



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERUNÁUTICO

DIEGO DAVID TUMIPAMBA PAREDES

CARRERA DE MECÁNICA MOTORE

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA QUE
REALICE EL FRENADO DE LA RUEDA EN OPERACIÓN
NORMAL Y EMERGENCIA DEL AVIÓN K-Fir.**

POR:

TUMIPAMBA PAREDES DIEGO DAVID

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. TUMIPAMBA PAREDES DIEGO DAVID, como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO, MECÁNICO AERONÁUTICO.

Ing. Sgos. Kléber Allauca

Director de Proyecto

Latacunga, 8 de Marzo del 2004.

DEDICATORIA

Dedico con todo cariño este proyecto de grado a quien en mis horas de amargura, desaliento consoló mis dolores y colmó mis inquietudes, a mis padres: Ángel Tumipamba y Guadalupe Paredes que son el mayor tesoro que me regalo Dios aquí en la tierra.

Ni con todo el oro del mundo podré pagar toda su abnegación y sacrificio que me dieron, para poder cristalizar mi sueño de ser un TECNÓLOGO AERONÁUTICO.

Tumipamba Paredes Diego David

AGRADECIMIENTOS

El siguiente trabajo va dirigido de manera muy especial al amigo que nunca falla, a JESÚS, quién me enseñó a enfrentar los obstáculos y jamás evadirlos; así como también, a comprender que los grandes hombres se hacen cuando saben levantarse de sus caídas. También agradezco desde el fondo de mi alma a mis queridos padres quienes con su sabiduría vertieron todos sus conocimientos para ayudarme a culminar esta meta. Por último a mis queridos maestros y con ellos a mi querida institución el I.T.S.A, porque en aquellas aulas quedan los más bellos recuerdos de mi juventud, divino tesoro.

GRACIAS – SIMPLEMENTE GRACIAS

Tumipamba Paredes Diego David.

Índice de contenidos

□	Portada.....	i
□	Certificación.....	ii

□	Dedicatoria.....	iii
□	Agradecimiento.....	iv
□	Índice general de contenidos.....	v
□	Resumen.....	1
□	Introducción.....	2
□	Definición del problema.....	2
□	Justificación.....	2
□	Objetivos.....	3
□	Alcance.....	4

CAPÍTULO I

	MARCO TEÓRICO.....	5
1.1_	Características del avión K-fir.....	5
1.1.1.	Fuselaje del avión.....	5
1.1.2.	Alas.....	6
1.1.3.	Deriva.....	6
1.1.4.	Nariz.....	6
1.1.5.	Cola.....	7
1.1.6.	Dimensiones y pesos.....	8
1.1.7.	Motor.....	8
1.2_	Sistema hidráulico del avión K-fir.....	9
1.2.1.	Generalidades.....	9
1.2.2.	Sistema hidráulico No. 1.....	9
1.2.3.	Componentes del sistema hidráulico No. 1.....	10
1.2.4.	Funcionamiento del sistema hidráulico No. 1.....	24
1.2.5.	Sistema hidráulico No. 2.....	28

1.2.6. Componentes del sistema hidráulico No. 2	28
1.2.7. Funcionamiento del sistema hidráulico No. 2	35
1.2.8. Sistema hidráulico de emergencia.....	39
1.2.9. Componentes del sistema de emergencia.....	39
1.2.10. Funcionamiento del Sistema de emergencia.....	41
1.3_ Sistema del tren de aterrizaje.....	45
1.3.1. Generalidades.....	45
1.3.2. Componentes principales del tren de aterrizaje.....	45
1.4_ Sistema de frenos.....	46
1.4.1. Frenos.....	46
1.4.2. Funciones del sistemas de frenos.....	47
1.4.3. Operación del sistema de frenos.....	47
1.4.4. Sistema Anti - Skid.....	49
1.4.5. Sistema de frenado de emergencia.....	50

CAPÍTULO II

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	54
2.1_ Estudio y análisis de alternativas.....	54
2.2_ Planteamiento de las alternativas.....	54
2.3_ Estudio de factibilidad.....	54
2.3.1. Ventajas y desventajas de la primera alternativa.....	55
2.3.2. Ventajas y desventajas de la segunda alternativa.....	55
2.4_ Evaluación cuantitativa y parámetros de evaluación.....	56
2.5_ Selección de la mejor alternativas.....	59
2.6_ Descripción física de la maqueta didáctica.....	59
2.7_ Análisis de funcionamiento	61

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN.....	65
3.1_ Tecnología y maquinaria disponible.....	65
3.2_ Construcción de la estructura.....	66
3.2.1. Datos técnicos de los tejos simples y dobles.....	70
3.2.2. Datos técnicos de la maqueta didáctica.....	71
3.2.3. Cálculos.....	73
3.3_ Elementos y conjuntos de la maqueta.....	77
3.4_ Secuencia de montaje de los componentes.....	78
3.4.1. Instalación de la unidad hidráulica.....	78
3.4.2. Instalación de la unidad de disco.....	78
3.4.3. Remoción de la rueda.....	80
3.4.4. Instalación de los demás componentes.....	83
3.5_ Análisis del montaje de los componentes.....	83
3.6_ Inspección, comprobación de los conjuntos y elementos de la maqueta didáctica.....	87
3.6.1. Ensamble del freno de la unidad hidráulica.....	87
3.6.2. Verificación operacional de la unidad a prueba.....	92
3.6.3. Prueba operacional con la unidad a prueba.....	93
3.6.4. Pierna del tren de aterrizaje principal.....	95
3.6.5. Manómetro de presión hidráulica.....	96
3.6.6. Motor eléctrico trifásico.....	97
3.6.7. Entenalla.....	98
3.6.8. Válvula selectora.....	98

3.6.9. Tambor.....	99
---------------------------	-----------

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	102
4.1_ Pruebas de funcionamiento.....	102
4.2_ Manual de operación.....	103
4.3_ Manual de mantenimiento hidráulico.....	106
4.4_ Manual de mantenimiento eléctrico.....	107
4.3_ Manual de seguridad.....	108

CAPÍTULO V

ESTUDIO ECONÓMICO.....	109
5.1_ Presupuesto.....	109
5.2_ Análisis económico.....	109

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	114
6.1_ Conclusiones.....	114
6.2_ Recomendaciones.....	115
BIBLIOGRAFÍA.....	116

HOJA DE VIDA

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

LISTADO DE FIGURAS

Figura No. 1.1	Envergadura de la aleta canard.....	7
Figura No. 1.2	Longitud y envergadura del ala.....	8
Figura No. 1.3	Altura con combustible interno.....	8
Figura No. 1.4	Depósito del sistema hidráulico No. 1.....	13
Figura No. 1.5	Intercambiador de calor.....	15
Figura No. 1.6	Filtro de retorno del sistema hidráulico No. 1.....	17

Figura No. 1.7	Aviso HYD No. 1.....	18
Figura No. 1.8	Válvula de desconexión del sistema de servicios.....	21
Figura No. 1.9	Sistema hidráulico No. 1.....	27
Figura No. 1.10	Reservorio del sistema hidráulico No. 2.....	29
Figura No. 1.11	Sistema hidráulico No. 2.....	38
Figura No. 1.12	Sistema hidráulico de emergencia.....	43
Figura No. 1.13	Consumidores de los sistemas hidráulicos.....	44
Figura No. 1.14	Manija de frenos de emergencia.....	52
Figura No. 1.15	Diagrama esquemático del sistema de frenos.....	53
Figura No. 2.1	Soporte para la pata del tren.....	59
Figura No. 2.2	Garrucha.....	60
Figura No. 2.3	Válvula distribuidora.....	61
Figura No. 2.4	Unidad de frenado hidráulico.....	61
Figura No. 2.5	Disco de la unidad de freno.....	62
Figura No. 2.6	Tambor del tren principal.....	62
Figura No. 2.7	Motor eléctrico y entenalla.....	63
Figura No. 2.8	Motor eléctrico y tambor acoplados de la banda.....	64
Figura No. 2.9	Vista lateral izquierda de la estructura.....	64
Figura No. 3.1	Departamento de accesorios hidráulicos trenes de aterrizaje.....	65
Figura No. 3.2	Hangar de aviones militares.....	66
Figura No. 3.3	Taladro.....	66
Figura No. 3.4	Moladora.....	67
Figura No. 3.5	Torno.....	67
Figura No. 3.6	Estructura en donde se sujeta la pata del tren y conjunto de frenos	68

Figura No. 3.7	Pintura.....	68
Figura No. 3.8	Vista lateral izquierda de la maqueta.....	69
Figura No. 3.9	Vista posterior de la maqueta.....	69
Figura No. 3.10	Tejo simple.....	70
Figura No. 3.11	Tejo doble.....	71
Figura No. 3.12	Estructura con sus componentes instalados.....	72
Figura No. 3.13	Selección de la banda.....	73
Figura No. 3.14	Instalación de la unidad hidráulica.....	79
Figura No. 3.15	Remoción de la llanta.....	81
Figura No. 3.16	Remoción de la llanta desde el cojinete.....	82
Figura No. 3.17	Instalación del conjunto de frenos entenalla y motor eléctrico.....	83
Figura No. 3.18	Instalación del tambor.....	84
Figura No. 3.19	Inspección de la válvula.....	84
Figura No. 3.20	Instalación de la válvula.....	85
Figura No. 3.21	Acoples y empaques.....	85
Figura No. 3.22	Instalación de la pata del tren, conjunto de frenos tambor y banda	86
Figura No. 3.23	Etapa A de la unidad hidráulica.....	89
Figura No. 3.24	Unidad hidráulica del conjunto de frenos.....	89
Figura No. 3.25	Sección D-D de la unidad hidráulica.....	90
Figura No. 3.26	Instalación del pistón.....	91
Figura No. 3.27	Etapa B de la unidad hidráulica.....	91
Figura No. 3.28	Unidad de disco de freno.....	92
Figura No. 3.29	Unidad de prueba hidráulica.....	94
Figura No. 3.30	Conjunto de frenos.....	95

Figura No. 3.31	Pierna del tren de aterrizaje.....	96
Figura No. 3.32	Manómetro.....	97
Figura No. 3.33	Motor eléctrico trifásico.....	97
Figura No. 3.34	Entenalla.....	98
Figura No. 3.35	Válvula distribuidora.....	98
Figura No. 3.36	Tambor.....	99
Figura No. 3.37	Componentes del tambor.....	99
Figura No. 3.38	Instalación de los componentes del tambor.....	101

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1	Matriz de evaluación	58
Tabla 2.2	Matriz de decisión	58
Tabla 5.1	Lista de costo de materiales de la maqueta didáctica.....	110
Tabla 5.2	Costo de utilización de las máquinas herramientas.....	111
Tabla 5.3	Costo de mano de obra.....	112
Tabla 5.4	Costos de otros gastos.....	112
Tabla 5.5	Costo total de la maqueta didáctica.....	113

ANEXOS

Anexo "A" Plano general.

Anexo "B" Tablas sobre selección de banda.

Anexo "C" Tabla de soldadura.

RESUMEN

La maqueta didáctica que demuestra el frenado de la rueda en operación normal y emergencia del avión K- fir sirve exclusivamente para el aprendizaje de los alumnos de la Carrera de Mecánica.

Toma en cuenta que la enseñanza teórica se complementa con la enseñanza práctica esta maqueta didáctica permite el montaje y desmontaje de sus componentes: la unidad hidráulica, el conjunto de frenos, el tambor y la entenalla.

En vista que la maqueta didáctica está equipada con accesorios reales permite al alumno descubrir destrezas y habilidades que necesita para ser cada vez mejor.

Los componentes se han instalado en una estructura metálica con el fin de demostrar su funcionamiento.

El texto de este proyecto de grado sirve para que los alumnos investiguen sobre las generalidades del avión K- fir también el sistema hidráulico, contiene diagramas hidráulicos tanto del sistema N^o- 1, del sistema N^o- 2 y el sistema de emergencia.

INTRODUCCIÓN

1.1_ Definición del problema.

En el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico no existe una maqueta didáctica para el proceso enseñanza-aprendizaje que realice el frenado de la rueda en operación normal y emergencia del avión k-fir.

a. Justificación.

En vista que en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico se dictan clases de: Trenes de Aterrizaje, Sistemas de Emergencia y Conjunto de Frenos, se observa la necesidad que tienen los alumnos de la Carrera de Mecánica

Motores y Estructuras en aprender sobre el frenado de giro de la rueda del avión K-fir.

La enseñanza teórica se complementa con la enseñanza práctica para la formación integral del profesional en el campo aeronáutico, por lo cual se decide construir una maqueta para el frenado de giro de la rueda en operación normal y emergencia que es necesario implantar en el laboratorio de Sistemas de Aviación ubicado en el Bloque 42 del I.T.S.A. como material didáctico para el proceso enseñanza-aprendizaje, del personal docente, alumnos civiles y militares.

La maqueta del frenado de giro de la rueda en operación normal y emergencia funcionará en conjunto con un banco hidráulico del bloque 42 del I.T.S.A.

Con la elaboración de esta maqueta los alumnos podrán comprender y profundizar los conocimientos teóricos y prácticos del funcionamiento del sistema de frenos en tierra.

1.2_ Objetivos.

a. Objetivo general.

Construir una maqueta didáctica, en la cual se demuestre el funcionamiento del conjunto de frenos de una rueda en operación normal y emergencia del avión K-fir.

b. Objetivos específicos.

- ✓ Analizar el funcionamiento y operación de los frenos del sistema normal.
- ✓ Analizar el funcionamiento y operación de los frenos del sistema de emergencia.
- ✓ Realizar un análisis de elementos y componentes de la maqueta didáctica.
- ✓ Plantear alternativas de construcción de acuerdo a la factibilidad.
- ✓ Construir la alternativa más conveniente de acuerdo a los principios pedagógicos.
- ✓ Elaborar el levantamiento de planos de construcción general.
- ✓ Elaborar manuales de procedimientos de operación y mantenimiento de la maqueta didáctica del avión K-fir.

1.3_ Alcance.

Al realizar este trabajo de construcción de la maqueta didáctica del sistema de frenos en operación normal y emergencia del avión K-fir (excepto el sistema Anti-Skid), se propone demostrar el frenado de giro de la rueda, que va ayudar con el proceso enseñanza-aprendizaje para una mejor comprensión de los alumnos del I.T.S.A. tanto militares como civiles y facilitando al instructor como material didáctico para la explicación de sus clases teóricas como prácticas.

De esta manera el ITSA formará profesionales con mejores conocimientos teóricos y prácticos es decir con conocimientos integrales que la sociedad y el país necesita en el campo aeronáutico.

La maqueta será ubicada en el laboratorio de hidráulica, en el bloque cuarenta y dos y servirá como material didáctico para la Carrera de Mecánica del I.T.S.A.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1_ Características del avión k-fir

El avión K-fir es un caza bombardero monoplaza, impulsado por un motor jet único General Electric J-79-J1E.

1.1.1_ Fuselaje del avión.

El fuselaje es de diseño semi-monocasco, compuesto por 36 cuadernas y un revestimiento que cumple funciones estructurales.

En la parte delantera de la nariz están ubicados el radar y las unidades del sistema integrado de navegación y tiro, como así también los equipos del sistema de comunicaciones.

La cabina de pilotaje está ubicada entre las cuadernas 2 y 10, las que son herméticas y mantienen la presurización de la cabina de pilotaje.

Las tomas de aire están ubicadas a ambos lados del fuselaje, detrás de la cabina de pilotaje, y confiere al motor un amplio rango de operación (velocidad, altitud y ángulo de ataque).

Ambas tomas se emplean en un conducto único de aire, antes de la entrada al motor.

Las superficies Canard están unidas a la parte superior de las tomas de aire del motor y tienen por función mejorar el rendimiento del avión en pronunciados ángulos de ataque.

1.1.2_ Alas

El ala (tipo delta), con su diente de sierra en el borde de ataque, está construida estructuralmente por tres largueros principales, y las cavidades interiores formadas entre los mismos se aprovechan como depósitos de combustible, alojamiento del tren de aterrizaje principal y de los frenos aerodinámicos.

El borde de salida de cada ala está constituido por tres superficies de comando: dos elevones, que trabajan en forma combinada, como timón de

profundidad y alerones, estos actúan solidarios como una superficie única, y el compensador que actúa en profundidad como amortiguador de cabeceo.

1.1.3_ Deriva.

Está ubicada en la parte posterior del fuselaje, y constituida estructuralmente por tres largueros principales; su flecha es de 60°.

La deriva comprende el timón de dirección los sistemas eléctricos e hidráulicos para el accionamiento del timón de dirección y la antena de la radio roja.

1.1.4_ Nariz.

Está unida a la parte delantera del fuselaje del avión y contiene el sistema anemométrico, el radar de telemetría y las unidades del sistema integrado de navegación y tiro y los equipos de comunicaciones.

1.1.5_ Cola

La cola está instalada sobre la parte superior del fuselaje y envuelve el cono de chorro del motor. En la parte superior de la cola está ubicado el conjunto del paracaídas de frenado.

1.1.6_ Dimensiones y pesos.

a. Dimensiones.

Longitud (Tubo Pitot)	15,65 m.
Envergadura del ala	8,22 m.
Envergadura de la aleta Canard	3,73 m.
Altura (con combustible interno, Sin cargas exteriores)	4,55 m.

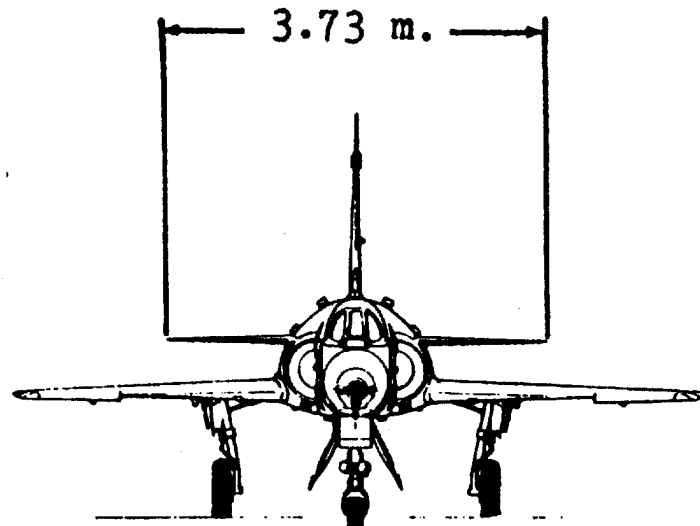


Figura 1.1. Envergadura de la aleta canard

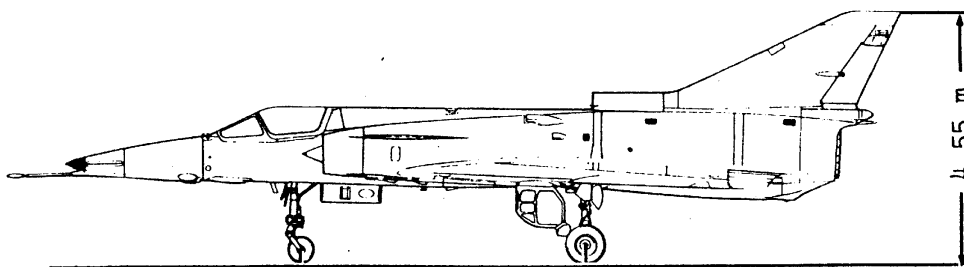


Figura 1.2. Altura con combustible interno

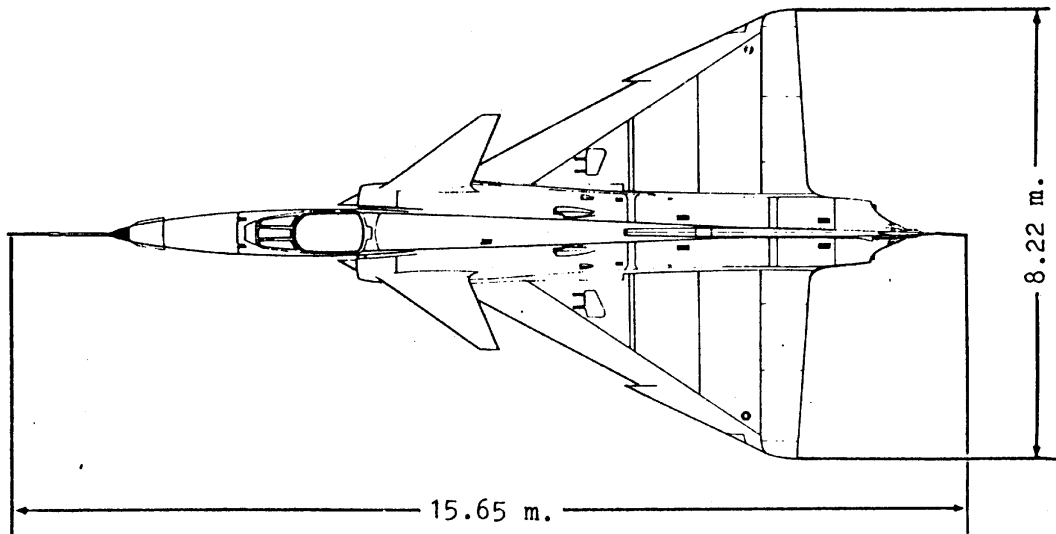


Figura 1.3. Longitud y envergadura de ala

b. Pesos

Avión vacío (sin combustible)	7.750 Kg.
Avión (con combustible interno solamente).	10.450 Kg.
Peso máximo de despegue	14.700 Kg.

1.1.7_ Motor

Es un turborreactor General Electric, modelo J79-J1E, con compresor axial y postquemador.

a. Características del motor.

