



# **ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

**MONOGRAFIA: PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
TECNÓLOGO EN: MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**TEMA: INSPECCIÓN DE LOS ACUMULADORES HIDRÁULICOS CON LA  
UTILIZACIÓN DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL DE ACUERDO A LA  
TAREA DE MANTENIMIENTO # 29-10-00e-205 DEL HELICOPTERO MI-  
171 PERTENECIENTE A LA 15-BAE.**

**AUTOR: CBOP. DE A.E PUNGUIL GUATO, RUBÉN DARÍO**

**DIRECTOR: TLGO. ARELLANO REYES, MILTON ANDRÉS**

**LATACUNGA**

**2020**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES  
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que la monografía, **“INSPECCIÓN DE LOS ACUMULADORES HIDRÁULICOS CON LA UTILIZACIÓN DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL DE ACUERDO A LA TAREA DE MANTENIMIENTO # 29-10-00e-205 DEL HELICOPTERO MI-171 PERTENECIENTE A LA 15-BAE”** fue realizado por el señor **CBOP. DE A.E PUNGUIL GUATO, RUBÉN DARÍO** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 03 febrero de 2020

**TLGO. ARELLANO REYES, MILTON ANDRÉS**

**C.C.: 1723064513**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES  
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA  
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **CBOP. DE A.E PUNGUIL GUATO, RUBÉN DARÍO**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **INSPECCIÓN DE LOS ACUMULADORES HIDRÁULICOS CON LA UTILIZACIÓN DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL DE ACUERDO A LA TAREA DE MANTENIMIENTO # 29-10-00e-205 DEL HELICOPTERO MI-171 PERTENECIENTE A LA 15-BAE** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 03 febrero de 2020

---

**CBOP. DE A.E PUNGUIL GUATO, RUBÉN DARÍO  
C.C.: 1804113130**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES  
CARRERA DE TECNOLOGÍA MECÁNICA AERONÁUTICA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **CBOP. DE A.E PUNGUIL GUATO, RUBÉN DARÍO** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **INSPECCIÓN DE LOS ACUMULADORES HIDRÁULICOS CON LA UTILIZACIÓN DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL DE ACUERDO A LA TAREA DE MANTENIMIENTO # 29-10-00e-205 DEL HELICOPTERO MI-171 PERTENECIENTE A LA 15-BAE** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 03 febrero de 2020

---

**CBOP. DE A.E PUNGUIL GUATO, RUBÉN DARÍO**

**C.C.: 1804113130**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación se lo dedico a Dios, quien con su bendición me ha permitido alcanzar un peldaño más en mi formación profesional. A mis padres por ser la fuente de mi inspiración y haberme apoyado incondicionalmente durante toda la etapa de mi carrera y mi vida.

A mis hermanos y demás familiares que día a día me han motivado para alcanzar los objetivos propuestos.

A mis compañeros con quienes hemos compartido momentos de alegrías y tristezas en el aula.

**Punguil Guato Rubén Darío**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar un sincero agradecimiento a Dios por darme salud y vida a mi querida universidad de las Fuerzas Armadas ESPE donde he adquirido todos los conocimientos necesarios para mi desenvolvimiento profesional.

Al ejército ecuatoriano por haber confiado y darme la oportunidad de formarme profesionalmente para servir de una mejor manera a las bases de mantenimiento de aeronaves.

A mi tutor Andrés Arellano quien ha sido mi guía y mentor durante todo el trabajo de titulación.

A los docentes que conforman la Unidad de Gestión de Tecnologías Espe quienes impartieron sus conocimientos necesarios tanto practico como teóricos para ejecutar en el trabajo de mantenimiento.

**Punguil Guato Rubén Darío**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CARATULA

CERTIFICACIÓN.....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	ii
AUTORIZACIÓN .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Justificación e importancia .....	3
1.4 Objetivos .....	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
1.5 Alcance.....	5

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1	Helicóptero MI-171 .....	6
2.1.1	Generalidades .....	7
2.1.2	Operaciones militares de los helicópteros MI .....	8
2.1.3	Características Generales helicóptero MI.....	8
2.1.4	Ventajas del helicóptero MI.....	8
2.2	Sistemas del helicóptero MI .....	9
2.3	Controles de la aeronave de ala rotatoria.....	9
2.3.1	Sistema de control Colectivo .....	10
2.3.2	Control Cíclico Longitudinal .....	11
2.3.3	Control Cíclico Lateral.....	12
2.3.4	Sistema Direccional.....	14
2.4	Sistema hidráulico .....	15
2.4.1	Fundamentos de la hidráulica.....	15
2.4.2	Características del sistema hidráulico.....	16
2.4.3	Ventajas y desventajas del sistema hidráulico .....	16
2.5	Clasificación del sistema hidráulico .....	17
2.5.1	Sistema hidráulico auxiliar.....	18
2.5.2	Sistema hidráulico principal .....	18
2.6	Componentes del sistema hidráulico principal.....	19
2.6.1	Acumulador.....	19
2.6.2	Bomba hidráulica .....	20

a)	Clasificación de las bombas hidráulicas .....	21
b)	Bombas manuales.....	22
2.6.3	Reservorio.....	23
2.6.4	Válvulas .....	23
a)	Electromagnética .....	23
b)	Dosificadora.....	23
c)	Válvula de corte .....	24
2.6.5	Manómetros.....	24
2.6.6	Servo mandos .....	25
2.6.7	Línea de fluido.....	25
a)	Cañerías flexibles .....	25
b)	Tuberías Rígidas.....	26
2.7	Simbología CETOP .....	27
2.8	Tipos de fluidos hidráulicos y características.....	28
2.8.1	Líquidos hidráulicos de origen mineral.....	28
2.8.2	Líquidos hidráulicos Sintéticos .....	28
2.9	Posibles fallas hidráulicas .....	29
2.10	Manual de mantenimiento .....	30
2.10.1	Datos técnicos del sistema hidráulico.....	31
2.11	Inspección por métodos no destructivos (NDI).....	31

