

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**REHABILITACIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE
TREN DE ATERRIZAJE DEL AVIÓN T-33A DEL INSTITUTO
TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

POR:

DIEGO ALEJANDRO LÓPEZ VAYAS

**Trabajo de Graduación como requisito previo para la obtención del Título
de:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA CON
MENCIÓN EN AVIONES**

Año 2010

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. López Vayas Diego Alejandro, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA CON MENCIÓN EN AVIONES.

SGOP. TÉC. AVC. ING. WASHINGTON MOLINA
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Latacunga, 18 de Noviembre de 2010

DEDICATORIA

A mis Padres, quienes con su entrega y esfuerzo han sabido apoyarme espiritual, moral y económicamente para satisfacer mis necesidades educativas, porque es mi compromiso hacer que ellos se enorgullezcan de mí. Gracias por enseñarme a superarme, a responsabilizarme de mis actos y decisiones y a mi deber de no darme por vencido jamás.

A mis hermanos Carlos y Adriana gracias por darme el mejor regalo que he recibido de ustedes, su vida ejemplar.

A mi amadísima esposa Verito Villegas, gracias por ser mi ángel y estar siempre a mi lado, por su gran apoyo y entendimiento y por ser mi motivo de vida y superación.

Diego López

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico por ser mi alma máter y darme la oportunidad de ser parte de su historia y sus profesionales.

A la Carrera de Mecánica Aeronáutica por el conocimiento adquirido durante mi estancia dentro de sus aulas. A mi director del trabajo de graduación Sgop. Ing. Washington Molina por guiarme en la realización de este trabajo de graduación. A cada uno de mis profesores en especial al Ing. Guillermo Trujillo y Sgop. William Vallejo por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera. Al Ing. Wilson Vinueza y al Tlgo. Rodrigo Bautista por su aporte profesional en la realización de este proyecto.

Y en general a todas y cada una de las personas que contribuyeron desinteresadamente en la realización de este trabajo.

Diego López

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Página

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice de contenidos.....	v
Índice de tablas.....	ix
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	xiii
Resumen.....	1
Summary.....	2

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Alcance.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Banco didáctico.....	6
2.2 Hidráulica.....	6

2.3 Sistema hidráulico.....	6
2.3.1 Características de los sistemas hidráulicos.....	7
2.4 Fluido hidráulico.....	7
2.4.1 Funciones del fluido hidráulico.....	7
2.4.2 Tipos de fluidos hidráulicos.....	8
2.5 Tren de aterrizaje.....	8
2.5.1 División del tren de aterrizaje.....	8
2.6 Sistema de generación hidráulica.....	9
2.6.1 Partes del sistema hidráulico básico.....	9
2.6.2 Funcionamiento del sistema hidráulico básico.....	10
2.7 Sistema hidráulico del avión T-33A.....	12
2.7.1 Operación en estado normal.....	13
2.7.2. Operación en estado de emergencia.....	14
2.7.3 Operación en estado de chequeo en tierra.....	14
2.7.4 Componentes del sistema hidráulico del avión T-33A.....	15
2.8 Banco didáctico del tren de aterrizaje del avión T-33A.....	33
2.8.1 Descripción del sistema de tren de aterrizaje principal.....	34
2.8.1.1 Componentes del tren principal.....	34
2.8.1.2 Funcionamiento de las compuertas.....	37
2.8.2 Descripción del sistema de tren de aterrizaje auxiliar.....	38
2.8.2.1 Componentes del tren auxiliar.....	39
2.8.2.2 Funcionamiento de las compuertas.....	41
2.8.3 Mecanismos de bloqueo.....	41
2.8.3.1 Mecanismo de bloqueo de tren arriba.....	41
2.8.3.2 Mecanismo de bloqueo de tren abajo.....	42
2.8.4 Extensión y retracción del tren de aterrizaje.....	43
2.8.4.1 Extensión del tren de aterrizaje en emergencia.....	44
2.8.5 Sistema de freno de las ruedas.....	44
2.8.6 Indicadores de advertencia del tren de aterrizaje.....	45

2.8.7 Interruptores automáticos.....	46
2.8.8 Relés.....	47
2.8.9 Fuente de alimentación.....	47

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares.....	48
3.1.1 Ubicación.....	48
3.1.2 Estado actual del banco didáctico.....	48
3.1.2.1 Inconvenientes localizados en el sistema hidráulico.....	48
3.1.2.2 Inconvenientes localizados en el sistema eléctrico.....	51
3.2 Rehabilitación del banco didáctico.....	52
3.2.1 Orden de rehabilitación del banco didáctico.....	52
3.2.2 Rehabilitación del sistema hidráulico.....	53
3.2.2.1 Soluciones a los problemas encontrados.....	53
3.2.3 Diagramas de procesos.....	57
3.2.3.1 Diagramas de procesos de rehabilitación.....	58
3.3 Pruebas y análisis de resultados.....	63
3.3.1 Pruebas de funcionamiento.....	63
3.3.2 Prueba de fuga.....	64
3.3.3 Prueba de velocidad.....	64
3.4 Elaboración de manuales de procedimientos.....	66
3.4.1 Manual de seguridad.....	67
3.4.2 Manual de operación.....	67
3.4.3 Manual de mantenimiento.....	67
3.5 Presupuesto.....	75
3.5.1 Rubros.....	75

3.5.2 Costos primarios.....	75
3.5.3 Maquinaria, equipo y herramientas.....	76

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.....	78
Recomendaciones.....	79
Glosario.....	80
Abreviaturas y siglas.....	81
Bibliografía.....	82
Anexos.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO II

Tabla 2.1 Especificaciones del cilindro actuador del tren principal.....	35
Tabla 2.2 Especificaciones del cilindro actuador del tren auxiliar.....	39

CAPITULO III

Tabla 3.1 Simbología de los diagramas de procesos.....	57
Tabla 3.2 Condición general del banco didáctico.....	63
Tabla 3.3 Prueba de fuga.....	64
Tabla 3.4 Prueba de velocidad de retracción del tren de aterrizaje.....	65
Tabla 3.5 Prueba de velocidad de extensión del tren de aterrizaje.....	66
Tabla 3.6 Código de manuales.....	67
Tabla 3.7 Costos primarios.....	76
Tabla 3.8 Mano de obra.....	77
Tabla 3.9 Costos secundarios.....	77
Tabla 3.10 Costo total del proyecto.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Fig. 2.1 Partes del sistema hidráulico básico.....	9
Fig. 2.2 Reservorio hidráulico principal.....	15
Fig. 2.3 Reservorio hidráulico de emergencia.....	16
Fig. 2.4 Bomba hidráulica.....	17
Fig. 2.5 Movimiento del fluido.....	18
Fig. 2.6 Bomba de emergencia.....	19
Fig. 2.7 Bomba de engranajes.....	19
Fig. 2.8 Cámaras del acumulador hidráulico.....	20
Fig. 2.9 Operación del acumulador.....	21
Fig. 2.10 Indicador de presión hidráulica.....	22
Fig. 2.11 Fusible hidráulico.....	22
Fig. 2.12 Fusible hidráulico tipo detector de caída de presión.....	23
Fig. 2.13 Válvula de lanzadera.....	24
Fig. 2.14 Esquema de la válvula de lanzadera.....	24
Fig. 2.15 Válvula anti retorno.....	25
Fig. 2.16 Válvula manual de corte.....	26
Fig. 2.17 Válvula selectora del tren de aterrizaje.....	27
Fig. 2.18 Válvula selectora tipo carrete.....	28
Fig. 2.19 Diagrama esquemático de la válvula selectora	28
Fig. 2.20 Válvula selectora de prueba en tierra.....	29
Fig. 2.21 Diagrama esquemático de la válvula selectora de prueba en tierra.....	29
Fig. 2.22 Válvula selectora del sistema de emergencia.....	30
Fig. 2.23 Válvula de alivio del sistema hidráulico.....	31
Fig. 2.24 Componentes de la válvula de alivio.....	31
Fig. 2.25 Válvula de alivio del sistema de emergencia.....	31
Fig. 2.26 Tubería rígida.....	32

Fig. 2.27 Tubería flexible.....	33
Fig. 2.28 Banco de simulación del tren de aterrizaje del avión T-33A.....	33
Fig. 2.29 Tren de aterrizaje principal.....	34
Fig. 2.30 Actuador hidráulico del tren principal.....	35
Fig. 2.31 Cilindro actuador de la compuerta interior.....	36
Fig. 2.32 Cilindro actuador de emergencia de las compuertas.....	36
Fig. 2.33 Compuertas del tren principal.....	37
Fig. 2.34 Tren de aterrizaje auxiliar.....	39
Fig. 2.35 Actuador hidráulico del tren auxiliar.....	39
Fig. 2.36 Actuador de bloqueo arriba.....	41
Fig. 2.37 Mecanismo de cierre de las compuertas del tren auxiliar.....	41
Fig. 2.38 Gancho de seguro superior.....	43
Fig. 2.39 Rodillo de bloqueo arriba.....	43
Fig. 2.40 Mecanismo de sujeción de tren abajo.....	44
Fig. 2.41 Movimiento de extensión-retracción del tren auxiliar.....	44
Fig. 2.42 Sistema de freno de ruedas.....	46
Fig. 2.43 Indicador de posición del tren de aterrizaje.....	46
Fig. 2.44 Funcionamiento de los indicadores de posición del tren de aterrizaje....	47
Fig. 2.45 Bocina de advertencia del tren de aterrizaje.....	47
Fig. 2.46 Interruptores automáticos.....	48
Fig. 2.47 Fuente de alimentación.....	48

CAPITULO III

Fig. 3.1 Soporte de ubicación del cilindro hidráulico.....	49
Fig. 3.2 Válvula de lanzadera desconectada.....	49
Fig. 3.3 Cilindro hidráulico de seguro arriba desconectado.....	50
Fig. 3.4 Cañerías rígidas y flexibles desconectadas.....	50
Fig. 3.5 Fittings desconectados.....	50
Fig. 3.6 Ausencia de la cañería entre el acumulador y el manómetro.....	51
Fig. 3.7 Identificación de cañerías deterioradas.....	51

Fig 3.8 Tablero de control de advertencia con fallas.....	52
Fig. 3.9 Conectores eléctricos desconectados.....	52
Fig. 3.10 Reemplazo de empaques del actuador del tren auxiliar.....	53
Fig. 3.11 Actuador del tren auxiliar instalado.....	54
Fig. 3.12 Instalación de la válvula de lanzadera.....	54
Fig. 3.13 Cañerías de los componentes instaladas.....	55
Fig. 3.14 Instalación de cañerías.....	55
Fig. 3.15 Instalación de cañería de cobre.....	56
Fig. 3.16 Instalación del foco de la luz de advertencia.....	57

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Anteproyecto del trabajo de graduación.

ANEXO B: Anexos del anteproyecto del trabajo de graduación.

ANEXO C: Diagrama del funcionamiento del sistema hidráulico del avión T-33A.

ANEXO D: Diagrama de funcionamiento del Sistema Eléctrico del Tren de aterrizaje del avión T-33A.

ANEXO E: Diagrama de instalación del actuador hidráulico del tren auxiliar.

ANEXO F: Diagrama de lubricación del conjunto del tren de aterrizaje principal.

ANEXO G: Diagrama de lubricación del conjunto del tren de aterrizaje auxiliar.

ANEXO H: Tomas de energía y componentes del banco didáctico

RESUMEN

Durante el estudio realizado en el anteproyecto se determinó que el bloque 42 del ITSA abarca la mayor parte de material instructivo de la carrera de mecánica aeronáutica, en los cuales existe material didáctico que por su inhabilitación no presta su servicio como material didáctico para instrucción de los alumnos.

El presente trabajo se refiere a la rehabilitación del banco didáctico del sistema de tren de aterrizaje del avión T-33A, en el cual los estudiantes podrán observar los componentes y mecanismos que hacen posible la extensión y retracción del tren haciendo uso de la energía hidráulica. De la misma manera se podrá identificar elementos básicos utilizados en la mayoría de sistemas hidráulicos de aviación lo que permitirá a los estudiantes relacionar la teoría con la práctica.

Para la rehabilitación ha sido necesario aplicar una investigación de campo lo cual permitió identificar los problemas existentes en el banco didáctico y posteriormente solucionar los problemas encontrados.

Concluida la rehabilitación, se realizaron las pruebas de funcionamiento con el propósito de observar el comportamiento del banco didáctico, las mismas que arrojaron resultados satisfactorios, lo que implica la justificación de este proyecto.

Para el adecuado uso del banco didáctico se crearon manuales de seguridad, operación y mantenimiento. Del mismo modo fue indispensable la elaboración de hojas de registro para llevar un control permanente del banco. De esta manera se resguardará la seguridad de los operadores y se mantendrá el estado operativo del banco didáctico.

SUMMARY

During the study realized in the preliminary design one determined that the block 42 of the ITSA includes most of instructive material of the career of aeronautical mechanics, in which there exists didactic material that for his incapacitation does not give his service as didactic material for instruction of the pupils.

The present work refers to the rehabilitation of the didactic bench of the landing gear system of the plane T-33A, in which the students will be able to observe the components and mechanisms that make possible the extension and retraction of the landing gear using the hydraulic power. Of the same way it will be possible identify basic elements used in the majority of hydraulic systems of aviation what will allow to the students to relate the theory to the practice.

For the rehabilitation it has been necessary to apply a field investigation which allowed to identify the existing problems in the didactic bench and later to solve the opposing problems.

Concluded the rehabilitation, the tests of functioning were realized by the intention of observing the behavior of the didactic bench, the same ones that threw satisfactory results, which implies the justification of this project.

For the suitable use of the didactic bench safety manuals, operation and maintenance were created. In the same way there was indispensable the production of leaves of record to take a permanent control of the bench. Hereby the safety of the operators will protect itself and there will be kept the operative condition of the didactic bench.

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 Antecedentes

A lo largo de la historia, se ha utilizado el material didáctico como un medio de representación para mostrar de forma clara e inmediata las características de un proyecto complejo de forma que pueda ser comprensible.

En la actualidad el material didáctico constituye, para los docentes y alumnos, una herramienta indispensable y eficaz para proyectar y mostrar ideas, así como, para comprender y controlar el resultado final de las obras proyectadas. Siendo un medio pedagógico, han buscado un modelo de representación tridimensional, fácil de ejecutar, relativamente rápido, que no precisa de conocimientos especiales y que es accesible a cualquier alumno.

Los bancos didácticos son una herramienta muy útil que refleja de forma clara y comprensible aquello que los planos expresan, a menudo de forma poco comprensible para los alumnos.

El ITSA cuenta con material didáctico como: manuales, maquetas, softwares interactivos, material gráfico y bancos didácticos los cuales se encuentran ubicados en la biblioteca y laboratorios del Instituto, y sirven de ayuda para impartir los conocimientos a los estudiantes de las diferentes carreras.

Para la estructura y desarrollo del presente proyecto, existe una investigación de campo realizada, en la cual se determinó que el banco didáctico del sistema de tren de aterrizaje del avión T-33A ubicado en el bloque 42, es uno de los

materiales didácticos que por su inhabilitación únicamente se presta para la vista de los alumnos, mas no para la instrucción y aprendizaje (Ver Anexo “A”).

Debido a que los bancos de instrucción de los trenes de aterrizaje se encuentran en condiciones deterioradas por su uso durante muchos años, pues es de gran importancia que estos bancos se encuentren en condiciones óptimas y sirvan de ayuda y aporte como material didáctico para las promociones venideras del ITSA”.

1.2 Justificación e importancia

Es deber del ITSA mantener en excelentes condiciones el material didáctico para impartir los conocimientos a sus alumnos. Mediante la rehabilitación del banco didáctico del sistema de tren de aterrizaje del avión T-33A, el ITSA contará con material didáctico que facilite el proceso de enseñanza y aprendizaje del personal docente y estudiantes en la materia de trenes de aterrizaje de la carrera de mecánica aeronáutica, y de manera indirecta ayudará a los alumnos de otras carreras.

Este proyecto de grado será posible ya que se cuenta con la predisposición y voluntad para realizarla, así también con el apoyo de los docentes pertenecientes a la carrera de mecánica, finalmente se cuenta con el tiempo y recursos que el proyecto de grado precisa.

1.3 Objetivos:

1.3.1 General

Rehabilitar el banco didáctico del sistema de tren de aterrizaje del avión T-33A del ITSA mediante un adecuado mantenimiento para contribuir en el proceso de enseñanza y aprendizaje teórico-práctico de los alumnos de la carrera de mecánica aeronáutica.

1.3.2 Específicos

- Recopilar, seleccionar y ordenar la información acerca del sistema de tren de aterrizaje del avión T-33A, el cual facilite y permita la correcta rehabilitación del banco didáctico.
- Analizar cada uno de los componentes empleados en el banco didáctico, de manera que ayude a la comprensión funcional del mismo.
- Verificar el estado de funcionalidad actual del banco didáctico y buscar alternativas de solución a los problemas encontrados.
- Rehabilitar el banco didáctico y realizar las respectivas pruebas de funcionamiento.
- Elaborar manuales de seguridad, operación y mantenimiento del banco didáctico; que permitan un funcionamiento adecuado, salvaguardando la seguridad del operador y permitan alargar la vida útil del mismo.

1.4 Alcance

Este proyecto de grado se enfocará específicamente en la rehabilitación del banco didáctico del sistema de tren de aterrizaje del avión T-33A del ITSA el cual brindará al estudiante el conocimiento del mismo. Dicha investigación se realizará en el bloque 42, que es el lugar donde se encuentra ubicado el banco didáctico a rehabilitar.

El presente trabajo está dirigido a instructores académicos y alumnos del ITSA, especialmente de la carrera de mecánica aeronáutica que tendrán a su alcance un banco didáctico funcional referido al sistema de tren de aterrizaje. De igual manera servirá de referencia para otras personas que desarrollen trabajos de investigación en el área de hidráulica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Banco didáctico

Es una herramienta didáctica cuya función principal es la ilustración del funcionamiento de instrumentos, elementos y componentes de un sistema para comprender de una manera práctica el fundamento teórico previamente adquirido de un tema.

2.2 Hidráulica

“La hidráulica es la ciencia que estudia las leyes que regulan el equilibrio y el movimiento de los líquidos. De una parte, entonces, estudia las condiciones de equilibrio de los líquidos en reposo, y de otra la circulación o movimiento de los mismos”.¹

2.3 Sistema hidráulico

El sistema hidráulico es una red interdependiente cuidadosamente equilibrada. Es un conjunto de dispositivos que mediante la utilización de un flujo de líquidos permite generar un movimiento el cual puede ser aprovechado en forma de energía.

Los componentes hidráulicos están diseñados para trabajar juntos, constituyendo un sistema que proporcione la máxima eficiencia que, finalmente, conducirá a que la productividad de la máquina sea mayor y los costes de operación lo más bajos posibles.

¹ OÑATE, Antonio Esteban “Conocimientos básicos del avión” 4ª edición 2003

2.3.1 Características de los sistemas hidráulicos

- Relación peso/potencia muy baja.
- Relación volumen/potencia muy baja.
- Transforma fuerza en movimientos.
- Actúan elementos distantes del punto de mando.
- Mecanismos de rápida respuesta con poca inercia.
- Sistema de control con mecanismos sencillos y seguros.
- No requiere engrase.
- Mantenimiento sencillo y económico.

2.4 Fluido hidráulico

“El fluido hidráulico es un líquido, cuyas partículas forman un volumen definido. El término fluido hidráulico se usa como nombre común del aceite usado en los sistemas y dispositivos hidráulicos del avión y es el medio transmisor de la presión hidráulica”.²

2.4.1 Funciones del fluido hidráulico

El fluido hidráulico lleva a cabo en el sistema cuatro funciones simples:

- Transmitir potencia
- Lubricar la bomba, válvulas y sellos
- Proteger el sistema removiendo contaminantes
 - Humedad
 - Suciedad
 - Calor
 - Aire
- Sellar con los componentes internos

² OÑATE, Antonio Esteban “Conocimientos básicos del avión” 4ª edición 2003

2.4.2 Tipos de fluidos hidráulicos

Hay dos tipos de fluidos hidráulicos que son usados actualmente en aviación:

Fluidos de base mineral

El líquido hidráulico estándar de este grupo tiene el número de especificación MIL-H-5606 el cual es procesado del petróleo y tiene un color rojo. Su viscosidad es baja y es inhibidor de la corrosión. El campo operacional de este líquido es de -54°C a 135°C.

Fluidos de base sintética

Un ejemplo de este tipo de fluido es el Skydrol 500B. Este tipo de fluidos son muy resistente al fuego. Tiene un color morado claro. Son más oxidantes que los líquidos minerales. Su temperatura máxima de servicio se sitúa en torno a 150°C.

2.5 Tren de aterrizaje

“Son las unidades y componentes cuya función es soportar el peso y dirigir el avión en tierra, agua o sobre hielo. Además absorbe las cargas de aterrizaje, hasta un valor aceptable para las condiciones de resistencia de la estructura del avión. Incluye frenos, ruedas, flotadores, patines, compuertas, amortiguadores, neumáticos, martinets hidráulicos, mecanismos de extensión-retracción y los sistemas de posición y aviso”.³

2.5.1 División del tren de aterrizaje

El tren de aterrizaje consta de dos conjuntos fundamentales: principal y auxiliar.

³ FAA CBT “Airframe and powerplant maintenance”

Tren principal

“Soporta la mayor parte del peso del avión en tierra, por lo que suele estar situado en la zona central del avión.

Generalmente está formado por dos patas, aunque aviones muy grandes, suelen llevar una o dos adicionales. Está constituido por conjuntos de una o más ruedas”.⁴

Tren auxiliar

“Es una pata orientable con una o dos ruedas que soporta la parte delantera del fuselaje y proporciona el control de la dirección del avión, cuando se encuentra en tierra”.⁵

2.6 Sistema de generación hidráulica

2.6.1 Partes del sistema hidráulico básico

Los elementos básicos, imprescindibles, de un sistema hidráulico se muestran en la siguiente figura:

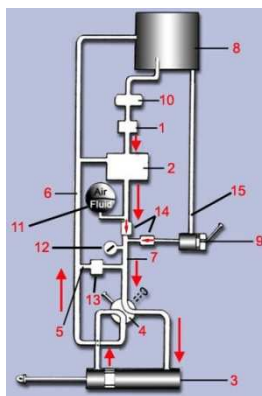


Fig. 2.1: Partes del sistema hidráulico básico
Fuente: Software airframe & powerplant maintenance

⁴ FAA CBT “Airframe and powerplant maintenance”

⁵ FAA CBT “Airframe and powerplant maintenance”

1. Filtro
2. Regulador de presión
3. Unidad actuadora
4. Válvula selectora
5. Línea de desvío
6. Línea de retorno
7. Línea de presión
8. Reservorio
9. Bomba manual
10. Bomba hidráulica
11. Acumulador
12. Manómetro
13. Válvula de alivio
14. Válvula antirretorno
15. Línea de la bomba manual

2.6.2 Funcionamiento del sistema hidráulico básico

“El primer elemento del sistema es la bomba hidráulica. La bomba hidráulica tiene por función aumentar la presión del líquido hidráulico. La bomba succiona el líquido desde el reservorio.