Empuje estático a régimen de Pleno Gas (Militar)	5.400 Kg.
Empuje estático con Postcombustión Máxima.	8.100 Kg.
Régimen de relantí a 65%	5.000 rpm.
Régimen de Pleno Gas 102%	7.685 rpm.

1.2_ Sistema hidráulico

1.2.1_ Generalidades

El avión tiene tres sistemas hidráulicos:

- ✓ Sistema hidráulico No. 1 principal.
- ✓ Sistema hidráulico No. 2 secundario.
- ✓ Sistema hidráulico de emergencia.

Trabajan en paralelo y se alimentan por presión de bombas hidráulicas accionadas directamente por el motor, y un sistema de emergencia, alimentado por presión de una bomba eléctrica.

1.2.2_ Sistema hidráulico No. 1

Este sistema provee de presión hidráulica a los siguientes consumidores:

- ✓ Cilindros preservo.
- ✓ Elevones.
- ✓ Timón de dirección.
- ✓ Válvula Oscar.

También al sistema de servicios que comprende:

- ✓ Tren de aterrizaje.
- ✓ Frenos.
- ✓ Frenos aerodinámicos.

1.2.3_ Componentes del sistema hidráulico No. 1

1. Depósito

Tiene una capacidad de 18 litros de los cuales cuatro litros se encuentran en un compartimiento separado que sirve como depósito de alimentación del sistema de emergencia.

La carga del depósito se hace a presión, a través de la línea de retorno, pero en caso necesario puede ser cargado a través de la boca de carga ubicada en su parte superior, es decir el llenado se hace por gravedad y por presión en la parte inferior.

El depósito de fluido esta ubicado en el costado izquierdo del alojamiento del motor, entre las cuadernas 23 y 24. El líquido que se utiliza es el MIL-H-5606.

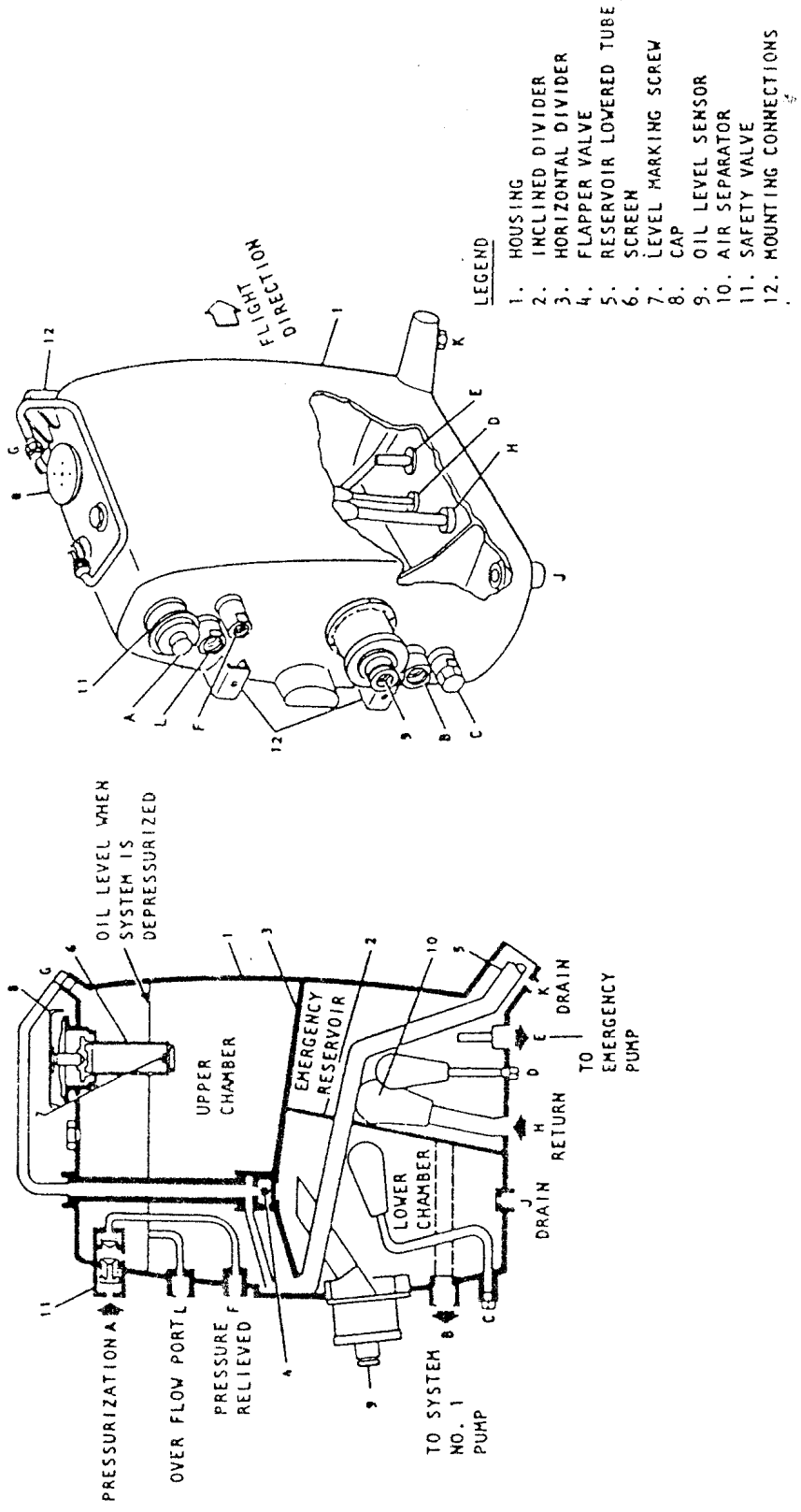


Figura 1.4. Reservorio del sistema hidráulico No.1

2. Válvula de seguridad del depósito

Esta válvula impide que la presión en el depósito sobrepase los 1,75 bar (25,4 psi) y permite la entrada de aire cuando en el interior del depósito se produce una situación de baja presión.

3. Sensor de nivel de fluido

Se acciona por el descenso del nivel de fluido en el depósito por debajo de 10,5 litros provocando el cierre de la válvula de aislamiento del sistema de servicios. Este sensor está instalado en la parte trasera del depósito.

4. Válvula de vaciado del depósito

Esta válvula permite el vaciado del depósito, estando el avión en tierra. La válvula está ubicada debajo del mismo y está conectada con la línea de vaciado. Esta válvula se acciona de forma manual por el personal en tierra.

5. Válvula de vaciado del compartimiento de emergencia del depósito

Esta válvula permite el vaciado del compartimiento de emergencia del depósito de fluido, estando el avión en tierra. Está ubicada debajo del depósito y unida a la línea de vaciado. Esta válvula se acciona manualmente por el personal en tierra.

6. Válvula de desborde

Esta válvula permite evacuar el exceso de fluido durante la carga del depósito y establece así su nivel durante la carga.

La válvula está ubicada debajo del depósito y esta conectada a su línea de desborde. Se acciona manualmente por el personal en tierra.

7. Conexión exterior de succión

Permite acoplar el depósito a una fuente externa de succión. El punto de acoplamiento está ubicado en el costado izquierdo del avión debajo de la raíz del ala al lado de la cuaderna 26A

8. Bomba hidráulica

La bomba está emplazada sobre la caja de accesorios del motor y es de caudal variable. La bomba provee presión a los consumidores del sistema y es accionada directamente por el motor.

➤ Las características generales de la bomba son:

- ✓ Presión máxima suministrada: 207 a 210,5 bar (3000±50 psi).
- ✓ Presión mínima de trabajo: 0,75 bar (8 psi).
- ✓ Rango de temperatura de trabajo: -65°F a +275°F.

➤ Datos técnicos:

- ✓ La bomba trabaja a 3.675 RPM.
- ✓ Es de caudal variable.
- ✓ Posee 7 pistones.
- ✓ Son intercambiables.
- ✓ Líquido de color rojo MIL-H-5606.

9. Intercambiador de calor

El intercambiador enfría el fluido hidráulico que retorna de las bombas, y utiliza para ello el combustible que pasa por su interior, en dirección al motor.

El intercambiador esta ubicado en el costado izquierdo del avión, entre las cuadernas 23 y 24 y está dividido en dos partes:

- Por una circula el fluido proveniente de la línea de retorno de las bombas hidráulicas.

- Por la otra, el fluido que llega desde la unidad de transmisión de velocidad constante (CSD) del generador izquierdo.

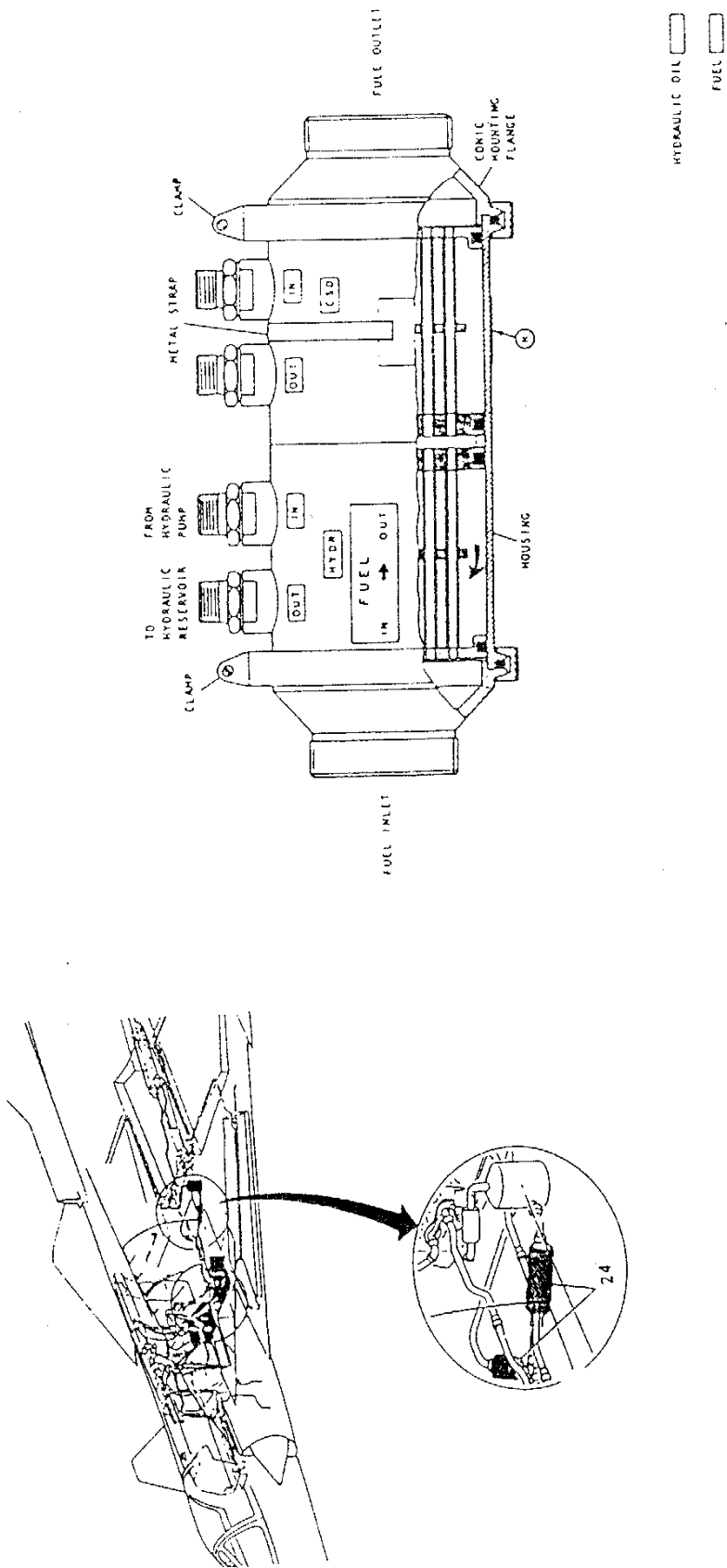


Figura 1.5. Intercambiador de calor

10. Válvula de retención

Tiene por función evitar que el fluido retroceda en dirección a la bomba.

11. Acumulador de amortiguación

Este acumulador asegura el funcionamiento uniforme del sistema, al amortiguar las pulsaciones de presión del fluido provocadas por la bomba. Está presurizado con precarga de 100 bar (1.450 psi). Está ubicado en el costado izquierdo del avión antes de la cuaderna 26A

12. Conexión de presión exterior

Esta permite acoplar una fuente externa de presión. Está ubicado al lado de la conexión exterior de succión.

13. Filtro de presión

Tiene por función proteger el sistema de contaminaciones provenientes de la bomba de fluido o de una fuente externa de presión.

Este puede retener partículas de hasta 15 micrones, y está provisto de un indicador en caso de obturación. Está ubicado en la raíz del ala izquierda al lado del acumulador del sistema No. 1

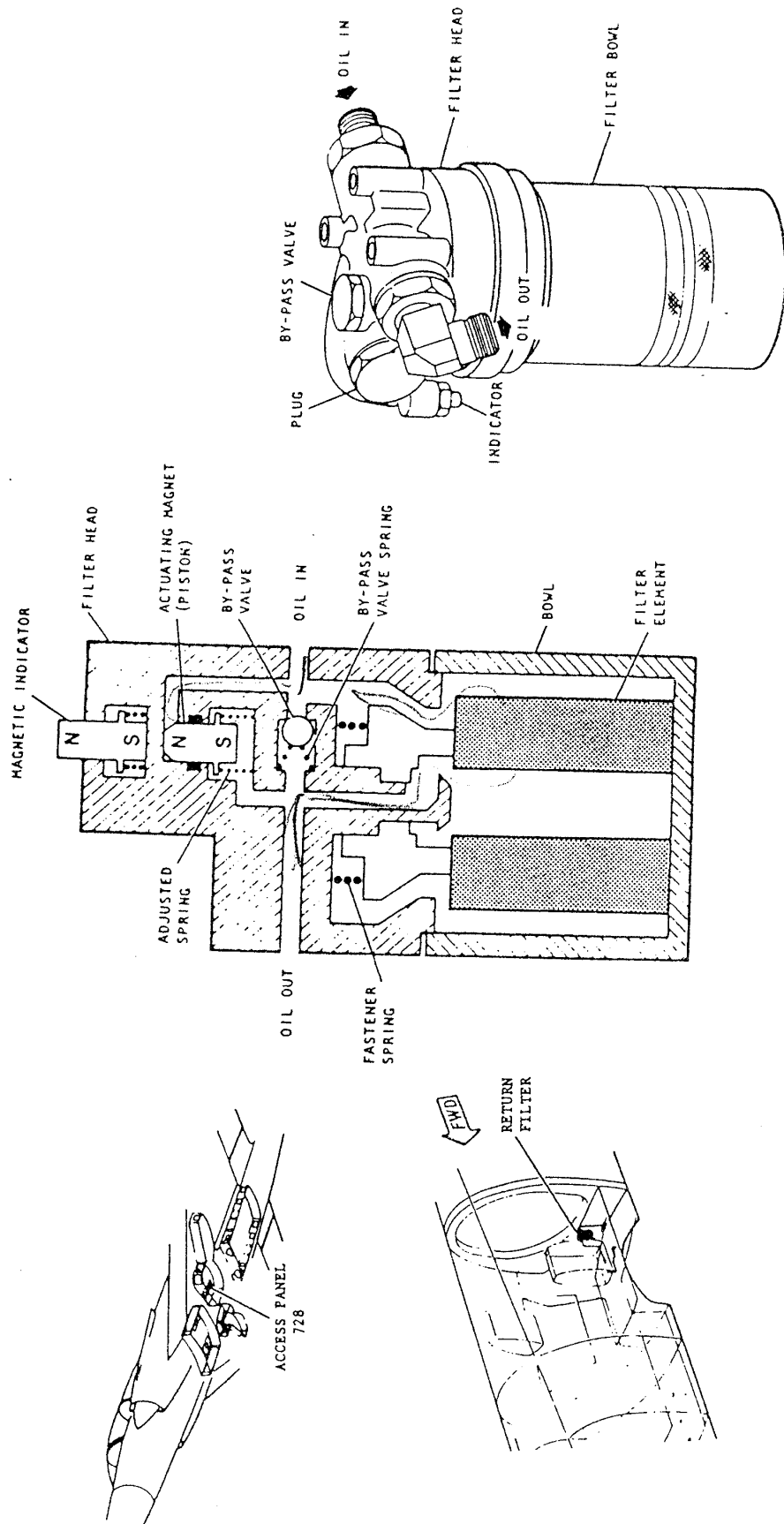


Figura 1.6. Filtro de retorno

14. Válvula mecánica de aislación

Esta válvula permite la desconexión del sistema de servicios del sistema hidráulico No. 1, en caso que sea necesario verificarlo.

Esta válvula se opera solamente cuando el avión esta en tierra y está ubicada al lado de la raíz del ala izquierda.

15. Restrictor

El restrictor protege la llave de presión contra cambios bruscos de presión.

Está ubicado sobre la pared trasera del alojamiento izquierdo del tren de aterrizaje principal.

16. Contactores de presión

Cuando la presión en el sistema baja de los 140 bares (2030psi) se enciende el aviso HYD No 1. La llave apaga el aviso cuando la presión sobrepasa los 165 bar (2392 psi).

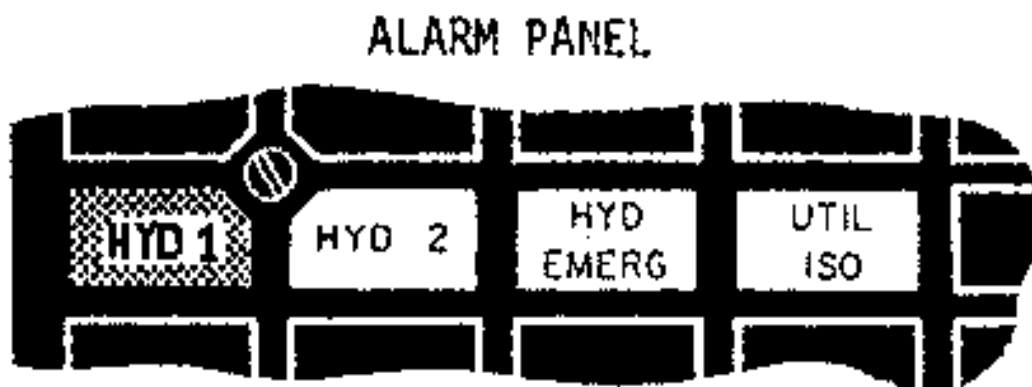


Figura 1.7. Aviso HYD – 1

17. Válvula de retención

Esta válvula impide que el fluido vuelva hacia la bomba. Está montada a la entrada de presión del acumulador del sistema No. 1.

18. Acumulador del sistema No. 1

Este acumulador cumple la función de amortiguador que modera las variaciones de presión y acumula una reserva de fluido, la presión de accionamiento de los consumidores del sistema de servicios.

El acumulador se precarga con nitrógeno a 100 bar (1450 psi), el volumen del líquido hidráulico es de 2.2 litros. El acumulador está ubicado en el alojamiento izquierdo del tren de aterrizaje principal.

19. Transmisor de presión

El transmisor mide la presión en el sistema, después del acumulador del sistema No. 1, y transmite ese valor en forma de señales eléctricas al indicador de cabina de pilotaje. El transmisor está conectado a la línea de presión hidráulica después del acumulador del sistema No. 1 y comprende asimismo un tubo Bourdon y una resistencia variable.

20. Válvula de alivio

Esta válvula permite la descarga de presión excesiva que se acumule por encima de 250 bar (3.625 psi), canalizándola de vuelta al depósito. La válvula está ubicada en el costado izquierdo del avión entre las cuadernas 20 y 21.

21. Válvula de desconexión del sistema de servicios No. 1.

Esta válvula se acciona por una señal eléctrica que se obtiene del sensor del nivel de aceite en el depósito o bien de la llave de comando de la válvula de conexión del sistema de servicios.

El cierre de esta válvula desacopla el sistema de servicios del sistema hidráulico No. 1, y todo el fluido remanente en el depósito es aprovechado entonces para operación solamente del sistema No. 1 esta válvula está ubicada al lado de la válvula mecánica.