### **CAPÍTULO III**

#### **DESARROLLO DEL TEMA**

3.1	Preliminares.....	32
3.2	Medidas de seguridad.....	32
3.3	Manuales Técnicos.....	33
3.4	Descripción del Sistema hidráulico.....	34
3.5	Datos técnicos principales.....	35
3.6	Descripción del acumulador.....	35
3.7	Calibración de los instrumentos de medición.....	36
3.8	Inspección por partículas magnéticas.....	37
3.8.1	Preparación de la superficie.....	37
3.8.2	Aplicación de la inspección por partículas magnéticas.....	38
3.8.3	Comprobación de la carga del acumulador hidráulico.....	39
3.9	Comprobación del acumulador hidráulico que se carga con nitrógeno.....	41
3.10	Operaciones y requisitos técnicos.....	43
3.11	Comprobación del sistema hidráulico para el funcionamiento.....	43
3.12	Máquinas, herramientas y materiales.....	49
3.12.1	Máquinas.....	49
3.12.2	Herramientas.....	49
3.13	Materiales.....	50
3.13.1	Costos primarios.....	50
3.13.2	Costos secundarios.....	50
3.13.3	Costos totales.....	51

## **CAPÍTULO IV**

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1 Conclusiones .....52

4.2 Recomendaciones .....52

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 53**

**ANEXOS ..... 55**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Helicóptero MI.....	6
<b>Figura 2.</b> Componente Helicóptero MI .....	7
<b>Figura 3.</b> Sistema de control del Helicóptero .....	10
<b>Figura 4.</b> Sistema de control cíclico longitudinal .....	12
<b>Figura 5.</b> Sistema de control cíclico lateral .....	13
<b>Figura 6.</b> Sistema direccional.....	14
<b>Figura 7.</b> Sistema hidráulico del helicóptero MI .....	15
<b>Figura 8.</b> Sistema hidráulico del helicóptero .....	17
<b>Figura 9.</b> Acumulador hidráulico .....	20
<b>Figura 10.</b> Bombas hidráulicas .....	21
<b>Figura 11.</b> Bomba manual.....	22
<b>Figura 12.</b> Válvula dosificadora.....	24
<b>Figura 13.</b> Cañerías flexibles .....	26
<b>Figura 14.</b> Cañerías rígidas .....	26
<b>Figura 15.</b> Simbología Cetop .....	27
<b>Figura 16.</b> Diagrama de disposición de los componentes del sistema hidráulico .....	34
<b>Figura 17.</b> Acumulador Hidráulico.....	36
<b>Figura 18.</b> Calibración de manómetros.....	37
<b>Figura 19.</b> Equipo de NDI .....	38
<b>Figura 20.</b> Insp. partículas Magnéticas .....	38
<b>Figura 21.</b> Acumulador Hidráulico.....	39
<b>Figura 22.</b> Comprobación de carga del reservorio.....	40
<b>Figura 23.</b> Acceso al reservorio hidráulico .....	41
<b>Figura 24.</b> Unidad de manguera .....	42
<b>Figura 25.</b> Tanque de nitrógeno.....	42
<b>Figura 26.</b> Desbloqueo de el reservorio .....	44
<b>Figura 27.</b> Medición de presión.....	45
<b>Figura 28.</b> Tomas de lecturas de presión .....	47

**Figura 29.** Desconexión de la manguera ..... 48

**Figura 30.** Almacenado de equipos ..... 48

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Operaciones Militares</i> .....	8
<b>Tabla 2.</b> <i>Características Generales</i> .....	8
<b>Tabla 3.</b> Datos tecnicos del sistema hidraulico .....	31
<b>Tabla 4.</b> <i>Datos MI</i> .....	35
<b>Tabla 5.</b> <i>Máquinas utilizadas</i> .....	49
<b>Tabla 6.</b> <i>Herramientas utilizadas</i> .....	49
<b>Tabla 7.</b> <i>Costos económicos primarios</i> .....	50
<b>Tabla 8.</b> <i>Costos económicos secundarios</i> .....	50
<b>Tabla 9.</b> Costos económicos totales .....	51

## **RESUMEN**

El trabajo de mantenimiento que se realiza a los acumuladores hidráulicos requiere de un método de trabajo eficiente, rápido y seguro que permita alcanzar los estándares de calidad necesarios en la conservación de aeronaves. El principal objetivo de este trabajo se enfoca específicamente en el uso de un mecanismo que ayude a minimizar el tiempo y esfuerzo que toma el dar un adecuado mantenimiento al helicóptero y cumplir las inspecciones con lo establecido en el manual, mediante el uso de la herramienta especial (Unidad de manguera), puesto que de acuerdo al MEL de la aeronave, los depósitos hidráulicos deben estar completamente llenos para su operación, por ello la necesidad constante de revisión de los acumuladores hidráulicos es requerida y por consiguiente ejecutar la inspección de acuerdo a las instrucciones del Manual de mantenimiento, para la comprobación del acumulador hidráulico cargado con nitrógeno con la ayuda de la herramienta especial de acuerdo a la tarea de mantenimiento 29-10-00e-205 en donde se detalla el chequeo que se debe cumplir entre operaciones y requisitos técnicos de los acumuladores hidráulicos. De este modo se llegó a concluir con la ejecución de la inspección que ayuda a garantizar las operaciones de la aeronave y reducir los tiempos y costos de mantenimiento.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **AERONAVES - MANTENIMIENTO**
- **AERONAVES - ACUMULADORES HIDRÁULICOS**
- **HELICÓPTERO MI-171**
- **AERONAVES - HERRAMIENTAS Y EQUIPOS**

## **ABSTRACT**

The maintenance work carried out on hydraulic accumulators requires a more efficient, faster and safer work method that allows to reach the quality standards required in aircraft conservation. The main objective of this work focuses specifically on the use of a mechanism that helps to reduce the time and effort it takes to properly maintain the helicopter and to carry out inspections with what is established in the manual, through the use of the special tool (Hose unit), since according to the MEL of the aircraft, the hydraulic tanks must be completely filled for their operation, therefore the constant need for revision of the hydraulic accumulators is required. Therefore it is necessary to improve maintenance techniques and practices in order to improve performance and streamline processes, ensuring better use of technical information, tools. For the execution of this inspection work the maintenance manual of the MI-171 helicopter was used as an operational guide where 29-10-00e-205 which details the check that must be fulfilled between operations and technical requirements to the hydraulic accumulator. This concluded with the execution of the inspection that helps ensure the operations of the aircraft and reduce maintenance times and costs.

