento es sencillo y seguro, mismo es operado por medio de 2 pulsadores de encendido y uno de apagado.**

6.2. Recomendaciones

- **Para ejecutar la operación de la maqueta en forma eficiente, es necesario conocer la operación y funcionamiento de la misma por lo que se recomienda leer los manuales de operación y mantenimiento.**
- **Seguir los pasos establecidos en el manual de operación antes indicado, de tal forma de evitar en lo posible accidentes o daños al equipo.**
- **Para mantener el equipo en óptimas condiciones, se debe seguir los pasos establecidos en el manual de mantenimiento antes indicado.**
- **Para la prueba funcional, se deberá tener en cuenta que la fuente de corriente sea de (110 V AC) y que el nivel de aceite sea el indicado en el depósito.**
- **Debe ser utilizado por los instructores y alumnos de Mecánica Motores para el mejor aprendizaje del sistema de lubricación.**

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Sistema de aceite, Boeing 727 – 200 Ecuatoriana de Aviación.
- ✓ Antonio Esteban Oñate, (1992) Motores Atmosféricos y Turbo, Editorial Paraninfo S.A.
- ✓ Motores Jet, Curso de Entrenamiento de KLM, (1998).
- ✓ Sistema de aceite, Boeing 737 – 700 Manual de Mantenimiento Copa Airlines.
- ✓ Joseph E. Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición.
- ✓ Airbus A – 340, Sistema de lubricación, CD interactivo (2000).
- ✓ www.boeing.com
- ✓ www.airbus.com.