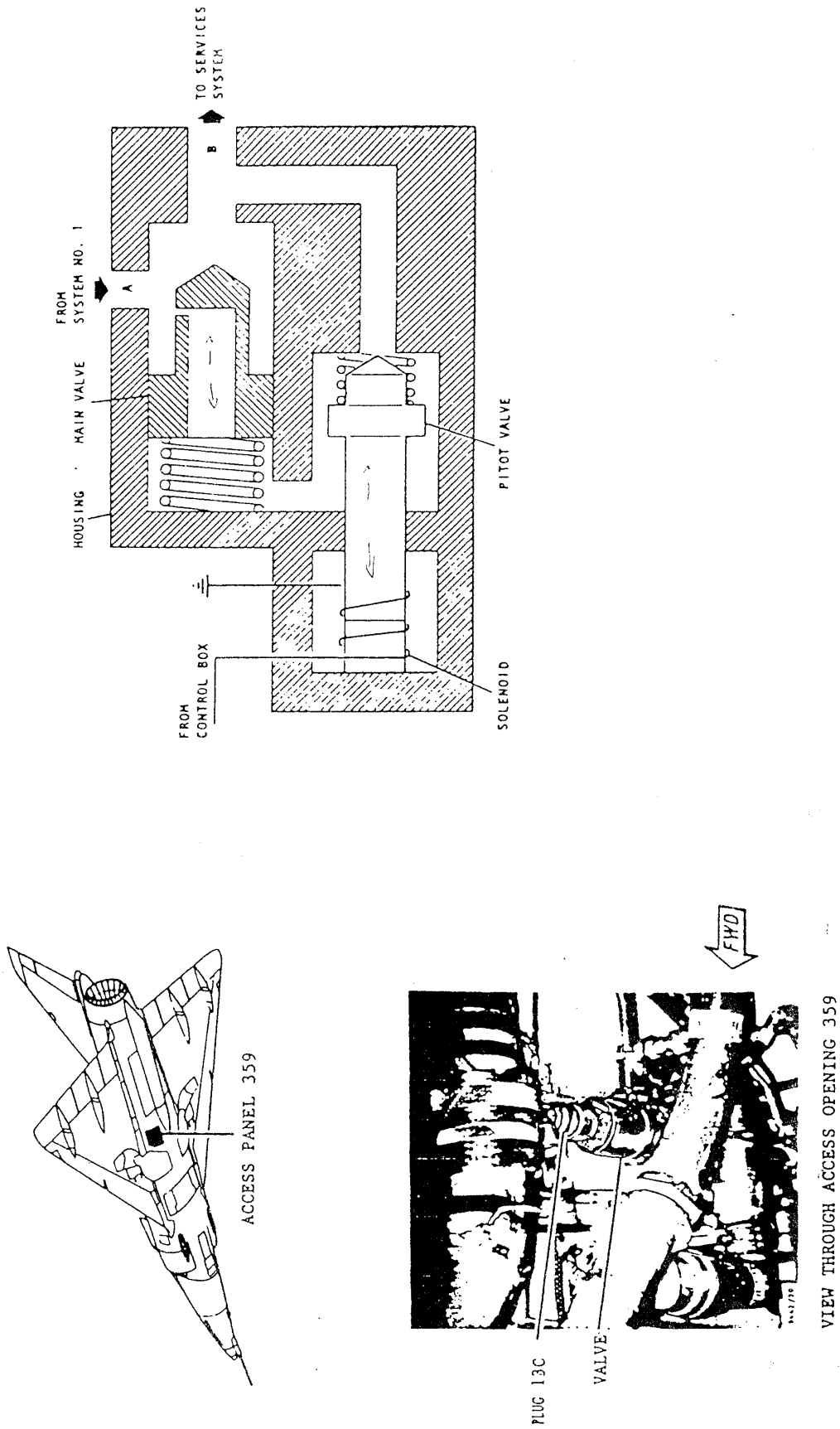


Figura 1.8. Válvula de desconexión del sistema de servicios

22. Llave de comando de la válvula de desconexión de los servicios

Esta llave permite el accionamiento, ya sea manual o automático, de la válvula de aislación. La llave posee tres posiciones y está ubicada en el costado derecho de la cabina de pilotaje.

23. Válvula de retención

Tiene por función impedir que el fluido retorne del sistema de servicios al sistema hidráulico No. 1. Está instalada en la línea de presión antes del tramo que conduce al acumulador del sistema de servicios.

24. Transductor de presión

Este instrumento mide la presión del sistema antes del acumulador del sistema de servicios, y envía los resultados obtenidos, en forma de señales eléctricas, al manómetro doble de la cabina de pilotaje. Este transductor es idéntico al transductor ubicado en la línea de presión del sistema No. 1.

25. Restrictor unidireccional

Este restrictor controla la carga lenta del acumulador del sistema de servicios y permite su descarga rápida. El restrictor se encuentra en la línea de presión que llega al acumulador desde el sistema de servicios.

26. Acumulador del sistema de servicios

Está destinado a moderar las variaciones de presión en la línea, producidas por la acción de la bomba hidráulica, y genera una reserva de fluido para el accionamiento de los consumidores del sistema de servicios.

Este acumulador se precarga con nitrógeno a 100 bar de presión (1.450psi). El volumen del líquido hidráulico contenido es de 2.2 litros, y el acumulador es idéntico en su estructura al acumulador del sistema hidráulico No.1

27. Válvula de retención

Una válvula evita las pulsaciones de la presión que se producen en el sistema de retorno de los elevones, para no afectar al sistema de servicios.

La otra válvula impide el pasaje de fluido a la línea de retorno de la bomba hidráulica cuando el depósito está siendo cargado a presión.

28. Conexión exterior de la carga a presión

La carga del depósito se efectúa a presión a través de esta conexión. La misma está ubicada al lado del filtro del retorno y del depósito del sistema.

29. Filtro de retorno

Se desempeña como filtro principal del sistema, y lo protege de contaminaciones. Tiene la capacidad de filtrado de hasta 3 micrones.

El filtro está provisto con un indicador de obturación, para caso que se obture, y una válvula de derivación.

Está ubicado en el costado izquierdo del fuselaje, entre las cuadernas 24 y 25.

1.2.4_ Funcionamiento del sistema hidráulico No. 1

El sistema No.1 suministra presión hidráulica a sus consumidores:

- ✓ Cilindros preservo.
- ✓ Elevones.
- ✓ Timón de dirección.
- ✓ Válvula Oscar.

También al sistema de servicios que comprende:

- Tren de aterrizaje.
- Frenos.
- Frenos aerodinámicos

Durante el funcionamiento normal del sistema, la bomba succiona el fluido del depósito y eleva su presión a 207 hasta 210,5 bar (3.000±50 psi). El fluido excedente sirve para enfriamiento y lubricación de la bomba. Durante el funcionamiento del sistema , el fluido que vuelve al depósito pasa a través de un intercambiador de calor, donde se enfría cediendo su calor al combustible de alimentación al motor.

Desde la bomba de presión el fluido pasa al acumulador de amortiguación, dotado de una válvula de retención en la boca de entrada del fluido. Este acumulador, precargado con una presión de 100 bar, tiene por función amortiguar las pulsaciones producidas por el funcionamiento de la válvula. Desde el acumulador el fluido pasa a través de un filtro hacia la válvula de aislación mecánica, bifurcándose allí en dos líneas: la línea de servicios y la línea del sistema hidráulico No. 1.

En la línea del sistema No. 1, el fluido fluye a través de una válvula de retención hacia el acumulador de amortiguación de dicho sistema, provista a su entrada, con una llave de presión y a su salida, con un transmisor de presión.

La llave de presión está conectada eléctricamente al aviso HYD – 1 del tablero de avisos de la cabina. Este aviso se enciende cuando la presión en la línea baja a 140 bar (2050 psi), y se apaga nuevamente cuando la presión vuelve a subir por encima de 165 bar (2392 psi).

Las variaciones momentáneas de presión quedan neutralizadas por acción del restrictor ubicado en la línea de presión antes de la llave).

El transmisor de presión envía una señal eléctrica indicando la presión del sistema al cuadrante izquierdo del manómetro doble en la cabina de pilotaje (cuando la llave de indicación se encuentra en posición HYD).

La descarga de la presión de este sistema se realiza mediante una válvula de alivio que deja escapar toda presión superior a 250 bar (3625 psi) hacia la línea de retorno del sistema.

En la línea del sistema de servicios, el fluido fluye a través de la válvula de aislación de este sistema, que en situación normal está abierta, y cuya función es desacoplar el sistema de servicios del sistema hidráulico No. 1 en caso que la cantidad de fluido en el depósito No. 1 baja de 10,5 litros (2,5 galones).

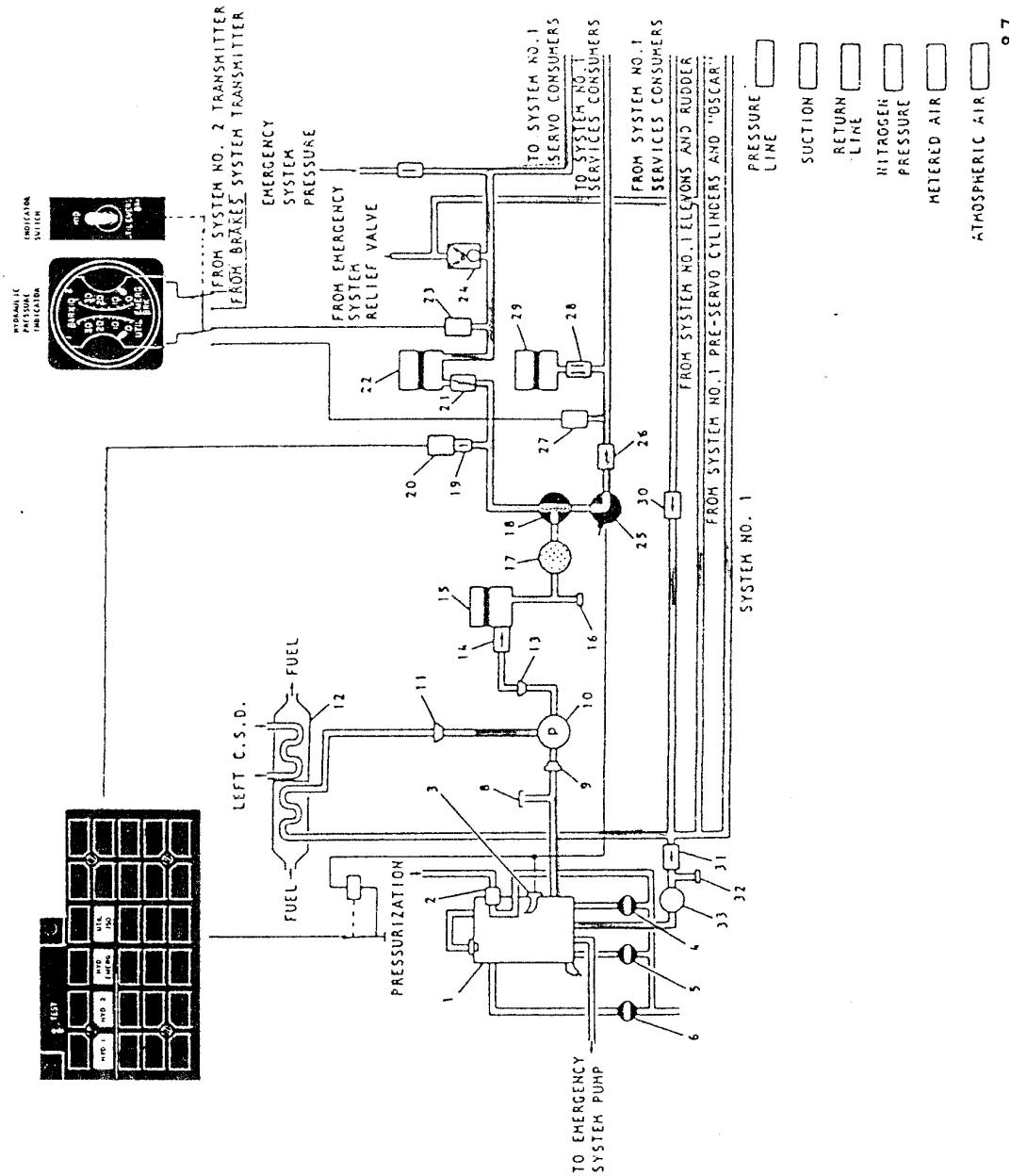
El cierre de esta válvula va acompañado por el encendido del aviso UTIL ISO en el tablero de avisos. Desde la válvula de aislación del sistema de servicios el fluido circula hacia el transductor de presión, que está conectado al manómetro doble (cuando la llave de indicación se encuentra en posición UTIL).

El acumulador del sistema de servicios está provisto de un restrictor unidireccional que permite la carga lenta del acumulador y su vaciado rápido en caso de caída de la presión en el sistema de servicios.

Desde el acumulador, el fluido se dirige a los distintos consumidores del sistema de servicios (frenos, tren de aterrizaje y frenos aerodinámicos).

La línea de retorno del sistema hidráulico No. 1 está constituida por el empalme de tres líneas, a saber: línea de los consumidores del sistema de servicios (provista de una válvula unidireccional para evitar las pulsaciones de presión); línea proveniente de los elevones y el timón de dirección y la tercera línea, proveniente de los cilindros preservo y la válvula Oscar.

La línea de retorno está provista a su vez de una válvula de retención que impide la penetración de fluido a la bomba, mientras el sistema está siendo cargado bajo presión.



- LEGEND
1. RESERVOIR
 2. RESERVOIR SAFETY VALVE
 3. OIL LEVEL SENSOR
 4. OIL DRAIN VALVE FROM NO. 1 SYSTEM CHAMBER
 5. OIL DRAIN VALVE FROM EMERGENCY CHAMBER
 6. OVER FLOW DRAIN
 7. DELETED
 8. SUCTION EXTERNAL CONNECTION
 9. QUICK DISCONNECT
 10. OIL PUMP
 11. QUICK DISCONNECT
 12. COOLER
 13. QUICK DISCONNECT
 14. CHECK VALVE
 15. DAMPER
 16. EXTERNAL PRESSURE CONNECTION
 17. PRESSURE FILTER
 18. SERVICES ISOLATION VALVE
 19. TWO WAYS RESTRICTOR
 20. PRESSURE SWITCH
 21. CHECK VALVE
 22. SERVO SYSTEM ACCUMULATOR
 23. PRESSURE TRANSMITTER
 24. RELIEF VALVE
 25. SERVICES SYSTEM DISCONNECTION VALVE
 26. CHECK VALVE
 27. PRESSURE TRANSMITTER
 28. TWO-WAY RESTRICTOR
 29. SERVICES SYSTEM ACCUMULATOR
 30. CHECK VALVE
 31. CHECK VALVE
 32. PRESSURE OIL REFILL EXTERNAL CONNECTION
 33. RETURN FILTER

Figura 1.9. Sistema hidráulico No. 1

1.2.5_ Sistema hidráulico No. 2

El sistema hidráulico No. 2 suministra presión hidráulica a los siguientes consumidores:

- ✓ Cilindros preservos (a través de la válvula de alimentación doble).
- ✓ Elevones (junto con el sistema No. 1).
- ✓ Timón de dirección (junto con el sistema No. 1).
- ✓ Compensadores.
- ✓ Válvula oscar.

Este sistema sirve también como sistema de emergencia para extensión del tren de aterrizaje, en caso de falla del sistema No.1.

1.2.6_ Componentes del sistema hidráulico No. 2

1. Depósito de fluido

Es un depósito con capacidad de 13 litros de fluido, presurizado en forma controlada con aire comprimido, regulado por una válvula de seguridad.

Este depósito está ubicado en el costado derecho del compartimiento del motor, entre las cuadernas 23 y 24.

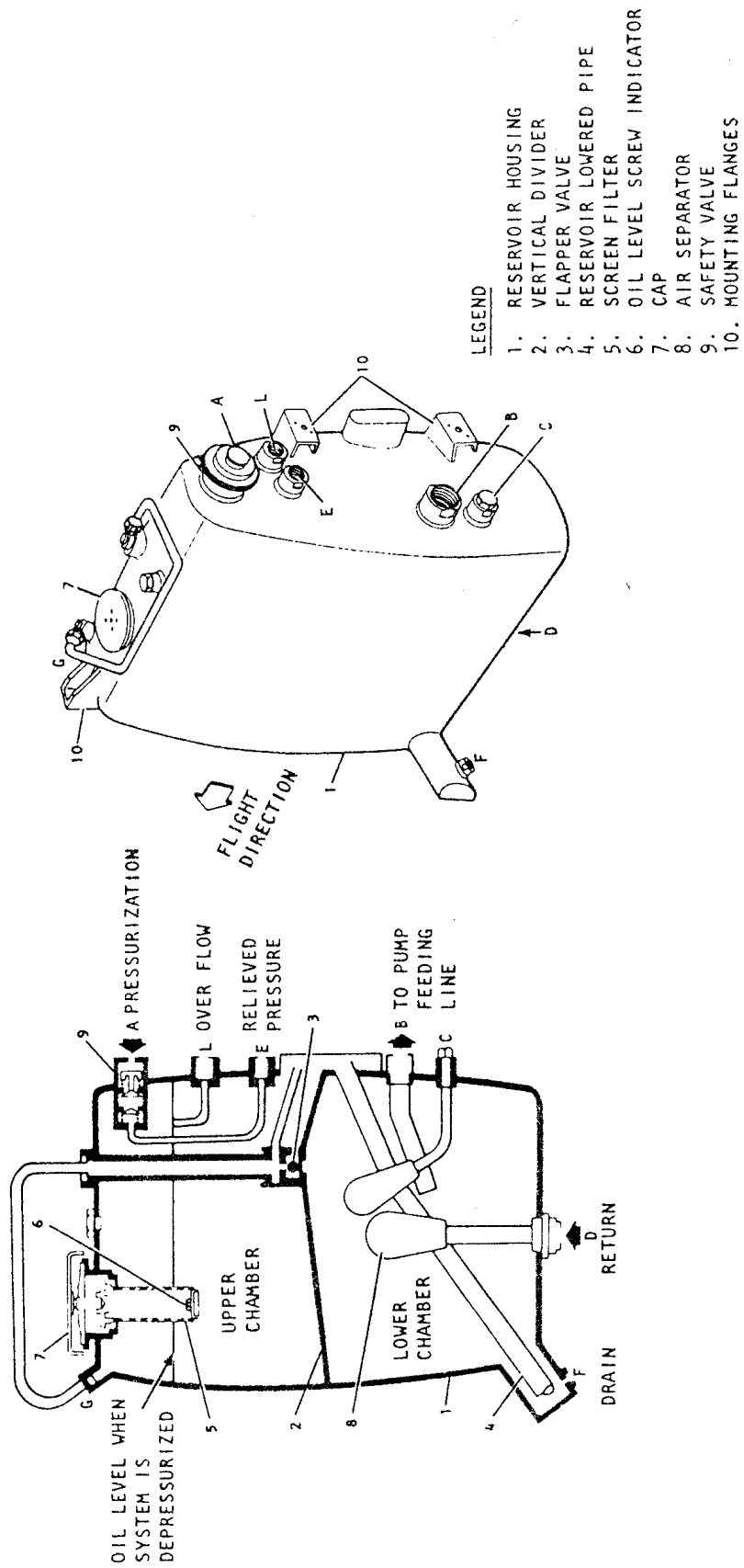


Figura 1.10. Reservorio del sistema hidráulico No.2

2. Válvula de seguridad del depósito

Evita que la presión del aire en el depósito supere 1,75 bar (25,4 psi) y permite la entrada de aire exterior cuando cae excesivamente la presión en el depósito.

3. Válvula de vaciado del depósito

Esta válvula permite el vaciado del depósito estando el avión en tierra.

Está ubicada en la parte inferior del depósito y está conectada a la línea de vaciado. Se acciona manualmente por el personal en tierra.

4. Válvula de desborde

Esta válvula permite drenar del depósito el exceso de fluido y determina así su nivel durante el procedimiento de carga.

Está ubicada en la parte inferior del depósito y está conectada a la línea de desborde del mismo. Se opera manualmente por el personal en tierra.

5. Conexión exterior de succión

Esta conexión permite acoplar el depósito a una fuente exterior de bombeo, la conexión está ubicada sobre el costado derecho del avión, debajo de la raíz del ala, al lado de la cuaderna 26A

6. Bomba hidráulica

Esta bomba de caudal variable, es accionada directamente por el motor y suministra presión de 196 a 210,5 bar (2840 – 3050 psi). La bomba está montada sobre la caja de accesorios del motor.

➤ Datos técnicos:

- ✓ La bomba trabaja a 3.675 RPM.
- ✓ Es de caudal variable.
- ✓ Posee 7 pistones.
- ✓ Son intercambiables.
- ✓ Líquido de color rojo MIL-H-5606

7. Intercambiador de calor

Este intercambiador enfría el fluido hidráulico que retorna de la bomba, utilizando para ello el combustible que circula en su interior. El intercambiador está instalado en el costado izquierdo del avión entre las cuadernas 23 y 24, y está dividido a su vez en dos secciones:

Por una sección circula el fluido hidráulico proveniente de la línea de retorno a la bomba y por la otra sección, el aceite que llega desde la unidad de transmisión de velocidad constante (CSD) del generador derecho.

8. Válvula de retención

La función de esta válvula es impedir que el fluido retorne a la bomba.

9. Acumulador de amortiguación

Este acumulador tiene por función asegurar el funcionamiento uniforme del sistema, amortiguando las pulsaciones del fluido provocadas por el trabajo de la bomba.

Este acumulador tiene una precarga de nitrógeno a 100 bar de presión (1450psi), y está ubicado en el costado derecho del avión, antes de la cuaderna 26.

10. Conexión exterior de presión

Esta conexión permite el acoplamiento a una fuente externa de presión, está ubicada al lado de la conexión exterior de succión.

11. Filtro de presión

El filtro protege el sistema de contaminaciones provenientes de la bomba hidráulica o de la fuente externa de presión.

Este elemento retiene partículas de hasta 15 micrones, y está provisto con un indicador de obturación, para el caso de taponamiento.

El filtro de presión está ubicado en la raíz del ala derecha, al lado del acumulador del sistema No. 2.

12. Restrictor

El restrictor protege la llave de presión contra variaciones bruscas de presión. Esta ubicado sobre la pared trasera del alojamiento izquierdo del tren de aterrizaje principal.

13. Llave de presión

Esta llave enciende el aviso HYD-2 en la cabina de pilotaje, y acciona la bocina de advertencia sonora en los auriculares del piloto, cuando la presión del sistema baja a menos de 140 bar (2030 psi). La llave apaga el aviso y silencia la bocina cuando la presión aumenta nuevamente por encima de 165 bar (2392 psi).

14. Válvula de retención

Esta válvula impide el retorno del fluido hacia la bomba. Está instalada en la entrada de presión del acumulador del sistema No. 2.