### **KEYWORDS:**

- **AIRCRAFT – MAINTENANCE**
- **AIRCRAFT - HIDRÁULIC ACCUMULATORS**
- **MI-171 HELICOPTER**
- **AIRCRAFT - TOOLS AND EQUIPMENT**

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Antecedentes

La Brigada de Aviación del Ejército N.º 15 “PAQUISHA”, conjuntamente con el CEMAE-15 (Centro de mantenimiento de Aviación del Ejército), Son los encargados del mantenimiento preventivo, correctivo y restaurativo en los diferentes niveles de las aeronaves de ala rotatoria, y a su cargo cuenta con helicópteros livianos y medianos tanto de fabricación rusa como francesa.

El Helicóptero MI-171 de fabricación soviética, fue construido en 1989 por el Ing. Aeronáutico MIKJAIL MILL., ha sido construido para la versión transporte; Consta de dos motores TB3-117BM de 2250 HP cada uno, equipados con el sistema de protección contra polvo, está diseñado según un esquema mono tipo de rotor principal de cinco palas y rotor de cola de tres. Tiene una Unidad de Potencia Auxiliar (APU), que utiliza un motor de turbina AI-9V que sirve como fuente de aire comprimido para el arranque de los motores principales.

La tripulación de vuelo del helicóptero se compone de dos pilotos, un ingeniero de vuelo y un mecánico a bordo. Tiene una capacidad de carga de hasta 4000kg en el interior de la cabina, y una capacidad de carga externa de hasta 3000kg, una autonomía de vuelo de 03:15h con los tanques normales y 05:30h., con un tanque auxiliar. En la variante de

transporte de tropas de combate el helicóptero tiene una capacidad de 24 personas. Y en la variante de pasajeros, el helicóptero tiene una capacidad de 28 personas.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Los helicópteros MI-171, pertenecientes a la brigada de Aviación del Ejército N.º 15 “PAQUISHA”, se encuentran en operación constante cumpliendo diferentes misiones de vuelo dentro del territorio nacional, por lo que se produce un desgaste normal de todos los componentes y accesorios del avión debido a su uso constante, por lo cual existen componentes que cumplen con su tiempo límite de revisión (TLR), su tiempo límite de vida (TLV), y en ocasiones existen componentes que son reemplazados por su estado y condición; así como por ejemplo el serviceo e inspección constante de combustible, aceite, hidráulico, nitrógeno, etc., según la operación lo requiera, para lo cual, las tareas de mantenimiento relacionadas deben realizarse de manera oportuna para evitar suspender las operaciones de vuelo.

Los helicópteros MI-171, cumplen misiones de apoyo de combate, apoyo al servicio de combate como son: el transporte de tropas, abastecimiento de los diferentes destacamentos, relevo de destacamentos, etc., por lo que las aeronaves pasan en constante actividad de vuelo. Por esta razón, se da el consumo normal de combustible, aceite, hidráulico, etc., esto obliga a realizar el serviceo e inspección constante de los acumuladores hidráulicos, ya que, de acuerdo al MEL de la aeronave, los depósitos hidráulicos deben estar completamente llenos para su operación.

La inspección programada de los acumuladores hidráulicos mediante el uso de una herramienta especial, permitirá realizar una inspección rápida y segura de los acumuladores hidráulicos, y facilitará la operabilidad oportuna de la aeronave, evitando el mal funcionamiento de todos los componentes que trabajan con líquido hidráulico, así como también se evitará tener la aeronave fuera de servicio por las tareas de mantenimiento no realizadas, por la falta de equipamiento y herramientas necesarias y adecuadas.

### **1.3 Justificación e importancia**

El presente proyecto de Titulación brindará al personal técnico aeronáutico del centro de mantenimiento de la 15-BAE "PAQUISHA" una rápida y oportuna inspección de los acumuladores hidráulicos que se encuentran ubicados junto a la caja de transmisión principal, reduciendo los extensos tiempos de mantenimiento y cumpliendo de manera oportuna con las normas de seguridad operacionales, en los cuales se trabajará con el uso de la herramienta especial y equipos adecuados, optimizando recursos y reduciendo la cantidad de técnicos a utilizar, de igual manera se beneficiará a la fuerza terrestre y el país, con aeronaves disponibles y listas para su empleo de acuerdo a las necesidades operacionales que la institución lo requiera.

El beneficio de implementar una herramienta especial, es para la inspección oportuna y rápida de los acumuladores hidráulicos, para realizar tareas de mantenimiento

programadas y no programadas de los mismos, así como su serviceo completo. Esto se verá reflejado en el cumplimiento de la tarea de mantenimiento 29-10-00e-205 del manual de mantenimiento del helicóptero MI-171, evitando que la aeronave quede fuera de servicio por tiempos prolongados, lo cual afecta a las diferentes misiones de vuelo que la aeronave debe cumplir dentro del territorio nacional.

Será de suma importancia e indispensable la implementación de esta herramienta, en vista de que los helicópteros MI-171, se encuentran operando en el país desde el año 1996, y desde entonces, varias de las herramientas o equipos especiales que llegaron conjuntamente con el helicóptero ya están obsoletas e inoperables, debido al constante uso; la herramienta en mención consta ilustrado en el manual de mantenimiento del fabricante de la aeronave como parte de la misma. El aporte de este proyecto representa un ahorro considerable en el presupuesto asignado para el mantenimiento de las aeronaves y estos recursos pueden ser empleados para solventar otras necesidades de la Brigada de Aviación del Ejército N.º 15 "PAQUISHA".

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Inspeccionar los acumuladores hidráulicos cargados con nitrógeno, de acuerdo a la tarea de mantenimiento aplicable al helicóptero ruso MI-171 perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército N.º 15 “PAQUISHA”.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Recopilar información técnica necesaria, para realizar tareas de mantenimiento referentes a la inspección de los acumuladores hidráulicos del helicóptero MI-171.
- habilitar los componentes de la herramienta especial 8A-9910-40 que permita la inspección segura y serviceo efectivo de los acumuladores hidráulicos.
- Realizar la tarea de mantenimiento 29-10-00e-205 del manual de mantenimiento del helicóptero ruso MI-171.