La bomba se mueve normalmente a través de una toma de potencia en la caja de engranajes de accesorios de algún motor.

Es muy frecuente también el empleo de bombas eléctricas en el sistema, que se impulsan por su propio motor eléctrico. En uno u otro caso, cuando la bomba está en funcionamiento succiona el líquido por su boca de entrada y lo expulsa a presión por la de salida.

En un sistema hidráulico es indispensable la ubicación de filtros los cuales son dispositivos de control situados para impedir la contaminación del fluido. De particular importancia es la protección frente a contaminación sólida.

La contaminación de sólidos es la presencia de partículas sólidas contaminantes, que pueden producir tres efectos en el sistema: a) impedir su funcionamiento; b) degradar la actuación; c) acelerar el desgaste.

El regulador de presión es, en realidad, una válvula de descarga de presión de la bomba hidráulica. Su función es mantener la presión del sistema entre límites predeterminados.

Las pequeñas fugas de líquido hidráulico son inevitables en los sistemas hidráulicos, de manera que el proceso de carga y descarga de la bomba produce su rápido desgaste y un acortamiento de su vida de servicio. Por ello es esencial en los sistemas hidráulicos un acumulador.

Un acumulador hidráulico tiene dos funciones básicas: a) prevenir el ciclaje de carga y descarga de la bomba hidráulica por posibles fugas de líquido en el sistema; b) amortiguar las oscilaciones de presión en las líneas por medio del gas del acumulador (disminuye la fatiga de las tuberías debida a pulsaciones de presión).

La válvula antirretorno es una válvula unidireccional. Consiste en una bola, o bien un cono de acero, que se mantiene en su asiento por la carga de un resorte. Para comprimir el resorte y separar la bola de su asiento es suficiente una presión diferencial realmente pequeña.

La bomba manual cumple fines auxiliares para uso en caso de fallo de las bombas mecánicas y eléctricas.

Los indicadores de presión hidráulicos son diseñados para mostrar la presión completa del sistema o la presión de una unidad individual en el sistema.

La válvula de alivio es una válvula de bola que está cargada por un resorte. La función de una válvula de alivio es limitar la presión que alcanza el sistema.

La válvula selectora es un mecanismo que permite dirigir el fluido por la ruta adecuada, según el servicio hidráulico que se pretende efectuar. La válvula selectora es un controlador de la dirección del fluido hidráulico. La válvula simple tiene dos posiciones posibles. En la posición que se ha dibujado permite que el líquido llegue a presión a la cara derecha del émbolo del martinete.

La unidad actuadora o martinete es un cilindro que tiene en su interior un émbolo, con su vástago, y dos puertas o bocas, una para entrada del líquido a presión y otra para la salida.

El funcionamiento del martinete se basa en la presión que actúa sobre las caras del émbolo. El líquido a presión produce una fuerza que, al actuar en este caso en la cara derecha, desplaza el pistón hacia la izquierda, según la posición del dibujo. Entonces, el líquido que llena la parte izquierda del cilindro es forzado a retornar al depósito por la boca de salida del martinete, vía la válvula selectora y tubería de retorno. El movimiento forzado del vástago del émbolo se aprovecha para accionar el mecanismo enganchado a él. Es el accionamiento hidráulico, o mejor, por medios hidráulicos”.⁶

2.7 Sistema hidráulico del avión T-33A

El sistema hidráulico del avión T-33A consta de un depósito a presión, una bomba de volumen variable impulsado por un motor eléctrico, un acumulador, una válvula de desahogo del sistema, un medidor de presión del sistema, conectadores de presión externa y de retorno, y un medidor de presión de aire del acumulador. Hace funcionar: el tren de aterrizaje, las puertas interiores del tren principal de aterrizaje, los flaps de picada, el reforzador del alerón y las puertas de expulsión de casquillos. Posee un sistema auxiliar para operaciones de emergencia y pruebas en tierra. Este sistema auxiliar consiste en una bomba hidráulica impulsada por motor eléctrico, un depósito auxiliar, una bomba de desahogo del sistema, una válvula selectora del sistema, una válvula selectora de prueba en tierra y tuberías separadas.

⁶ OÑATE, Antonio Esteban “Conocimientos básicos del avión” 4ª edición 2003

2.7.1 Operación en estado normal

En condiciones normales, se energiza el motor e inmediatamente comienza a funcionar la bomba principal del sistema hidráulico.

El líquido hidráulico contenido en el reservorio principal pasa por acción de la gravedad hacia la bomba principal, ésta gracias al movimiento de sus pistones manda el líquido hidráulico con presión hacia los consumidores del sistema:

El líquido hidráulico llega al acumulador, en donde se mantiene almacenado con presión. El acumulador entra a actuar en el sistema después que ha dejado de funcionar la bomba principal y falta presión en alguna parte del sistema.

La presión pasa por una válvula shut-off, un filtro, la válvula del alerón booster y finalmente llega al cilindro actuador del alerón booster que es el encargado del funcionamiento del mismo. El líquido hidráulico luego de accionar el cilindro del alerón booster regresa a través de otra cañería al reservorio del sistema hidráulico principal.

El líquido hidráulico llega hacia un solenoide, en donde espera que el piloto accione el gatillo y esto hace que el líquido pase hacia una válvula shut-off y finalmente al cilindro actuador de la puerta de expulsión de casquillos. Luego de hacer actuar la puerta de expulsión de casquillos, el líquido hidráulico regresa al reservorio del sistema hidráulico principal.

El líquido hidráulico presurizado llega a una válvula selectora, a la válvula selectora de flaps y finalmente a los cilindros actuadores de los frenos aerodinámicos. Al finalizar la actuación de los cilindros, el líquido regresa a la válvula selectora de flaps a través de otra cañería y finalmente regresa al reservorio del sistema hidráulico principal.

Finalmente una parte del líquido hidráulico con presión llega a una válvula selectora de donde se divide, hacia los cilindros actuadores de la puerta del tren principal (derecho e izquierdo) y hacia el cilindro actuador del tren de nariz. Luego

de abrir la puerta del tren principal, el líquido hidráulico pasa hacia el cilindro actuador del tren principal (derecho e izquierdo) en el caso de bajar los trenes y en el caso de subir los trenes, se realiza el procedimiento contrario. El líquido hidráulico luego de accionar los trenes, regresa hacia el reservorio del sistema principal a través de otra cañería.

2.7.2 Operación en estado de emergencia

Cuando el sistema hidráulico principal ha dejado de funcionar por cualquier motivo, el avión tiene un sistema de emergencia que extiende los trenes de aterrizaje; su funcionamiento es así:

- El piloto selecciona estado de emergencia.
- La bomba eléctrica de emergencia entra a funcionar, tomando el líquido hidráulico del reservorio de emergencia y presurizándolo a 500 PSI.
- El líquido pasa hacia la válvula selectora de prueba en tierra y de ésta hacia la puerta del tren principal para luego extender los trenes en el siguiente orden: derecho, izquierdo y de nariz.
- El líquido hidráulico regresa a la válvula selectora de prueba en tierra y luego al reservorio de emergencia.

2.7.3 Operación en estado de chequeo en tierra

El avión T33-A posee una válvula selectora de chequeo en tierra que permite el chequeo de los trenes del avión en tierra, utilizando el líquido hidráulico del reservorio principal.

También se puede realizar los chequeos en tierra conectando una bomba hidráulica externa en los puntos de prueba en tierra.

2.7.4 Componentes del sistema hidráulico del avión T-33A

Se especifica claramente que para el estudio del sistema de tren de aterrizaje se estudiará exclusivamente los componentes que posee el banco didáctico del avión T-33A en el cual está basado este proyecto de Investigación.

Reservorio hidráulico principal

“El reservorio es un tanque en el cual es almacenado un suministro adecuado de líquido hidráulico para el funcionamiento del sistema. El fluido fluye del reservorio a la bomba, donde es forzado a circular a través del sistema y finalmente devuelto al reservorio. De igual manera existe una reserva que sirve para compensar las fugas que se producen”.⁷



Fig. 2.2: Reservorio hidráulico principal
Fuente: Investigación de campo

En términos generales se puede decir que la reserva oscila en torno al 10% de las necesidades de líquido totales.

El depósito del fluido hidráulico está construido en mitades desmontables que se sujetan entre sí mediante una abrazadera. Un elemento filtrador se encuentra instalado en el centro del depósito para limpiar el fluido de retorno. Una válvula de desahogo del filtro está instalada para derivar el fluido alrededor del filtro en caso que éste se obstruyera. La salida de succión para la bomba impulsada por el motor, se encuentra situada en la parte inferior del tanque, mientras que la salida de succión de la bomba auxiliar está conectada a un tubo vertical dentro del

⁷FAA CBT “Airframe and powerplant maintenance”

tanque. El tubo de retorno entra al costado del tanque y el tubo de derivación de la bomba entra por la parte superior del tanque. El regulador de presión de aire está instalado en la parte superior del tanque y está conectado a un tubo de presión de aire y a un tubo de ventilación.

“Las funciones que cumplen los reservorios hidráulicos son”:⁸

- a) Almacenar el líquido que se emplea como medio transmisor de potencia.
- b) Compensar las pérdidas debidas a las pequeñas fugas.
- c) Actuar de regulador térmico.
- d) Permitir la desemulsión del líquido.

Reservorio hidráulico de emergencia.

El reservorio de emergencia está situado por debajo del reservorio principal, tiene las mismas características del principal con la diferencia que este entra a funcionar en caso de que existan fallas en el reservorio principal y así abastecer de líquido hidráulico a todo el sistema.



Fig.2.3: Reservorio hidráulico de emergencia
Fuente: Investigación de campo

⁸ OÑATE, Antonio Esteban “Conocimientos básicos del avión” 4ª edición 2003

Bomba hidráulica motorizada

“Es una unidad impulsora necesaria para crear una circulación de fluido la cual aumenta la presión hidráulica hasta el valor nominal que precisa el sistema. Es de caudal variable y su lubricación es automática. Es impulsada por medio de un motor eléctrico”.⁹

La bomba absorbe el líquido hidráulico del reservorio principal a través de una cañería de succión, luego el líquido es impulsado a presión hacia el sistema de consumo, cuando en el reservorio no existe suficiente fluido hidráulico los movimientos de los trenes de aterrizaje son más lentos. En caso de no existir líquido en el reservorio el motor gira en seco lo que se produce un recalentamiento para lo cual tienen unos sensores de temperatura que permite que el motor no funcione a una cierta temperatura.

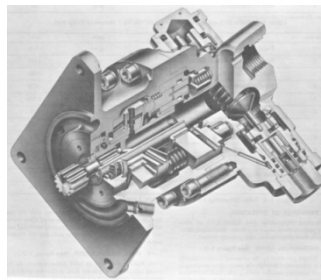


Fig.2.4: Bomba hidráulica
Fuente: Manual técnico de overhaul T-33A

Está compuesta por nueve pistones con tensión de resorte colocados en un bloque cilíndrico concéntrico con el eje impulsor que son accionados mediante una leva impulsora en forma de cuña. El pistón que descansa contra la sección delgada de la leva impulsora está totalmente extendido y el pistón que descansa contra la sección gruesa está totalmente comprimido. A medida que gira la leva impulsora, los pistones se extienden y se comprimen alternativamente a medida que la sección delgada o la sección gruesa de la leva impulsora pasa por cada cilindro.

⁹ FAA CBT “Airframe and powerplant maintenance”

A medida que cada pistón se extiende, descubre una lumbrera de succión por donde fluye el fluido hidráulico desde el tanque. La parte inferior de cada uno de los cilindros tiene una válvula de retención con tensión de resorte la cual se abre bajo presión y permite que el fluido pase por los conductos de la caja de la bomba hasta la lumbrera de presión.

Cuando el sistema no exige el fluido de la bomba, una válvula reguladora de presión con tensión de resorte es movida por la presión del fluido que hace mover un pistón, el cual cierra la lumbrera de entrada de la bomba. El resorte es ajustable y se gradúa para que cierre la lumbrera de entrada a 1075 (+-25) PSI. Con la lumbrera de entrada de la bomba cerrada, el fluido es admitido para fines de refrigeración y lubricación mediante un conducto que tiene la manga de la válvula. El pistón piloto abre la válvula de derivación a través de la cual el fluido es devuelto al depósito, después de haber circulado por la bomba.

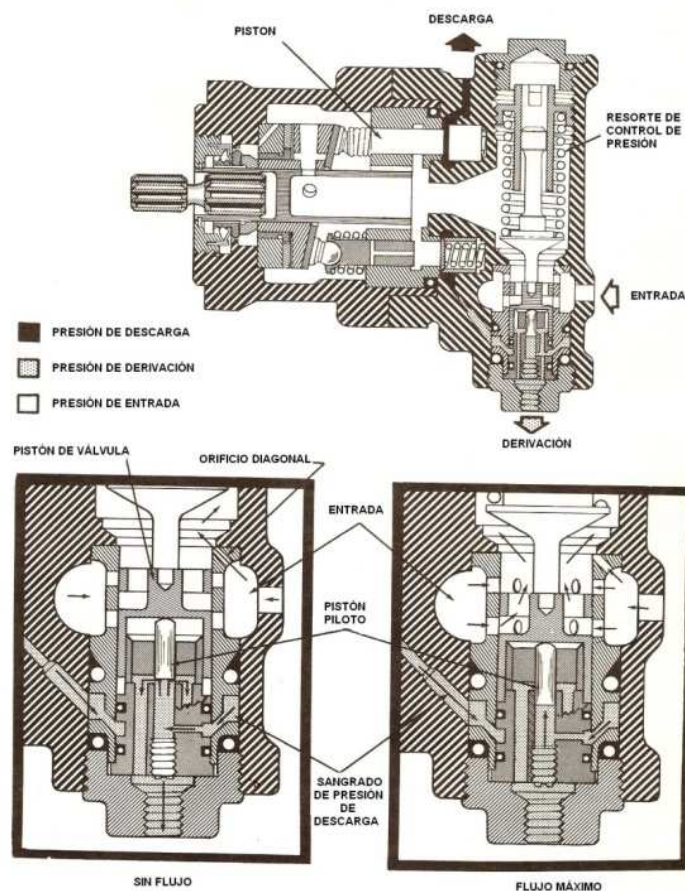


Fig.2.5: Movimiento del fluido
Fuente: Manual técnico de overhaul T-33A

Bomba del sistema de emergencia

Esta bomba es de tipo engranaje, la cual es impulsada por medio de un motor eléctrico. Se emplea en muchos sistemas hidráulicos de presión intermedia. La bomba proporciona excelentes resultados cuando se emplea en líneas de recuperación de líquido, de retorno, o en líneas donde la presión no es excesivamente alta.

El rendimiento volumétrico de la bomba de engranajes es relativamente bajo, pero tiene la ventaja de su fabricación sencilla.



Fig.2.6: Bomba de emergencia
Fuente: Investigación de campo

Los engranajes son de dientes cilíndricos rectos. Por tanto las ruedas de los engranajes están talladas con dientes rectos en la periferia, herméticamente cerrados en el cuerpo de la bomba. El cuerpo de la bomba se llama cárter, y dispone de una boca u orificio de entrada de líquido, y otra de salida (las llamadas puertas de succión y de presión).

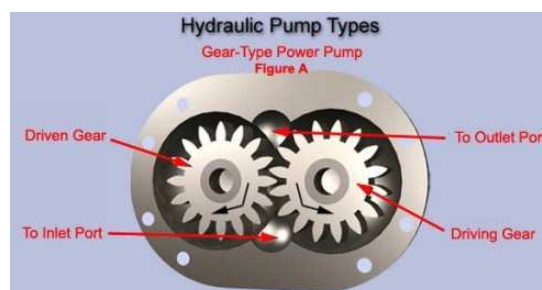


Fig.2.7: Bomba de engranajes
Fuente: CBT Airframe & powerplant maintenance

El líquido llega a la entrada de la bomba a la presión del depósito y penetra en el orificio de entrada. El arrastre de líquido es posible porque los dientes al girar dan lugar a volúmenes crecientes en la zona de entrada de la bomba. El líquido pasa entre las cavidades que forman los dientes de los engranajes y la carcasa interior del cuerpo de la bomba, finalmente, es impulsado desde la cavidad de salida de los engranajes hasta la boca de expulsión, y de aquí a la conducción general del sistema.

Acumulador hidráulico

“El acumulador hidráulico es un depósito que está dividido en dos cámaras por medio de un diafragma de material flexible sintético (membrana)”.¹⁰

Una de las cámaras contiene el líquido hidráulico a la presión del sistema, y la otra cámara tiene una carga de gas a presión. El gas es nitrógeno, que es poco activo desde el punto de vista químico.

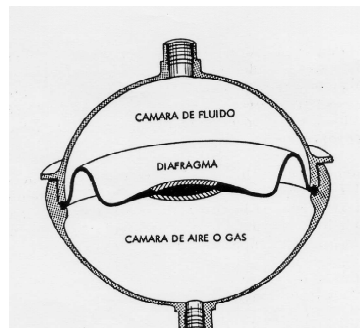


Fig.2.8: Cámaras del acumulador hidráulico
Fuente: Manual técnico de overhaul T-33A

Cuando el acumulador está cargado con aire sin que haya presión hidráulica, la vejiga está totalmente extendida contra las paredes de la cubierta. A medida que el fluido es admitido por la lumbrera de fluido, el hemisferio superior de la vejiga es forzado hacia abajo, comprimiendo más aún el aire que se encuentra dentro de la vejiga. Cuando la acción del cilindro hidráulico deja que el

¹⁰ OÑATE, Antonio Esteban “Conocimientos básicos del avión” 4ª edición 2003

acumulador se descargue hacia el sistema, el aire comprimido obliga a salir el fluido del acumulador hasta que todo haya sido arrojado.

Un medidor de presión está ubicado en la lumbrera de carga de gas para revisar la presión del acumulador.

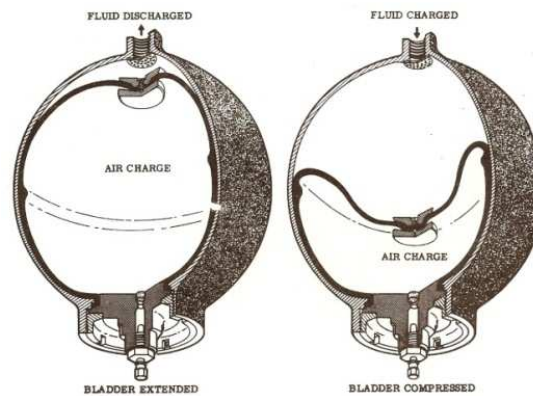


Fig.2.9: Operación del acumulador
Fuente: Manual técnico de overhaul T-33A

“Las funciones que cumple el acumulador hidráulico son las siguientes”:¹¹

- 1) Prevenir el ciclaje de carga y descarga de la bomba hidráulica, ante las posibles fugas de líquido en el sistema.
- 2) Amortiguar las oscilaciones de presión en el sistema. Esto se efectúa por medio de la compresibilidad del gas del acumulador.
- 3) Suministrar presión de emergencia en caso de avería de la bomba hidráulica.
- 4) Permitir la expansión térmica del líquido hidráulico.

Manómetro

Son indicadores de presión hidráulicos diseñados para mostrar la presión completa del sistema o la presión de una unidad individual en el sistema.

¹¹ OÑATE, Antonio Esteban “Conocimientos básicos del avión” 4ª edición 2003

La caja de este indicador contiene un tubo Bourdon y mecanismos de piñón por la que el movimiento del tubo de Bourdon es amplificado y transferido al puntero. La posición del puntero sobre el indicador de disco calibrado demuestra la presión hidráulica en PSI.

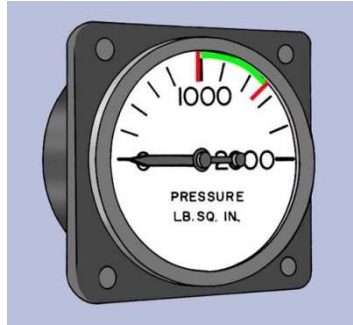


Fig.2.10: Indicador de presión hidráulica
Fuente: Software airframe & powerplant maintenance

Fusible hidráulico

“Los fusibles hidráulicos son dispositivo de seguridad y funcionan igual que los eléctricos, es decir, cortan el paso de fluido hidráulico cuando detectan caudal excesivo en la tubería, propio de una rotura aguas abajo”¹². De esta forma impiden que todo el fluido hidráulico escape al exterior. Los fusibles pueden ser instalados en ubicaciones estratégicas durante todo un sistema hidráulico.



Fig. 2.11: Fusible hidráulico
Fuente: Investigación de campo

La figura 2.12 es el esquema operativo del fusible detector de caída de presión. Supongamos que se produce fuga de líquido masiva aguas abajo del

¹² OÑATE, Antonio Esteban “Conocimientos básicos del avión” 4ª edición 2003

punto de instalación del fusible. La presión estática del líquido detrás del fusible disminuye, de forma que aumenta la presión diferencial que actúa sobre el pistón. Éste se desplaza a la derecha, venciendo la tensión del resorte antagonista, acción que corta los orificios de paso de líquido hidráulico a través del fusible.

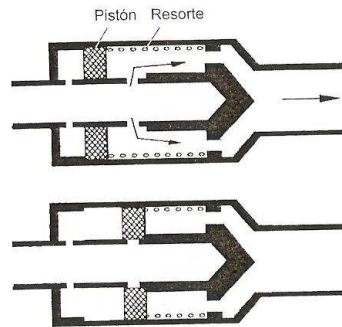


Fig. 2.12: Fusible hidráulico tipo detector de caída de presión
Fuente: Libro "Conocimientos básicos del avión"

Válvula de lanzadera (Shuttle valve)

El banco didáctico incorpora un sistema de emergencia que proveen métodos alternos de sistemas operativos esenciales requeridos para la extensión del tren de aterrizaje. El sistema hidráulico de emergencia, o el auxiliar que actúa como tal, es independiente del principal.

“La válvula de lanzadera es uno de los mecanismos que se emplean para separar el sistema normal y de emergencia en la proximidad del martinete, único punto común de ambos sistemas”.¹³ Las válvulas de lanzadera están montadas en el lado de extensión de los cilindros accionadores del tren de aterrizaje. Las válvulas de lanzadera evitan que el fluido del sistema hidráulico auxiliar o de emergencia entre al sistema principal cuando el sistema auxiliar está funcionando y viceversa.

¹³ FAA CBT "Airframe and powerplant maintenance"



Fig.2.13: Válvula de lanzadera
Fuente: Investigación de campo

La válvula es una unidad de tres orificios. Tiene una parte móvil llamada carrete o lanzadera.

La figura 2.14 (Gráfico A) muestra el esquema de la válvula de lanzadera, y la parte (B) la sección recta de la misma.

El modo de funcionamiento es el siguiente, ver el gráfico (A): Por la línea (4) entra el líquido hidráulico y por la línea de servicio (3) se conecta al martinete. La lanzadera (2) obtura el orificio de entrada del sistema de emergencia cuando hay presión en la línea (4).