15. Acumulador del sistema No. 2

Esta destinado a amortiguar las variaciones de presión y constituye una reserva de fluido a presión para el accionamiento de los consumidores del sistema de servicios.

Este acumulador se precarga con nitrógeno a 100 bar de presión (1450 psi), el volumen del liquido hidráulico requerido es de 2,2 litros. El acumulador de amortiguación está ubicado en el alojamiento derecho del tren de aterrizaje principal.

16. Transmisor de presión

Este instrumento mide la presión en el sistema, después del acumulador del sistema No. 2, y transmite esos valores en forma de señal eléctrica, al manómetro correspondiente en la cabina de pilotaje.

El transmisor está conectado a la línea de presión hidráulica, después del acumulador del sistema No. 2, y comprende también un tubo Bourdon y una resistencia variable.

17. Válvula de alivio

Esta válvula tiene por función descargar el exceso de presión (por encima de 250 bar – 3625 psi) de vuelta al depósito de fluido. La válvula está ubicada en el costado derecho del avión, entre las cuadernas 20 y 21.

18. Filtro de la línea de emergencia al tren de aterrizaje

Tiene por objeto impedir el paso de contaminación al sistema del tren de aterrizaje, en caso de extensión del tren en emergencia, el filtro está ubicado en el alojamiento izquierdo del tren de aterrizaje principal, al lado del fuselaje.

19. Válvula de retención

Tiene por función impedir el paso de fluido a la línea de retorno de la bomba durante la carga a presión del depósito, esta válvula está instalada en la línea general de retorno, después del punto de empalme de las líneas de retorno de los consumidores y de la bomba misma a dicha línea colectora general.

20. Conexión exterior para carga a presión

Esta conexión está ubicada al lado de las conexiones exteriores para succión y presión. Su función es permitir la carga a presión del depósito del sistema mediante una fuente exterior de presión.

21. Filtro de retorno

Se desempeña como filtro principal del sistema, y lo protege de contaminaciones. Este filtro tiene capacidad para retener partículas de hasta 3 micrones, y está provisto de un indicador de obturación para el caso que se tapone, y una válvula de derivación.

El filtro está ubicado sobre el costado izquierdo del fuselaje del avión, entre las cuadernas 24 y 25.

1.2.7_ Funcionamiento del sistema hidráulico No. 2

El sistema hidráulico No. 2 suministra presión hidráulica a sus distintos consumidores.

- ✓ Cilindros preservos.
- ✓ Elevones.
- ✓ Timón de dirección.
- ✓ Compensadores.
- ✓ Válvula oscar.

Este sistema sirve también como sistema de emergencia para extensión del tren de aterrizaje, en caso de fallar el sistema No.1.

En operación normal, la bomba succiona fluido del depósito y lo entrega a presión de 207 a 210,5 bar (3.000±50 psi). Los excedentes del fluido sirven para lubricar y enfriar la bomba misma. Durante el funcionamiento del sistema, el fluido que vuelve al depósito pasa a través del intercambiador de calor, que es enfriado mediante combustible que fluye hacia el motor.

Desde la bomba de presión, el fluido pasa al acumulador de amortiguación, que posee una válvula de retención a la entrada del mismo. Este acumulador de amortiguación se precarga con una presión de nitrógeno de 100 bar, y modera las pulsaciones resultantes del trabajo de la bomba. Desde el acumulador, el fluido pasa por el filtro y por la válvula de retención hacia el acumulador del sistema No.2. La línea que se une al acumulador de amortiguación conduce fluido a presión, a través del filtro, hacia la línea de extensión en emergencia del tren de aterrizaje.

La llave de presión, ubicada en la línea antes del acumulador, está unida eléctricamente al aviso HYD – 2 del tablero de avisos en la cabina de pilotaje, y a la bocina de advertencia.

Este aviso se enciende cuando la presión en el sistema baja de 140 bar (2030 psi) y la llave vuelve a apagarlo cuando la presión supera nuevamente los 165 bar (2392 psi). Las variaciones momentáneas de presión quedan neutralizadas por acción del restrictor ubicado en la línea de presión antes de la llave.

El transmisor de presión del sistema No. 2 está ubicado en la línea de presión después del acumulador, y emite una señal eléctrica indicando la presión medida, que aparece indicada en el cuadrante derecho del manómetro doble de la cabina de pilotaje (estando la llave de indicación en posición HYD).

La descarga de presión de esta línea se efectúa mediante la válvula de alivio, que descarga el exceso por encima de 250 bar(3625 psi) hacia la línea de retorno del sistema.

Esta línea de retorno de la válvula de alivio está conectada a la línea de retorno que llega desde los distintos consumidores del sistema, la que se empalma, junto con la línea de retorno de la bomba, a la línea colectora principal por la que fluye el fluido, a través de una válvula de retención y el filtro al depósito de fluido.

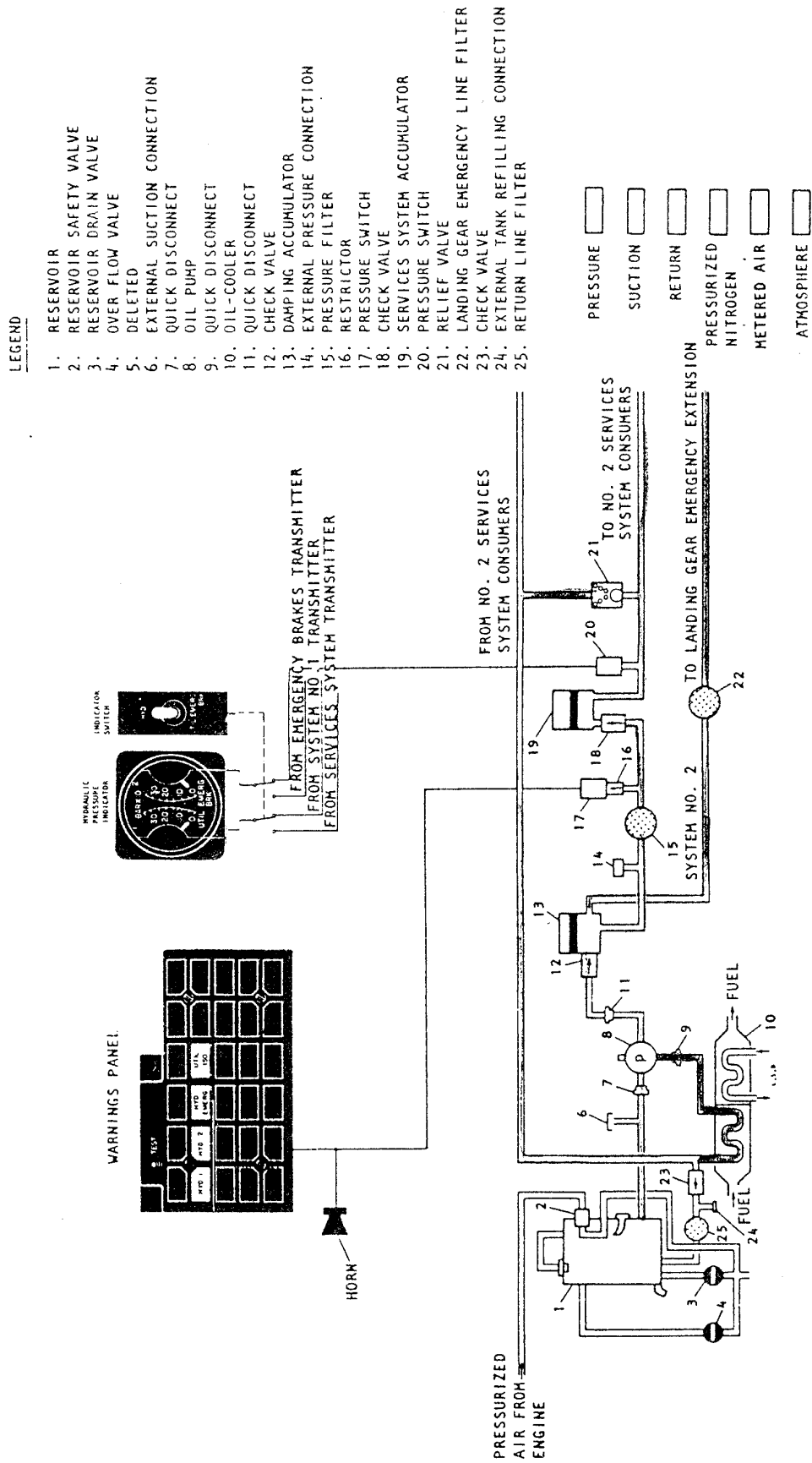


Figura 1.11. Sistema hidráulico No. 2

1.2.8_ Sistema hidráulico de emergencia

El sistema de emergencia provee presión hidráulica a los consumidores del sistema de servicios:

- ✓ Elevones.
- ✓ Timón de dirección.
- ✓ Válvula oscar.
- ✓ Cilindros preservo.

Cuando la presión del sistema No. 1 baja a menos de 122 bar del valor mínimo aceptable y además sirve para hacer comprobaciones en tierra.

1.2.9_ Componentes del sistema hidráulico de emergencia

1. Bomba de emergencia

La bomba de emergencia posee un caudal constante de 6 litros por minuto (aproximadamente 1,6 gal/min.) y es accionada por un motor eléctrico.

La bomba genera una presión de 150 bar (2175 psi) y está ubicada en la raíz del ala izquierda, al lado del cilindro accionador de los frenos aerodinámicos y del filtro de la línea de suministro del sistema de emergencia.

2. Motor eléctrico.

Su función es accionar la bomba hidráulica de emergencia, y está gobernado por la llave de presión hidráulica.

3. Filtro de presión.

Este filtro protege al sistema de presión contra posibles contaminaciones de fluido; ya sea provenientes de la bomba hidráulica o de la fuente externa de presión. Este filtro retiene toda partícula mayor de 15 micrones, y está provisto de un indicador de obturación para el caso que se tapone, Está ubicado en la raíz del ala izquierda.

4. Válvula de retención

Está destinada a impedir el retorno del fluido a la bomba hidráulica.

5. Acumulador del sistema de emergencia

Está destinado a amortiguar las pulsaciones del fluido, producidas por el funcionamiento de la bomba, y las variaciones de presión en el sistema; permite así el correcto funcionamiento de la bomba en el rango de operación de la llave de presión hidráulica.

El acumulador se precarga con presión de nitrógeno a 75 bar (1087,5 psi), este acumulador está ubicado en la parte delantera del avión, detrás del alojamiento del tren de aterrizaje de nariz.

6. Llave de presión hidráulica

Acciona eléctricamente el motor de la bomba hidráulica de fluido, cuando la presión en el sistema de emergencia baja de 122 bar (1769 psi), e interrumpe se funcionamiento cuando la misma vuelve a aumentar por encima de 147 bar (2130 psi).

7. Llave de presión

Esta llave enciende el aviso HYD EMERG de la cabina de pilotaje y acciona también la bocina en los auriculares del piloto, cuando la presión en el sistema de emergencia disminuye por debajo de 90 bar (1305 psi) y los apaga cuando la presión aumenta por encima de 115 bar (1667,5 psi).

8. Válvula de alivio

Está destinada a descargar la presión excesiva cuando supera 180 bar (2610 psi), dirigiéndola hacia la línea de retorno del sistema No. 1.

9. Válvula de retención

Esta válvula separa el sistema de emergencia del sistema No. 1, impidiendo la entrada de presión del sistema No. 1 al sistema de emergencia.

La válvula permite el paso de fluido del sistema de emergencia al sistema No. 1, cuando la presión en el sistema No.1 desciende por debajo de la presión reinante en el sistema de emergencia. La válvula está instalada en la línea de salida de fluido hacia los consumidores del sistema No. 1.

1.2.10_ Funcionamiento del sistema hidráulico de emergencia

La bomba de emergencia succiona fluido del compartimiento de emergencia en el depósito de fluido del sistema No.1, y lo envía a presión a través del filtro de presión y la válvula de retención hacia el acumulador. Desde el acumulador el fluido circula hacia los distintos consumidores del sistema No.1.

La llave hidroeléctrica de presión, ubicada en la línea de presión después del acumulador, controla la operación del motor eléctrico de la bomba. La llave acciona el mismo cuando la presión en el sistema de emergencia desciende por debajo de 122 bar (1769 psi). Una llave adicional de presión, instalada en la línea de presión después del acumulador, está conectada eléctricamente al aviso HYD EMERG en el tablero de avisos de la cabina de pilotaje, y a la bocina.

Esta llave enciende el aviso cuando la presión del sistema de emergencia disminuye por debajo de 90 bar (1305 psi) y la apaga cuando la presión vuelve a aumentar por encima de 115 bar (1667,5 psi).

La válvula de alivio, ubicada en la línea de presión después del acumulador del sistema de emergencia, permite la descarga de presión excesiva (por encima de 180 bar – 2610 psi) dirigiéndola a la línea de retorno del sistema No. 1.

La válvula de retención ubicada en la línea hacia los consumidores del sistema No.1, permite el pasaje de fluido desde el sistema No.1 cuando la presión del sistema No.1 baja de 147 bar (2.130 psi); esta válvula evita el pasaje de fluido a presión del sistema No.1 al sistema de emergencia en operación normal.

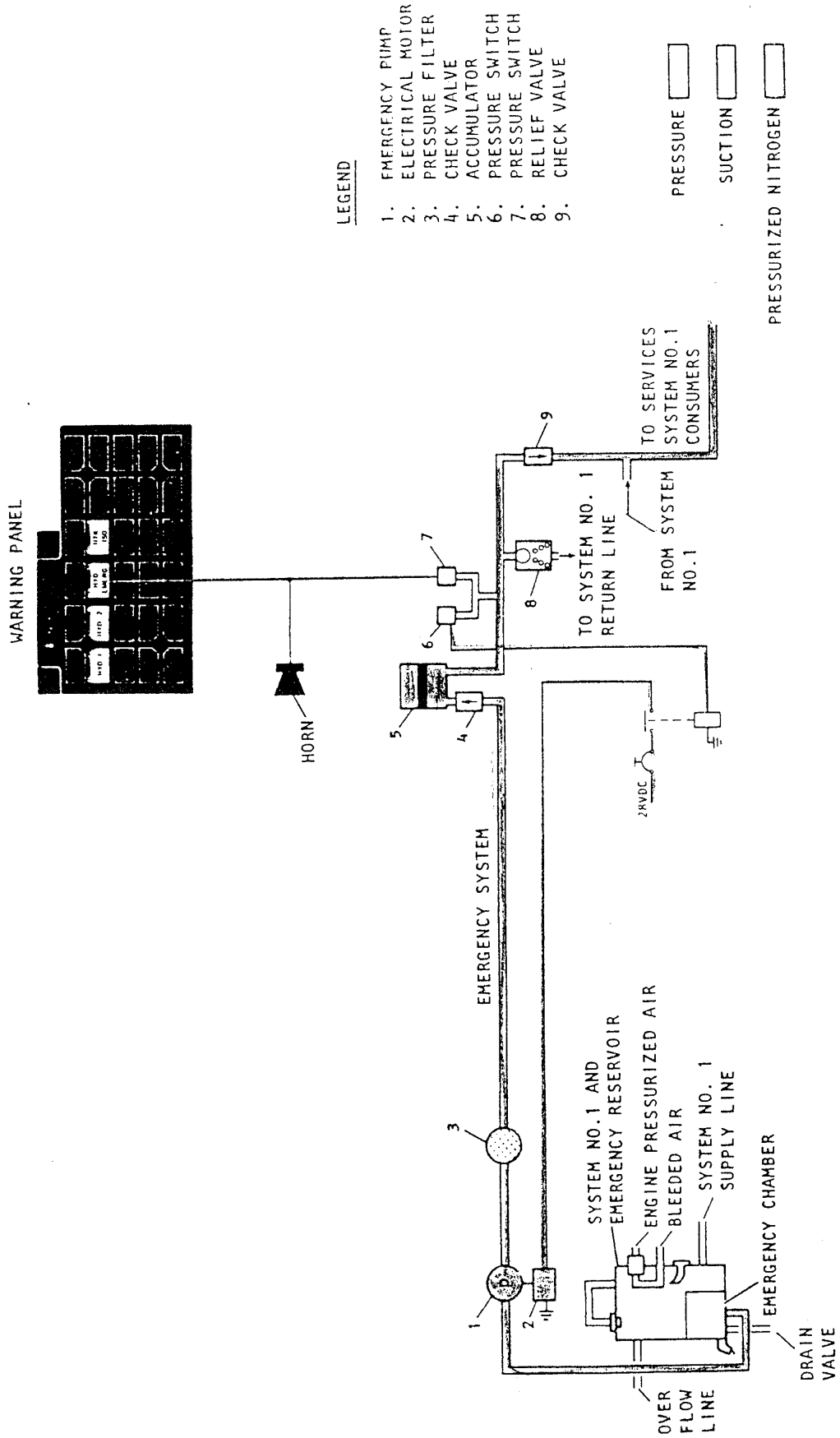


Figura 1.12. Sistema hidráulico de emergencia

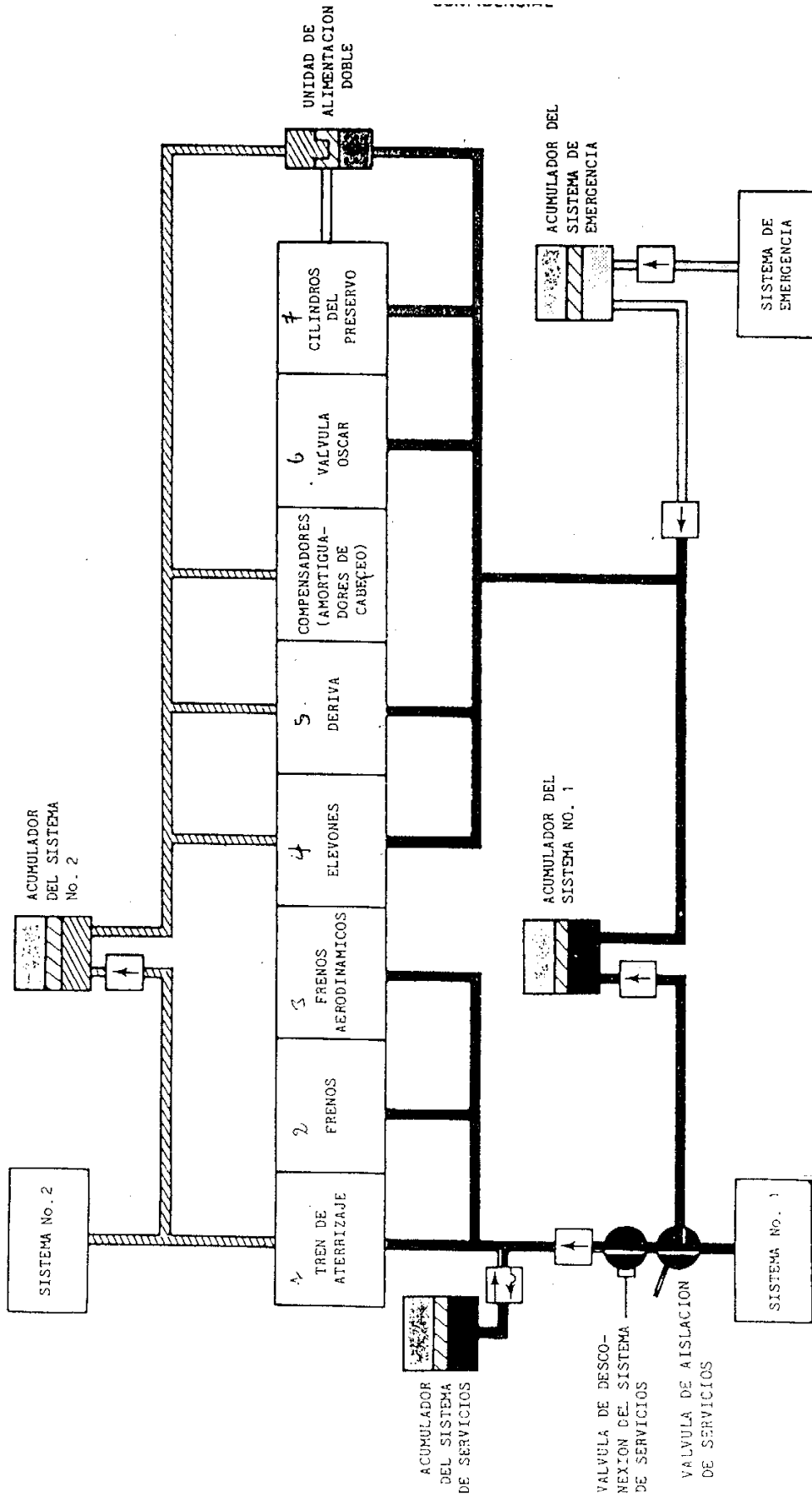


FIGURA 12-1. CONSUMIDORES DE LOS SISTEMAS HIDRAULICOS

Figura 1.13. Consumidores de los sistemas hidráulicos

1.3_ Sistema del tren de aterrizaje

1.3.1_ Generalidades

El sistema del tren de aterrizaje comprende tres unidades: El tren de aterrizaje principal (derecha e izquierda), ubicadas en las alas, y el tren de aterrizaje de nariz, ubicado en la parte delantera inferior del fuselaje.

1.3.2_ Componentes principales del tren de aterrizaje.

1. Amortiguadores de tipo óleo neumático.
2. Ruedas principales montadas sobre semihorquillas del tren de aterrizaje principal, provistas de frenos hidráulicos de disco con un sistema automático de compensación del desgaste.

Cada rueda está compuesta por una llanta y un neumático sin cámara, ambas ruedas, izquierda y derecha son idénticas y por lo tanto intercambiables.