## **1.5 Alcance**

Mediante la ejecución del presente proyecto se busca implementar una herramienta especial, que permita realizar las tareas de mantenimiento y el serviceo de los acumuladores hidráulicos de los helicópteros MI-171, y de esta manera permita reducir en gran medida el tiempo empleado para realizar las tareas, e incrementar las medidas de seguridad y optimizar el uso de recursos humanos y materiales, ya que mediante el uso de herramientas especiales adecuadas para la ejecución de las tareas de mantenimiento permiten mantener la operatividad de las aeronaves, y no generar pérdidas económicas por mantenerlas fuera de servicio.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Helicóptero MI-171

Es un helicóptero bimotor fue diseñado en la fábrica de helicópteros Mil, uno de los modelos más populares en el mundo por su alta capacidad de carga útil y su bajo costo. El helicóptero MI de fabricación rusa modelo 2010 tiene una capacidad de transportar a 23 pasajeros armados y equipados llegó al país el 19 de diciembre del 2010. (Mexicana, 2008).

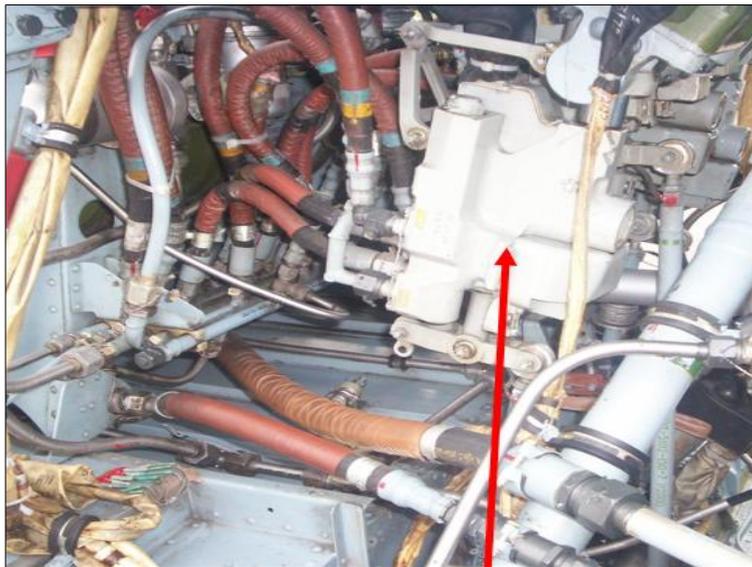
El MI es una versión mejorada del MI-8 cuenta con un motor turbo eje Klimov TV3-117MT, con una capacidad de llevar misiles y cohetes. Su autonomía de vuelo es de dos horas y 30 minutos a una velocidad de 120 nudos. El Ejército ecuatoriano cuenta con una flota de helicópteros que son Lama, MI, Puma, Super Puma, Ecureuil, Gazelle. La mayoría de ellas son utilizadas para el apoyo de las operaciones de los uniformados militares en la frontera. (Mexicana, 2008).



**Figura 1.** *Helicóptero MI*  
Fuente: (Huancavilca, 2013)

### 2.1.1 Generalidades

- Helicóptero MI es una aeronave multipropósito para el transporte de carga interna y externa.
- Tiene instalado dos motores turbina TB3-117BM de 2250HP
- En caso de falla de un motor puede hacer un vuelo horizontal con un peso de 11,000 kg.
- El helicóptero está constituido por un rotor principal con 5 palas.
- Tiene una caja de transmisión principal consta con un embrague para cada rueda libre que permite la auto rotación.
- Consta con un sistema denominado doble mando y son abastecidos por dos sistemas hidráulicos, que son principal y de reserva. Los servos pueden funcionar con el piloto automático o accionado por el piloto.
- Consta con un tren de aterrizaje fijo tipo triciclo.



**Figura 2.** Componente Helicóptero MI

## 2.1.2 Operaciones militares de los helicópteros MI

**Tabla 1.**

### *Operaciones Militares*

<b>Operaciones militares de los helicópteros MI</b>	
Afganistán	Cuerpo Aéreo del Ejército Nacional Afgano
Argentina	Fuerza Aérea Argentina
Bangladés	Fuerza Aérea Bengali
Birmania	Fuerza Aérea Birmania
Colombia	Ejército Nacional de Colombia
Ecuador	Ejercito del ecuador
México	Armada Mexicana
Venezuela	Armada Nacional de Venezuela

## 2.1.3 Características Generales helicóptero MI

**Tabla 2 .**

### *Características Generales*

<b>Nombre</b>	<b>Datos</b>
<b>Tripulación</b>	Piloto, copiloto, Ing. de vuelo
<b>Capacidad</b>	24 pasajeros
<b>Carga</b>	4000kg 8816 lb
<b>Longitud</b>	18,4 m (60,4 ft)
<b>Altura</b>	4,8m (15,6 ft)

## 2.1.4 Ventajas del helicóptero MI

- Tiene la capacidad de transportar un mayor número de uniformados en zonas de gran altitud es decir en un territorio montañoso.
- El helicóptero MI sirve como unidad de apoyo no solo para las Fuerzas Armadas sino también para civiles en caso de desastres naturales. (Mexicana, 2008)

## **2.2 Sistemas del helicóptero MI**

Los sistema del helicóptero MI, es el encargado de controlar el embrague de fricción de la palanca de control de inclinación colectiva, el cilindro hidráulico que controla la parada incluida en el sistema de control longitudinal del helicóptero.

- Sistema de tren de aterrizaje
- Sistema eléctrico
- Sistema neumático
- Sistema hidráulico
- Sistema de combustible

## **2.3 Controles de la aeronave de ala rotatoria**

Las aeronaves de ala rotatoria cuenta con diferentes sistemas de control que permiten la dirección y el movimiento, cada uno de estos sistemas son accionados desde cabina por el mando de control.