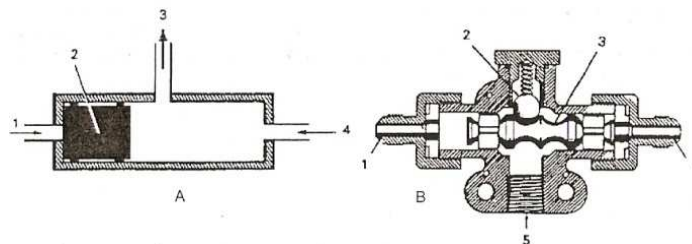


Fig. 2.14: Esquema de la válvula de lanzadera
Fuente: Libro "Conocimientos básicos del avión"

Válvula anti retorno de retención (Check valve)

Las válvulas anti retorno automáticas contienen un cuerpo móvil tensionado por un resorte. La válvula se abre cuando la presión en dirección a la circulación es suficientemente fuerte.

“El propósito de una válvula anti retorno es permitir que el fluido circule solamente en una dirección y restringir la circulación en dirección contraria”.¹⁴

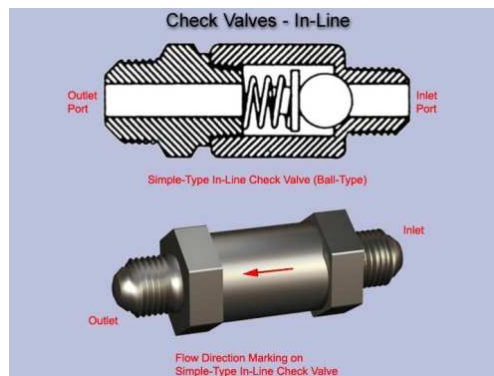


Fig.2.15: Válvula anti retorno
Fuente: Software airframe & powerplant maintenance

Válvula manual de corte (Shutoff valve)

El banco didáctico usa la válvula de corte tipo aguja. Esta válvula tipo aguja consta de un manilla, vástago y válvula, y cuerpo. Cuando se gira la manilla en sentido de las agujas del reloj se detiene la circulación de fluido.

Estas válvulas manuales de corte son usadas durante el mantenimiento para cerrar la circulación de fluido hidráulico a los subsistemas, permitiendo que el personal de mantenimiento trabaje sin peligro. También, cerrando la válvula una cantidad deseada, la velocidad de la unidad de funcionamiento puede ser controlada para ayudar a observar la secuencia y la operación completa de los componentes que están operado.

¹⁴ FAA CBT “Airframe and powerplant maintenance”



Fig. 2.16: Válvula manual de corte
Fuente: Investigación de campo

Válvulas selectoras

Las válvulas selectoras son usadas para controlar la dirección del movimiento de las unidades actuadoras. Una válvula selectora provee una trayectoria para la circulación simultánea del fluido hidráulico dentro y fuera de una unidad actuadora conectada. La válvula selectora también provee medios que inmediatamente y convenientemente cambian las direcciones en las que el fluido fluye a través del actuador, invirtiendo la dirección del movimiento.

Un puerto de la válvula selectora está relacionado con la línea de presión del sistema para la entrada de la presión del fluido. Un segundo puerto de la válvula está conectado con la línea de retorno del sistema para el regreso de fluido al reservorio. Los puertos de una unidad actuadora a través que el fluido entra y deja la unidad actuadora son conectados por líneas a otros puertos de la válvula selectora.

Las válvulas selectoras tienen varios números de puertos. El número de puertos es determinado por los requisitos especiales del sistema en el que la válvula es usada.

Válvula selectora del tren de aterrizaje

Tienen la función de dirigir el líquido hidráulico a la parte adecuada del sistema.

La válvula selectora del tren de aterrizaje tiene dos pares de válvulas de elevación con tensión de resorte coaxial operadas por un eje de leva que va colocado en la palanca de la válvula selectora.



Fig. 2.17: Válvula selectora del tren de aterrizaje
Fuente: Investigación de campo

La caja de la válvula tiene una lumbrera de presión, una lumbrera de retorno y dos lumbreras para el cilindro, al hacer girar el eje de leva se conectan la lumbrera de presión con una lumbrera del cilindro y la lumbrera de retorno a la otra lumbrera de cilindro.

Al regresar la leva a su posición original, invierte las lumbreras del cilindro a las cuales están conectadas las lumbreras de presión y de retorno.

Se ha incluido un dispositivo de seguridad en la instalación de la válvula selectora, el cual evita el movimiento inadvertido de la palanca de control a la posición "up" (arriba), cuando el avión está en el suelo.

El dispositivo consiste en una cerradura que es liberada por solenoide y que acopla con un brazo que está sujeto al eje de la palanca de control. Un interruptor que va montado en el brazo de torsión del tren principal izquierdo, controla la corriente eléctrica que activa al solenoide.

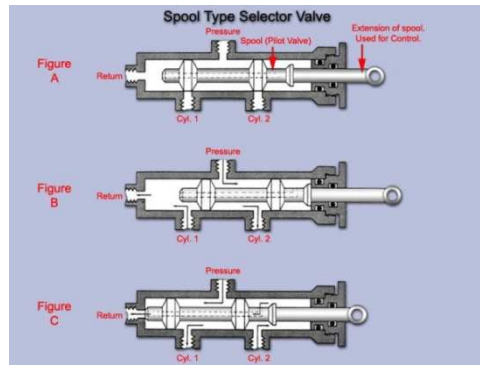


Fig. 2.18: Válvula selectora tipo carrete
Fuente: Software airframe & powerplant maintenance

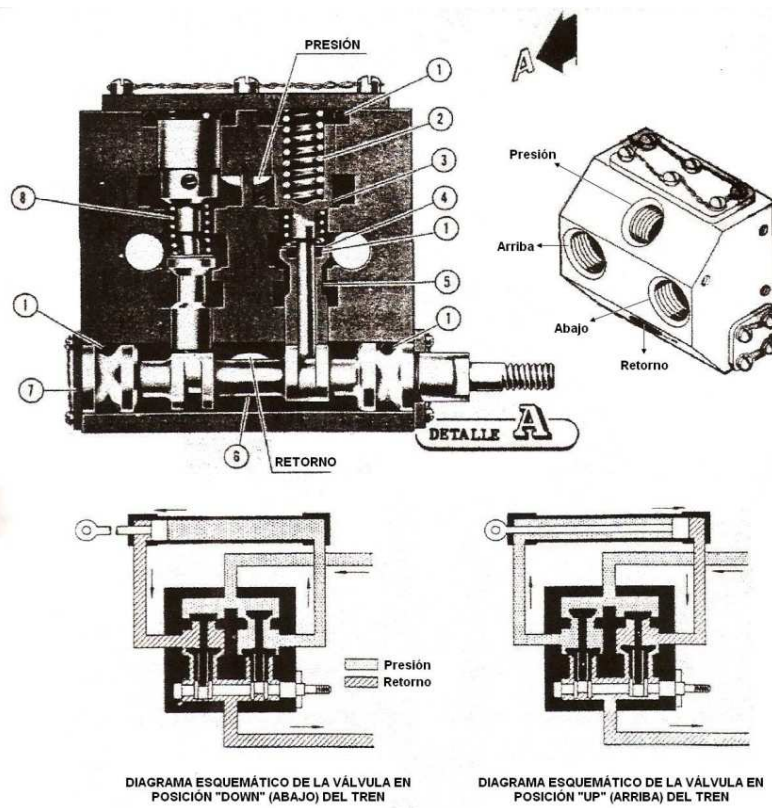


Fig. 2.19: Diagrama esquemático de la válvula selectora
Fuente: Manual de mantenimiento avión T-33A

Válvula selectora de prueba en tierra

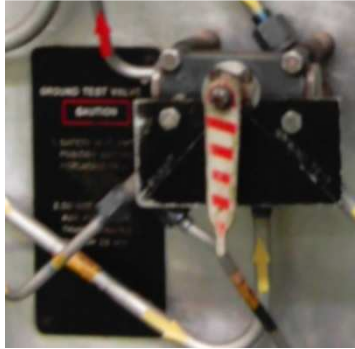


Fig. 2.20: Válvula selectora de prueba en tierra
Fuente: Investigación de campo

Esta válvula es del tipo de elevación de 5 lumbreras, de dos posiciones dotada de una leva que tiene dos lóbulos. La función de la válvula es conectar la bomba del sistema hidráulico auxiliar al sistema hidráulico principal.

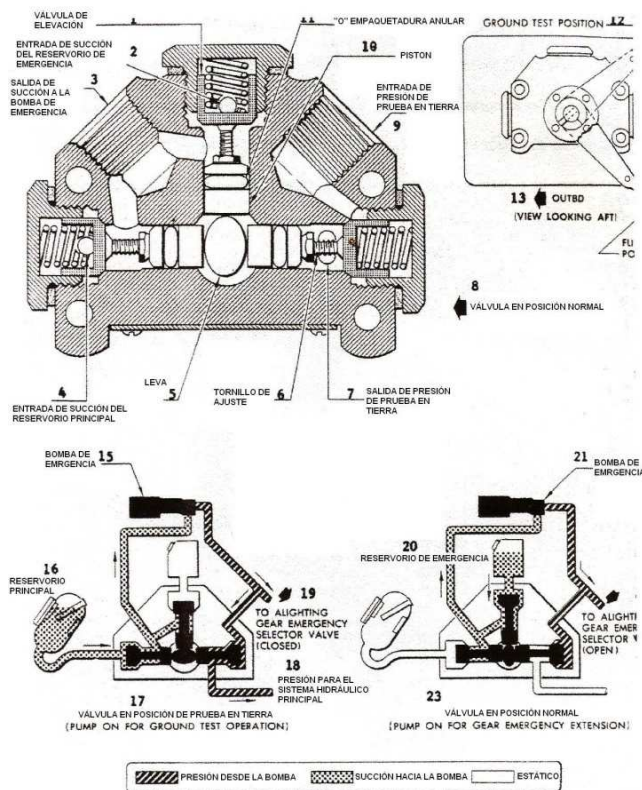


Fig.2.21: Diagrama esquemático de la válvula selectora de prueba en tierra
Fuente: Manual de mantenimiento avión T-33A

Válvula selectora del sistema de emergencia

Esta válvula es la encargada de activar el sistema de emergencia del tren de aterrizaje cuando ha fallado el sistema principal. Cuenta con tres lumbreras las cuales cumplen las siguientes funciones:

La una lumbrera es la de entrada de presión que proviene desde la bomba hidráulica de emergencia, la segunda es de salida de presión al sistema y la tercera lumbrera es la de retorno al reservorio.



Fig.2.22: Válvula selectora del sistema de emergencia
Fuente: Investigación de campo

Válvula de alivio del sistema hidráulico (Relief valve)

“La válvula de alivio de presión del sistema es una unidad de seguridad instalada entre las tuberías de presión y las de retorno para evitar daños al sistema debido a una presión excesiva sobre un líquido limitado”.¹⁵ Esta es necesaria para prevenir fallas de componentes o ruptura de líneas hidráulicas bajo la presión excesiva. La válvula de alivio de presión es, en efecto, una válvula de seguridad del sistema.

¹⁵ FAA CBT “Airframe and powerplant maintenance”



Fig.2.23: Válvula de alivio del sistema hidráulico
Fuente: Investigación de campo

Se ajusta quitando la tapadera y haciendo girar hacia la derecha el tornillo de ajuste del resorte para aumentar la presión de desahogo o hacia la izquierda para reducir la presión de desahogo.

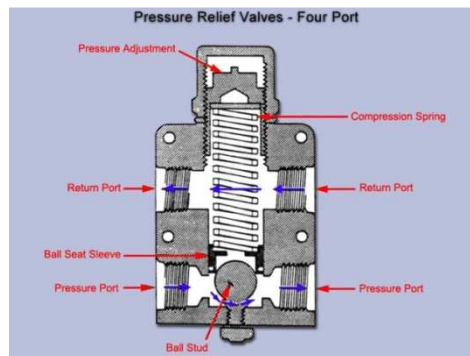


Fig. 2.24: Componentes de la válvula de alivio
Fuente: Software airframe & powerplant maintenance

Válvula de alivio de emergencia (Relief valve)

Ésta válvula cumple la misma función que la válvula de alivio del sistema principal. Se encuentra conectada a las líneas de presión y retorno del sistema de emergencia.



Fig. 2.25: Válvula de alivio del sistema de emergencia
Fuente: Investigación de campo

Tuberías hidráulicas

“Las tuberías hidráulicas son parte esencial de la canalización hidráulica de la aeronave. Su función es dirigir el fluido a una cierta presión a los diferentes componentes del sistema hidráulico”.¹⁶ Pueden ser de dos tipos: a) Tuberías rígidas, metálicas; b) Tuberías flexibles, de materiales tipo elastómero o de caucho sintético.

Tubería rígida

Se llama tubería rígida a un elemento, más o menos largo, formado por la unión de varios tubos metálicos, que se acoplan mediante tuercas de unión (racores) u otros procedimientos de empalme.

Las tuberías rígidas que se emplean en los sistemas hidráulicos de los aviones pueden ser de aleación de aluminio, de acero, o de aleación de titanio. Las tuberías de aleación de aluminio se emplean normalmente para presiones hidráulicas medias y bajas, y las de acero y de aleación de titanio se emplean para sistemas hidráulicos de alta presión.



Fig. 2.26: Tubería rígida

Fuente: Software Airframe & powerplant maintenance

Tuberías flexibles

Se llama tubería flexible a un elemento tubular flexible, fabricado de goma natural o en productos elásticos sintéticos. Son empleadas en todas aquellas zonas de los sistemas en los que existe movimiento relativo entre los equipos o

¹⁶ FAA, Fluid Lines & Fittings; Chapter 7

elementos del circuito, bien por desplazamientos mecánicos (articulaciones, bisagras), bien por desplazamientos ocasionados por las condiciones de servicio.



Fig. 2.27: Tubería flexible
Fuente: FAA Fluid lines & fittings

2.8 Banco didáctico del tren de aterrizaje del avión T-33A

El banco didáctico de tren de aterrizaje es operado hidráulicamente. Consiste de un tren principal y el auxiliar. El tren principal simula el tren del lado izquierdo del avión el cual se recoge horizontalmente hacia adentro. El tren de aterrizaje auxiliar (de nariz) se recoge hacia atrás. Al retraerse todos los trenes son encerrados por unas compuertas movidas por mecanismos que actúan conjuntamente con los procesos de extensión y retracción del tren.

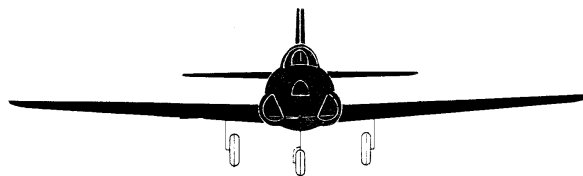


Fig. 2.28: Banco de simulación del tren de aterrizaje del avión T-33A
Fuente: Investigación de campo

2.8.1 Descripción del sistema de tren de aterrizaje principal

El banco didáctico cuenta con un tren principal completamente retráctil el cual es impulsado electrohidráulico. Éste es controlado por medio de una palanca de control ubicada en el banco de generación hidráulica la cual activa una válvula selectora de extensión y retracción del tren de aterrizaje. El tren es asegurado mecánicamente en la posición extendida y retractado.

El sistema de extensión de emergencia es impulsado por una bomba hidráulica con motor eléctrico, la cual es controlada por una válvula selectora del sistema de emergencia ubicada en el banco de generación hidráulica.

El tren principal de aterrizaje consiste en un conjunto amortiguador hidroneumático – oleoneumático, mecanismo de seguro superior e inferior, un actuador hidráulico de doble efecto, articulaciones de torsión, switch de fin de carrera y compuertas de alojamiento.



Fig. 2.29: Tren de aterrizaje principal
Fuente: Investigación de campo

2.8.1.1 Componentes del tren principal

Actuador hidráulico

“Un actuador hidráulico es un mecanismo cuya función es transformar la presión hidráulica en fuerza mecánica”.¹⁷

¹⁷ OÑATE, Antonio Esteban “Conocimientos básicos del avión” 4ª edición 2003

Los elementos fundamentales del actuador hidráulico son: cilindro, émbolo o pistón y vástago del pistón. El pistón divide al cilindro en dos cámaras cuya función es la siguiente:

La una cámara sirve para la extensión del pistón y la otra sirve para la retracción es decir es un cilindro actuador de doble efecto.

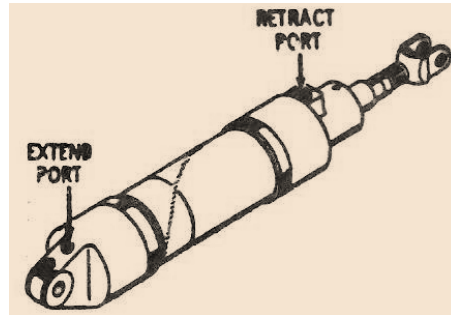


Fig. 2.30: Actuador hidráulico del tren principal
Fuente: Manual técnico de overhaul T-33A

Tabla Nº 2.1: Especificaciones del cilindro actuador del tren principal.

Presión de funcionamiento	1,500 PSI
Presión resistente	2,250 PSI
Presión de explosión	3,750 PSI
Longitud nominal (entre centros de montaje):	
Extensión	23-5/16 pulgadas
Retracción	15-1/4 pulgadas
Recorrido	8-1/16 pulgadas

Fuente: Manual técnico de overhaul T-33A

Cilindro actuador de la compuerta interior de alojamiento

Se encuentra ubicado sobre la compuerta interior del sistema de tren de aterrizaje principal. Es un cilindro de doble efecto el cual tiene como función abrir y cerrar la compuerta que aloja al tren de aterrizaje.

El cilindro cuenta con dos puertos, por los cuales ingresa presión de fluido para abrir o cerrar la compuerta.



Fig. 2.31: Cilindro actuador de la compuerta interior
Fuente: Investigación de campo

Cilindro actuador de emergencia de las compuertas

La apertura de emergencia de la compuerta interior es efectuada por un cilindro pequeño de liberación que hace girar los ganchos de seguridad hasta su posición normal abierta.



Fig.2.32: Cilindro actuador de emergencia de las compuertas
Fuente: Investigación de campo

Compuertas de alojamiento del tren principal

Las compuertas de alojamiento están divididas en tres partes:

- Compuerta interior
- Compuerta central
- Compuerta exterior

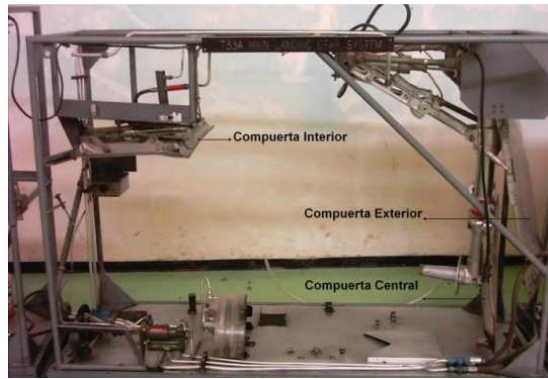


Fig. 2.33: Compuertas del tren principal
Fuente: Investigación de campo

La compuerta interior está sujeta por bisagras paralelas a la estructura principal del banco didáctico, la compuerta central sujeta al extremo inferior del amortiguador y la compuerta exterior sujeta a la estructura principal del banco mediante bisagras y conectado al amortiguador por medio de una barra impulsora con tensión.

2.8.1.2 Funcionamiento de las compuertas

“La compuerta central y exterior por estar conectadas al amortiguador se mueven a la posición arriba o abajo según sea el movimiento del tren. Durante el procedimiento de retracción un candado que está en la puerta central acopla con un rodillo que está en la puerta exterior para así asegurar las dos compuertas quedando a ras cuando están completamente cerradas”.¹⁸

Este orden seguido en la operación de cerrar es debido a un retardo mecánico que es provisto por el segmento impulsor del segmento interior. Cuando el tren ha llegado casi a su posición plegada, la palanca es golpeada por el segmento central de la puerta. Al cerrarse, un rodillo que está montado en la puerta hace primero contacto con el gancho de retención y mueve ligeramente el gancho hacia dentro.

¹⁸ IAFAA-USAF “Sistema hidráulico del avión T-33A”

Esta acción disminuye la fuerza que ejerce el cilindro en el extremo dentado del gancho disparador y suelta ambos ganchos para que giren a medida que una fuerza adicional del cilindro los hace mover hacia el rodillo. Cuando las puertas están cerradas y aseguradas, éstas sirven para asegurar el tren de aterrizaje en su posición plegada. En su apertura, la puerta interior y la extensión del tren son casi simultáneas. Tan pronto como el cilindro impulsor de la puerta suelta al seguro superior, comienza a abrir la puerta interior a medida que desciende el peso del tren ayuda a abrir la puerta. La apertura de emergencia de la puerta interior es efectuada por un cilindro pequeño de liberación que hace girar los ganchos hasta su posición normal abierta.

Cuando los ganchos son girados hasta la posición abierta, éstos abren la puerta parcialmente. Las puertas son, entonces, abiertas totalmente por el tren a medida que éste se extiende.

2.8.2 Descripción del sistema de tren de aterrizaje auxiliar

El banco didáctico cuenta con un tren principal completamente retráctil el cual es impulsado electrohidráulico. Funciona en combinación con el tren principal. Los controles, el sistema de extensión de emergencia y los dispositivos de alarma son comunes tanto para el tren principal como para el auxiliar.

El tren consiste en un conjunto de amortiguador oleoneumático, un cilindro actuador hidráulico, dos brazos de torsión, seguros de bloqueo arriba y abajo, switch de fin de carrera y compuertas de alojamiento.



Fig. 2.34: Tren de aterrizaje auxiliar
Fuente: Investigación de campo

2.8.2.1 Componentes del tren auxiliar

Actuador hidráulico

El conjunto de cilindro es instalado en una aeronave y usa energía hidráulica para levantar y bajar el tren de aterrizaje de morro del avión.

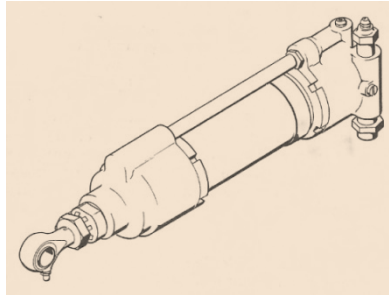


Fig. 2.35: Actuador hidráulico del tren auxiliar
Fuente: Manual técnico de overhaul T-33A

Tabla Nº 2.2: Especificaciones del cilindro actuador del tren auxiliar

Presión de funcionamiento	1,500 PSI
Presión resistente	2,250 PSI
Presión de explosión	3,750 PSI
Longitud nominal (entre centros de montaje):	
Extensión	17-3/8 pulgadas
Retracción	11-7/16 pulgadas
Recorrido	5-15/16 pulgadas

Fuente: Manual técnico de overhaul T-33A

Actuador de bloqueo arriba

Es un cilindro hidráulico usado en el sistema de tren de aterrizaje de nariz de actuación de retorno por resorte. Hay dos orificios de presión. Uno es conectado a la presión del sistema normal y el otro a la presión del sistema de emergencia.