La rueda comprende la masa, compuesta por dos medias llantas unidas por seis bulones (capas) y un neumático sin cámara.

3. Rueda de nariz montada dentro de una horquilla completa y unida al sistema fijador de dirección (ANTI – SHIMMY), cuya función es neutralizar las desviaciones laterales de la rueda hacia los costados.
4. Los neumáticos son de tipo sin cámara.

- c. El sistema de frenos comprende los sub-sistemas siguientes:
 - 1. Sistema de frenado normal.
 - 2. Sistema de frenado de emergencia.

El sistema de frenos recibe presión del sistema hidráulico No. 1. El gobierno del piloto sobre el sistema de freno se realiza mediante los pedales o mediante la manija de accionamiento de emergencia.

1.4_ Sistema de frenos.

1.4.1_ Frenos

Cada rueda principal incluye un freno, montado sobre el eje de la misma. Los frenos, derecho e izquierdo, son idénticos e intercambiables.

El freno comprende tres discos móviles (rotores) y cuatro discos fijos (estatores), y están provistos de un mecanismo automático de compensación de desgaste, de tipo Tulipe.

Los frenos son accionados por el piloto utilizando los pedales, o mediante la manija de frenos de emergencia, según el caso.

1.4.2_ Funciones del sistema de frenos

- a)** Frenar el avión, con presión normal o incrementada.
- b)** Detener el avión en forma controlada para evitar el patinaje de los neumáticos sobre la pista.
- c)** Frenado automático del giro de las ruedas durante el repliegue del tren de aterrizaje.
- d)** Frenado de emergencia del avión cuando no funciona el sistema hidráulico N°-1.
- e)** Accionamiento de los frenos de estacionamiento.
- f)** Ayuda con el freno para el viraje del avión en la pista o carreteo.

El sistema se divide en dos sub-sistemas:

- 1.** Sistema cerrado de comando, entre el pedal y la válvula de control de potencia.
- 2.** Sistema de frenos, entre la válvula de control de potencia a los frenos, en combinación con el sistema Anti-Skid.

1.4.3_ Operación del sistema de frenos.

El piloto gobierna el pasaje de presión de fluido del sistema N°. 1 a los frenos a través de la válvula de regulación de potencia, utilizando para ello los pedales y los sistemas de control en la cabina de pilotaje.

Cuando se aprieta uno de los pedales, o ambos al mismo tiempo, el cilindro de comando envía fluido hacia la válvula de control de potencia, la que abre el pasaje de fluido del sistema N°. 1 a la unidad de frenado.

El sistema posee dos etapas de frenado máximo, establecidas por el acelerador y son :

- **Primera etapa:**

Calaje del acelerador entre corte y 85% de rpm. Un selector eléctrico de sobre presión limita la apertura del pasaje desde la válvula de control de potencia al freno, manteniéndolo en 53 ± 5 bar, es decir de 0 bar – a 58 bar

- **Segunda etapa:**

Calaje del acelerador de más del 85% de rpm. En esta posición, se activa un micro interruptor ubicado en el interior del acelerador que desacopla en forma eléctrica el tope mecánico del selector eléctrico de sobre presión, y permite el pasaje de presión doble del frenado hacia el freno de 105 ± 5 bar.

La entrada de la segunda etapa se percibe en forma de un ligero hundimiento en los pedales.

El acumulador del sistema N°. 1 permite 25 operaciones completas de los pedales cuando la presión en el mismo es de 210 bar, y la presión en el sistema hidráulico N°. 1 es igual a cero.

1.4.4_ Sistema ANTI-SKID

(sistema antideslizante)

El sistema Anti-Skid esta destinado a suministrar al avión capacidad de desaceleración máxima durante el frenado evitando al mismo tiempo el peligro de estallido de los neumáticos y reduciendo su desgaste.

Un efecto secundario del sistema es impedir el aterrizaje estando los frenos aplicados. El sistema Anti-Skid descarga presión de frenado durante el deslizamiento de los neumáticos sobre la pista. El sistema se alimenta de la barra DC1-1 y esta comandado por la llave **ANTI-SKID** de la cabina de pilotaje.

El funcionamiento del sistema se controla en forma automática mediante tres interruptores de accionamiento, según se indica a continuación:

Llave de desaceleración: componente principal del sistema. Está ubicada en el eje de la rueda, y actúa por efecto de la desaceleración. La llave se conecta y acciona el sistema antideslizante cuando se desarrolla una desaceleración excesivamente alta de la rueda (patinaje).

Llave centrifugal: censa la velocidad de giro de la rueda. La llave se conecta y activa el sistema antideslizante únicamente por debajo de 600 rpm de la rueda.

Llave de amortiguador: se conecta y activa el sistema cuando el amortiguador está extendido. La llave del amortiguador está conectada en serie con la llave centrifugal.

1.4.5_ Sistema de frenado de emergencia.

El sistema de frenado de emergencia opera con presión del sistema de servicios o del acumulador de frenos de emergencia. El sistema entra en funcionamiento en caso de desperfecto en el sistema normal de frenado o desperfecto en el sistema hidráulico N°. 1.

Halando la manija de frenos de emergencia, que actúa estáticamente contra la resistencia de un resorte, permite el pasaje de presión del acumulador de frenos de emergencia, simultáneamente a ambos.

La presión de frenado que se obtiene es proporcional a la carrera de halado de la manija, y alcanza presión máxima de 105 ± 5 bar.

La operación de frenado en emergencia se realiza sin intervención del sistema Anti-Skid. El halado repentino y enérgico de la manija puede hacer estallar los neumáticos durante el aterrizaje.

El acumulador de frenos de emergencia se mantiene cargado con presión mientras haya presión en el sistema de servicios, y luego de la caída de presión en el sistema de servicios, mientras no se accione el sistema de frenado en emergencia.

Estando el acumulador cargado con presión hidráulica, se puede efectuar cinco operaciones completas de accionamiento del sistema de emergencia.

Halando la manija de frenado de emergencia hasta la mitad de su recorrido, girándola 90° hacia la izquierda y soltándola, se permite el pasaje de presión del acumulador de los frenos de emergencia a ambos frenos simultáneamente, asegurándose así el estacionamiento seguro del avión.

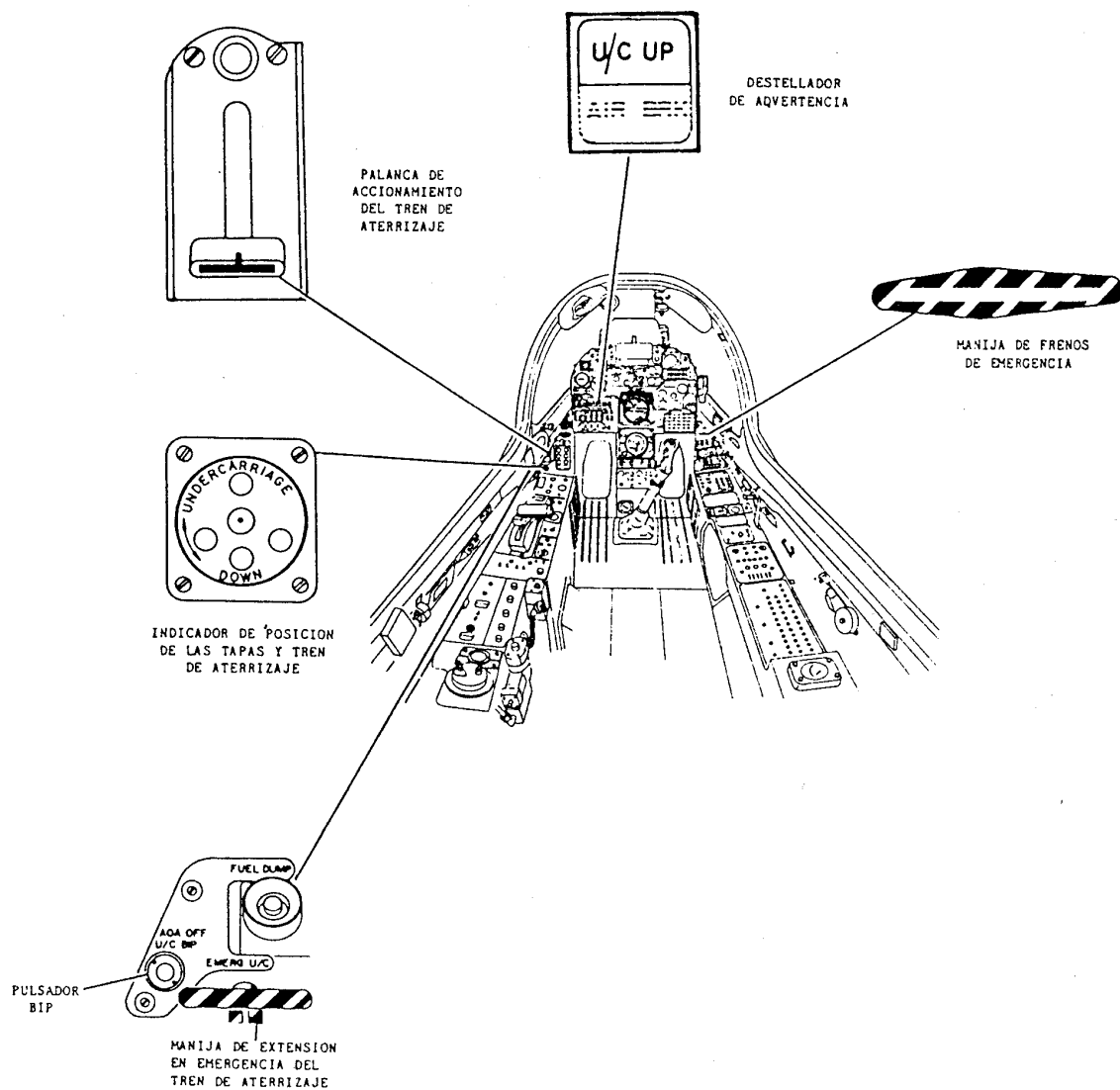
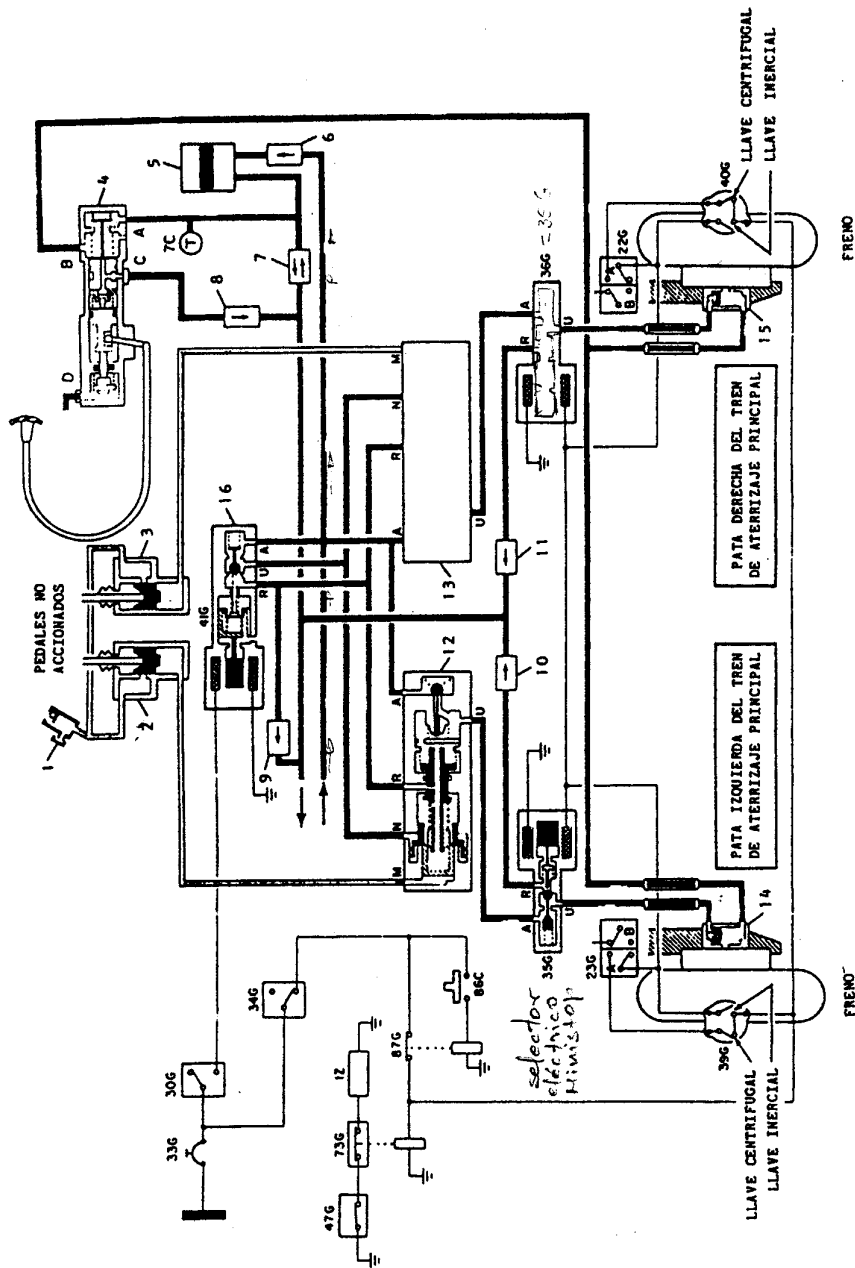


Figura 1.14. Manija de frenos de emergencia



LEYENDA:

1. VALVULA DE VENTILACION
2. TRANSDUCTOR DE FREMADO
3. TRANSDUCTOR DE FREMADO
4. VALVULA DE CONTROL DE POTENCIA EN EMERGENCIA
5. ACUMULADOR DE EMERGENCIA
6. VALVULA DE RETENCION
7. VALVULA DE ALIVIO
8. VALVULA DE RETENCION
9. VALVULA DE RETENCION
10. VALVULA DE RETENCION
11. VALVULA IZQUIERDA DE CONTROL DE POTENCIA
12. VALVULA DERECHA DE CONTROL DE POTENCIA
13. VALVULA DE DOS VIAS
14. VALVULA DE DOS VIAS
15. VALVULA DE DOS VIAS

- 396 SELECTOR ELECTRICO MINISTOP
 36G SELECTOR ELECTRICO MINISTOP
 41G SELECTOR ELECTRICO DE SOBREPRESION

LINEA DEL SISTEMA DE COMANDO

LINEA DE PRESION DEL SISTEMA NO. 1

LINEA DE RETORNO DEL SISTEMA NO. 1

Figura 1.15. Diagrama esquemático del sistema de frenos

CAPÍTULO II

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

2.1_ Estudio y análisis de alternativas

En este capítulo se realiza un análisis minucioso para escoger la alternativa conveniente, se tomará en cuenta distintos parámetros de comparación que se observará más adelante.

2.2_ Planteamiento de las alternativas

Dentro de las alternativas que se han escogido se tienen las siguientes:

- A escala en materiales alternativos.
- Escala 1:1 elementos reales.

2.3_ Estudio de factibilidad.

Tomando en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas para determinar la mejor opción y así poder analizar los requerimientos técnicos de la misma.

Con el fin de construir la alternativa seleccionada en la cual se demuestre el funcionamiento del conjunto de frenos de una rueda en operación normal y emergencia del avión K-fir.

2.3.1_ Primera alternativa

A escala en materiales alternativos.

Ventajas:

- ✓ La construcción de su estructura no es compleja.
- ✓ El mantenimiento se lo puede realizar sin mayor percance.
- ✓ Su costo es menor.

Desventajas:

- ✓ No permitirá una buena comprensión para el estudiante.
- ✓ La capacidad de rendimiento será menor.
- ✓ No permitirá el montaje y desmontaje de sus componentes.
- ✓ Su dimensión es menor.

2.3.2_ Segunda alternativa

Escala 1:1 elementos reales.

Ventajas:

- ✓ Se pueden hacer practicas reales.
- ✓ Su dimensión es mayor.
- ✓ Permitirá mayor comprensión al estudiante para la demostración del sistema de frenos en tierra.
- ✓ Se puede visualizar componentes reales.
- ✓ Permitirá el montaje y desmontaje del conjunto de frenos, tambor y unidad hidráulica.

Desventajas:

- ✓ Su costo es elevado.
- ✓ La manipulación inadecuada puede causar accidentes.
- ✓ El mantenimiento es mucho más meticuloso.

2.4_ Evaluación cuantitativa y parámetros de evaluación.

Una de las necesidades de los alumnos en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (Carrera de Mecánica Motores y Estructuras) es la de aprender sobre el frenado de giro de la rueda del avión K-fir.

Razón por la cual para la construcción de esta maqueta didáctica se tomó en cuenta las siguientes alternativas:

- Construcción a escala.
- Representación real.

Para la construcción de esta maqueta didáctica se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

a. Facilidad de Manejo

Permite el uso de la maqueta didáctica con gran facilidad, una vez que se conozcan los diferentes elementos y componentes.

b. Tamaño de la Maqueta.

Mediante la observación se permite una mayor comprensión por la demostración del sistema de frenos en tierra del avión K-fir.

c. Capacidad de Rendimiento

Se estudia la capacidad de rendimiento que se obtendrá al demostrar el frenado de la rueda.

d. Mantenimiento

Para mantener un óptimo funcionamiento de la maqueta didáctica se estudiará la disponibilidad de los posibles repuestos.

e. Fiabilidad

Este parámetro es sumamente importante ya que evalúa satisfactoriamente el funcionamiento de las alternativas planteadas.

f. Materiales

Este parámetro es muy importante ya que se encarga de la facilidad de adquisición de cada uno de los materiales y componentes, para la debida construcción de la maqueta didáctica.

g. Costos

Este parámetro es sumamente importante de este depende mucho la selección de la alternativa. Los siguientes componentes no han sido cotizados: la pierna del tren de aterrizaje, el conjunto de frenos y el tambor ya que son material de instrucción de la FAE, estos elementos están dados de baja ya sea por horas de vuelo o fisuras en su estructura.

Tabla No. 2.1. Matriz de Evaluación.

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	FACTOR DE PONDERACIÓN X	ALTERNATIVAS	
		(1) x Xi	(2) x Xi
Facilidad de Manejo	0.8	0.7	0.8
Tamaño de la Maqueta	0.6	0.4	0.6
Capacidad de Rendimiento	0.8	0.5	0.8
Mantenimiento	0.7	0.7	0.5
Fiabilidad	0.7	0.6	0.7
Materiales	0.8	0.6	0.8
Costos	0.9	0.9	0.6

Tabla No. 2.2. Matriz de Decisión

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	FACTOR DE PONDERACIÓN X	ALTERNATIVAS	
		(1) x Xi	(2) x Xi
Facilidad de Manejo	0.8	0.56	0.64
Tamaño de la Maqueta	0.6	0.24	0.36
Capacidad de Rendimiento	0.8	0.40	0.64
Mantenimiento	0.7	0.49	0.35
Fiabilidad	0.7	0.42	0.49
Materiales	0.8	0.48	0.64
Costos	0.9	0.81	0.54
TOTAL		3.40	3.66

2.5_ Selección de la mejor alternativa

Una vez realizado el estudio de la evaluación cualitativa se determina que la segunda alternativa (Escala 1:1 elementos reales), presenta las mejores condiciones para la construcción de una maqueta didáctica, en la cual se demuestra el funcionamiento del conjunto de frenos en operación normal y emergencia del avión K-fir, puesto que puede ser utilizada por el instructor como material didáctico para la explicación de sus clases.

2.6_ Descripción Física de la Maqueta Didáctica

Se ha elaborado una estructura metálica con la finalidad de sujetar la pata del tren principal del avión K-fir, y a un tambor con su respectivo conjunto de frenos.



Figura 2.1. Soporte para la pata del tren ,conjunto de frenos y tambor

Un motor eléctrico que tendrá como objetivo impulsar al tambor por medio de una banda, se ha puesto una entenalla para mover al motor eléctrico con el objetivo de templar la banda. En la base de la estructura se encuentran cuatro garruchas giratorias para el movimiento de la estructura.



Figura 2.2. Garrucha

La estructura posee cuatro platinas un par inclinadas a 45 grados y el otro par inclinadas a 60 grados que sirven para soporte del tren y conjunto de frenos.

La estructura posee una platina que se encuentra moldeada al diámetro de la pata del tren de aterrizaje, esta misma tienen como objetivo sujetar la pata del tren. En la parte superior se ha puesto una válvula de dos posiciones.



Figura 2.3. Válvula distribuidora

2.7_ Análisis de Funcionamiento

La maqueta está compuesta de: una pierna, conjunto de frenos, válvula de dos posiciones, un manómetro que mide la entrada de presión al conjunto de frenos, en este se encuentran los discos rotores y estatores también encontramos un tambor

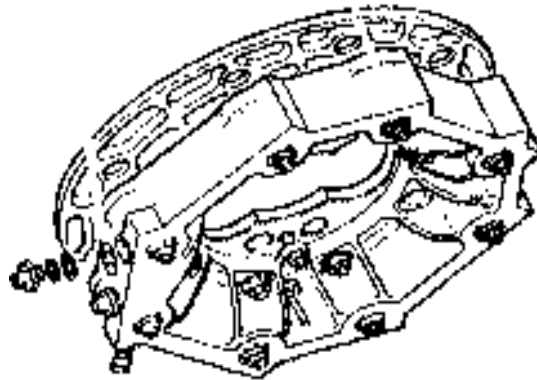


Figura 2.4. Unidad de frenado hidráulico

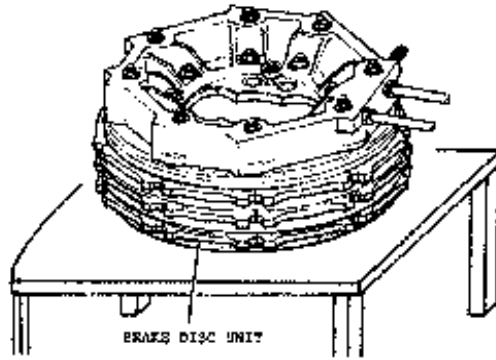


Figura 2.5. Disco de la unidad de freno

Estos componentes demuestran el funcionamiento normal de operación del conjunto de frenos del tren de aterrizaje del avión.