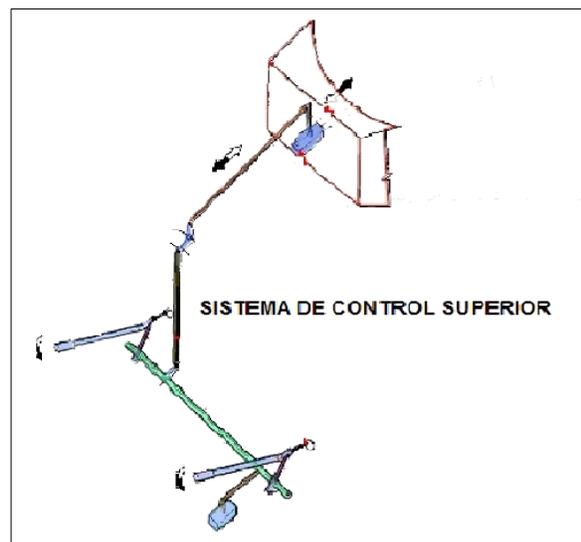
Este sistema se clasifica en 4 controles de la aeronave que permiten el control y actitud de la aeronave permitiendo al piloto hacer maniobras en vuelo.

- Sistema de control Colectivo
- Control Cíclico Longitudinal
- Control Cíclico Lateral
- Control Direccional

### 2.3.1 Sistema de control Colectivo

Este sistema ayuda al piloto a mover el helicóptero hacia arriba o hacia abajo aumentando o disminuyendo la variación del paso de las palas. Se usa la palanca colectiva para aumentar o disminuir el ángulo colectivo de las palas de rotor principal. Si se mueve la palanca colectiva hacia arriba, el ángulo de paso de todas las palas de rotor principal aumentará simultáneamente y aumentará la magnitud de fuerza de elevación, para que el helicóptero se mueva hacia arriba y viceversa cuando la palanca del colectivo se encuentre hacia abajo. (AEE, 2012)

La palanca del colectivo es ajustada en un bracket, el cual lo hace girar, está montado sobre el piso del helicóptero. El movimiento de la palanca del colectivo es transmitido por una varilla de conexión hacia un tubo de torque, que recorre a través del piso de la cabina del piloto y es apoyado por cojinetes en tres partes. (AEE, 2012)

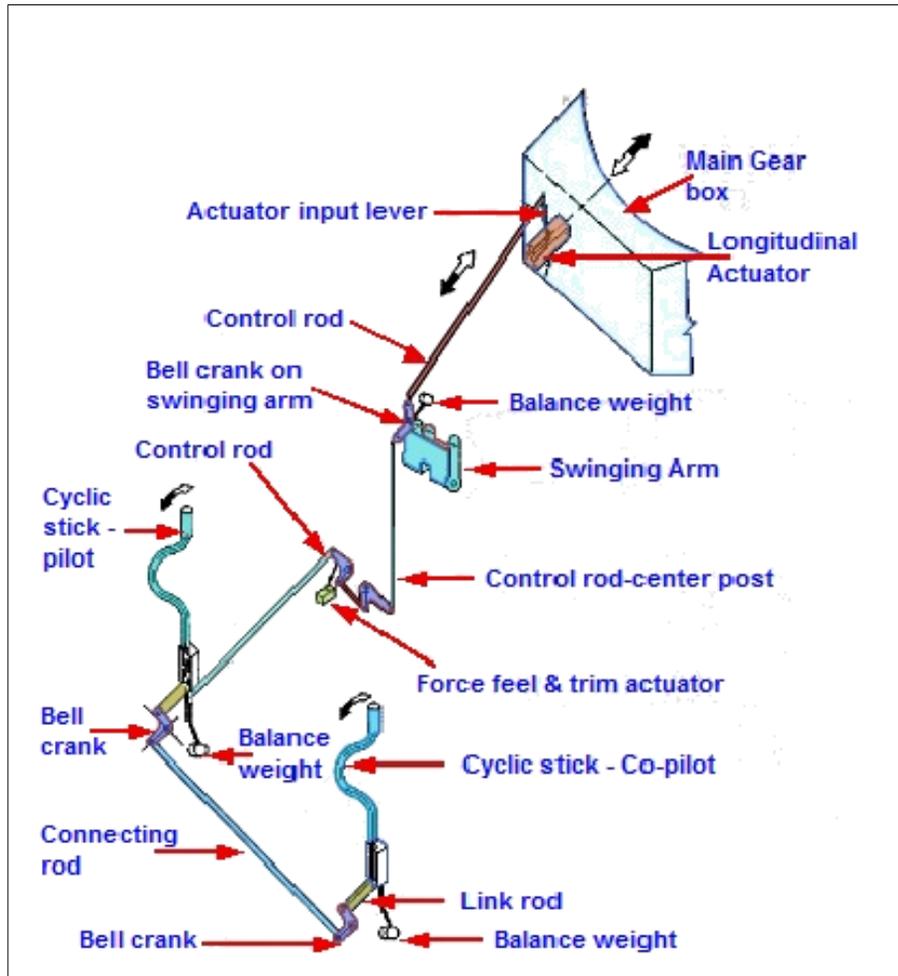


**Figura 3.** Sistema de control del Helicóptero  
Fuente: (AEE, 2012)

### 2.3.2 Control Cíclico Longitudinal

Este sistema ayuda al helicóptero a cambiar el ángulo de pitch de las palas de rotor principal para que pueda moverse hacia adelante o hacia atrás.