La posición cerrada del pistón se obtiene con la fuerza ejercida por el retorno del resorte. El desbloqueo resulta cuando la presión es aplicada a cualquiera de los dos puertos ya sea al normal o al de emergencia. Por lo tanto, la sujeción mecánica obtenida elimina la necesidad de mantener la presión de "tren arriba" durante el vuelo o extensión inadvertida del tren de morro debido a la falla de presión.

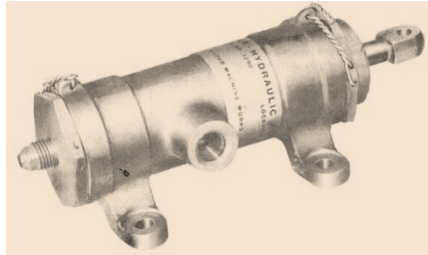


Fig. 2.36: Actuador de bloqueo arriba
Fuente: Manual técnico de overhaul T-33A

Compuerta del tren auxiliar

El tren auxiliar tiene dos compuertas rectangulares paralelas entre sí las cuales se cierran o se abren durante los procesos de extensión y retracción del tren.

Un extremo de las compuertas están sujetas por bisagras paralelas a la estructura principal del banco didáctico mientras que las partes internas están sujetas a un mecanismo de cierre que se activa con la retracción del tren.

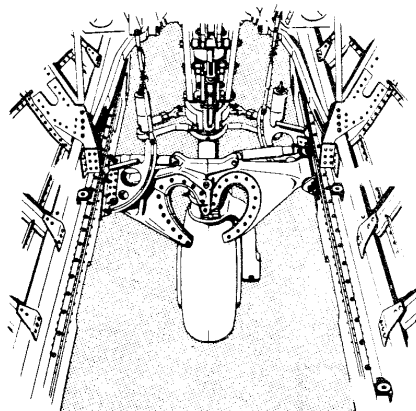


Fig. 2.37: Mecanismo de cierre de las compuertas del tren auxiliar
Fuente: USAF. Manual de instrucción y mantto. del avión T-33A

2.8.2.2 Funcionamiento de las compuertas

Las compuertas se mueven a la posición arriba o abajo según sea el movimiento del tren.

Cuando el tren es retraído, el movimiento hacia atrás del brazo de rueda producido por el actuador hidráulico junto con un mecanismo de retracción hace que golpee con una abrazadera que está sujeta al lado interno de las compuertas. Mientras la abrazadera se cierra acogiendo al brazo de rueda, las compuertas siguen cerrándose de manera uniforme hasta que el tren sea bloqueado en la posición arriba.

Lo mismo ocurre para abrir las compuertas. Cuando empieza el proceso de extensión del tren, el brazo de rueda desciende de manera que sigue abriéndose la abrazadera y poco a poco sigue liberando al tren al igual que siguen abriendo las compuertas.

2.8.3 Mecanismos de bloqueo

Los trenes de aterrizaje de tipo retráctil disponen de un sistema que permite mantener el tren extendido, tanto en tierra (es obvio) como en vuelo (al momento del aterrizaje).

El tren dispone de mecanismos de bloqueo en los dos extremos de su recorrido, tren arriba y tren abajo. Además existe un sistema de emergencia que desbloquea el tren de su posición de bloqueo arriba.

2.8.3.1 Mecanismo de bloqueo de tren arriba

“El bloqueo del tren arriba se efectúa por medio del actuador de bloqueo, el cual activa un gancho de retención de un rodillo de la articulación lateral del tren. El rodillo de fijación entra en el gancho durante su movimiento de abajo arriba

(retracción) venciendo el resorte de cartucho que mantiene la tensión de cierre del gancho”.¹⁹



Fig. 2.38: Gancho de seguro superior
Fuente: Investigación de campo

Una vez que el rodillo está en el alojamiento se suelta de modo natural por medio del eje del pistón hidráulico, que se desplaza hacia abajo cuando recibe presión hidráulica.



Fig. 2.39: Rodillo de bloqueo arriba
Fuente: Investigación de campo

2.8.3.2 Mecanismo de bloqueo de tren abajo

El tren abajo se asegura por medio de un mecanismo de resorte de retención del tren en dicha posición el cual se activa con la extensión total del Tren con la ayuda del actuador hidráulico de extensión.

¹⁹ IAFAA-USAF “Sistema Hidráulico del Avión T-33A”

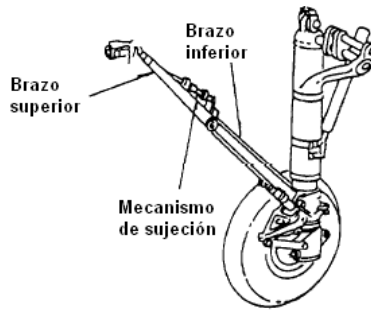


Fig. 2.40: Mecanismo de sujeción de tren abajo
Fuente: PDF Aviation structural mechanic

2.8.4 Extensión y retracción del tren de aterrizaje

La extensión y retracción del tren de aterrizaje se basa en las propiedades de deformabilidad de las palancas o barras articuladas. Los dispositivos usados en el sistema de extensión y retracción de tren de aterrizaje operado hidráulicamente incluyen cilindros actuadores, válvulas selectoras, bloqueaje arriba, bloqueaje abajo, tuberías, y otros componentes hidráulicos convencionales. Estas unidades son interconectadas de manera que permiten apropiadamente la secuencia de retracción y extensión del tren de aterrizaje al igual que las puertas del mismo.

La operación de un sistema hidráulico de extensión y retracción del tren de aterrizaje funciona así: Cuando la válvula selectora es movida a la posición “up” o “down” el fluido es dirigido hacia las líneas de tren arriba o abajo. El fluido fluye a los cilindros de tren de morro tanto al actuador como al de seguro superior, a los dos cilindros actuadores principales y a los cilindros de apertura de puertas.



Fig. 2.41: Movimiento de extensión-retracción del tren auxiliar
Fuente: Libro “Conocimientos básicos del avión”

2.8.4.1 Extensión del tren de aterrizaje en emergencia

El sistema de extensión de emergencia baja los trenes de aterrizaje si el sistema de energía hidráulica principal falla. La presión hidráulica para la operación de emergencia del tren de aterrizaje es provista por una bomba auxiliar impulsada por un motor eléctrico.

Mediante la válvula selectora del sistema de emergencia se activa el sistema de emergencia y la presión hidráulica es enviada a los cilindros de liberación de bloqueo superior (tren de morro), a los cilindros de emergencia de apertura de las compuertas (tren principal) y a las válvulas de lanzadera ubicadas a la entrada de los cilindros actuadores del tren de aterrizaje las cuales cortan el paso del sistema normal y permite el paso del sistema de emergencia bajando los vástagos de los actuadores y extendiendo al tren de aterrizaje.

2.8.5 Sistema de freno de las ruedas

Los frenos son los mecanismos fundamentales para detener el avión, sobre todo en la carrera de aterrizaje de baja velocidad. De igual manera es indispensable frenar las ruedas de tren de aterrizaje antes de que ingresen a los compartimientos de alojamiento.

El freno es activado por medio de un cilindro máster el cual tiene la función de entregar fluido hidráulico al sistema de freno de rueda de la aeronave.

Es activado por medio de un pedal o por medio de una palanca manual en caso de emergencia.

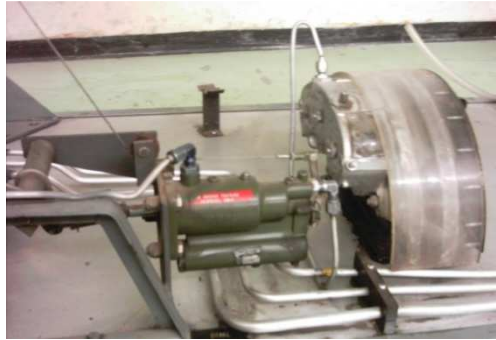


Fig. 2.42: Sistema de freno de ruedas
Fuente: Investigación de campo

2.8.6 Indicadores de advertencia del tren de aterrizaje

Indicadores visuales

Un indicador visual muestra la posición del tren de aterrizaje cuando éstos son retraídos o extendidos. Éstas señales son activadas por medio de switches eléctricos ubicados en los seguros de bloqueo (arriba o abajo) que son activados al bloquearse o desbloquearse el tren de aterrizaje.

Un tipo de indicador tiene una rueda en miniatura para cada unidad del tren de aterrizaje incluida en un solo instrumento en el tablero de instrumentos. La rueda se mueve de la posición extendida a la recogida o plegada en sincronización con el tren de aterrizaje de manera que el operador puede saber la posición de cada tren de aterrizaje en cualquier momento.



Fig. 2.43: Indicador de posición del tren de aterrizaje
Fuente: Investigación de campo

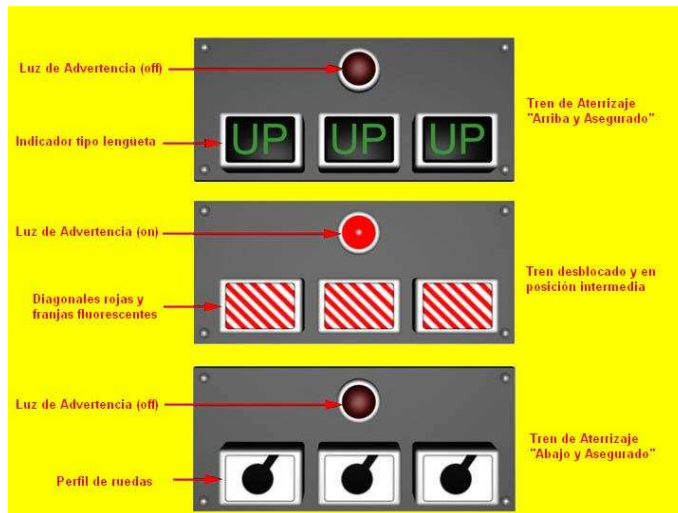


Fig. 2.44: Funcionamiento de los indicadores de posición del tren de aterrizaje
Fuente: Software Airframe & powerplant maintenance

Indicadores audibles

El sistema de tren de aterrizaje posee un sistema de alarma que utiliza una bocina audible la cual se activa cuando el tren esta en tránsito.



Fig. 2.45: Bocina de advertencia del tren de aterrizaje
Fuente: Investigación de campo

2.8.7 Interruptores automáticos

“Los conductores son protegidos con interruptores automáticos o fusibles que están ubicados lo más cerca posible a la barra de alimentación de energía eléctrica. El disyuntor o fusible abre el circuito antes de que el conductor emita humo”.²⁰

²⁰ FAA CBT “Airframe and powerplant maintenance”



Fig. 2.46: Interruptores automáticos
Fuente: Investigación de campo

2.8.8 Relés

“Los relés son usados como dispositivos de conmutación donde una reducción de peso puede ser conseguido o controles eléctricos pueden estar simplificados. Un relé es un interruptor operado eléctricamente”.²¹

2.8.9 Fuente de alimentación

La fuente se alimenta con una capacidad de 220 voltios trifásico y 440 Hz de frecuencia. Envía 24 voltios DC al banco didáctico para el funcionamiento del sistema de tren de aterrizaje, principalmente el banco de generación hidráulica en donde se encuentran las bombas motorizadas del sistema hidráulico. De igual manera alimenta a relés, solenoides y dispositivos de advertencia.



Fig. 2.47: Fuente de alimentación
Fuente: Investigación de campo

²¹ FAA CBT “Airframe and powerplant maintenance”

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares

3.1.1 Ubicación

El banco didáctico del sistema de tren de aterrizaje del avión T-33A actualmente se encuentra ubicado en el bloque 42 del ITSA, el cual por su inhabilitación no es un aporte como material didáctico para la instrucción de los alumnos.

Este banco ha sido descuidado por mucho tiempo por lo que ha sufrido un deterioro en su parte mecánica y eléctrica. Es por tal razón que se propone la rehabilitación del banco didáctico, restaurando sus características mecánicas y eléctricas de acuerdo a una inspección minuciosa que a continuación se detalla.

3.1.2 Estado actual del banco didáctico

Mediante una inspección general se pudo encontrar una variedad de inconvenientes por los que el banco didáctico había permanecido inoperativo mucho tiempo los cuales se los organizó en dos grupos:

3.1.2.1 Inconvenientes localizados en el sistema hidráulico

- **Cilindro actuador**

En el banco del sistema de tren auxiliar se pudo observar que no existe el actuador hidráulico de extensión-retracción del tren.



Fig. 3.1: Soporte de ubicación del cilindro hidráulico
Fuente: Investigación de campo

- **Válvula de lanzadera**

La válvula de lanzadera del cilindro actuador del tren auxiliar se encontró desconectada y sin el perno de sujeción a la estructura del banco.



Fig. 3.2: Válvula de lanzadera desconectada
Fuente: Investigación de campo

- **Componentes hidráulicos desconectados**

Se encontraron componentes desconectados por falta de cañerías. Entre éstos se encontraron:

- Cilindro de seguro arriba del tren auxiliar
- Cilindro actuador de la compuerta del tren principal



Fig. 3.3: Cilindro hidráulico de seguro arriba desconectado
Fuente: Investigación de campo

- **Desconexión de cañerías rígidas y flexibles**

Las cañerías por las que fluye normalmente el líquido hidráulico se encontraron desconectadas y arrumadas a un costado del banco didáctico.

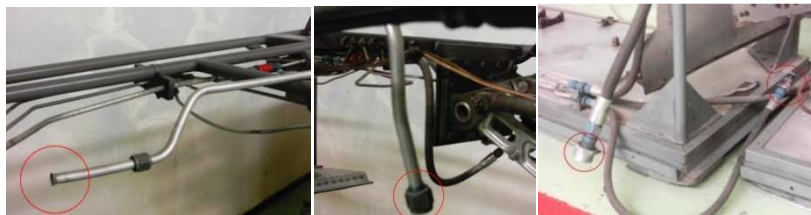


Fig. 3.4: Cañerías rígidas y flexibles desconectadas
Fuente: Investigación de campo

- **Ausencia de cañerías flexibles**

Se comprobó que seis cañerías flexibles hacían falta en el banco didáctico.



Fig. 3.5: Fittings desconectados
Fuente: Investigación de campo

- **Cañería rígida de conexión acumulador-manómetro**

Se verificó la ausencia de la cañería de conexión acumulador-manómetro.



Fig. 3.6: Ausencia de cañería entre el acumulador y el manómetro
Fuente: Investigación de campo

- **Identificación de cañerías deterioradas**

La identificación de cañerías es indispensable en un banco didáctico siempre y cuando se encuentren en buenas condiciones.

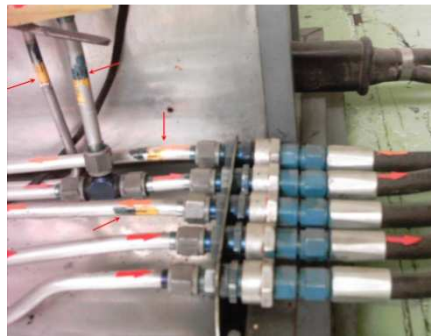


Fig. 3.7: Identificación de cañerías deterioradas
Fuente: Investigación de campo

3.1.2.2 Inconvenientes localizados en el sistema eléctrico

El tablero de control de indicación de posición del tren de aterrizaje se encontró con los problemas que se detallan a continuación:

- Luz de advertencia no existe.
- Botón pulsador de la bocina de advertencia no existe.

- Cables cortados y desconectados.

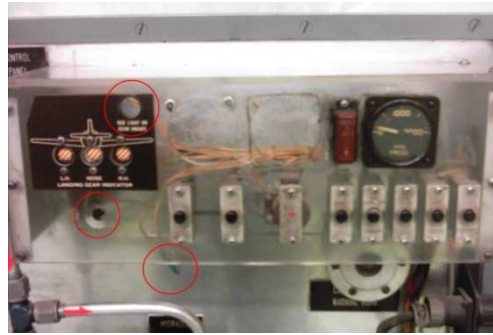


Fig. 3.8: Tablero de control de advertencia con fallas
Fuente: Investigación de campo

- Conectores macho y hembra desconectados



Fig. 3.9: Conectores eléctricos desconectados
Fuente: Investigación de campo

3.2 Rehabilitación del banco didáctico

Para la rehabilitación del banco didáctico se identificaron primeramente las unidades con problemas para luego proceder a dar soluciones.

3.2.1 Orden de rehabilitación del banco didáctico

Para la rehabilitación del banco didáctico primeramente se deben rehabilitar o dar solución a los problemas detectados anteriormente. El orden seguido fue el siguiente:

- Rehabilitación del sistema hidráulico.
- Rehabilitación del sistema eléctrico.
- Rehabilitación general del banco didáctico del sistema de tren de aterrizaje.

3.2.2 Rehabilitación del sistema hidráulico

3.2.2.1 Solución a los problemas encontrados

A continuación se detalla los problemas encontrados con sus respectivas soluciones:

El cilindro actuador es uno de los componentes más importantes para realizar el recorrido de extensión y retracción del tren de aterrizaje. Fue por tal razón la necesidad de incorporar un cilindro actuador en el banco didáctico.

El bloque 42 posee cilindros hidráulicos de diferentes características que sirven como material instructivo para el conocimiento de los alumnos. Entre estos se encontró el cilindro del banco didáctico el cual había sido retirado para realizarle mantenimiento.

Antes de montar el cilindro al banco didáctico primeramente se realizó una prueba de funcionamiento en la sección de hidráulica de la BACO. Durante la prueba el cilindro fue sometido a presiones muy bajas, donde se observó que el cilindro tenía fugas de líquido hidráulico, lo cual fue un anuncio del deterioro de los empaques internos del cilindro.

Se desarmó el cilindro para sacar los empaques deteriorados y reemplazarlos por unos nuevos. En total se cambiaron 14 empaques. Para este procedimiento fue necesario recurrir al manual de overhaul del cilindro. (Ver Anexo D).



Figura. 3.10: Reemplazo de empaques del cilindro
Fuente: Investigación de campo

Luego de haber cambiado los empaques del cilindro se realizó una prueba de funcionamiento para verificar que ya no existan fugas. El cilindro soportó la presión de 1500 psi, lo que demostró que estaba listo para ser instalado y asegurado en el banco didáctico.



Fig. 3.11: Actuador hidráulico instalado
Fuente: Investigación de campo

La válvula de lanzadera fue instalada y ubicada en su posición original junto al cilindro hidráulico rehabilitado.

Esta válvula es asegurada por medio de un perno propio del cilindro, la cual es atravesada y asegurada junto con la estructura del banco y la cabeza superior del cilindro.



Fig. 3.12: Instalación de la válvula de lanzadera
Fuente: Investigación de campo

Se hallaron componentes hidráulicos desconectados por falta de cañerías, por lo que se procedió a medir el diámetro de los fittings de conexión al igual que la longitud para posteriormente ser adquiridos e instalados.



Fig. 3.13: Cañerías de los componentes instaladas
Fuente: Investigación de campo

Para realizar las conexiones de las cañerías fue necesario el uso de llaves de boca abierta según el tamaño de fitting.

Antes de realizar las conexiones, se identificó bien las líneas de presión y retorno para que no exista un cruce de líneas y evitar un mal funcionamiento del sistema.



Fig. 3.14: Instalación de cañerías
Fuente: Investigación de campo

Elaboración de la cañería para la conexión acumulador-manómetro

La cañería de conexión entre el acumulador y el manómetro se realizó de cobre, ya que dicho metal no puede ser atacado por los gases ni tampoco sufre alteraciones cuando está en contacto en el aire seco.

Para la elaboración de la cañería se tomaron las respectivas medidas, luego se hizo un molde con alambre de la cañería a ser construida.

Al tener el molde y las medidas correctas se procedió a trazar en la cañería de cobre las distancias de cortes y dobleces.

Después de haber marcado las medidas se procedió a cortar y doblar la cañería. Luego se conectaron los fittings para finalmente elaborar los abocardados.

Finalizada la elaboración de la cañería se procedió a instalarla en el banco didáctico.



Fig. 3.15: Cañería de cobre instalada
Fuente: Investigación de campo

Se instaló un foco de 24 voltios para la luz de advertencia. Los cables sueltos se conectaron al indicador de posición del tren de aterrizaje. Toda conexión de cables se reforzó con cautín para obtener una fijación duradera. Al terminar las conexiones se roció contact cleaner en todos los contactos eléctricos para limpiar y que la corriente fluya libremente.



Fig. 3.16: Instalación del foco de la luz de advertencia
Fuente: Investigación de campo





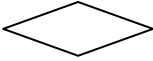
Finalmente se limpiaron las partes móviles del tren de aterrizaje y se aplicó aceite lubricante en las secciones que indican los anexos E y F

3.2.3 Diagramas de procesos

Los diagramas de procesos están constituidos por simbología que indica cada uno de los pasos del proceso de rehabilitación del banco didáctico.

En la siguiente tabla se describe la simbología que se va a utilizar para cada uno de los procesos de rehabilitación.

Tabla Nº 3.1: Simbología de los diagramas de procesos.

Nº	SIMBOLOGÍA	ACTIVIDAD
1		Operación
2		Inspección o comprobación
3		Ensamblaje
4		Conector
5		Continúa

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Diego López

3.2.3.1 Diagramas de proceso de rehabilitación

A continuación se presenta los distintos diagramas de proceso de rehabilitación de cada una de las partes con inconvenientes del banco didáctico.

Diagrama de procesos de rehabilitación del cilindro actuador del tren auxiliar.