El motor eléctrico por medio de una banda se acopla al tambor y éste provee las revoluciones necesarias que el tambor necesita como impulso para aplicar el frenado (Sistema de frenado normal y emergencia) por medio de presión hidráulica que se obtendrá de un banco hidráulico.



Figura 2.6. Tambor del tren principal



Figura 2.7. Motor eléctrico y entenalla

El sistema de frenado normal es operado con presión normal o incrementada presión del sistema No. 1, presión del sistema de emergencia, la cual será proveída por el mismo banco hidráulico con la diferencia que va hacer selectada por diferentes vías que llegan al conjunto de frenos.

El sistema de frenado de emergencia entra a funcionar cuando hay un desperfecto en el sistema hidráulico No.1 selectando otra posición de la válvula.



Figura 2.8. Motor eléctrico y tambor acoplados por la banda



Figura 2.9. Vista lateral izquierda de la estructura

CAPITULO III

CONSTRUCCIÓN

3.1_ Tecnología y maquinaria disponible

Para la construcción de la estructura se utiliza la maquinaria del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico que se encuentra ubicado en el bloque 42 (Laboratorio de Mecánica Básica).

En el mismo Laboratorio también se procedió al montaje de los componentes de la maqueta didáctica.

Para verificar que los componentes de la maqueta didáctica se encuentren operativos se utiliza los bancos hidráulicos del Ala de Investigación y Desarrollo No. 12 de la FAE en Latacunga.



Figura 3.1. Departamento de Accesorios Hidráulicos, Trenes de Aterrizaje



Figura 3.2. Hangar de aviones militares

3.2_ Construcción de la estructura

Posteriormente se presentan fotografías de los trabajos realizados para la construcción de la estructura en donde se instalaron los componentes ya mencionados anteriormente.



Figura 3.3. Taladro



Figura 3.4. Moladora



Figura 3.5. Torno



Figura 3.6. Estructura en donde se sujeta la pata del tren y conjunto de frenos



Figura 3.7. Pintura



Figura 3.8. Vista lateral izquierda de la maqueta



Figura 3.9 Vista posterior de la maqueta

3.2.1_ Datos técnicos de los tejos simples y dobles

- Al 25% de uso el tejo estator simple es de 2,4 mm y 3 mm para los tejos estatores dobles, los discos rotores 10,5 mm.
- Remplace la unidad de disco completa cuando el tejo estator simple mida 0,8 mm y 1 mm para los tejos estatores dobles.
- El peso de cada disco rotor es de 4,3 Kg.
- La medida de un tejo simple es de 9,9 mm y 16,8 mm el tejo doble, el disco rotor mide 13 mm nuevo.
- El disco rotor es de acero fundido con hierro.
- Los tejos son hechos de dos material resistente (Asbesto) y (hierro fundido)



Figura 3.10. Tejo simple

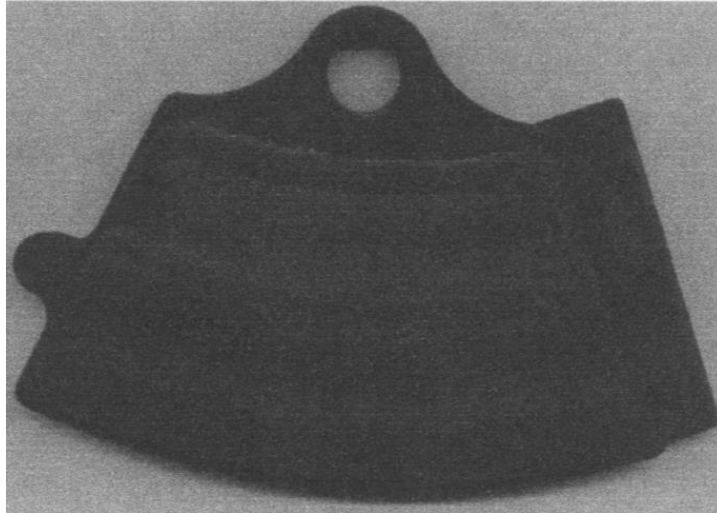


Figura 3.11. Tejo doble

3.2.2_ Datos técnicos de la maqueta didáctica

- Peso de la pierna del tren de aterrizaje es de 24Kg.
- Peso del conjunto de frenos 40 Kg.
- Peso del tambor 19 Kg.
- Peso del motor 17 Kg.
- Peso de la válvula y cañerías 3Kg.
- Peso de la estructura 52 Kg.
- Peso total de la estructura 155 Kg.



Figura 3.12 Estructura con sus componentes instalados

3.2.3_ Cálculos

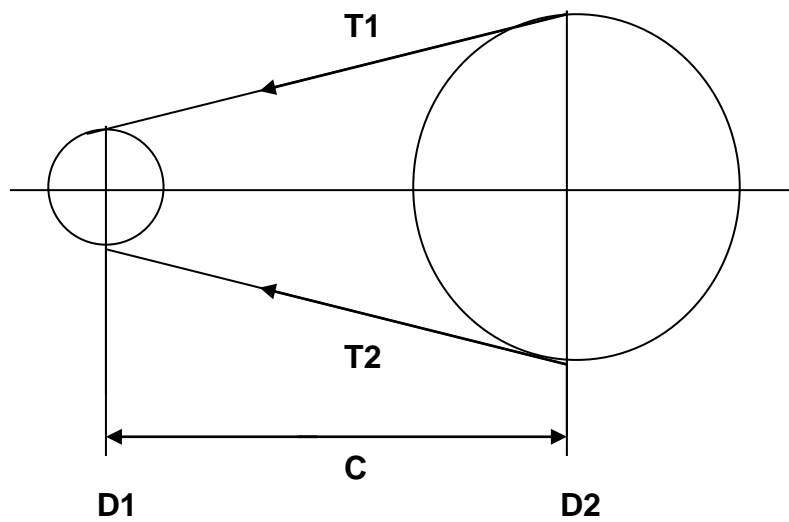


Figura 3.13. Selección de banda

$$T_1 > T_2$$

$$T_1 = T_2 \times e^{(f\theta)} \quad (3.1)$$

T_1 = lado tenso (tensión) (Kgf)

T_2 = tensión del lado flojo (Kgf)

f = coeficiente de fricción; $f = 0,4$

La potencia del motor es 2 Hp y esta transmitida por la banda.

$$H = (T_1 - T_2) \times \frac{v}{102} \quad (3.2)$$

H = potencia (Kw)

V = velocidad lineal (m/s)

$$T_2 = T_1 - 102 \times \frac{H}{V} \quad (3.3)$$

$$T1 = \frac{102 \times H \times e^{(f\theta)}}{v(e^{(f\theta)} - 1)} \quad (3.4)$$

$$v = \omega \times r \quad (3.5)$$

$$v = 3.400 \frac{\text{rev.}}{\text{min.}} \times 2,5 \text{ cm} \left| \frac{1 \text{ min.}}{60 \text{ seg.}} \right| \frac{2 \pi \text{ rad.}}{1 \text{ rev.}} \left| \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right| = 8,9 \text{ m/seg.}$$

$$1 \text{ HP} = 0,746 \text{ Kw.} \longrightarrow 2 \text{ HP} \left| \frac{0,746 \text{ Kw.}}{1 \text{ Hp.}} \right| = 1,49 \text{ Kw.}$$

Ángulo de contacto.

$$\theta = \pi \pm \text{arc Sen } \frac{R - r}{C} \approx \pi \pm \frac{D2 - D1}{C} \quad (3.6)$$

θ = ángulo de contacto.

D2 = Ø mayor.

D1 = Ø menor.

C = distancia entre ejes.

Ángulo de contacto en el tambor

$$\theta_t = \pi + \frac{D2 - D1}{C}$$

$$\theta_t = \pi + \frac{(0,37 - 0,05) \text{ m.}}{0,58 \text{ m.}}$$

$$\theta_t = \pi + 0,55 = 3,69 \text{ rad.}$$

$$\theta_t = 3,69 \text{ rad.} \left| \frac{360^\circ}{2\pi \text{ rad.}} \right| = 211,52^\circ$$

Ángulo de contacto en la polea

$$\theta_p = \pi - \frac{D_2 - D_1}{C}$$

$$\theta_p = \pi - \frac{(0,37 - 0,35) \text{ m.}}{0,58 \text{ m}}$$

$$\theta_p = \pi - 0,55 \text{ rad.} = 2,59 \text{ rad.}$$

$$\theta_p = 2,59 \text{ rad.} \left| \frac{360^\circ}{2\pi \text{ rad.}} \right. = 148,47^\circ$$

El cálculo se realiza en la polea.

$$T_1 = \frac{102 \times H \times e^{(f\theta)}}{v(e^{(f\theta)} - 1)}$$

$$T_1 = \frac{102 \times 1,49 \text{ Kw.} \times 2,7172^{(0,4 \times 2,59 \text{ rad.})}}{8,9 \text{ m/seg.} (2,7172^{(0,4 \times 2,59 \text{ rad.})} - 1)} = 26,49 \text{ N} \rightarrow 2,70 \text{ Kgf.}$$

$$T_2 = \frac{T_1}{e^{(f\theta)}} = \frac{26,713 \text{ N}}{2,7172^{(0,4 \times 2,59 \text{ rad.})}} = 9,48 \text{ N} \rightarrow 0,966 \text{ Kgf.}$$

Selección de la banda.

- Factor de servicio de sobre carga.- Se selecciona para maquinaria impulsada con choque ligero $K_s = 1,06$ (Anexo B)
- Potencia de diseño.-
 $P_d = 2 \text{ HP}$
- Tipo de banda .- Común S.I. para servicio pesado, sección transversal 13C.
Norma = Ansi/Rma – 1p – 20 – 1977.
- Distancia entre centros:
 $C = 580 \text{ mm.}$
- Ángulo de contacto mayor: $\theta_t = 3,69 \text{ rad.}$
- Ángulo de contacto menor: $\theta_p = 2,59 \text{ rad.}$

- Longitud de paso.

$$L_p = \sqrt{4C^2 - (D_2 - D_1)^2} + \frac{1}{2} (D_1 \theta_p + D_2 \theta_t) \quad (3.7)$$

$$L_p = 1.862,38 \text{ mm.}$$

- Perímetro interior:

$$L = \frac{L_p}{1,06} \quad (3.8)$$

$$L = 1.756,97 \text{ mm.}$$

- Longitud normal.- el tamaño más próximo recae en la banda 13C 1710.

- Tamaño de banda

$$1.879,6 \text{ mm.}$$

3.3_ Elementos y conjuntos de la maqueta

Para la elaboración de la estructura se utilizaron los siguientes materiales:

- ✓ Tubo negro estructural de 1.5 pulg. y 2 mm de espesor.
- ✓ Cuatro garruchas con ruedas de hierro de 70 x 20 mm que resisten un peso de 120 Kg. cada una.
- ✓ Platinas de acero con espesores de 8 mm. y 6 mm.
- ✓ Pernos 3/8 de 2 3 y 4 pulg.
- ✓ Motor eléctrico trifásico de 2 HP (3.400 Rpm.) (220 v.).
- ✓ Manómetro de glicerina para una presión de 100 bares (1.500 Psi) con toma de bronce.
- ✓ Cuatro tornillos sin fin y rosca.
- ✓ Entenalla.
- ✓ Conjunto de frenos.
- ✓ Tren de aterrizaje.
- ✓ Válvula doble.
- ✓ Tambor.
- ✓ Polea de 60mm de diámetro por 40mm de ancho.
- ✓ Banda de 74 pulg.
- ✓ Electrodo E6011 y E6013.
- ✓ Acoples y empaques.
- ✓ Mangueras flexibles de alta presión

3.4_ Secuencia de montaje de los componentes

3.4.1_ Instalación de la unidad hidráulica

- Fije la unidad hidráulica sobre el eje, junto a los soportes sobre el eje, rote la unidad una media vuelta para alinear los huecos sobre los seguros del montante, la unidad hidráulica y los soportes del eje.
- Instale los dos pernos (9), arandelas (8) y tuercas (7), el torque de las tuercas (7) a $1 \pm 0,1$ Kg.
- Conecte las líneas hidráulicas (5) y (6).

3.4.2_ Instalación de la unidad disco

- Fije la unidad de disco sobre el eje. Fije la unidad hidráulica usando los pernos de la cabeza (9) como pines de guía.
- Instale las ocho tuercas (1).
- Instale los cuatro pernos (4), las arandelas (3) y tuercas (2)

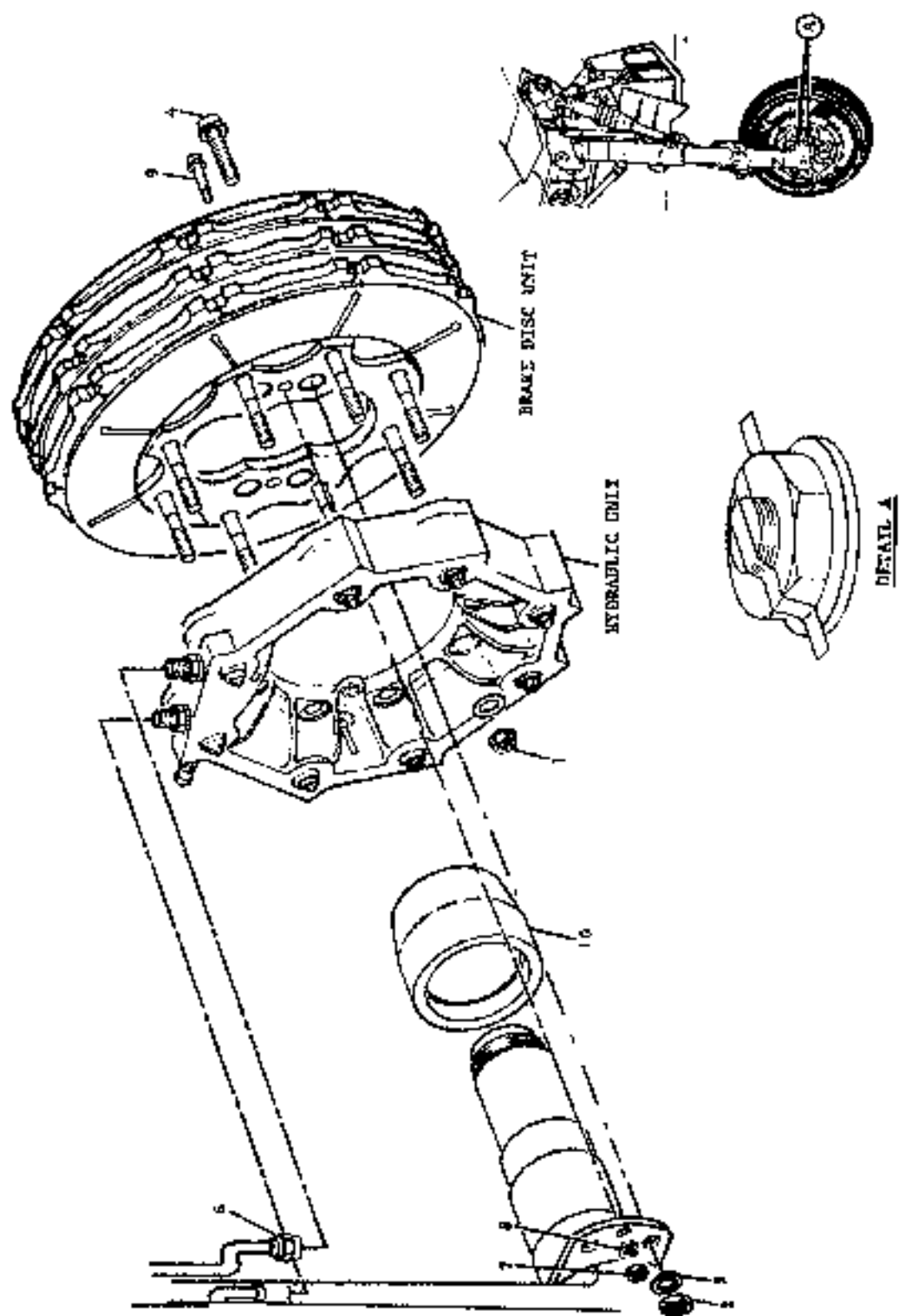


Figura 3.14 Instalación de la unidad hidráulica

3.4.3_ Remoción de la rueda

- Remueva el anillo retenedor (2) y la tapa (3).
- Monte la rueda sobre el eje guía.
- Remueva el pin del seguro (4), la tuerca (5), la arandela guía (6), el caucho retenedor (7) y cojinete (8).
- Remueva la rueda desde el eje guía, coloque la rueda sobre una superficie plana con la válvula de aire hacia abajo y retire la manga (9).
- Remueva desde la mitad del aro (10), el anillo de seguro (11), la arandela (12) y la arandela de felpa (13), la arandela (14) y el cojinete (15).