Las palancas de los controles del cíclico están montadas sobre el bracket y los mandos de los controles cíclicos están ensamblados en las palancas, las mismas que giran y están conectadas en el piso. Las palancas de mando del piloto y del copiloto están interconectadas por una barra de acoplamiento, una palanca acodada y una varilla de conexión. El movimiento longitudinal de la palanca del control del cíclico es transmitido por una varilla de conexión y un bell crank assy. Instalada debajo del piso de la cabina del piloto (delante de la STA # 3 - del lado del piloto). Un sistema de sensación de fuerza/compensación está conectado (en paralelo) a estos bell crank. El mecanismo de fricción está provisto en estos bell crank para el ajuste del freno de salida. De este bell crank, el movimiento de la palanca de control de mando se transfiere a otro bell crank situado en el fondo del poste central. Después, el movimiento se transfiere a un bell crank, este está montado junto al swinging arm, por una barra de control en el poste central. Esta barra del control es proporcionada con una guía para prevenir los dobles excesivos. Del bell crank del brazo móvil, el movimiento de la manija es transferido a la palanca de entrada del actuador longitudinal por una varilla de control. El movimiento de la palanca de entrada opera el distribuidor o la válvula del piloto. (AEE, 2012)

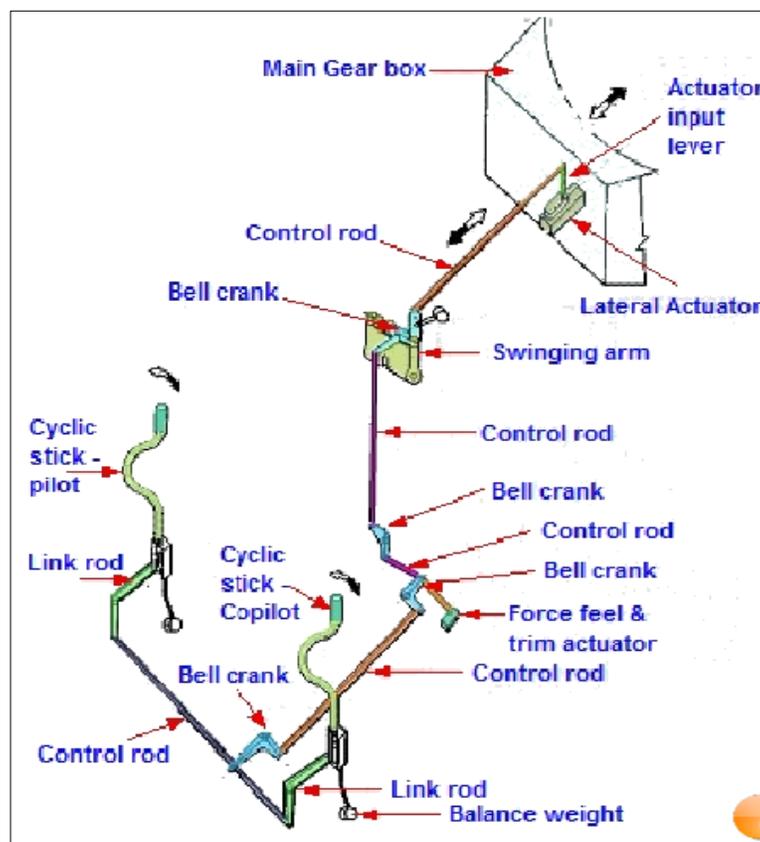


**Figura 4.** Sistema de control cíclico longitudinal  
Fuente: (AEE, 2012)

### 2.3.3 Control Cíclico Lateral

Los controles cíclicos laterales permiten al helicóptero cambiar el ángulo de pitch para que pueda moverse lateralmente. El movimiento lateral de la palanca de mano del control cíclico es transmitido por varillas de conexión a una varilla de control, que acopla las palancas de mano del piloto y del copiloto. Es transmitido de nuevo a un bell crank delante de la STA # 3 por un bell crank y una varilla de conexión.

Un forcé feel / trim System conectado a un bell crank debajo del piso de cabina del piloto asegura la facilidad de sensación artificial y compensación. El movimiento de entrada es transmitido por una varilla de enlace, un soporte y una varilla vertical (provista de guía) por el poste central a un bell crank montada sobre brazo giratorio (encima de poste central). De este bell crank, la entrada es transmitida a la palanca de entrada del servo actuador hidráulico por una varilla de control. El movimiento de la palanca de entrada opera la válvula del distribuidor o la válvula operada por el piloto. (AEE, 2012)

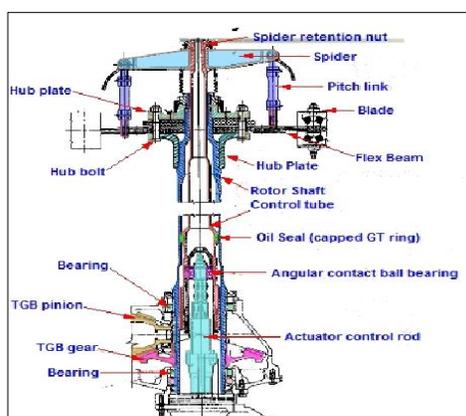


**Figura 5.** Sistema de control cíclico lateral

Fuente: (AEE, 2012)

### 2.3.4 Sistema Direccional

Los movimientos de los pedales del timón de dirección del piloto y del copiloto son transmitidos por varillas de interconexión a palancas tipo "T" conectadas por una varilla común de control. Un mecanismo de sensación de fricción conectado paralelamente (conectado a la palanca tipo T con el piloto) por varillas de enlace y una palanca de entrada asegura la facilidad de sensación artificial y auto compensación. La entrada del piloto es transmitido después por una varilla de interconexión, un bell crank y una varilla de control (situada en el lado izquierdo apoyado sobre 2 guías) a un tubo pequeño de torque y un bell crank montados sobre la estructura No. 5. Luego está dirigido por una serie de varillas de conexión y bell cranks verticales y horizontales y conectadas a la varilla de control. Se ha hecho una provisión en la estructura N° 9 para desconectar la varilla de control para permitir el desmantelando del tail boom. Las varillas de control en el tail boom son apoyados por guías para evitar la deformación por desgaste. El ensamble del ajustador del pedal también es mostrado. Estos son operados por perillas para ajustar independientemente la posición de los pedales del rudder según a conformidad del piloto y copiloto. (AEE, 2012)



**Figura 6. Sistema direccional**

Fuente: (AEE, 2012)

## 2.4 Sistema hidráulico

### 2.4.1 Fundamentos de la hidráulica

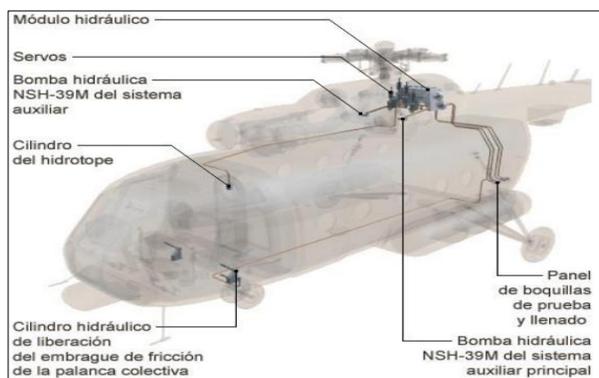
Es la ciencia que estudia las leyes que regulan el equilibrio o el movimiento de los fluidos, la hidráulica estudia la hidrostática y la hidrodinámica.