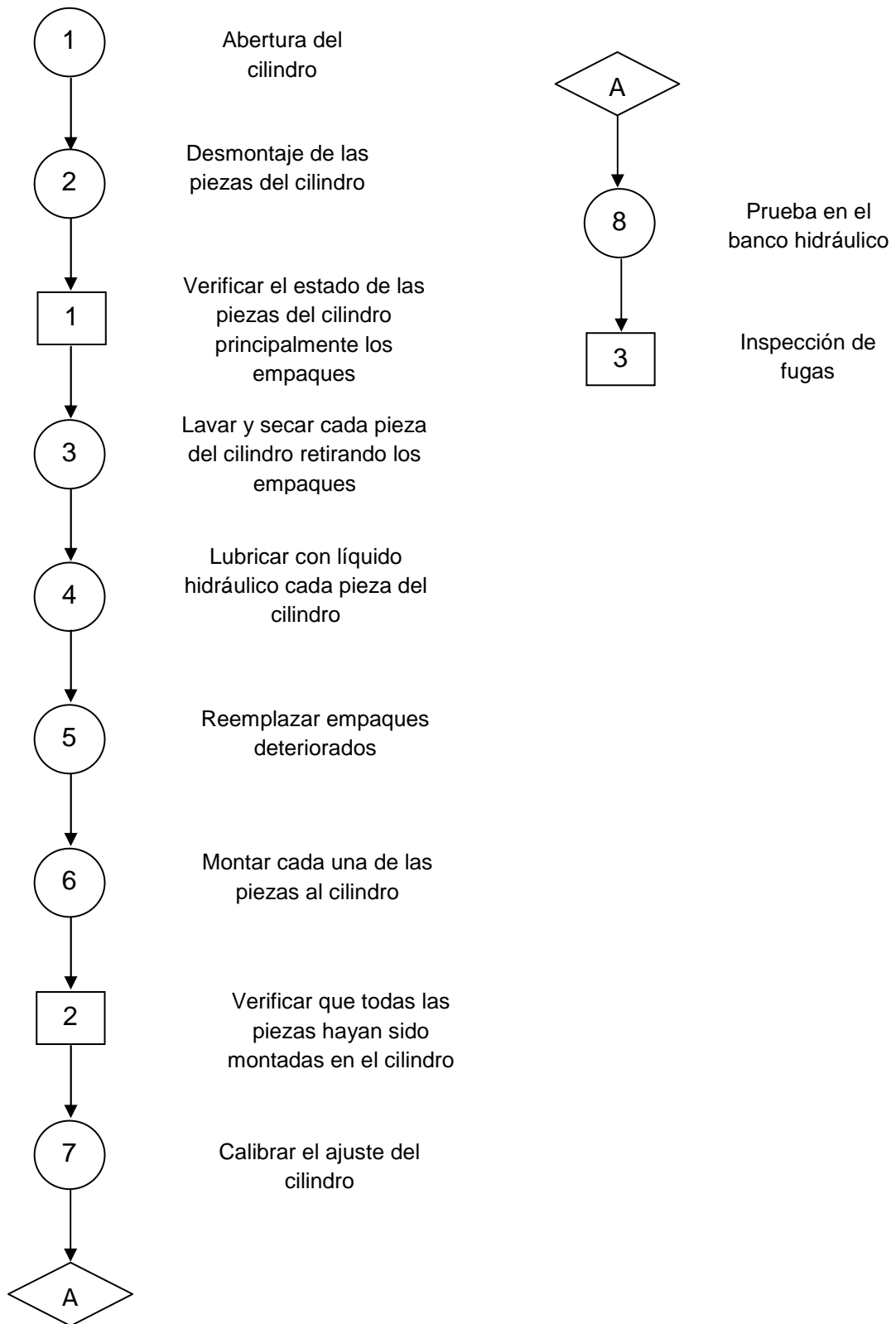


Diagrama de procesos de elaboración de cañería rígida para la conexión del acumulador hidráulico al manómetro.

MATERIAL: Cañería de cobre 78 X 1/4"

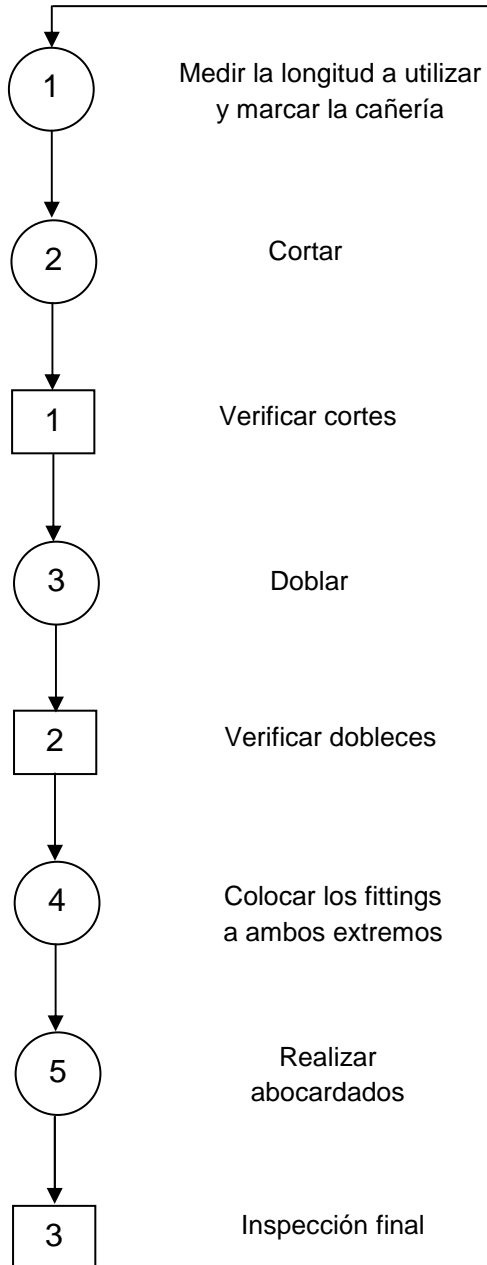


Diagrama de procesos para la rehabilitación general del sistema hidráulico.

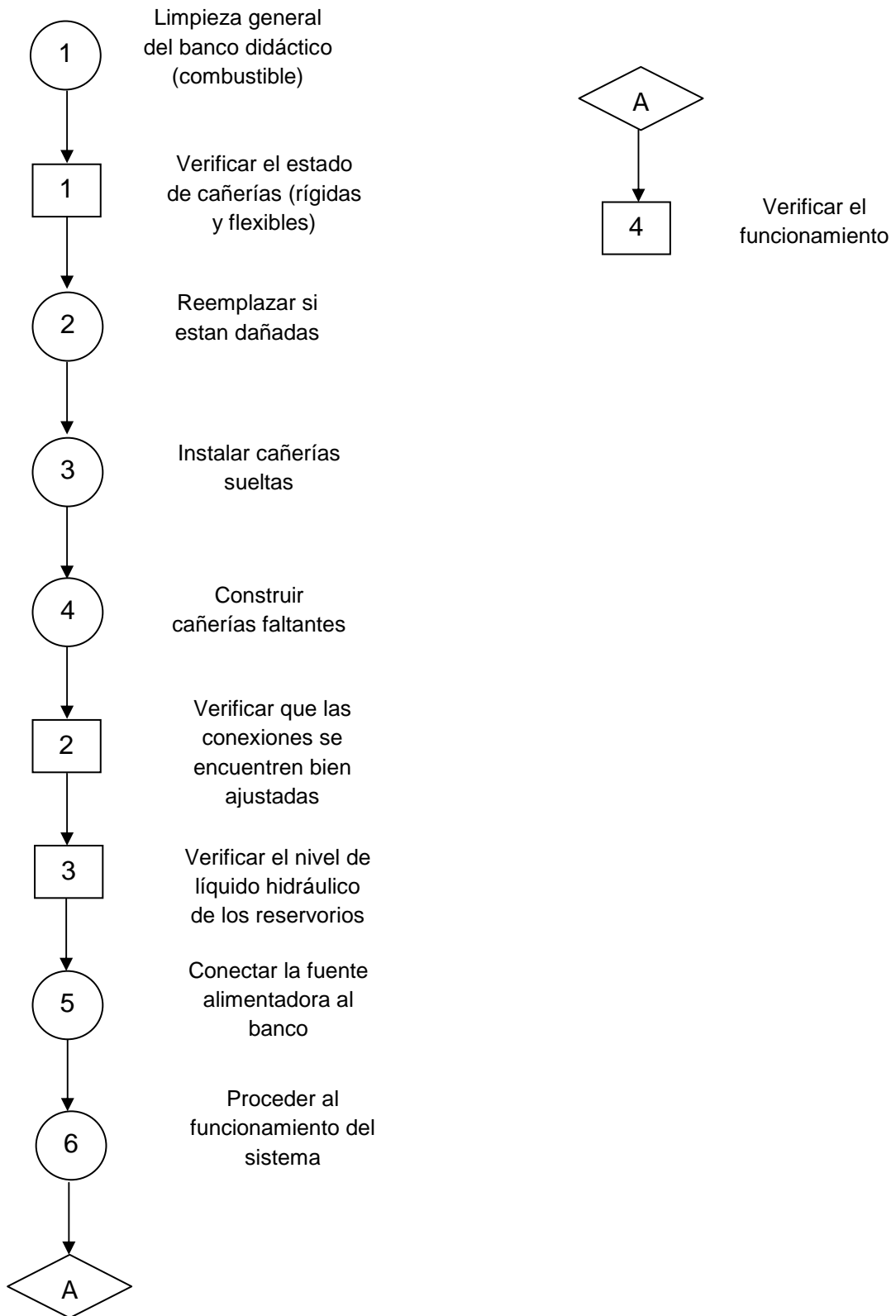
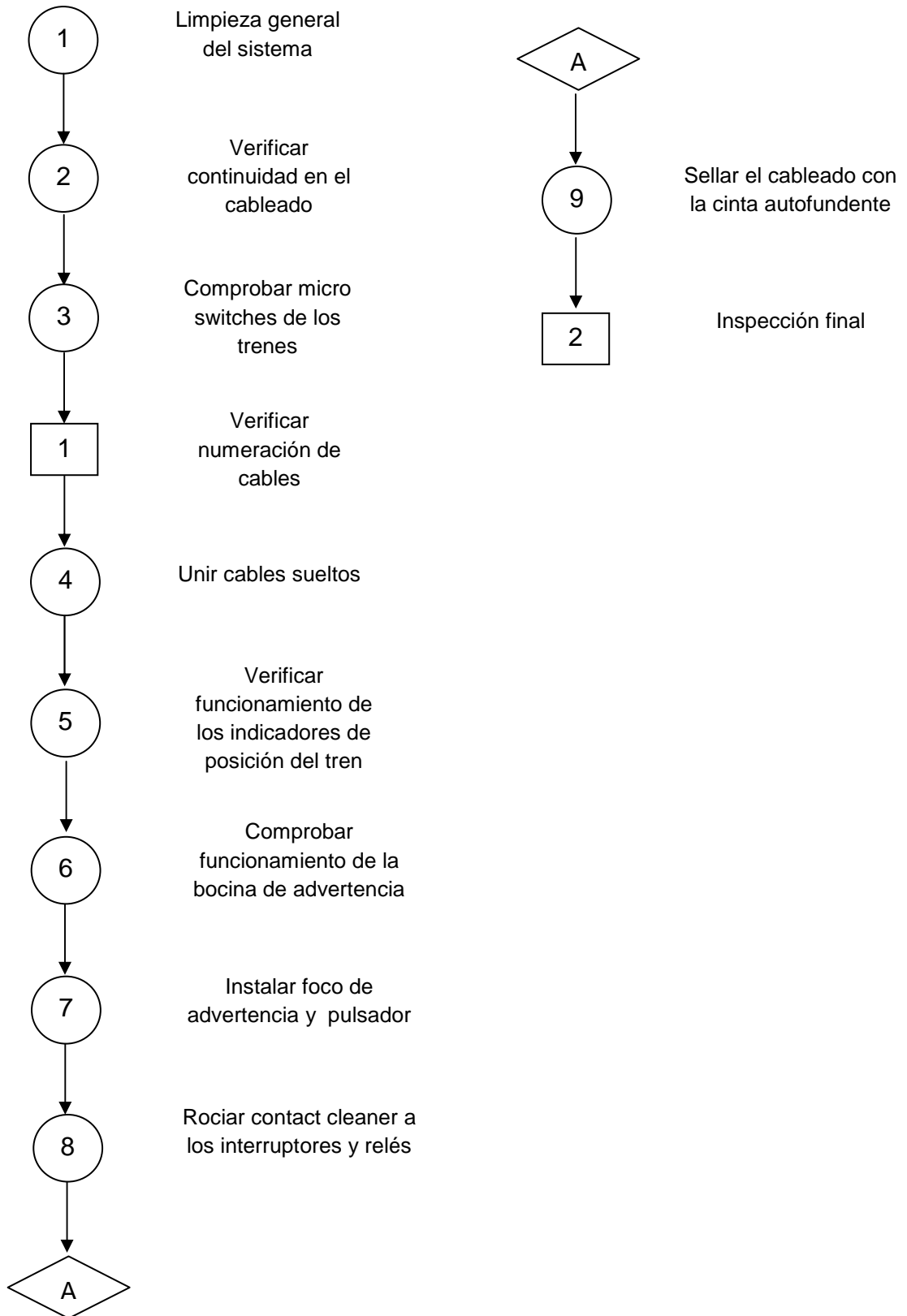


Diagrama de procesos para la rehabilitación del sistema eléctrico



3.3 Pruebas y análisis de resultados

3.3.1 Pruebas de funcionamiento

Una vez finalizada la etapa de rehabilitación del banco se procedió a realizar pruebas de funcionamiento de la extensión y retracción del tren de aterrizaje. El resultado de estas pruebas se indica a continuación en las siguientes tablas.

Tabla Nº 3.2: Condición general del banco didáctico

COMPONENTES	SITUACIÓN FAVORABLE	SITUACIÓN DESFAVORABLE
Reservorios	✓	
Bomba hidráulica	✓	
Acumulador	✓	
Cilindros actuadores	✓	
Cañerías flexibles	✓	
Cañerías rígidas	✓	
Válvula selectora	✓	
Válvulas de alivio	✓	
Válvulas de lanzadera	✓	
Válvulas de corte	✓	
Fusible hidráulico	✓	
Mecanismos de bloqueo	✓	
Manómetros	✓	
Fuente alimentadora	✓	
Interruptores	✓	
Indicador de posición del tren	✓	
Cableado	✓	
Conectores	✓	
Bocina	✓	

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Diego López

3.3.2 Prueba de fuga

Para la prueba de fugas se conectó la fuente alimentadora de energía al banco didáctico para poder encender la bomba hidráulica motorizada y así proveer una suficiente presión al sistema hidráulico. Al tener presión hidráulica en el sistema se observó en el manómetro que la presión ascienda hasta 400 y 500 psi, ya que el funcionamiento correcto del sistema de tren de aterrizaje oscila en este rango. Cuando se alcanzó la presión requerida se puso en marcha el proceso de retracción del tren de aterrizaje mediante la palanca que acciona la válvula selectora.

Después de completar la retracción del tren se procedió a realizar la extensión del mismo cambiando de posición la palanca selectora.

Luego se procedió a inspeccionar por todo el sistema si existen fugas de líquido hidráulico en todos los elementos, principalmente en el cilindro actuador reparado.

Tabla Nº 3.3: Prueba de fuga

ELEMENTOS	CONDICIÓN ÓPTIMA
Válvulas	✓
Cilindros actuadores	✓
Cañerías (flexibles y rígidas)	✓
Manómetros	✓
Acumulador	✓
Fittings	✓

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Diego López

3.3.3 Prueba de velocidad

Una vez comprobado que no existen fugas en el sistema del banco didáctico que puedan perjudicar su funcionamiento y desempeño se procedió a realizar una prueba de velocidad para saber el tiempo que se demora el tren de aterrizaje en realizar su retracción y extensión.

Para realizar esta prueba de velocidad se realizó una prueba de seis ciclos a una presión de 400 psi (presión de funcionamiento).

NOTA.- Cabe indicar que ciclo se denomina a todo el recorrido de retracción y extensión del tren.

Según el manual de mantenimiento del avión T-33A el tiempo de recorrido normal de la retracción del tren oscila entre 6 a 8 segundos, mientras que de la extensión es de 8 a 10 segundos.

El tiempo en el que se considera una demora de retracción del tren oscila entre 9 a 12 segundos, mientras que de la extensión es de 10 a 13 segundos.

Tabla Nº 3.4: Prueba de velocidad de retracción del tren de aterrizaje

Número de prueba	Tren principal	Tren auxiliar
1	6.68 seg.	6.42 seg.
2	6.69 seg.	6.40 seg.
3	6.67 seg.	6.38 seg.
4	6.66 seg.	6.40 seg.
5	6.68 seg.	6.42 seg.
6	6.69 seg.	6.38 seg.
Promedio	6.68 seg.	6.40 seg.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Diego López

Tabla N° 3.5: Prueba de velocidad de extensión del tren de aterrizaje

Número de prueba	Tren principal	Tren auxiliar
1	8.06 seg.	6.04 seg.
2	8.04 seg.	6.05 seg.
3	8.02 seg.	6.04 seg.
4	8.03 seg.	6.04 seg.
5	8.01 seg.	6.01 seg.
6	8.03 seg.	6.02 seg.
Promedio	8.03 seg.	6.03 seg.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Diego López

Realizada la prueba de velocidad se compararon los tiempos promedio obtenidos con los tiempos detallados en el manual de mantenimiento del avión T-33A, obteniendo así valores de tiempo que se encuentran dentro del rango de velocidad establecido.

3.4 Elaboración de manuales de procedimientos

En esta parte se detallan los diferentes procedimientos que debe realizar el operador del banco didáctico del sistema de tren de aterrizaje del avión T-33A para su correcta operación, sin poner en riesgo la seguridad del mismo y de las personas que intervienen en el proceso, evitando así un posible accidente. De igual manera se describen los procedimientos de mantenimiento que tienen por objetivo alargar el tiempo de vida útil del banco didáctico.

Además se han creado las hojas de registro de los usuarios del banco, para así poder llevar un control del tiempo de uso del banco y poder realizar su respectivo mantenimiento.

Tabla N° 3.6: Código de manuales

Nº	Manual	Código
1	Seguridad	ITSA-DLM1
2	Operación	ITSA-DLM2
3	Mantenimiento	ITSA-DLM3

3.4.1 Manual de seguridad


El objetivo de este manual es mantener la seguridad del operador del banco didáctico, por tal razón se ha procedido a elaborar el mismo.


3.4.2 Manual de operación


Este manual contiene todos los procedimientos que se deben seguir para la operación del banco didáctico.


3.4.3 Manual de mantenimiento

Este manual ayuda a dar un mantenimiento óptimo al equipo para así poder alargar la vida útil de los accesorios con los que cuenta dicho equipo.

 I.T.S.A.	MANUAL DE SEGURIDAD DEL BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE TREN DE ATERRIZAJE DEL AVIÓN T-33A		Pág. 1 de 2
			Código: ITSA-DLM1
	Elaborado por: Diego López		Revisión N°: 001
	Aprobado por: Sgop. Ing. Washington Molina	Fecha:	Fecha:
<p>1.0.- OBJETIVO:</p> <p>Documentar las normas de seguridad a seguir previa y durante la operación del banco didáctico.</p> <p>2.0.- ALCANCE:</p> <p>Mantener la seguridad del personal docente y alumnos al operar el banco didáctico.</p> <p>3.0.- PROCEDIMIENTO:</p> <p>3.1.- Utilizar la vestimenta adecuada (overol) previo a la operación del banco didáctico.</p> <p>3.2.- Realizar una inspección visual de todo el banco didáctico para comprobar las condiciones en las que este se encuentra.</p> <p>3.3.- Revisar informativos, placas, señalización existentes en el banco didáctico.</p> <p>3.4.- El personal que opera el banco didáctico debe estar familiarizado con cada uno de los componentes y el funcionamiento del mismo.</p> <p>3.5.- Verificar que el banco didáctico esté libre de objetos ajenos al mismo, principalmente las unidades actuadoras.</p> <p>3.6.- Verificar que los acoples estén bien ajustados y que no existan fugas de líquido hidráulico en cañerías, cilindros, válvulas y demás unidades del banco didáctico.</p> <p>4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>			

 I.T.S.A.	MANUAL DE SEGURIDAD DEL BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE TREN DE ATERRIZAJE DEL AVIÓN T-33A		Pág. 2 de 2
			Código: ITSA-DLM1
	Elaborado por: Diego López		Revisión N°: 001
	Aprobado por: Sgop. Ing. Washington Molina	Fecha:	Fecha:
<p>3.7.- Revisar que no exista cables o conexiones eléctricas sueltas.</p> <p>3.8.- Verificar el nivel de líquido hidráulico en el reservorio principal para evitar daños en las bombas.</p> <p>3.9.- Mantener una distancia prudente del banco didáctico durante la práctica.</p> <p>3.10.- Antes de conectar la fuente de energía al banco didáctico, cerciorarse que el voltaje sea el adecuado para el normal funcionamiento de los componentes.</p> <p>3.11.- Al finalizar la práctica dejar los trenes en posición extendida.</p> <p>4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>			

 I.T.S.A.	MANUAL DE OPERACIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE TREN DE ATERRIZAJE DEL AVIÓN T-33A		Pág. 1 de 2
			Código: ITSA-DLM2
	Elaborado por: Diego López		Revisión N°: 001
	Aprobado por: Sgop. Ing. Washington Molina	Fecha:	Fecha:
<p>1.0.- OBJETIVO:</p> <p>Documentar los procedimientos a seguir para la operación del banco didáctico.</p> <p>2.0.- ALCANCE:</p> <p>Proporcionar los pasos que deben seguir el estudiante o docente que va a operar el banco didáctico</p> <p>3.0.- PROCEDIMIENTO:</p> <p>3.1.- Proveer a la fuente de alimentación energía externa de 220 voltios trifásica, 400 Hz.</p> <p>3.2.- Conectar la fuente alimentadora al banco con un voltaje de 24 voltios DC.</p> <p>3.3.- Verificar que las bombas hidráulicas principal y de emergencia se encuentren conectadas.</p> <p>3.4.- Verificar que las válvulas manuales de corte se encuentren abiertas (la manilla debe estar en posición paralela a las líneas conductoras de fluido).</p> <p>3.5.- Verificar que la palanca de la válvula selectora de extensión y retracción del tren se encuentre en la posición que se encuentra momentáneamente el tren.</p> <p>3.6.- Encender los interruptores de la caja de control ubicada en la parte trasera del banco didáctico los cuales encenderán el motor eléctrico de la bomba principal y el sistema eléctrico del banco.</p> <p>4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD</p> <p style="text-align: right;">_____</p>			

 I.T.S.A.	MANUAL DE OPERACIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE TREN DE ATERRIZAJE DEL AVIÓN T-33A		Pág. 2 de 2
			Código: ITSA-DLM2
	Elaborado por: Diego López		Revisión N°: 001
	Aprobado por: Sgop. Ing. Washington Molina	Fecha:	Fecha:

3.7.- Al encenderse la bomba principal revisar en los manómetros que la presión existente en el sistema y en el acumulador no sobrepasen los 500 PSI.

3.8.- Una vez obtenida la presión hidráulica necesaria realizar la prueba de retracción y extensión del tren de aterrizaje a través de la válvula selectora, la cual posee un seguro sobre la palanca, el cual tiene que ser presionado para cambiar de posición la palanca selectora.


3.9.- Para la prueba del sistema de emergencia debe encenderse el motor auxiliar de la bomba de emergencia por medio de un pulsador ubicado en la parte inferior del bastón forzador del alerón ubicado en el banco didáctico del sistema hidráulico B del avión T-33A.

3.10.- Si existen fugas detener la prueba desconectando el switch de encendido del motor principal hasta realizar una inspección y reparación, caso contrario continuar con la prueba.

3.11.- En caso de no tener la información adecuada sobre el funcionamiento del banco didáctico, consultar al personal experimentado del instituto.

ATENCIÓN: Antes de proceder a la operación, cerciorarse de tener claro el funcionamiento del sistema y la función de cada uno de los componentes hidráulicos.

4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____

 I.T.S.A.	MANUAL DE MANTTO. DEL BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE TREN DE ATERRIZAJE DEL AVIÓN T-33A		Pág. 1 de 2
			Código: ITSA-DLM3
	Elaborado por: Diego López		Revisión N°: 001
	Aprobado por: Sgop. Ing. Washington Molina	Fecha:	Fecha:

1.- OBJETIVO:

Registrar el procedimiento de mantenimiento del banco didáctico del sistema de tren de aterrizaje del avión T-33A para prolongar su vida útil.

2.- ALCANCE:

Proporcionar los pasos que deben seguir el personal encargado para el mantenimiento del banco didáctico.

3.- PROCEDIMIENTO:

Se realizará los siguientes tipos de mantenimiento al banco didáctico:

3.1.- Mantenimiento por ciclo


Se denomina ciclo a cada proceso de operación desde el encendido, funcionamiento y apagado de la máquina.