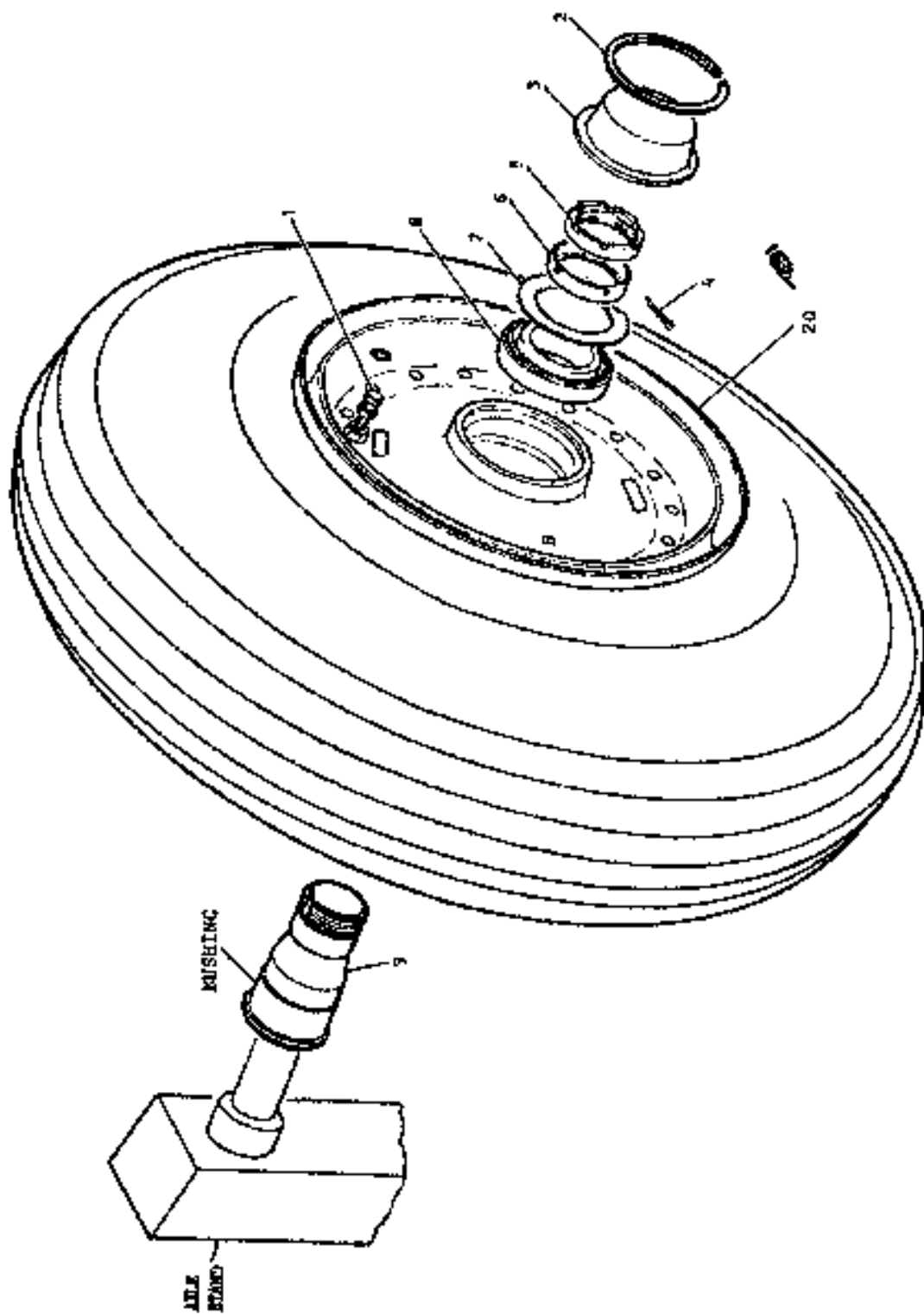


Figura 3.15 Remoción de la rueda

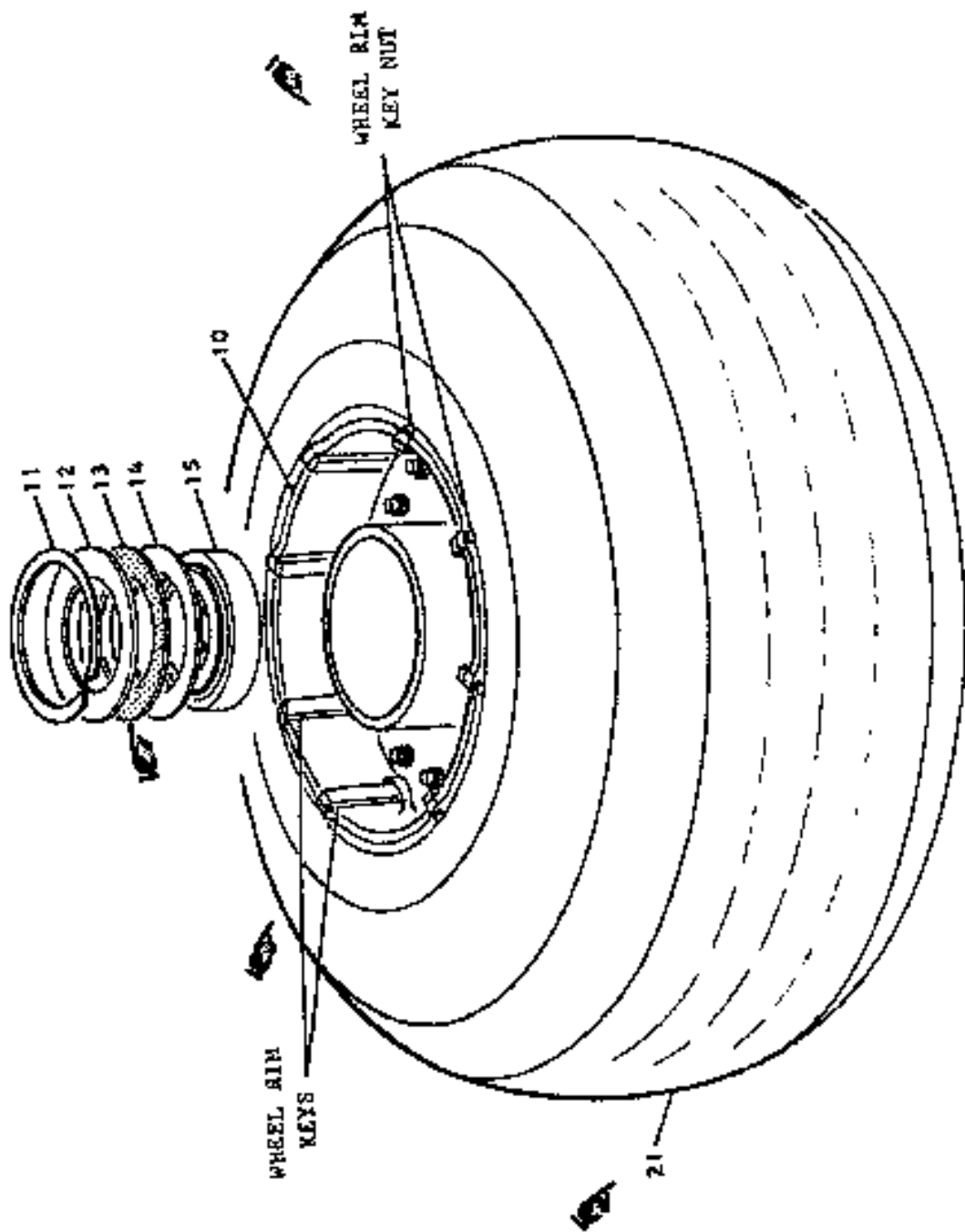


Figura 3.16 Remoción de la rueda desde el cojinete

3.4.4_ Instalación de los demás componentes.

- Una vez ya instalada la unidad hidráulica, el conjunto de frenos y el tambor se procederá a la colocación de un motor eléctrico de 2 HP sobre la entenalla.
- Una banda de 74 pulgadas la cual instalará al motor con el tambor .
- También se instalará una válvula doble y un manómetro de presión con sus respectivos acoples.

3.5_ Análisis del montaje



Figura 3.17. Instalación del conjunto de frenos, entenalla y motor eléctrico



Figura 3.18 Instalación del tambor



Figura 3.19. Inspección de la válvula



Figura 3.20. Instalación de la válvula



Figura 3.21. Acoples y empaques



Figura 3.22. Instalación de la pata del tren, conjunto de frenos, tambor y banda

3.6_ Inspección, comprobación de los conjuntos y elementos de la maqueta didáctica.

En este tema se detallaran todas las inspecciones realizadas a cada uno de los componentes que conforman la maqueta didáctica en la cual se demuestra el funcionamiento del conjunto de frenos de una rueda en operación normal y emergencia del avión K-fir.

Para realizar las inspecciones se utilizaron los bancos hidráulicos del departamento de accesorios hidráulicos en la sección Trenes de Aterrizaje, el hangar de aviones militares en la sección tornos también la maquinaria y las herramientas ubicadas en el bloque cuarenta y dos de Mecánica Básica.

Cada inspección fue realizada con el director de tesis y jefes de cada una de las áreas, en las cuales se revisaron minuciosamente cada uno de los componentes.

3.6.1_ Ensamble del freno de la unidad hidráulica (mantenimiento)

El freno de la unidad hidráulica consiste en 8 pistones, activados al sistema de frenos por presión.

Los anillos van montados en los pistones, asegúrese que el recorrido de los pistones se encuentren lisos y llene el sistema de presión para la utilización del frenado. Cierre internamente y asegure los sellos.

El proceso de mantenimiento, incluso el desmontaje, reparación y ensamblaje de la unidad son ejecutados con la unidad retirada y desconectada de la unidad de disco y en un banco de trabajo.

- Sumerja nuevos sellos en líquido hidráulico. Instale nuevos y reemplace los sellos descartados.

- Instale el sello (32) sobre el asiento (31), sello (33) sobre el mango (30); inserte el asiento (31) dentro del mango (30) y localice la unidad hidráulica para ensamblar **(observe la figura 3.23)**.

- Instale los siguientes componentes en esta secuencia.
 - La válvula (29) acople con el sello (34).
 - Resorte (28).
 - Mango (27) acople con el sello (35).
 - El pasamuros (26) con el sello (36).

- Instale la tuerca (25) de torque hasta $1,8 \pm 0,2$ Kgf, Frene la tuerca con alambre de freno.

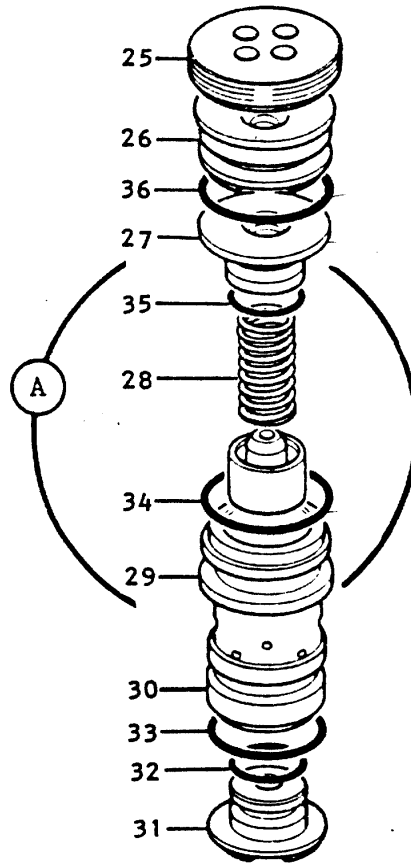


Figura 3.23. Etapa A

- Instale la arandela (23), sello (24) y acople (22). De torque a los acoples hasta $1 \pm 0,1$ Kgf.

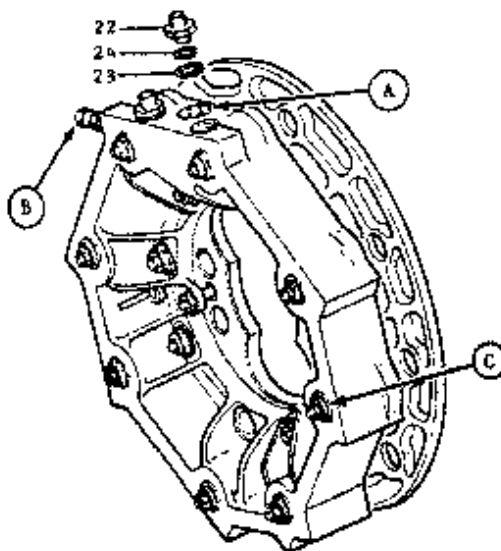


Figura 3.24. Unidad hidráulica

- Instale el pistón (6) como sigue:
 - Instale los componentes del pistón en la siguiente secuencia:
 - Mango (16).
 - Usted mismo ajuste la unidad del resorte (15) y el anillo (17), sellos (18) hasta el 21.
 - Pasamuros (13).
 - Anillo de freno (14).

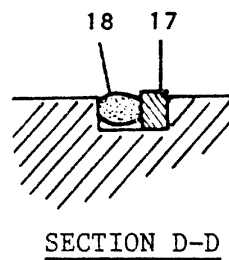


Figura 3.25. Sección D-D

- Instale el pistón (6) localizado dentro de la unidad hidráulica y proceda como sigue (**observe la figura 3.26**).
 - Instale la arandela (12) y la tuerca (11). Prevenga la rotación de la rosca (10) ajustando con el destornillador y la tuerca (11) con un torque hasta $1 \pm 0,1$ Kgf.
 - Instale el sello (9), arandela (8) y el anillo de seguro (7).

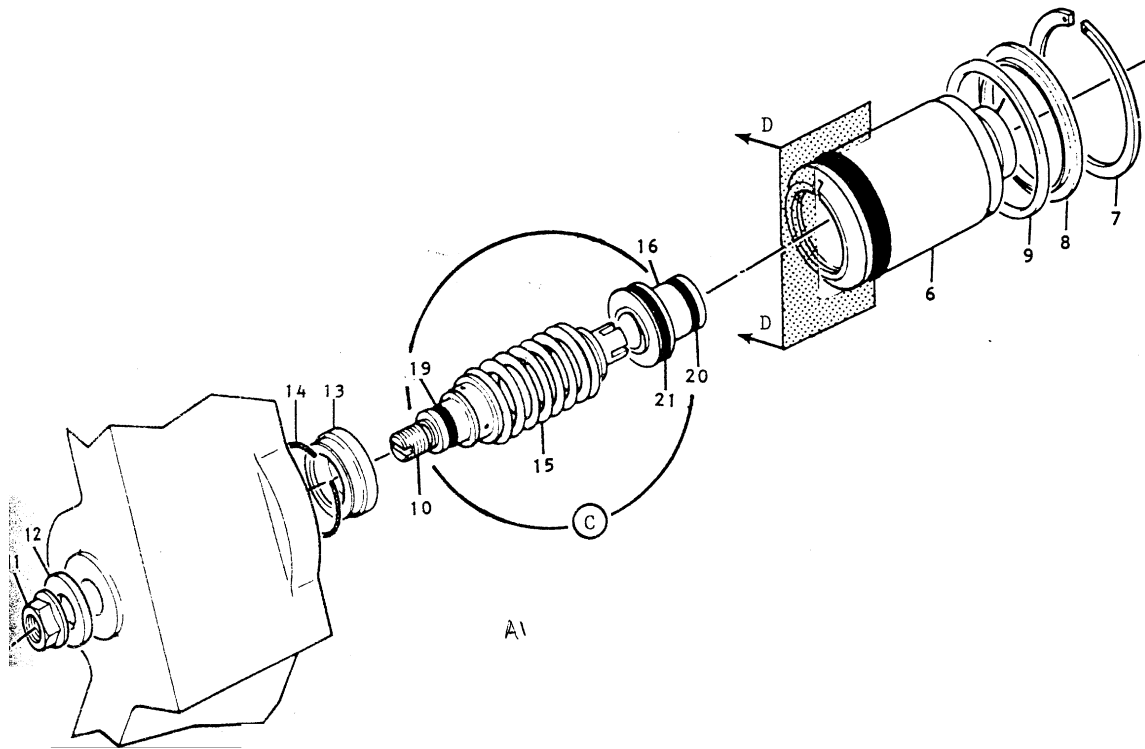


Figura 3.26. Instalación del pistón

- Instale la arandela (3) y sello (4); instale el adaptador (2) acóplelo con el sello (5). Torque el adaptador hasta $1 \pm 0,1$ Kgm.
- Instale el sangrado de la rosca (1) y torque hasta 0,5 Kgm.

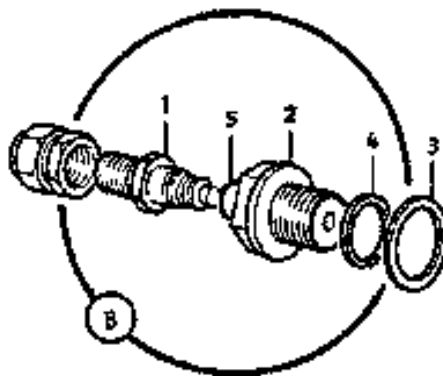


Figura 3.27. Etapa B

3.6.2_ Verificación operacional

Preparación para el uso del equipo en prueba.

Nota: El equipo de prueba simula una condición de uso máximo en la fricción de los cojinetes, de este modo deben liberarse los pistones a petición de la instalación de la unidad de disco.

- Instale la arandela de empuje (1) sobre el pistón (2).
- Conecte el equipo a prueba para la unidad hidráulica y monte los accesorios del equipo, con el sangrado de la rosca hacia arriba.
- Conecte la línea (3) y (4) desde el equipo a prueba para abastecer al orificio A y B de la unidad hidráulica.

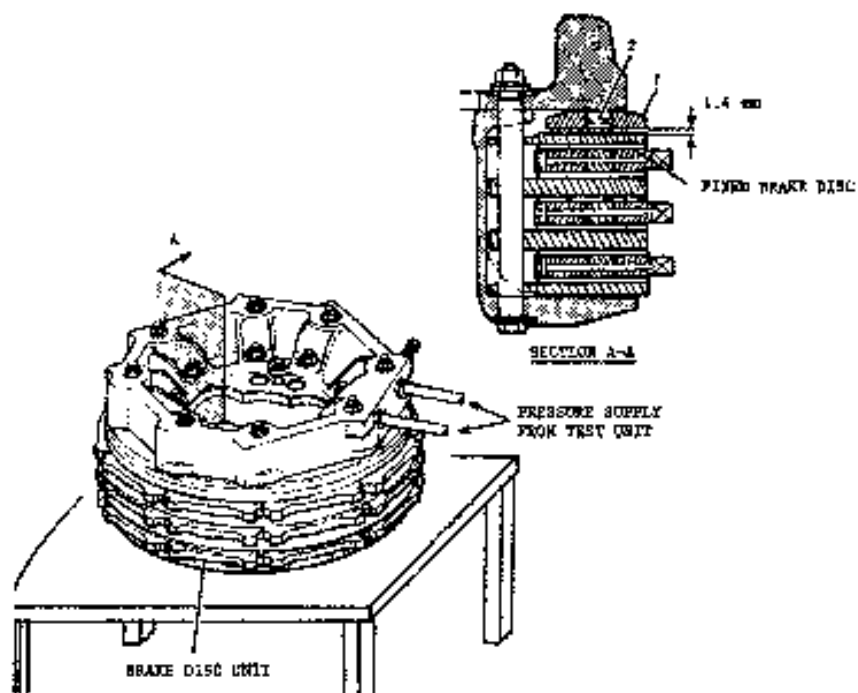


Figura 3.28. Unidad de disco de freno

3.6.3_ Prueba operacional con la unidad a prueba

- Gradualmente pruebe el aumento del equipo de la presión hidráulica hasta que la arandela de empuje (1) se conecte a la unidad de prueba y sangre la unidad hidráulica. Instale tapas protectoras para el sangrado de la rosca.
- Desconecte la línea (4) del abastecimiento del orificio B; aplique presión hidráulica de 105 bares para abastecer el orificio A; espere para que se estabilice la presión y aumente la presión a 105 bares nuevamente. Espere un minuto y verifique que la presión no baje.
- Reduzca la presión a 10 bares; espere que la presión se estabilice y se aumente nuevamente a 10 bares; espere por un minuto y verifique que la presión no baje.
- Alivie la presión y desconecte abasteciendo al tubo (3) desde el orificio A.
- Conecte el tubo (4) al orificio B y aplique presión de 105 bares; permita que se estabilice la presión, espere un minuto y verifique que no caiga la presión.
- Reduzca la presión a 10 bares; permita que se estabilice y aumente de nuevo a 10 bar; espere un minuto y verifique que no caiga la presión.
- Si la presión cae, envíe la unidad al depósito para mantenimiento.
- Verifique la separación de 1,4 mm entre la arandela de empuje (1) y el disco estator de la unidad a prueba.

- Desenganche la presión hidráulica; desconecte el tubo de abastecimiento del orificio B y retire la unidad hidráulica con la unidad de prueba desde el accesorio de prueba.
- Desconecte el equipo a prueba desde la unidad hidráulica y retire la arandela de empuje (1) desde el pistón (2) de la unidad hidráulica.

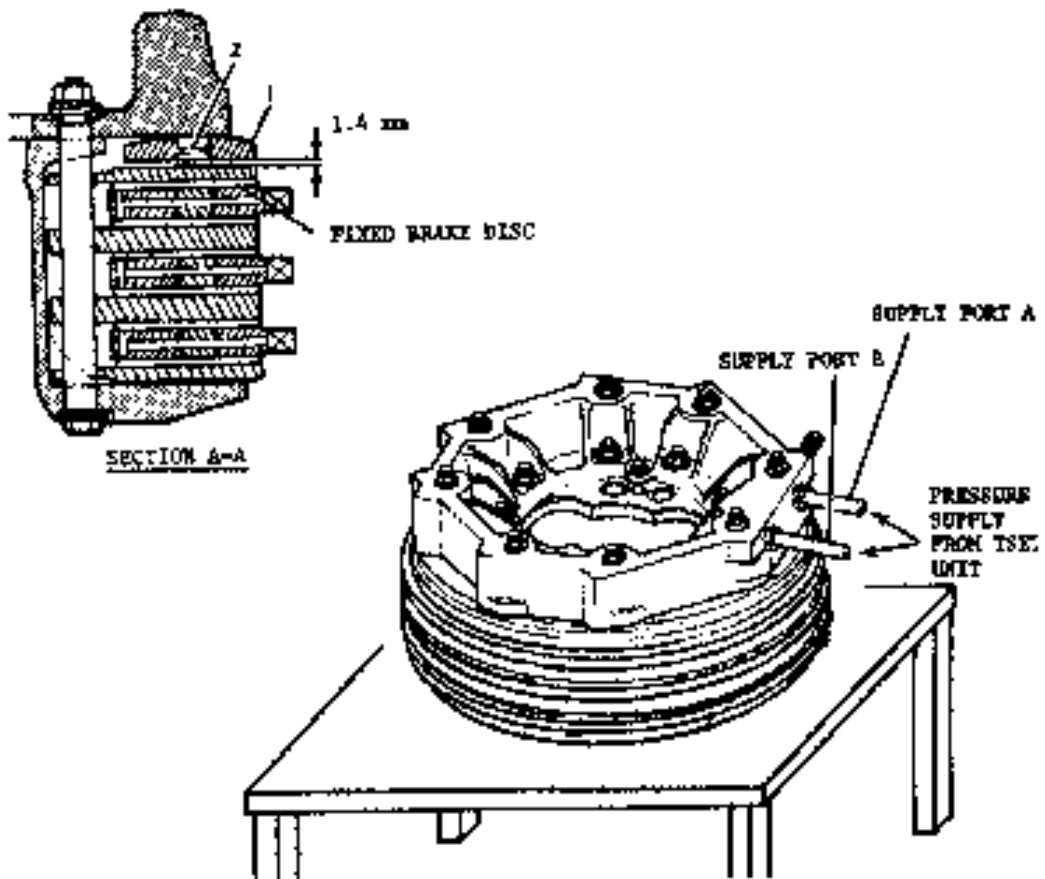


Figura 3.29. Unidad de prueba hidráulica



Figura 3.30. Conjunto de frenos

3.6.4_ Pata del tren de aterrizaje principal

La pata del tren tiene la siguiente especificación el No. de parte 2246 D el No. de serie IL- 142 , la pata del tren de aterrizaje principal que utilizamos tiene tarjeta roja, esto quiere decir que esta condenada por lo mismo que no podrá ser utilizada nunca más en vuelo, es por este motivo que se la utilizará como material didáctico para la maqueta.

En la pata del tren de aterrizaje irá instalado el conjunto de frenos y el tambor.



Figura 3.31. Pierna del tren de aterrizaje

3.6.5_ Manómetro de presión hidráulica

Este manómetro fue inspeccionado en el área de accesorios hidráulicos por el personal de hidráulica, especializados en calibración de componentes hidráulicos, son certificados por la I.A.I (Industria Aeronáutica Israelita) tienen el escalón 2 y 3.

El manómetro fue inspeccionado por un banco patrón (banco comparador) con el N°- de serie 26H - 29066 se lo inspeccionó en intervalos de 20 PSI.

Manómetro de glicerina para una presión de 100 bar (1.500 psi) con toma de bronce.