**Hidrostática:** Es la ciencia que estudia los fluidos en reposo y se caracteriza por carecer de forma propia es decir, se ajustan al recipiente que los contiene.

**Hidrodinámica:** Estudian los fluidos en movimiento.

El sistema hidráulico es el encargado de suministrar el trabajo es decir ejercer una presión controlada por medio de una bomba hidráulica del motor eléctrico también ayuda a los actuadores hidráulicos a suministrar la energía incluido en el sistema de control de los helicópteros, el cilindro hidráulico es el encargado de controlar el embrague y el sistema de control longitudinal del mismo también se utiliza acoplamientos de tubería ensanchados en todo el sistema.

La energía del sistema hidráulico es suministrada por la bomba hidráulica accionada por un motor eléctrico que se suministra con fluido desde un depósito a través de una línea de succión, y suministra fluido a través de un filtro de sistema a los diversos circuitos



**Figura 7. Sistema hidráulico del helicóptero MI**

Fuente: (Manual de mantenimiento MI, 1995)

### **2.4.2 Características del sistema hidráulico**

- Viscosidad
- Peso específico
- Punto mínimo de congelación o fluidez
- Punto de inflamación
- Resistencia contra la oxidación y corrosión
- Acidez
- Resistencia a formación de espuma
- Punto de anilina

### **2.4.3 Ventajas y desventajas del sistema hidráulico**

#### **Ventajas**

- Gran potencia transmitida con pequeños dispositivos
- Permite arrancar con cargas pesadas
- Realiza movimientos lineales
- Permite un buen control y regulación en los sistemas
- Disipación favorable del calor

#### **Desventajas**

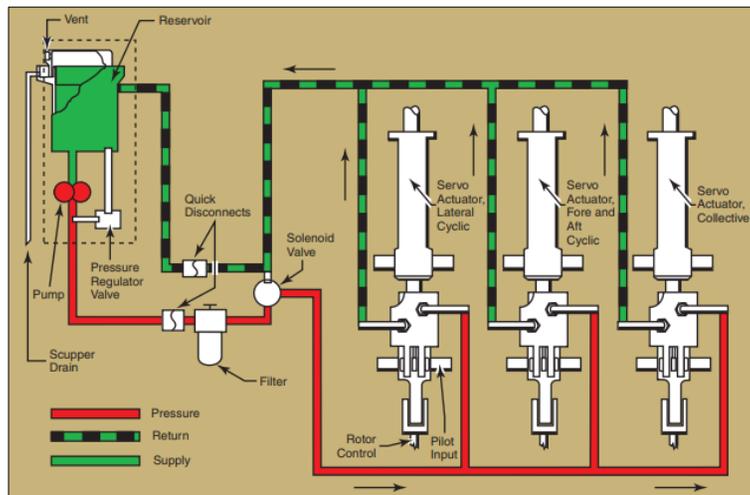
- Costoso mantenimiento
- Sensible a la suciedad
- Dependencia a la temperatura por cambios de viscosidad.

## 2.5 Clasificación del sistema hidráulico

Los controles de vuelo son abastecidos por cuatro servos hidráulicos y alimentados por los siguientes sistemas que son:

- Un sistema principal
- Un sistema auxiliar

La función principal del sistema hidráulico es tener una fiabilidad en la operación y son diseñados con las características técnicas necesarias para la aeronavegabilidad. En el sistema hidráulico está previsto el principio de duplicidad de componentes y tuberías en el sistema hidráulico auxiliar, exceptuando los componentes y tuberías de reconexión de los servos. Los sistemas hidráulicos tienen un peso relativamente bajo de acuerdo con el trabajo que realiza.



**Figura 8.** Sistema hidráulico del helicóptero  
Fuente: (Airframe, 2012)

### **2.5.1 Sistema hidráulico auxiliar**

Es el encargado de alimentar a los servomandos, en caso de que presente una falla, avería o existe una caída de presión en el sistema hidráulico principal empieza a operar automáticamente el sistema auxiliar. En cabina se puede presenciar una luz encendida de color rojo que indica que existe una falla en el sistema. (Airframe, 2012)

Los componentes del sistema auxiliar son:

- Reservorio
- Transmisor de presión
- Filtro
- Regulador de presión
- Válvula de cambia de sistema
- Switch de presión
- Válvula solenoide
- Colector de retorno

### **2.5.2 Sistema hidráulico principal**

El sistema principal abastece las siguientes unidades:

- Servos hidráulicos KYA 30B (colectivo)
- Servo hidráulico PA-60 (dirección)
- Tope longitudinal de la palanca cíclica
- Fricción de la palanca colectiva
- Tope de la unidad de control de combustible (potencia del motor)

## **2.6 Componentes del sistema hidráulico principal**

- Acumuladores
- Dos bombas tipo engranaje
- Tanque o reservorio
- Válvulas
- Válvula de conexión automática
- Mangueras y tuberías
- Manómetros
- Servomandos
- Captadores de presión

### **2.6.1 Acumulador**

La capacidad de fluido es de 2.3 litro la función principal del acumulador es disminuir las fluctuaciones de presión y de nitrógenos es de  $30 \pm 2 \text{kg/cm}^2$  cada uno, el sistema cuenta con tres acumuladores hidráulicos. (Airframe, 2012)