- Cada ciclo realizar una inspección visual de los componentes que comprende el banco didáctico. Se verificará que no existan fugas, golpes, daños, u otros problemas que se puedan detectar a simple vista.
- Al finalizar cada operación dejar limpio el banco didáctico sin residuos de ningún tipo.

3.2.- Mantenimiento mensual

- Limpieza general del banco didáctico.
- Inspección de cañerías y fittings por fuga, deformación y desgaste.

4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____

 I.T.S.A.	MANUAL DE MANTTO. DEL BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE TREN DE ATERRIZAJE DEL AVIÓN T-33A		Pág. 2 de 2
			Código: ITSA-DLM3
	Elaborado por: Diego López		Revisión N°: 001
	Aprobado por: Sgop. Ing. Washington Molina	Fecha:	Fecha:


3.3.- Mantenimiento trimestral

- Las piezas móviles deberán ser engrasadas y lubricadas según los Anexo F y G.
- Chequear bombas, válvulas, cilindros y la presión de aire del acumulador.
- El filtro del reservorio debe ser revisado sacándolo por la tapa de llenado de líquido hidráulico para evitar contaminación excesiva en el sistema.
- Al desmontar algún componente del banco didáctico se deben cerrar las válvulas manuales de corte lo cual facilitará el trabajo al personal de mantenimiento.
- Revisar el cableado y los instrumentos de indicación basándose en el diagrama del Anexo D.
- Limpiar los circuitos eléctricos usando contact cleaner.
- Revisar que las tuercas y pernos estén apretados.

3.4.- Mantenimiento anual

- Cada año se debe calibrar los manómetros.
- Cambiar el fluido hidráulico siempre y cuando se observe que existan impurezas en los reservorios.
- Evitar que, polvo, agua o cualquier otro contaminante, entre al sistema hidráulico, antes de levantar la tapadera de llenado del recipiente del aceite hidráulico
- Revisar que todas las etiquetas de **ADVERTENCIA** y de **INSTRUCCIÓN** estén en su lugar y sean legibles.

4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____

 I.T.S.A.		REGISTRO				Código: ITSA-DLM4
		OPERACIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE TREN DE ATERRIZAJE DEL AVIÓN T-33A.				REGISTRO N°:
Nº	FECHA	ASIGNATURA	CONDICIÓN	TIEMPO	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

3.5 Presupuesto

Para la elaboración de este proyecto de investigación fue indispensable ayuda profesional de personas que conozcan del tema. De igual manera fue necesario invertir en materiales y accesorios que se utilizaron para la rehabilitación del banco didáctico.

3.5.1 Rubros

Para determinar el costo total de la rehabilitación de este proyecto se tomo en cuenta los siguientes rubros:

- Costo primario (material)
- Maquinaria, equipo y herramientas.
- Mano de obra
- Costo secundario (material de oficina)

3.5.2 Costos primarios

Comprende el costo detallado de los materiales utilizados. (Ver tabla 3.7)

Tabla Nº 3.7: Costos primarios

Nº	MATERIALES	CANT.	PRECIO UNIT. (USD)	SUBTOTAL
1	Contact cleaner	1u.	7.50	7.50
2	Cinta autofundente	1u.	6.80	6.80
3	Masilla epóxica	1u.	4.50	4.50
4	Cinta masking	1u.	1.00	1.00
5	Amarraderas plásticas	100 u.	0.05	5.00
6	Cañería de cobre 1/4"	2 m.	3.50	7.00
7	Empaques	20 u.	0.25	5.00
8	Líquido hidráulico	2 Gal.	46.00	92.00
9	Cañerías flexibles	2 u.	12.00	24.00
10	Adhesivos de identificación	2 Lám.	2.25	4.50
11	Combustible	1 Lt.	1.20	1.20
12	Tiñer	1 Lt.	1.00	1.00
13	Huaipe	3 Lb.	0.80	2.40
			TOTAL	161.90 USD

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Diego López.

3.5.3 Maquinaria, equipo y herramientas

Cabe indicar que la maquinaria, equipo y herramientas fueron facilitados por el personal encargado del pañol en el bloque 42 del ITSA y la sección de hidráulica de la BACO por lo cual se economizó la realización del proyecto.

Mano de obra

Comprende el costo detallado de la ayuda profesional para la rehabilitación del banco didáctico.

Tabla Nº 3.8: Mano de obra

Nº	DETALLE	COSTO
1	Ing. Eléctrico	50.00 USD
	TOTAL	50.00 USD

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Diego López.

Costos secundarios

Comprende el costo detallado de los materiales de oficina.

Tabla Nº 3.9: Costos secundarios

Nº	DETALLE	COSTO
1	Aranceles de graduación	120.00 USD
2	Transporte	60.00 USD
3	Impresiones e internet	45.00 USD
4	Empastados y anillados del proyecto	40.00 USD
5	Varios	65.00 USD
	TOTAL	330.00 USD

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Diego López.

Tabla Nº 3.10: Costo total del proyecto

Nº	DETALLE	COSTO TOTAL
1	Costo primario	161.90 USD
2	Mano de obra	50.00 USD
3	Costo secundario	330.00 USD
	TOTAL	541.90 USD

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Diego López.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones:

- Mediante un adecuado mantenimiento se ha logrado la rehabilitación del banco didáctico del sistema de tren de aterrizaje del avión T-33A del ITSA el cual se encuentra operativo y disponible para el uso de docentes y alumnos de la carrera de mecánica aeronáutica.
- La recopilación de información del funcionamiento del sistema y de cada uno de sus componentes fue fundamental para el encendido del banco, con el objetivo de realizar las respectivas pruebas de funcionamiento.
- El sistema de tren de aterrizaje del avión T-33A es un sistema básico e ideal para la comprensión rápida de los alumnos, ya que posee partes y componentes utilizados en la mayoría de sistemas de trenes de aterrizaje.

4.2 Recomendaciones:

- El uso del banco didáctico deberá estar a cargo de un instructor con conocimiento del sistema, el cual deberá guiarse en los manuales de seguridad y operación.
- No dejar manipular a personal inexperto o sin experiencia el banco didáctico, para de esta manera garantizar su correcto funcionamiento y durabilidad.
- Es obligación del personal del ITSA cuidar y velar por el mantenimiento de todo el material didáctico y en especial de los bancos de prueba ya que sus piezas y componentes son únicos en el mercado aeronáutico.
- El ITSA debe apoyar proyectos vinculados con la rehabilitación del material didáctico principalmente de aviación ubicado en el bloque 42, ya que por su alto costo constituye un limitante para que los alumnos no se interesen en el desarrollo de este tipo de proyectos.

GLOSARIO

Aeronave: Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra

Aeronavegabilidad: Aptitud técnica y legal que deberá tener una aeronave para volar en condiciones de operación segura de tal manera que exista la seguridad o integridad física incluyendo sus partes, componentes, su capacidad de ejecución y sus características de empleo.

Aeronavegable: Relativo a la aeronavegabilidad.

Análisis: Distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos.

Componente: Conjunto, parte, artículo, pieza o elemento constitutivo de una aeronave según las especificaciones del fabricante y por extensión, de la estructura motor, hélice o accesorio.

Docencia: Práctica y ejercicio del docente.

Docente: Que enseña.

Mantenimiento: Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, maquinas etc., puedan seguir funcionando.

Operatividad: Capacidad para realizar una función.

Rehabilitar: Habilitar de nuevo o restituir una persona o cosa a su antiguo estado.

Sistema: Combinación de componentes y/o accesorios interrelacionados a distancias para desarrollar una función específica. Incluye los componentes básicos y todos los instrumentos, controles, unidades, piezas y partes mecánicas, eléctricas, y/o hidráulicas o equipos completos relacionados con el sistema.

Versátil: Que se vuelve o se puede volver fácilmente.

ABREVIATURAS Y SIGLAS

BACO: Base Aérea Cotopaxi.

CBT: Computer Based Training or Testing. Programa de evaluación y enseñanza visual por computadora.

DGAC: Dirección General de Aviación Civil. Dependencia adscrita al Ministerio de Defensa Nacional, de la República del Ecuador, la cual para los efectos de las Regulaciones de Aviación Civil (RDAC), ejercerá la autoridad aeronáutica en la República del Ecuador; entiéndase así mismo como todas las dependencias y representantes adscritos a la mencionada dependencia.

FAA: Administración Federal de Aviación.

ITSA: Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

MANTTO: Mantenimiento.

PSI: Pound per Square Inch.

RDAC: Regulaciones de Aviación Civil. Conjunto de reglas que norman la actividad aeronáutica de la República del Ecuador.

USAF: United States American Force.

BIBLIOGRAFÍA

- **OÑATE**, Antonio Esteban "Conocimientos del Avión". 4ª edición.
- **VILORIA**, Jose Roldan. (1989). "Neumatica, Hidraulica y electricidad aplicada". Décima edición.
- **CRANE**, Dale . "Aviation Mechanic Handbook". quinta edición
- **FAA CBT** "Airframe and Powerplant Maintenance"
- **IAFAA- USAF** "Manual de mantenimiento y overhaul del Avión T-33A"
- **IAFAA-USAF** "Sistema Hidráulico del Avión T-33A"
- <http://www.dewey.uab.es/pmarques/orienta.htm>
- [http://www.monografías.com./ "estrategiasdee-a"/htm](http://www.monografías.com./)
- DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL. "Regulaciones de Aviación Civil".

ANEXO A

Anteproyecto del Trabajo de Graduación

EL PROBLEMA

1.1.- Planteamiento del problema

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA) es una escuela de Técnicos de Mantenimiento Aeronáutico reconocido por las principales entidades que rigen la educación superior en el Ecuador, entre ellas la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) quien hoy en día es la máxima autoridad de aviación vigente en nuestro país. Por esta razón el ITSA se empeña en ofrecer personal docente capacitado, al igual que equipos y materiales que sean apropiados para la perfecta instrucción tanto teórica como práctica de los estudiantes en las distintas ramas en la que se vayan a desempeñar.

El campus académico del ITSA ofrece las suficientes comodidades y el espacio suficiente para adaptar material didáctico para aprendizaje de sus alumnos a nivel de todas sus carreras. Pero a pesar de esto el instituto no cuenta con el suficiente material didáctico para la buena enseñanza de sus alumnos.

La carrera de mecánica aeronáutica, por poseer la mayor cantidad de estudiantes dentro del instituto, debe contar con el suficiente material didáctico para la perfecta instrucción tanto teórica como práctica de sus alumnos y así poder familiarizarlos con su especialización, para que a futuro no demuestren síntomas de deficiencias en su desempeño profesional que son expresiones de la problemática interna del instituto.

Por la complejidad de las materias que se imparten en dicha carrera, es deber del ITSA implementar material didáctico que pueda satisfacer las necesidades y llenar las inquietudes que nacen en los estudiantes ya que ellos deben palpar y tener claro el funcionamiento de los principales sistemas que operan en una aeronave y su localización en la misma.

Dentro del material instructivo con el que cuenta la carrera de mecánica aeronáutica existe en su mayoría material que se encuentra en excelentes condiciones de uso; al igual que una mínima parte se encuentra en condiciones que no prestan su servicio instructivo a los alumnos ya sea por falta de rehabilitación o cuya funcionalidad está comprometida. En el bloque 42 del ITSA se puede observar este material didáctico que por su inhabilitación únicamente se presta para la vista de los alumnos, mas no para su perfecta instrucción y aprendizaje.

Frente a esta realidad, para el perfeccionamiento de la enseñanza y aprendizaje de la carrera de mecánica aeronáutica del ITSA es preciso incursionar en la investigación para así conocer las formas adecuadas para mantener en óptimas condiciones el material didáctico, que aún no se lo tiene por medio de proyectos de grado para beneficio de los estudiantes para que así logren desempeñarse de una manera correcta dentro de la Industria Aeronáutica.

1.2.- Formulación del problema

¿Cómo contribuir en el perfeccionamiento del material didáctico del bloque 42 del ITSA para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de los alumnos de la carrera de Mecánica Aeronáutica y así optimizar su eficiencia profesional?

1.3.- Justificación e Importancia

El ITSA por ser un Instituto de Educación Superior debe garantizar una formación de calidad para que sus alumnos graduados sean eficientes en su vida profesional y así puedan encontrar buenas fuentes de trabajo. Un Instituto que brinda buenos profesionales ayuda al avance de la tecnología en nuestro país y es por tal razón que las autoridades y docentes deben esmerarse para conseguir una perfecta formación de sus alumnos ya que así no solo gana el estudiante sino también el prestigio del Instituto.

El problema que pretende resolver esta investigación hoy en día es de mucha importancia el cual se basa en el nivel de conocimiento académico que brinda el

instituto con la ayuda de material didáctico, el cual no se encuentra cien por ciento en buenas condiciones para la perfecta instrucción de los alumnos debido a la falta de funcionamiento.

La DGAC exige en sus regulaciones que el material didáctico utilizado en las escuelas de técnicos de mantenimiento aeronáutico como instructivo para los alumnos debe conservar su integridad, por lo que el ITSA debe cumplir con esos requisitos para así evitar una suspensión del certificado emitido por la Autoridad Aeronáutica.

La deficiencia de los alumnos puede constituir un grave problema el cual puede afectar su desempeño profesional en el campo aeronáutico en los cuales los alumnos del ITSA realizan sus pasantías o ya ejercen su profesión como técnicos de aviación.

El presente trabajo investigativo se justifica por cuanto por medio de él se tratará de descubrir cómo se puede perfeccionar el material didáctico del bloque 42 para así contribuir a la excelente formación de los alumnos de la carrera de Mecánica Aeronáutica.

Como estudiante de dicha carrera considero que es menester incursionar en temas que van de acuerdo con la práctica profesional, puesto que este ensayo ayudará a determinar cuál material didáctico es el más utilizado para el perfecto aprendizaje de los alumnos y hacer planificaciones que faciliten la instrucción de los alumnos y los conocimientos teóricos lo puedan palpar en la práctica y así puedan ganar experiencia al igual que puedan familiarizarse de una mejor manera con su profesión.

Es necesario mencionar que el trabajo investigativo que se pretende analizar, es original y novedoso, puesto que no se lo ha realizado anteriormente por medio de proyectos de grado y va enmarcado a contribuir en la formación integral de jóvenes que cursan los diferentes niveles de la carrera Mecánica Aeronáutica al igual que ayudará a que los laboratorios del Instituto posean material didáctico que se encuentren en perfectas condiciones.

Es importante que el problema sea investigado, pues los resultados constituirán un referente importante no solo para el estudiante, sino para el prestigio mismo del Instituto, docentes y organismos que dirigen la aviación en todo el país, y constituirán una orientación para que se puedan tomar las medidas más adecuadas para el mejoramiento de la tecnología en nuestro país.

1.4.- Objetivos:

1.4.1 General

- Determinar las condiciones de funcionamiento y los beneficios que brinda el material didáctico del bloque 42 del ITSA en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los alumnos de la carrera de mecánica aeronáutica mediante un plan de investigación, para así contribuir en la mejora de la eficiencia profesional de sus alumnos.

1.4.2 Específicos

- Analizar los tipos de material didáctico que podrían utilizarse para mejorar la eficiencia profesional de los alumnos.
- Determinar el tipo de material instructivo utilizado para el correcto aprendizaje de los alumnos de la carrera de Mecánica Aeronáutica.
- Verificar las condiciones en las que se encuentra el material didáctico del bloque 42 del ITSA.
- Concluir en la factibilidad del medio para mantener en condiciones óptimas el material didáctico del bloque 42 y así mejorar el conocimiento de los alumnos del ITSA y dar solución al problema planteado.

1.5.- Alcance

Antes de iniciar el desarrollo del proyecto es de vital importancia mencionar los límites, alcances y puntos importantes a los que se pretende llegar en esta tesis.

El estudio se realizará específicamente en el ITSA el cual es un instituto de educación superior ubicado en la ciudad de Latacunga, el cual es una escuela de educación superior de especialización de técnicos de aviación única en nuestro país.

Este proyecto de grado se enfocará específicamente al material didáctico de la carrera de Mecánica Aeronáutica y dicha investigación se realizará en el bloque 42 que es el lugar donde ocurre el problema.

PLAN METODOLÓGICO

2.1.- Modalidad Básica de la investigación:

- **Investigación de Campo.-** Se realizará una investigación de campo no participante en el bloque 42 del I.T.S.A. para estudiar las condiciones en las que se encuentra el material didáctico de la carrera de Mecánica Aeronáutica aplicando métodos y técnicas de investigación.
- **Investigación Bibliográfica Documental.-** Se aplicará al recopilar información bibliográfica por Internet y por lectura de textos, al igual que permitirá la revisión de proyectos de grado anteriores para la ejecución del plan metodológico.

2.2.- Tipos de Investigación

La presente investigación aplicará el tipo No Experimental ya que no se manipularán las variables sino que se aplicará una investigación descriptiva para verificar las condiciones del material didáctico del bloque 42.

2.3.- Niveles de Investigación

Se utilizará el nivel Descriptivo ya que nos ayudará a realizar un diagnóstico de las características funcionales del material didáctico del bloque 42.

2.4.- Universo, Población y Muestra

No se realizará encuestas ni entrevistas por lo que no existe universo, población y muestra.

2.5.- Métodos y Técnicas de la Investigación

2.5.1.- Métodos:

- **Método Analítico.-** Es necesario aplicar este método para analizar el estado funcional del material didáctico del bloque 42 y cómo perfeccionar el mismo.
- **Método Deductivo.-** De lo universal a lo particular, ayudará a sacar consecuencias del estado funcional del material didáctico del bloque 42.
- **Método Sintético.-** Se aplicará para la presentación del informe final del trabajo investigativo.

2.5.2. Técnicas:

- **Guías de Observación.-** Se las utilizará para registrar la descripción de lo observado para posteriormente poder analizarlas.

2.6.- Recolección de Datos

2.6.1.- Técnicas

Para el desarrollo de la investigación se aplicará la siguiente técnica:

- **Observación:** Se realizará de manera directa y se utilizará para verificar el estado del material didáctico utilizado para instrucción de los alumnos.

2.7. Procesamiento de la información

Se realizará una revisión crítica de la información recogida en las observaciones.

2.8. Análisis e interpretación de resultados

El análisis y la interpretación de resultados se los ejecutará de acuerdo a los resultados obtenidos en el procesamiento de la información.

2.9. Conclusiones y Recomendaciones de la Investigación

La formulación de conclusiones y recomendaciones permitirá verificar el cumplimiento de los objetivos propuestos para la investigación, de igual manera ayudará a encontrar las causas del problema con sus respectivas soluciones para contribuir al mejoramiento del proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes.

EJECUCIÓN DEL PLAN METODOLÓGICO

3.1 Marco Teórico

3.1.1 Fundamentación Teórica

Material Didáctico

La palabra Material alude al vocablo “elemento” o “cosa” y se sabe que la Didáctica tiene por objeto la enseñanza y el aprendizaje. Por consiguiente, una definición sería considerar por Material Didáctico a aquellos elementos que concurren al acto de instruir o enseñar en el logro de los objetivos de alguna asignatura del Plan de Estudios vigente de la carrera.

El material didáctico debe tener un propósito, sus características deben cumplir con un contexto educativo como:

- Los **objetivos** concretos que intentamos conseguir educativamente.
- Los **contenidos** acordes a la asignatura.
- Los **prerrequisitos** de los estudiantes que estén interesados.
- El material didáctico debe estar acorde con el **lugar** de enseñanza.
- Las **estrategias de enseñanza** que derivan de un material didáctico.

Los componentes del material didáctico son:

- **Contenido material.** En forma y fondo de su presentación y estilo.
- **Sistema de símbolos.** Que sirve a aquellos que aprenden mejor con imágenes.
- **Entorno de comunicación con el usuario.** Comprensión y realidad.
- **Plataforma tecnológica.** Como medio de ayuda para mejor manejo.

Soporte de los medios didácticos

El material didáctico debe responder de buena manera ante riesgos como indisponibilidad, falla, desilusión o desconocimiento. Para lo cual debe apoyarse en 3 soportes:

- **El soporte tecnológico.** Revisarlo antes para prevenir fallas e indisponibilidad.
- **El soporte didáctico.** Previniendo la desilusión y desconocimiento con la preparación y conocimiento, preparando las actividades.
- **El soporte organizativo.** De disponibilidad de tiempo y metodología de uso.

Apoyos didácticos

➤ Manual de Instrucción

El diseño de actividades hace referencia a que los materiales tengan un uso determinado para realizar actividades específicas.

Este esquema implica la necesidad de disponer de una adecuada organización de los materiales, y una buena información de las actividades que deben realizar los alumnos. En esta situación prima la dirección por parte del profesor.



Figura 3.1 Manual de Instrucción

➤ Simulador

Tiende a hacer de cierto modo la enseñanza más práctica y experimentada, sin necesidad de producir daños materiales y pérdidas humanas, dando mejor control al docente como alumno para manejar el sistema, aunque se puede correr el riesgo de que el alumno piense que su práctica basta, cuando la realidad tiene problemas adicionales, que un simulador no puede manejar.



Figura 3.2 Simulador de Vuelo

➤ **Maqueta**

Son representaciones de la realidad que acercan al alumno a elementos o situaciones de ésta, difícilmente observables y manipulables con sus dimensiones o en su contexto.

El material es en forma física, con volumen y táctiles; siendo menos costosa que un simulador tiene como objetivo el conocimiento de partes y funciones de sistemas.



Figura 3.3 Maqueta

➤ **Programas CBT**

El programa CBT aumenta el conocimiento de manera visual y retentiva.

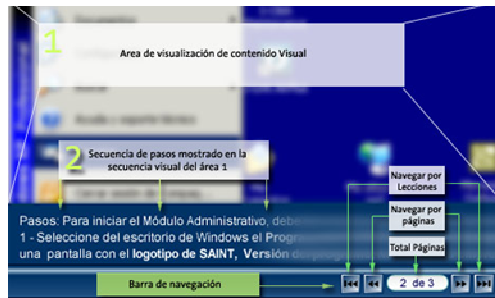


Figura 3.4 Programa CBT

➤ **Material Gráfico**

Libros de texto y consulta, enciclopedias, diccionarios (palabras e imágenes), novelas, cuentos, cómics, periódicos, revistas, carteles, láminas, planos, mapas.

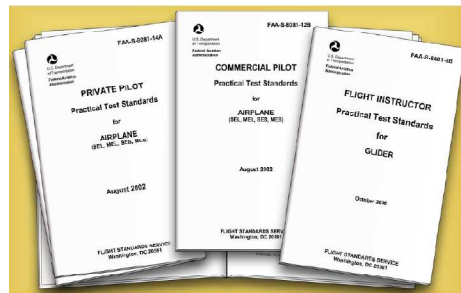


Figura 3.5 Material Gráfico

Ayudas para el Material Didáctico

➤ **Pizarra**

El marcador y la pizarra siguen siendo instrumentos de enorme valor en la enseñanza en todos los niveles, y en todas partes. Debemos decir que todavía no han sido reemplazados. Merece señalarse, sin embargo, que varios adelantos de la era informática se han inspirado en esta tecnología tan antigua como eficiente. De alguna forma la computadora en la escuela tiende a ocupar el mismo "nicho didáctico" que el marcador y la pizarra. Se desearía imitar su bajo costo, accesibilidad y versatilidad gráfica (dibujos y textos). Se ha avanzado ciertamente en la disponibilidad de memoria (recordemos los avisos en las pizarras repletas de fórmulas: "por favor no borrar"), en la supresión selectiva de símbolos y trazos

(que antes se hacía con el dedo o el borrador), en el agregado de nueva información, en los colores para resaltar los mensajes, etcétera.