Figura 3.32. Manómetro

3.6.6_ Motor eléctrico trifásico

Motor eléctrico trifásico de 2 HP (3.400 RPM) 220 voltios con ventilador

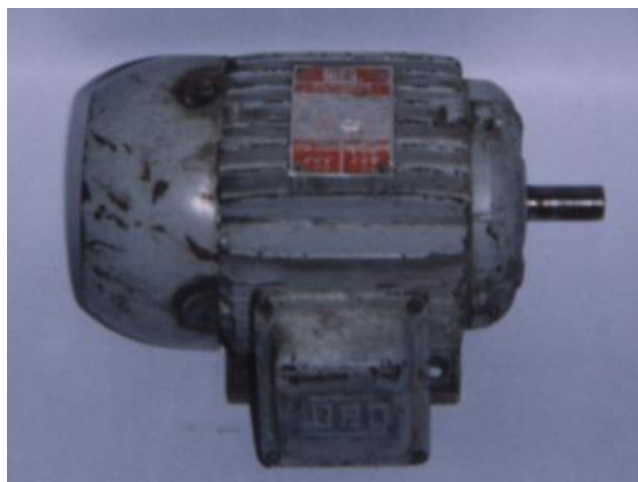


Figura 3.33 Motor eléctrico trifásico

3.6.7_ Entenalla

Entenalla desmontable.

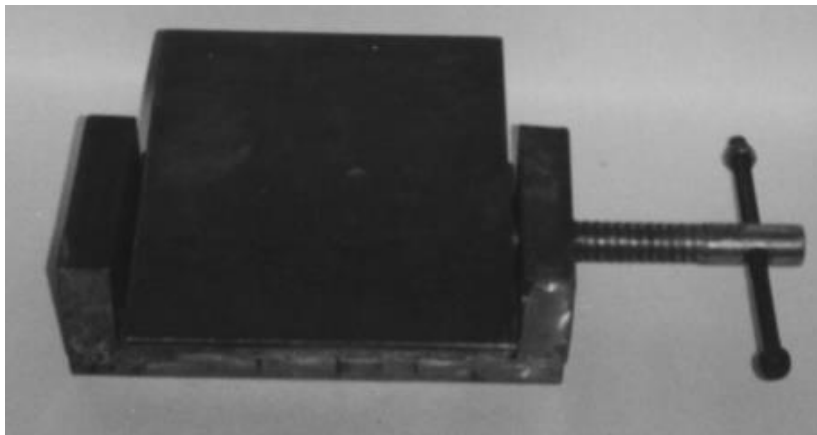


Figura 3.34. Entenalla

3.6.8_ Válvula selectora



Válvula de
distribución 3/2

Válvula distribuidora 3/2, 3 orificios 2 posiciones.

Fue inspeccionada en el departamento de trenes de aterrizaje con el banco hidráulico con No. de serie PN EL – 04A

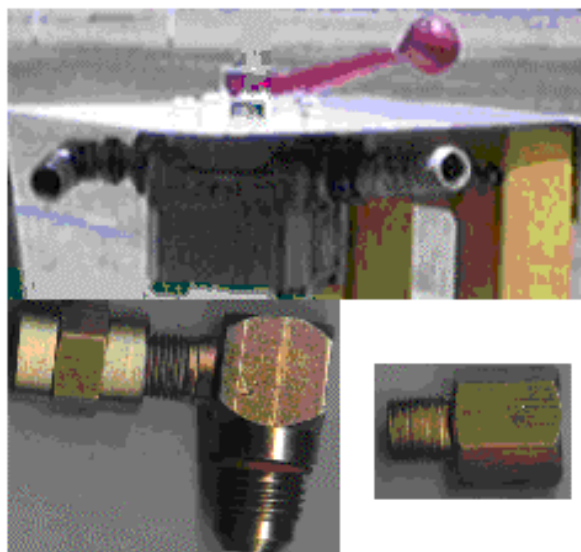


Figura 3.35 Válvula distribuidora

3.6.9_ Tambor

Tambor condensado tiene tarjeta roja se han instalado todos los componentes internos del tambor del tren principal.



Figura 3.36. Tambor



Figura 3.37. Componentes del tambor

Los componentes del tambor son los siguientes :

- Eje de guía.
- Pín de seguro.
- Arandela guía.
- Caucho retenedor.
- 2 Cojinetes.
- Válvula.
- 18 Pernos.
- 8 Guías
- Anillo de seguro.
- Arandela metálica.
- Arandela de felpa.
- Anillo retenedor.
- Tapa.

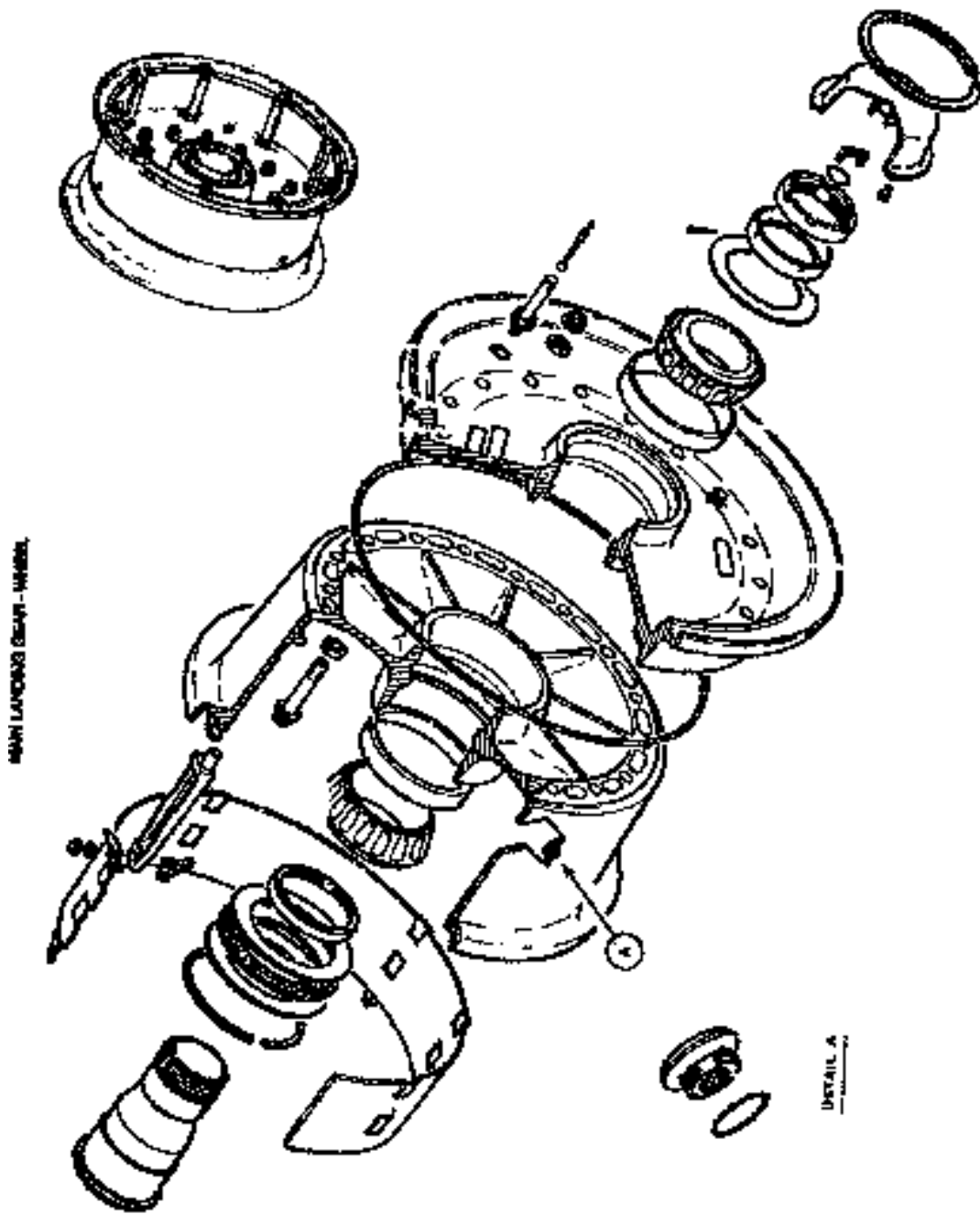



Figura 3.38. Instalación de los componentes del tambor


CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN Y MANTENIMIENTO


	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	Pág.: 1 de 1
	FUNCIONAMIENTO PARA EL FRENADO DE LA RUEDA EN OPERACIÓN NORMAL Y EMERGENCIA DEL AVIÓN K-FIR	Código: DDTP
	Elaborado por: Tumipamba Paredes Diego David	Revisión N° 1
	Aprobado por: Ing. Sgto. Allauca Kléver	Fecha: 2004/02/10

	Presión	Tiempo de Encendido del Motor	Tiempo de Frenado
Sistema Normal	50 bar	30 seg.	3,70 seg.
Sistema Normal	100 bar	30 seg.	3,10 seg.
Sistema en Emergencia	50 bar	30 seg.	3,30 seg.
Sistema en Emergencia	100 bar	30 seg.	3,05 seg.


Al apagar el motor este conjuntamente con el tambor se frenan en 6.30 seg.

	MANUAL DE OPERACIÓN	Pág.: 1 de 3
	OPERACIÓN PARA EL FRENADO DE LA RUEDA EN OPERACIÓN NORMAL Y EMERGENCIA DEL AVIÓN K-FIR.	Código: DDTP
	Elaborado por: Tumipamba Paredes Diego David	Revisión N° 1
	Aprobado por: Ing. Sgto. Allauca Kléver	Fecha: 2004/02/10


- Tenga encendido al motor por un lapso de 30 seg. e inmediatamente pulse OFF desde la botonera, el tiempo en detenerse el tambor que se encuentra acoplado por una banda al motor es de 6,30 seg. Sin aplicar presión a la unidad hidráulica.
- Asegúrese que la válvula este en la posición neutro, cargue el banco hidráulico a una presión de 50 bar, posteriormente cambie la posición de la válvula selectando el sistema de frenado normal, verifique que el manómetro de la maqueta didáctica marque la misma presión que el manómetro del banco hidráulico (50 bar), luego cambie la posición de la válvula selectando el sistema de frenado en emergencia para aliviar la presión en la unidad hidráulica.
- Cargue el banco hidráulico a una presión de 50 bar asegurándose que la válvula este en la posición neutro, inmediatamente encienda el motor por un tiempo de 30 seg. Verifique que el manómetro de la maqueta didáctica marque 0 Psi, posteriormente cambie la posición de la válvula al sistema de frenado normal e inmediatamente apague el motor, el tiempo en detenerse el tambor es de 3,70 seg. Luego cambie la posición de la válvula al sistema de frenado de emergencia para aliviar la presión en el sistema

	MANUAL DE OPERACIÓN	Pág.: 2 de 3
	OPERACIÓN PARA EL FRENADO DE LA RUEDA EN OPERACIÓN NORMAL Y EMERGENCIA DEL AVIÓN K-FIR	Código: DDTP
	Elaborado por: Tumipamba Paredes Diego David	Revisión N° 1
	Aprobado por: Ing. Sgto. Allauca Kléver	Fecha: 2004/02/10


- Cargue el banco hidráulico a una presión de 100 bar asegurándose que la válvula este en la posición neutro, inmediatamente encienda el motor por un tiempo de 30 seg. Verifique que el manómetro de la maqueta didáctica marque 0 Psi, posteriormente cambie la posición de la válvula al sistema de frenado normal e inmediatamente apague el motor, el tiempo en detenerse el tambor es de 3,10 seg. Luego cambie la posición de la válvula al sistema de frenado de emergencia para aliviar la presión en el sistema
- Cargue el banco hidráulico a una presión de 50 bar asegurándose que la válvula este en la posición neutro, inmediatamente encienda el motor por un tiempo de 30 seg. Verifique que el manómetro de la maqueta didáctica marque 0 Psi, posteriormente cambie la posición de la válvula al sistema de frenado en emergencia e inmediatamente apague el motor, el tiempo en detenerse el tambor es de 3,30 seg. Luego cambie la posición de la válvula al sistema de frenado normal para aliviar la presión en el sistema.

	MANUAL DE OPERACIÓN	Pág.: 3 de 3
	OPERACIÓN PARA EL FRENADO DE LA RUEDA EN OPERACIÓN NORMAL Y EMERGENCIA DEL AVIÓN K-FIR.	Código: DDTP
	Elaborado por: Tumipamba Paredes Diego David	Revisión N° 1
	Aprobado por: Ing. Sgto. Allauca Kléver	Fecha: 2004/02/10


- Cargue el banco hidráulico a una presión de 100 bar asegurándose que la válvula este en la posición neutro, inmediatamente encienda el motor por un tiempo de 30 seg. Verifique que el manómetro de la maqueta didáctica marque 0 Psi, posteriormente cambie la posición de la válvula al sistema de frenado en emergencia e inmediatamente apague el motor, el tiempo en detenerse el tambor es de 3,05 seg. Luego cambie la posición de la válvula al sistema de frenado normal para aliviar la presión en el sistema.

	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Pág.: 1 de 2
	MANTENIMIENTO HIDRÁULICO PARA EL FRENADO DE LA RUEDA EN OPERACIÓN NORMAL Y EMERGENCIA DEL AVIÓN K-FIR	Código: DDTP
	Elaborado por: Tumipamba Paredes Diego David	Revisión N° 1
	Aprobado por: Ing. Sgto. Allauca Kléver	Fecha: 2004/02/10

- Verifique los acoples y cañerías tanto en la unidad hidráulica del conjunto de frenos y en la válvula distribuidora por fugas en el sistema.
- Asegúrese que las tuercas de la unidad hidráulica y conjunto de frenos no se hayan movido según su señalización.
- Inspeccione que no haya residuos de liquido hidráulico sobre el tambor para evitar daños al mismo y a la banda.
- Remueva la grasa o liquido hidráulico de la banda para evitar posible deslizamientos de la misma.
- Revise que los cojinetes del tambor se encuentren engrasados tipo de grasa a utilizar Mil - G - 81322 para interiores.
- Utilice Aeroshell grasa Mil - L- 4343 para tuercas.
- Utilice grasa tipo Mil - G - 81322.

	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Pág.: 2 de 2
	MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PARA EL FRENADO DE LA RUEDA EN OPERACIÓN NORMAL Y EMERGENCIA DEL AVIÓN K-FIR	Código: DDTP
	Elaborado por: Tumipamba Paredes Diego David	Revisión N° 1
	Aprobado por: Ing. Sgto. Allauca Kléver	Fecha: 2004/02/10

- Limpie los residuos de polvo en el motor.
- Inspeccione la tapa y el ventilador del motor que se encuentren asegurados y no haya objetos extraños en estos.
- Revise que el cable no este pelado.
- Revise el cajetín del motor que los cables estén conectados correctamente.
- Compruebe que el enchufe este bien conectado al cable.

	MANUAL DE SEGURIDAD	Pág.: 1 de 1
	SEGURIDADES PARA EL FRENADO DE LA RUEDA EN OPERACIÓN NORMAL Y EMERGENCIA DEL AVIÓN K-FIR.	Código: DDTP
	Elaborado por: Tumipamba Paredes Diego David	Revisión N° 1
	Aprobado por: Ing. Sgto. Allauca Kléver	Fecha: 2004/02/10
<ul style="list-style-type: none"> • Asegúrese que la banda este bien acoplada (templada) al tambor y a la polea para evitar accidentes. • Mantenga una distancia prudente en las zonas señaladas con pintura roja las cuales indican peligro. • Realice las pruebas de funcionamiento de la maqueta didáctica en un lugar adecuado. • Inspeccione que no existan objetos extraños en las superficies giratorias. • Asegúrese que los soportes estén fijados al piso antes de su operación. • Antes de enchufar al motor revise que la botonera este en la posición OFF. • Revisar que la tuerca de seguridad de la pata del tren de aterrizaje se encuentre ajustada con su pasador respectivo. • Se debe dejar claro que esta maqueta didáctica no debe ser operada por personas que no conozcan el sistema. 		

CAPITULO V ESTUDIO ECONÓMICO

5.1_ Presupuesto

Después de realizar un estudio económico y antes de concretar este proyecto de grado, se llegó a la conclusión que la maqueta didáctica en la cual se demuestre el funcionamiento del conjunto de frenos de una rueda en operación normal y emergencia del avión K-Fir costaba 770 USD.

5.2_ Análisis económico

Existen principalmente cuatro rubros en la construcción de la maqueta didáctica que son :

1. Materiales.
2. Máquinas herramientas.
3. Mano de obra.
4. Otros.

1. Materiales:

Este rubro comprende a todos los elementos y componentes utilizados para construir la maqueta didáctica.

Tabla No. 5.1. Lista de costo de materiales de la maqueta didáctica.

Materiales para la maqueta didáctica

DETALLE	COSTOS USD
Garrucha rueda de hierro 70X20mm	65.00
Platinas de acero espesor 8mm y 6mm	25.00
3 Tubo estructural	25.00
Pintura	30.00
Pernos de 3/8 por 2 3 y 4 pulg.	7.50
Electrodos tipo E6011 , E6013	8.00
Tornillos sin fin y rosca de 1 pulg.	35.00
Broca de 3/8	3.50
Motor eléctrico trifásico de 2HP (3.400 RPM) , 220V	94.00
Válvula doble	95.00
Cable trifásico No. 16	3.00
Acoples	15.00
Entenalla	120.00
Manómetro de glicerina con toma de bronce	38.00
Removedor	5.00
Polea y banda	23.00
TOTAL	592.00

2. Maquinas herramientas:

Para la construcción de la maqueta didáctica, se utilizaron las maquinas herramientas existentes en los talleres del Ala de Investigación y Desarrollo No. 12 de la FAE en Latacunga y se realizaron tareas de torneado, soldadura, maquinado, pintura. A continuación se presenta un cuadro con el costo de utilización de maquinas herramientas.

Tabla No. 5.2. Utilización de las máquinas herramientas.

MAQUINAS HERRAMIENTAS	VALOR USD/HORA
Torno	4.00
Sierra	1.50
Pintura	3.00
Suelda autógena	2.00
Suelda eléctrica	3.00

Tabla No. 5.2. Costo de utilización de las máquinas herramientas.

MAQUINAS HERRAMIENTAS	N°- DE HORAS	COSTO USD
Torno	2	8.00
Sierra	3	4.50
Pintura	5	15.00
Suelda autógena	1	2.00
Suelda eléctrica	4	12
TOTAL		41.5

3. Mano de obra:

Los costos de mano de obra están comprendidos principalmente por el montaje, limpieza, pintura, lubricación, etc.

Tabla No. 5.3. Costo de mano de obra.

DETALLE	COSTO USD.
Montaje	80.00
Pintura	35.00
TOTAL	115.00

4. Otros:

Este rubro comprende los materiales utilizados para las pruebas de funcionamiento, costo de impresión de planos, texto, transporte, alimentación etc.

Tabla No. 5.4. Costo de otros gastos.

DETALLE	COSTO USD
Impresiones de planos	45.00
Transporte	40.00
TOTAL	85.00

Por lo tanto el costo total de nuestra maqueta didáctica es:

Tabla No. 5.5. Costo total de la maqueta didáctica.

DETALLE	COSTO USD.
Materiales	592.00
Máquinas herramientas	41.5
Mano de obra	115.00
Otros	85.00
TOTAL	833.5

Existe una diferencia entre el presupuesto anterior y el presupuesto actual y es de **63.50 USD.**

La pata del tren de aterrizaje, el conjunto de frenos y el tambor no han sido cotizados ya que son material de instrucción de la FAE todos estos componentes han sido dados de baja ya sea por horas de vuelo o por fisuras en su estructura, el trabajo que se realizó en ellos fue volver a pintarlos utilizando removedor de pintura, comprar empaques, tornillos, pernos, arandelas, chavetas de seguridad, también se procedió a poner grasa en los cojinetes del tambor (Mil - G -81322).

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1_ Conclusiones.

- Sobre la base del recor de pruebas el sistema de frenos en emergencia la rueda se detiene en un menor tiempo ya que el líquido hidráulico llega con mayor velocidad a la unidad hidráulica del conjunto de frenos.

- La maqueta didáctica está equipada con accesorios reales los cuales brindarán facilidades en las pruebas a realizar.

- Al implementar la maqueta didáctica en el laboratorio de hidráulica se aporta al mejor desenvolvimiento del instructor ,para la explicación de sus clases teóricas como prácticas.

- Permite realizar el montaje y desmontaje del conjunto de frenos, unidad hidráulica y los componentes del tambor.

6.2_ Recomendaciones.

- Las pruebas se deben realizar en un ambiente de trabajo que brinde las seguridades adecuadas.
- Tener cuidado de no acercarse al protector de banda ni a zonas de peligro cuando la maqueta este en funcionamiento.
- Cumplir al pie de la letra con los manuales de mantenimiento operación y seguridad.
- No olvidarse de bajar los apoyos antes del funcionamiento de la maqueta.
- Los acoples y demás accesorios deben ser instalados y utilizados con la debida precaución.

BIBLIOGRAFÍA

I.A.I. (Israel Aircraft Industries LTD). Descripción General del Avión K-Fir.


I.A.I. Febrero. (1982). Catálogo de Partes Chapter 4 Landing Gear.

I.A.I. Febrero.(1982). Landing Gear and Brake System.

I.A.I. Mayo. (1990). Ilustraciones del Manual de Entrenamiento.

I.A.I. Febrero (1982), Chapter 3 Manual de Mantenimiento

Sistema hidráulico de la maqueta didáctica

	SISTEMA HIDRÁULICO DE LA MAQUETA DIDÁCTICA	Pág. : 1 de 1
	SISTEMA HIDRÁULICO DEL FRENADO DE LA RUEDA EN OPERACIÓN NORMAL Y EMERGENCIA DEL AVIÓN K-FIR	Código: DDTP
	Elaborado por: Tumipamba Paredes Diego David	Revisión N° 1
	Aprobado por: Ing. Sgto. Allauca Kléver	Fecha:2004/03/21