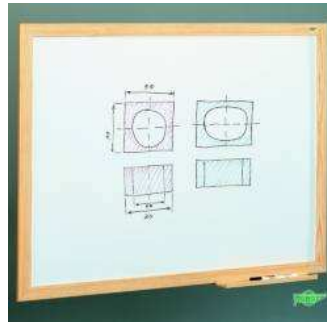


Figura 3.6 Pizarra

➤ **Retroproyector**

Un retroproyector permite el acceso visual a mayor cantidad de personas, como un pizarrón que permite discutir paso a paso la enseñanza, adaptándose a la forma de aprendizaje del alumno.

El retroproyector proyecta imágenes a plena luz. Puede sustituir en muchos casos a la pizarra, con la ventaja de que el profesor puede traer los documentos elaborados y realizar la comunicación de cara a los alumnos. Asimismo, puede ser utilizado fácilmente por los alumnos, usando material de paso adquirido o elaborado por ellos mismos.



Figura 3.7 Retroproyector

➤ **Videos casetera y televisión**

Como instrumento pedagógico, enseña al alumno a ver, leer, interpretar y enjuiciar la imagen, ayudándole a la percepción y comprensión de la realidad.



Figura 3.8 Videos casetera y televisión

➤ **Proyector de acetatos**

Es un medio de enseñanza que se hace en papel acetato, y se proyecta en la pared, para mostrar la información del docente.



Figura 3.9 Proyector de acetatos

Así que un simulador, una maqueta, un programa CBT, un retroproyector, una pizarra, etc., cumplirán objetivos acordes a las necesidades del docente y alumno, contando con las ventajas y desventajas que tiene cada uno, para mejorar la enseñanza.

Enseñanza

Es la actividad de exponer instrucción por medio de sistemas, métodos o estrategias al estudiante, haciendo uso de material didáctico eficiente.

➤ **Estrategias de enseñanza:**

Procedimientos que el agente de enseñanza utiliza en forma reflexiva y flexible para promover el logro de aprendizajes significativos en los alumnos.

Se refieren a las utilizadas por el profesor para mediar, facilitar, promover, organizar aprendizajes, esto es, en el proceso de enseñanza.

Aprendizaje

Es el proceso cognitivo que realiza el estudiante cuando es sometido a situaciones nuevas para a futuro solucionar problemas similares.

➤ **Estrategias de aprendizaje:**

Son procedimientos (conjunto de pasos, operaciones o habilidades) que un aprendiz emplea en forma consciente, controlada e intencional como instrumentos flexibles para aprender significativamente y solucionar problemas.

Hacen referencia a una serie de operaciones cognitivas que el estudiante lleva a cabo para organizar, integrar y elaborar información y pueden entenderse como procesos o secuencias de actividades que sirven de base a la realización de tareas intelectuales y que se eligen con el propósito de facilitar la construcción, permanencia y transferencia de la información o conocimientos.

3.1.2 Fundamentación Legal

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico por ser una entidad reconocida por la autoridad aeronáutica debe cumplir con la RDAC No. 147.

La RDAC No.147 trata sobre Escuelas de Técnicos de Mantenimiento Aeronáutico, el cual en el numeral 147.17 menciona:

147.17 Requerimientos del equipo de instrucción.

(a) Un solicitante de un certificado de Escuela de Técnicos de Mantenimiento Aeronáutico y sus habilitaciones o de una habilitación adicional, deberá tener los siguientes equipos de instrucción, como sean apropiados para las habilitaciones que solicita:

(1) Varias clases de estructuras de aeronaves, sistemas y componentes de aeronaves, motores, sistemas y componentes de motores (incluyendo las hélices) de una cantidad y tipo conveniente para completar los proyectos prácticos requeridos por su plan de estudios aprobado.

(b) El equipo requerido por el párrafo (a) de esta sección, no necesita estar en condición aeronavegable. Sin embargo, si estuviere dañado, éste debería ser reparado lo suficiente para conservar su integridad.

3.2 Modalidad básica de la investigación

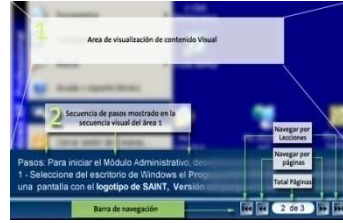
Investigación de Campo

Para la realización de la presente Investigación se tuvo que recurrir a la técnica de campo, la cual se realizó en el bloque 42 del I.T.S.A. para lo cual se procedió a realizar las fichas de observación en las que se realizó una descripción de lo observado (Ver Anexo A) apoyado de una cámara fotográfica como un medio de registro.

Primeramente cabe indicar los tipos de material didáctico con el que cuenta la Carrera de Mecánica Aeronáutica, entre los más utilizados se hallan los siguientes:



Maquetas



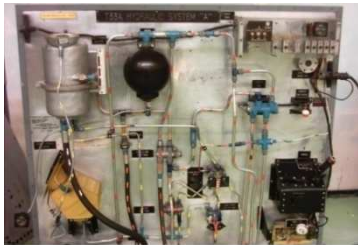
Programas CBT



Simuladores



Manuales



Bancos Didáticos



Bancos de Prueba

El Instituto brinda este tipo de material didáctico para que sea utilizado por los docentes como ayuda para la formación académica de sus alumnos.

El objetivo de esta investigación es conocer la realidad del material didáctico del bloque 42 del I.T.S.A. y determinar el aporte tecnológico que brindan a los estudiantes como un instructivo didáctico para el correcto aprendizaje de los alumnos de la carrera de Mecánica Aeronáutica.

Para ello se ha decidido hacer este estudio de campo, visitando primeramente el bloque 42 y observando el material didáctico con el que cuenta la carrera de Mecánica Aeronáutica y que en su mayoría se encuentran ubicados en dicho bloque ya que éste brinda el espacio adecuado y las suficientes comodidades para sus diferentes usos y la adecuada protección del material.

En el bloque 42 se pudo observar el siguiente material didáctico:

Material Didáctico de la carrera de Mecánica Aeronáutica ubicado en el bloque 42

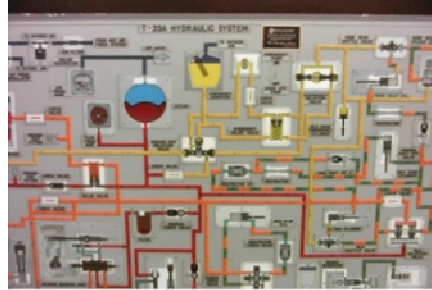


Figura 3.10 Tablero del Sistema Hidráulico del Avión T-33A

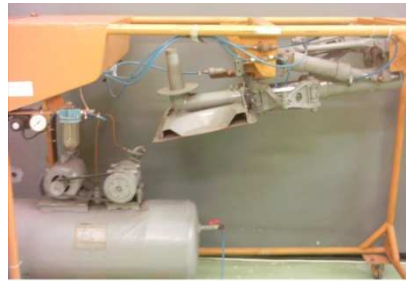


Figura 3.11 Maqueta de simulación de extensión del Sistema de Emergencia del Tren de Aterrizaje principal operado neumáticamente



Figura 3.12 Maqueta didáctica del Steering del Avión Fokker F-28

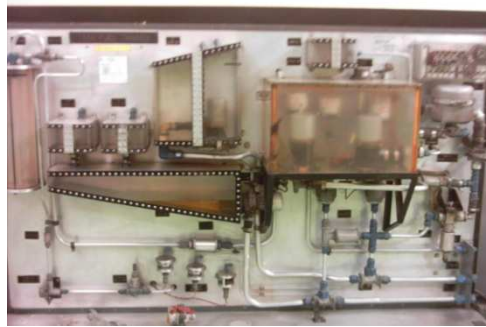


Figura 3.13 Banco didáctico del Sistema de Combustible del Avión T-33A



Figura 3.14 Maqueta didáctica del Sistema de Flaps de un Avión



Figura 3.15 Túnel de viento de baja velocidad



Figura 3.16 Banco didáctico del sistema de la micro bomba, bobina y antorcha del Sistema de Combustible



Figura 3.17 Banco de pruebas para evaluar ángulos de la hélice del Avión Twin- Other



Figura 3.18 Maqueta de simulación de los controles de vuelo del Avión Mirage F1



Figura 3.19 Simulador Avión Kfir



Figura 3.20 Banco didáctico del Sistema de Tren de Aterrizaje de Nariz del Avión T-33A



Figura 3.21 Banco didáctico del Sistema de Tren de Aterrizaje Principal del Avión T-33A

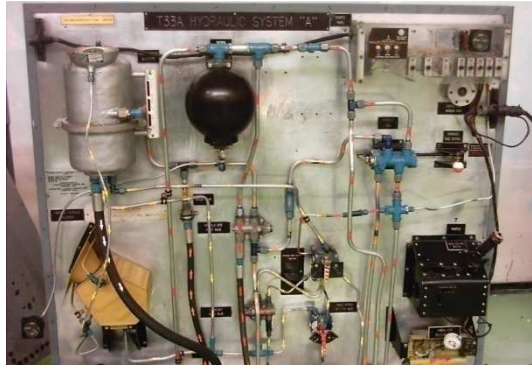


Figura 3.22 Banco didáctico del Sistema Hidráulico "A" del Avión T-33A

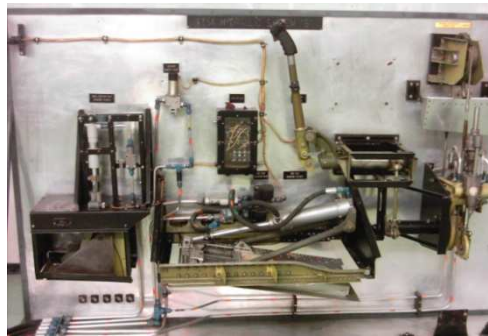


Figura 3.23 Banco didáctico del Sistema Hidráulico "B" del Avión T-33A

3.3 Tipos de investigación

El tipo no experimental de la investigación permitió observar y analizar cada uno de los materiales didácticos y recoger suficiente información para posteriormente ser analizada. Permitted realizar comparaciones entre los materiales didácticos y relacionarlos con las variables.

3.4 Niveles de investigación

El nivel Descriptivo nos ayudó a realizar un diagnóstico de las características funcionales del material didáctico del bloque 42.

➤ **Material didáctico en excelente estado y operativo.**

El bloque 42 del I.T.S.A. cuenta con excelentes bancos de prueba en la sección de hidráulica los cuales están listos para ser utilizados por los docentes para instrucción práctica de sus alumnos los cuales se indica en la figura 3.24 A y B.



A



B

Figura 3.24

➤ **Material didáctico cuya funcionalidad está comprometida.**

La Maqueta de simulación de los controles de vuelo del Avión Mirage F1 no se encuentra en correctas condiciones de funcionamiento ya que se encuentran desconectados los cables que accionan las superficies de vuelo primarias.



Figura 3.25

➤ **Material didáctico sin uso.**

La Maqueta didáctica del sistema de frenos de disco múltiple no se lo está utilizando ya que se halló un cable pelado colgante como se muestra en la figura 3.26.



Figura 3.26

➤ **Por la funcionalidad comprometida del material didáctico se observa que éste sirve de apoyo para otro tipo de materiales.**

Esta es la clara realidad de la consola de control del sistema de combustible del avión T-33A. Por su funcionalidad comprometida hoy en día no se lo toma en cuenta como un material didáctico para los alumnos y se lo está utilizando como meza para carteles.

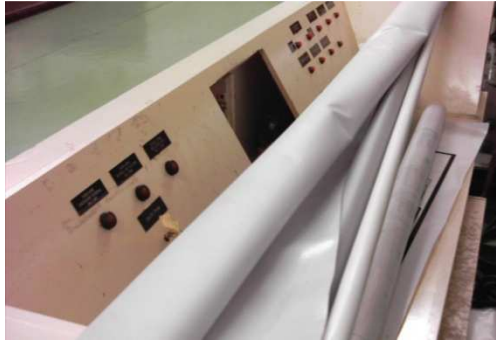


Figura 3.27

➤ **El material didáctico no cuenta con hojas de registro.**

En el bloque 42 cada material didáctico no cuenta con hojas de registro como debería ser. Así no se puede llevar un control correcto de la utilidad que se le da al material didáctico y cuantas veces es utilizado en cada ciclo académico. De la misma manera no se puede saber si algunos bancos o equipos didácticos deben entrar en una fase de mantenimiento para conservar su integridad.

➤ **Maqueta didáctica con fugas hidráulicas.**

Es el caso de la Maqueta didáctica del Steering del Avión Fokker F-28 en el cual se observó fugas hidráulicas lo cual indica que no se encuentra en excelentes condiciones para ser operada y utilizada para la enseñanza de los estudiantes.



Figura 3.28

- **Existen bancos didácticos secuenciales que por inhabilitación de alguna sección no pueden cumplir un funcionamiento adecuado.**

El bloque 42 cuenta con bancos didácticos secuenciales de sistemas del avión T-33A los cuales tienen un funcionamiento secuencial y dependen entre sí para su adecuada operación.

Es el caso del sistema de extensión y retracción del tren de aterrizaje el cual para su ejecución depende del sistema hidráulico "A".

El mismo caso sucede con las superficies de vuelo que son activadas por el sistema hidráulico "B".



Figura 3.29

Los sistemas hidráulicos "A" y "B" que forman parte de este banco secuencial se encuentran habilitados y operables, más no el sistema de tren de aterrizaje.

Las condiciones del banco didáctico de tren de aterrizaje del avión T-33A no brinda el aporte necesario para los alumnos, debido a que se lo encontró con varios desperfectos en su conjunto como se indica a continuación:

Cabe indicar que el banco didáctico del sistema de tren de aterrizaje de dicho avión se divide en:

- Sistema de tren de aterrizaje de nariz (Fig. 3.30)
- Sistema de tren de aterrizaje principal (Fig. 3.31)



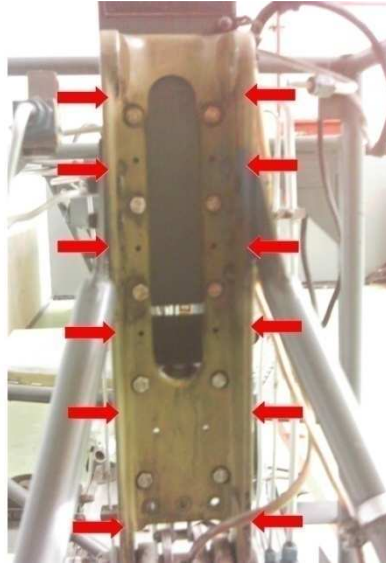
Figura 3.30



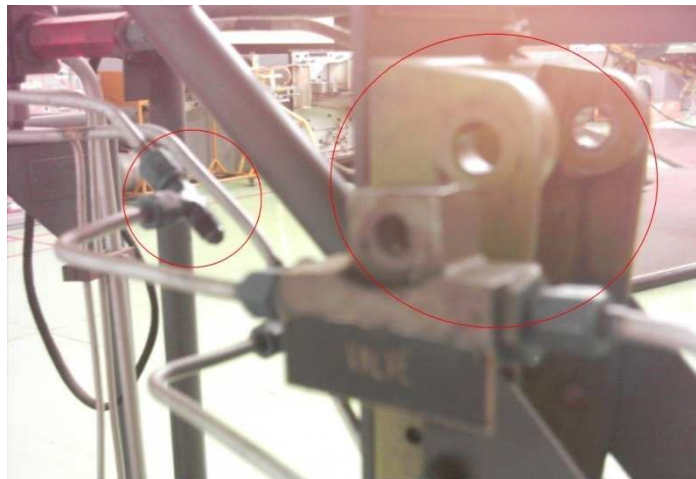
Figura 3.31

- **Sistema de tren de aterrizaje de nariz**

En este se observó principalmente la falta del cilindro hidráulico principal (Fig. 3.31 A), el cual permite la acción de extensión y retracción de la rueda de nariz. De la misma manera se pudo constatar la desconexión de tuberías las cuales permiten el paso del líquido hidráulico a elementos principales del sistema como: válvulas, cilindros, etc. (Fig. 3.32 B).



A



B

Figura 3.32

➤ **Sistema de tren de aterrizaje principal**

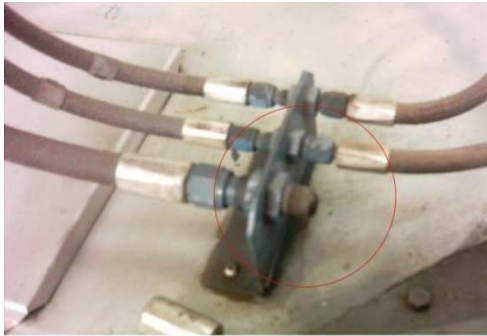
En este se observó la desconexión de líneas hidráulicas provenientes del sistema hidráulico "A". De la misma manera se pudo constatar la desunión de plugs electrónicos al sistema "A" y cables en mal estado. Finalmente se observó piezas que se encuentran aisladas del sistema sin ninguna finalidad.



A



B



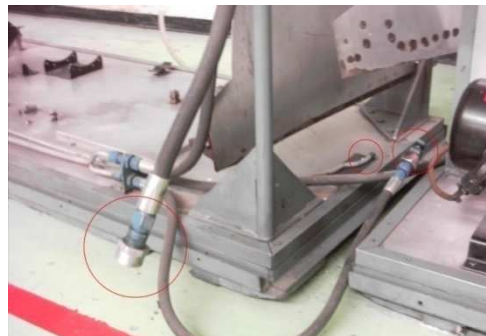
C



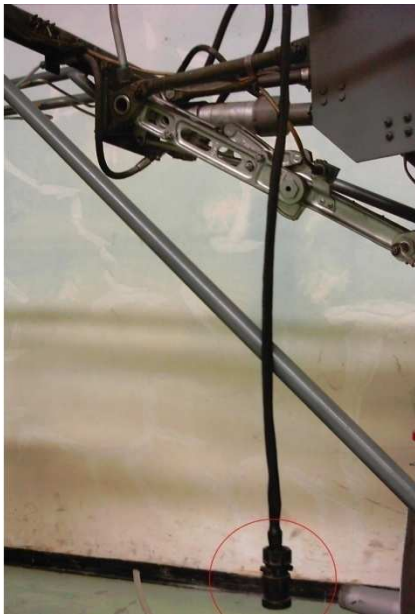
D



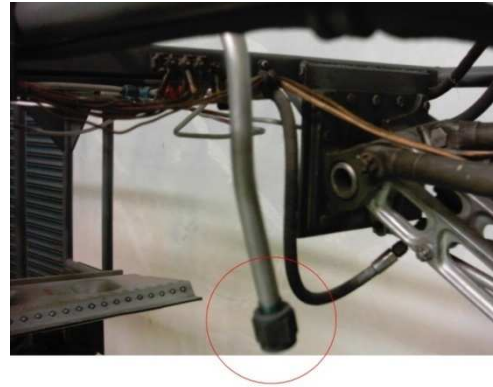
E



F



G



H

Figura 3.33

3.5 Recolección de datos

3.5.1 Técnicas:

- **Observación.** Esta técnica permitió recopilar información en el lugar de los hechos para lo cual se elaboró una ficha de observación directa para:
 - Examinar las condiciones en las que se encuentra el material didáctico del bloque 42 del I.T.S.A.
 - Determinar el aporte que brinda el material didáctico del bloque 42 del I.T.S.A.

3.6 Procesamiento de la información

Esta actividad metodológica ha permitido realizar un procesamiento de los datos obtenidos en la observación. Se revisó, controló y representó la información recogida con la ayuda de fotografías.

3.7 Análisis e interpretación de resultados

Según los datos obtenidos en la observación y detallados anteriormente se puede constatar que el material didáctico con más inconvenientes para su funcionamiento es el banco didáctico del sistema de Tren de Aterrizaje del Avión T-33A ya que dio mucho que decir de sus características funcionales.

Los bancos didácticos de los sistemas hidráulicos “A” y “B” del mismo avión son de funcionamiento secuencial. Estos han sido habilitados anteriormente por medio de proyectos de grado por estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica. El complemento de estos bancos secuenciales es el sistema de Tren de Aterrizaje el cuál no se encuentra habilitado y por tal razón no se pueden hacer uso en conjunto de todo el material didáctico secuencial.

3.8 Conclusiones y recomendaciones de la investigación

3.8.1 Conclusiones:

- Los materiales didácticos son herramientas básicas que contribuyen al mejoramiento del aprendizaje, siempre y cuando lleven inmersos un objetivo enfocados al tema. Sirven como apoyo al profesor y ayuda a captar la atención de los estudiantes.
- Es insuficiente la atención que recibe el material didáctico del bloque 42, lo cual está reflejado en las características anteriormente mencionadas, por lo que no brindan un aporte tecnológico en beneficio del conocimiento del alumno.

- El alumno es el eje y fundamento del proceso de enseñanza y aprendizaje, siendo el profesor guía y orientador, a la vez que el testigo que certifica en cuanto sea posible, si se dio o no, el aprendizaje.
- Para la Carrera de Mecánica Aeronáutica las maquetas didácticas de simulación son las más indicadas para la perfecta instrucción ya que estas brindan una rápida captación de los alumnos.
- El bloque 42 cuenta con material didáctico de trenes de aterrizaje pero por su inhabilitación no brinda un aporte tecnológico de calidad a los alumnos de la Carrera de Mecánica Aeronáutica.

3.8.2 Recomendaciones:

- Es indispensable que a la brevedad posible se recupere en su totalidad el material didáctico del bloque 42 ya que es un requisito importante que exige la autoridad aeronáutica a las escuelas de técnicos de mantenimiento aeronáutico.
- Es necesario que el material didáctico no funcional sea habilitado, pues son de mucha importancia ya que tienen un contenido muy primordial para la correcta formación de técnicos en el campo aeronáutico.
- Es recomendable la habilitación del banco didáctico del sistema del tren de aterrizaje del avión T-33A ya que así se podrá recuperar la funcionalidad total de todo su conjunto.
- Los docentes del I.T.S.A. deben hacer uso del material didáctico ubicado en el bloque 42 ya que éstos ayudan a los estudiantes a la captación rápida de la información para su aprendizaje, a la vez que el estudiante se entusiasma y se llena de energías si el profesor es capaz de producirle admiración por la materia.

DENUNCIA DEL TEMA

Rehabilitación del banco didáctico del Sistema de Tren de Aterrizaje del Avión T-33A del I.T.S.A.

Es aconsejable para el tecnólogo en Mecánica Aeronáutica la rehabilitación del banco didáctico del Sistema de Tren de Aterrizaje del Avión T-33A debido a que el mismo tiene conocimientos en su malla curricular sobre Sistema de Tren de aterrizaje, Hidráulica, Mecánica Básica, Electrónica y Electricidad Básica y las cuales son aplicables para la elaboración de dicho proyecto.

Cabe indicar que con ésta rehabilitación no sólo se recuperará el banco didáctico del sistema de tren de aterrizaje, sino que se recuperará en conjunto la funcionalidad total de todo el sistema hidráulico del Avión T-33A.

Los materiales didácticos anteriormente estudiados en el bloque 42 son también de mucha importancia para ser tomados en cuenta como proyectos de grado, pero para su rehabilitación son aplicables otras materias que no están dentro de la malla curricular de la carrera de Mecánica Aeronáutica. Esto sería factible para otras especialidades propias del I.T.S.A.

Fue lógico el observar en el bloque 42 material didáctico propio de la carrera de Mecánica Aeronáutica que tenían problemas de funcionamiento pero la sencillez de su estudio no amerita a ser aplicable como proyecto de grado.

FACTIBILIDAD DEL TEMA

5.1 Técnica

El presente proyecto es factible técnicamente ya que existe el suficiente material para realizar la rehabilitación.

Para la rehabilitación se necesitará un cilindro hidráulico el cual es necesario para el funcionamiento de extensión y retracción del tren de nariz. El cilindro apto para este trabajo se lo puede encontrar fácilmente en el mercado, que aunque no sea el mismo cilindro original del avión se puede utilizar otro tipo de cilindro que cumpla la misma función.

Claro está dentro de la aviación laboral el realizar esto sería un grave error. Las leyes de la autoridad aeronáutica a nivel mundial no permiten el reemplazo de partes, piezas o componentes de aeronaves por otras parecidas, sino que deben tener un certificado de aprobación para cada aeronave.

Pero como se va a rehabilitar un material didáctico se lo puede modificar para que cumpla las características funcionales propias del material didáctico.

De igual manera se necesitará cañerías hidráulicas rígidas y flexibles, sensores eléctricos, cable eléctrico, fittings y líquido hidráulico lo cual se puede conseguir fácilmente en el mercado.

De la misma manera se cuenta con manuales técnicos de mantenimiento del Sistema de Tren de Aterrizaje del Avión T-33A.

5.2 Legal

El presente proyecto está enmarcado dentro del reglamento, leyes y estatutos vigentes de la D.G.A.C. cuyo contenido ha sido desarrollado en el marco teórico de la presente.

5.3 Operacional

Es factible operacionalmente ya que su rehabilitación servirá de incitación para que los maestros de la asignatura de Tren de Aterrizaje utilicen el material didáctico como técnica de enseñanza y a la vez ayudará a mejorar el aprendizaje de los alumnos que reciban dicha asignatura.

La rehabilitación del banco didáctico del Sistema de Tren de Aterrizaje del Avión T-33A operará en el bloque 42 del I.T.S.A. el cual estará a cargo de la Carrera de Mecánica Aeronáutica para instrucción de los alumnos que cursan la materia y el aprendizaje práctico de los mismos.

5.4 Económico financiero, análisis costo-beneficio

5.4.1. Recursos

5.4.1.1. Recursos humanos

- Asesor
- Postulante

5.4.1.2. Recursos materiales

- Actuador hidráulico
- Cañerías hidráulicas flexibles
- Cañerías hidráulicas rígidas
- Líquido hidráulico
- Contactores
- Pintura Anticorrosiva
- Fittings
- Cable eléctrico
- Guaípe
- Meck

5.4.2. Costos

5.4.2.1. Costos primarios

DETALLE	CANTIDAD	VALOR U.	VALOR T.
Actuador hidráulico	1	\$120	\$120
Cañerías hidráulicas flexibles	15	\$5	\$75
Cañerías hidráulicas rígidas	10	\$4	\$40
Líquido hidráulico	2 GL.	\$40	\$80
Contactores	5	\$10	\$50
Pintura Anticorrosiva	1 GL.	\$20	\$20
Fittings	15	\$2	\$30
Cable Eléctrico	20 m	\$2	\$40
Guaípe	2 lb.	\$0.50	\$1
Meck	1lt.	\$2	\$2
SUBTOTAL			\$458.00

5.4.2.2. Costos secundarios

DETALLE	CANTIDAD	VALOR U.	VALOR T.
Internet	20 h	0.80 ctvs/h	\$16
Anillados	5	\$2	\$10
Impresiones	600	\$ 0.10	\$60
Librería en General	7 u	\$ 0.60	\$4.20
Derechos	5	\$1.60	\$8

Transporte	3 viaje/semana	\$2 viaje	\$120
Alimentación	3 por semana	\$1.50	\$90
SUBTOTAL			\$308.20

COSTO TOTAL TRABAJO DE GRADUACIÓN= \$766.20

ANEXO B

Anexos del anteproyecto del trabajo de graduación

ANEXO A

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

FICHA DE OBSERVACION

OBSERVACIÓN AL MATERIAL DIDÁCTICO DEL BLOQUE 42

DATOS INFORMATIVOS:

Lugar: I.T.S.A.
Fecha: 19-01-2010
Observador: López Diego

OBJETIVOS:

- Examinar las condiciones en las que se encuentra el material didáctico del bloque 42 del I.T.S.A.
- Determinar el aporte que brinda el material didáctico del bloque 42 del I.T.S.A.

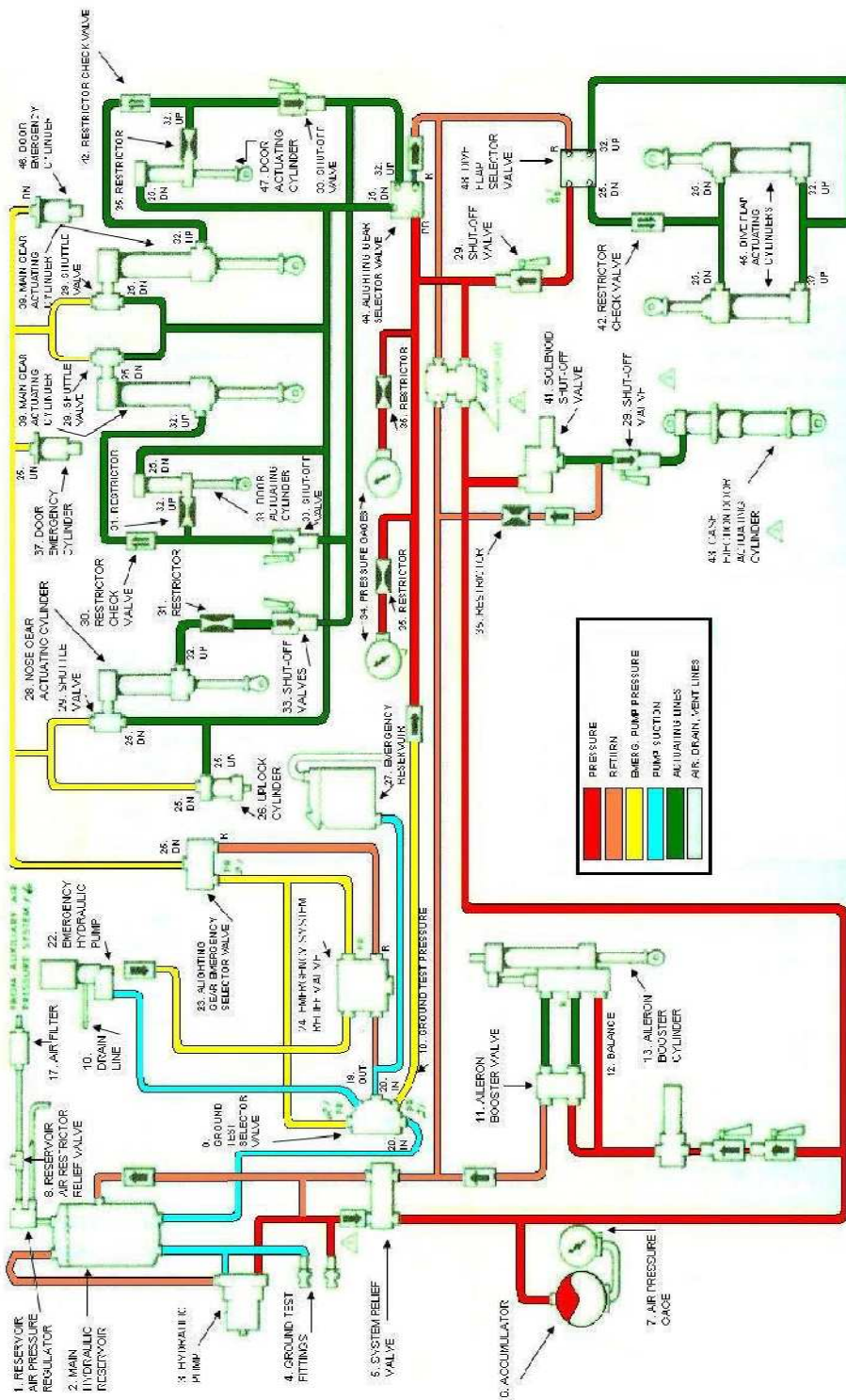
OBSERVACIONES:

- Se observa material didáctico en excelente estado y operativo.
- Existe material didáctico sin uso.
- Se halla material didáctico cuya funcionalidad está comprometida.
- Por la funcionalidad comprometida del material didáctico se observa que éste sirve de apoyo para otro tipo de materiales.
- Existen bancos didácticos secuenciales que por inhabilitación de alguna sección no pueden cumplir un funcionamiento adecuado.
- El material didáctico no cuenta con un registro de utilización.

- Existen bancos didácticos que se encuentran con fugas hidráulicas.
- El material didáctico ubicado en la sección de hidráulica no es ocupado por los docentes para la enseñanza de sus alumnos.

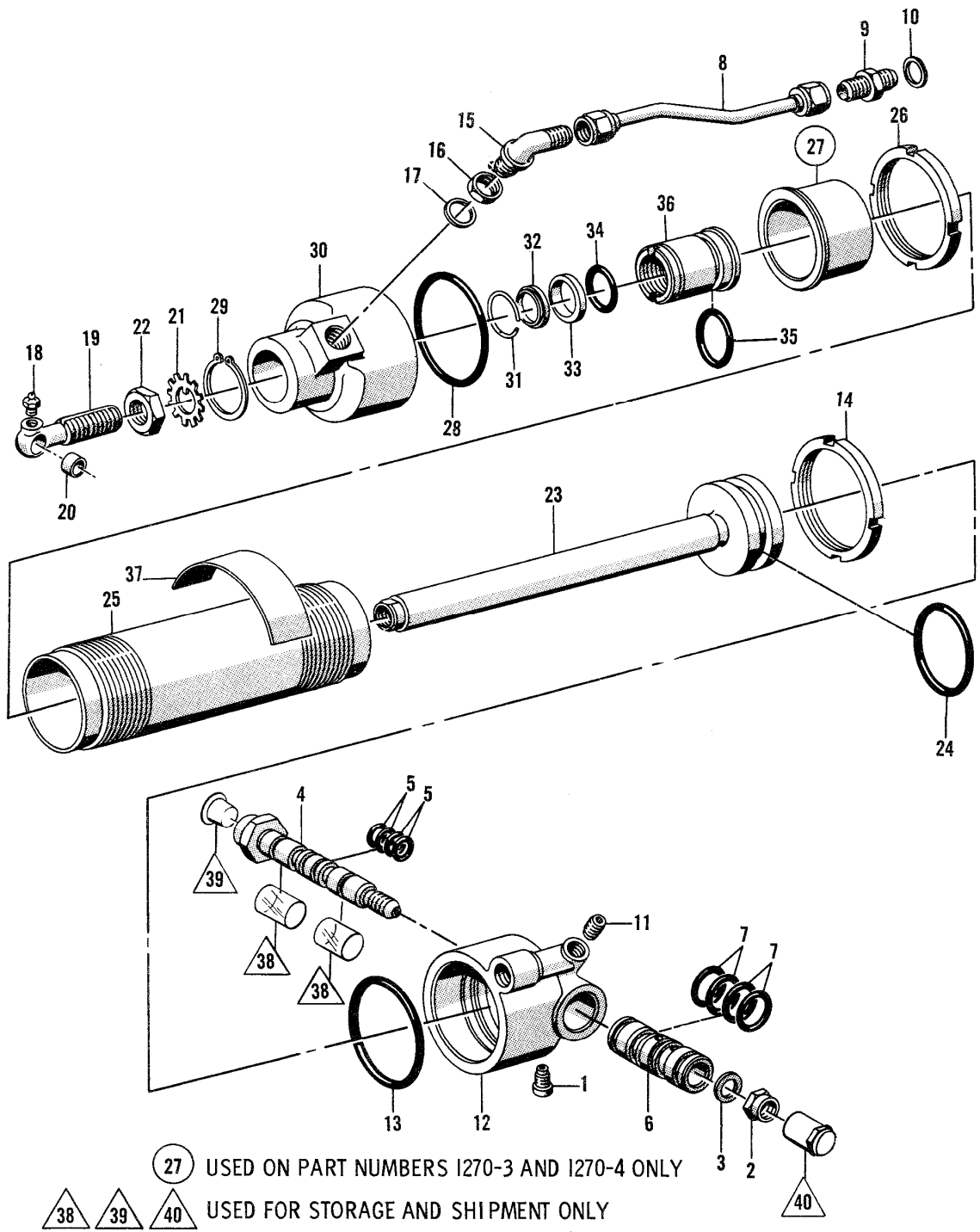
ANEXO C

Diagrama del Funcionamiento del Sistema Hidráulico del Avión T-33A



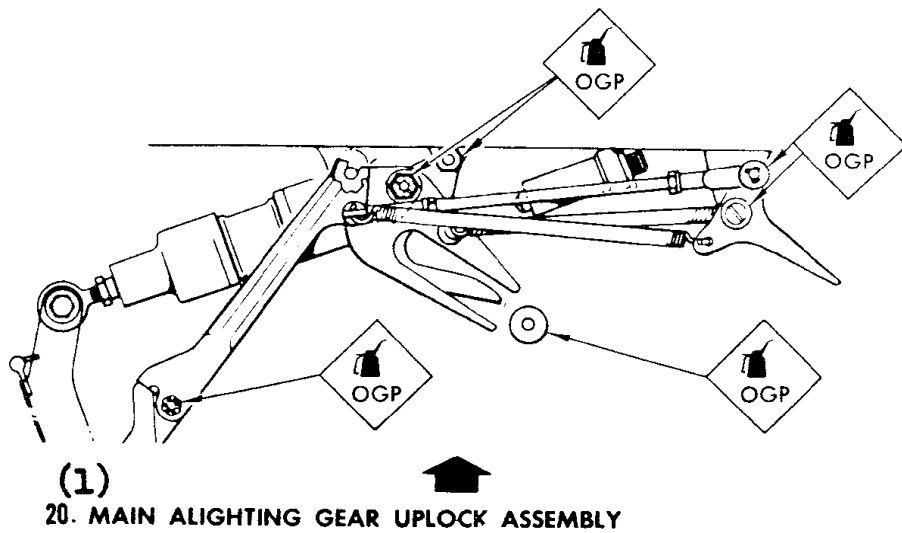
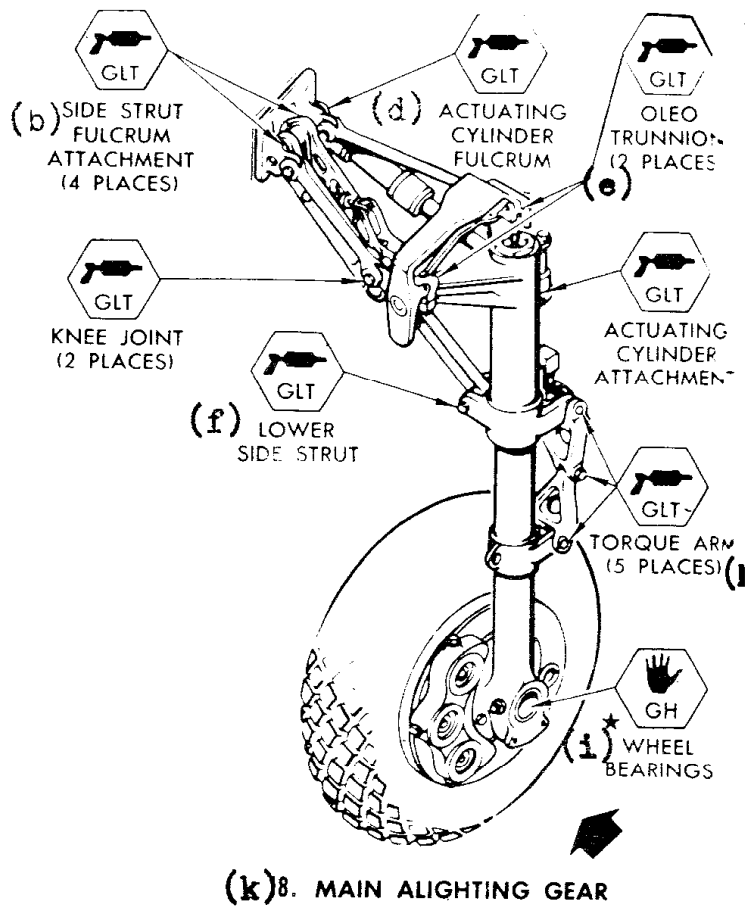
ANEXO E

Diagrama de instalación del Actuador Hidráulico del Tren Auxiliar



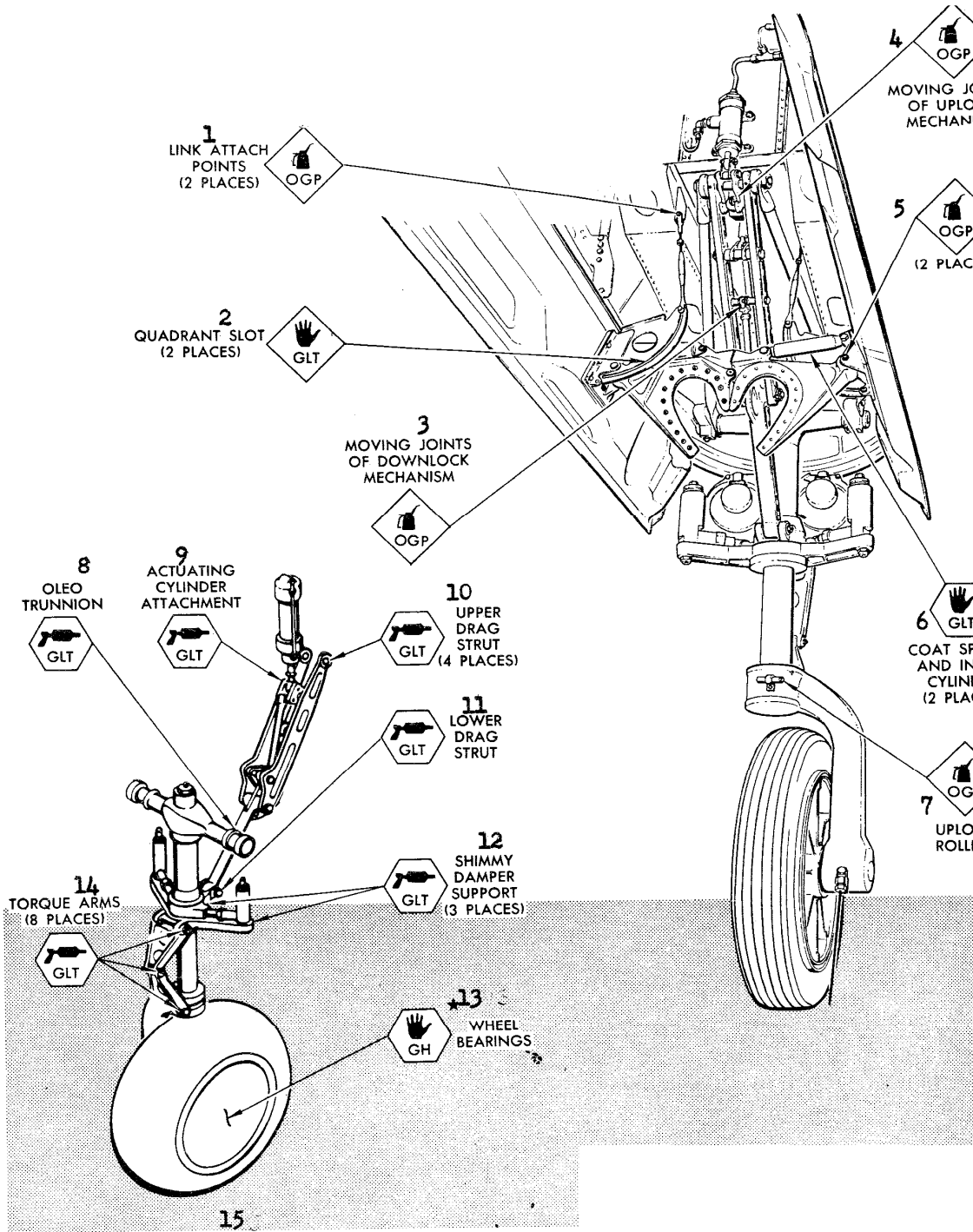
ANEXO F

Diagrama de Lubricación del Conjunto del Tren de Aterrizaje Principal



ANEXO G

Diagrama de Lubricación del Conjunto del Tren de Aterrizaje Auxiliar



27. NOSE ALIGHTING GEAR AND NOSE GEAR DOOR ASSEMBLY

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

NOMBRE: Diego Alejandro López Vayas

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

FECHA DE NACIMIENTO: 5 de Julio de 1986

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 180409339-9

TELÉFONOS: 2425269/092559369

CORREO ELECTRÓNICO: diegolop2009@hotmail.es

DIRECCIÓN: Ambato Av. Indoamerica Cdla. "La Concepción"



ESTUDIOS REALIZADOS

Primaria: Ambato - Pensionado "La Merced" 1998

Secundaria: Ambato - Centro Educativo Diocesano "San Pío X" / 15 Jul. 2004

TÍTULOS OBTENIDOS

Secundaria: Título de Bachiller en Ciencias Físico – Matemáticas

EXPERIENCIA PROFESIONAL O PRÁCTICAS PROFESIONALES

- Latacunga, CENTRO DE MANTENIMIENTO AERONÁUTICO (CEMA).
- Latacunga, CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (CID-DIAF).

CURSOS Y SEMINARIOS

- II JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESPE – ITSA 2005
- Seminario de “RESISTENCIA DE MATERIALES CON LOS ENSAYOS DE: TRACCIÓN, COMPRESIÓN, TORSIÓN, DUREZA, FLEXIÓN, Y CHARPY” ESPOCH 2006
- III JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ITSA 2006

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

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

Diego Alejandro López Vayas

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

Ing. Guillermo Trujillo

Latacunga, 22 de Octubre del 2010

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, DIEGO ALEJANDRO LÓPEZ VAYAS, Egresado de la carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Aviones, en el año 2009, con Cédula de Ciudadanía N° 180409339-9, autor del Trabajo de Graduación “Rehabilitación del banco didáctico del Sistema de Tren de Aterrizaje del Avión T-33A del ITSA”, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

Diego Alejandro López Vayas

Latacunga, 22 de Octubre del 2010