- Dos para el sistema principal
- Uno para el sistema duplicador



**Figura 9.** Acumulador hidráulico  
Fuente: (Mantenimiento, 1995)

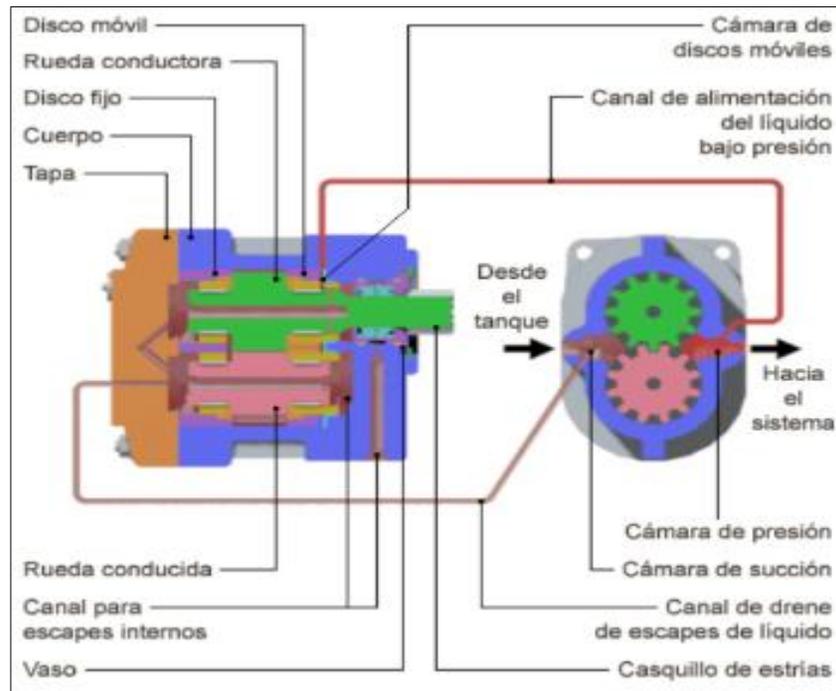
Las aplicaciones principales de los acumuladores son:

- Sirven como acumuladores de energía
- Amortiguadores
- Ayudan al aumento gradual de presión
- Mantiene constante la presión

Los acumuladores hidráulicos refuerzan a la presión hidráulica con bombas de caudal constante.

### **2.6.2 Bomba hidráulica**

Se encuentra ubicado en la transmisión principal, las bombas hidráulicas son de tipo engranaje consta de una bomba principal y otra auxiliar y trabajan con una presión máxima de  $90 \text{ kg/cm}^2$  y son accionadas por el rotor principal. Las bombas están constituidos por anillos de bronce móvil y fijo que permite el ajuste en los extremos de los engranajes



**Figura 10. Bombas hidráulicas**

Fuente: (AEE, 2012)

### a) Clasificación de las bombas hidráulicas

Una bomba hidráulica o bomba de agua es una máquina generadora que transforma la energía con la que es accionada (generalmente energía mecánica) en energía del fluido incompresible que mueve.

Estas bombas son de gran importancia para dar dirección y presión del líquido hidráulico a los diferentes sistemas que se desplazan por todas las cañerías.

Estas bombas se clasifican en:

Según la variedad del caudal

- Bombas de caudal constante
- Bombas de caudal variable

Según el mecanismo de impulsión del líquido

- Bombas de engranajes
- Bombas de maleta
- Bombas de pistones

#### **b) Bombas manuales**

Las bombas manuales son bombas de embolo, estas máquinas se basan en el principio de desplazamiento positivo, que consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volumen de una cámara.

Las bombas manuales se clasifican en:

- Bomba de efecto simple
- Bomba de efecto doble



**Figura 11. Bomba manual**  
Fuente: (directindustry, 2019)

### **2.6.3 Reservorio**

Los reservorios son recipientes que se utiliza para el almacenamiento del fluido hidráulico no solo almacenan fluidos al sistema también funciona como cámara de expansión para la limpieza de cualquier acumulación de aire una vez cumplido su función el líquido hidráulico es el encargado de retornar al tanque. Los reservorios son hechos de acero las paredes del tanque deben ser reforzadas para evitar la corrosión.

### **2.6.4 Válvulas**

Una válvula hidráulica es un mecanismo que sirve para regular el flujo de fluidos. Las válvulas que se utilizan en los helicópteros MI se clasifican en las siguientes:

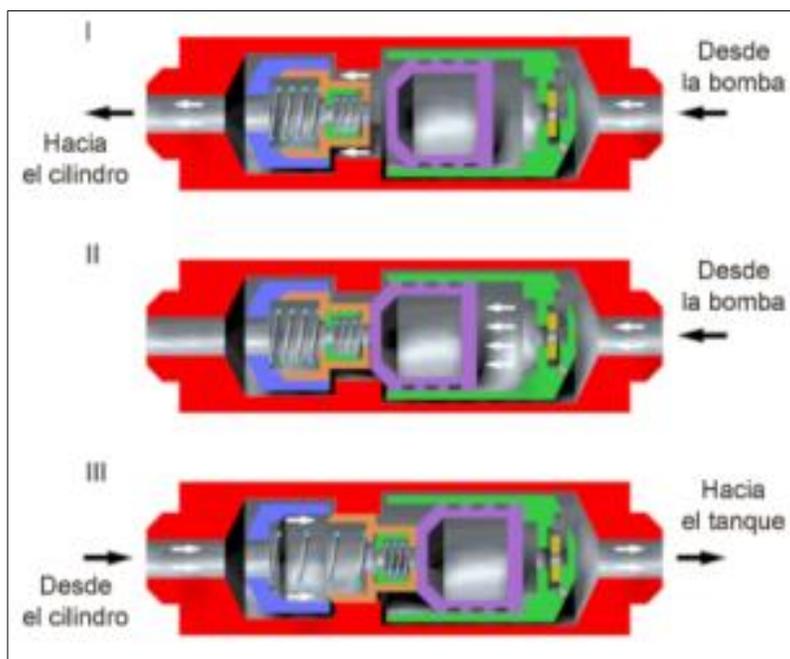
#### **a) Electromagnética**

El helicóptero MI consta de cinco válvulas electromagnética instaladas en el sistema hidráulico que permite la alimentación eléctrica de dichas válvulas que trabajan con 27 voltios. Se emplea para el suministro del líquido presurizado para:

- Una válvula palanca del paso colectivo
- Tres válvulas para el mando combinado
- Una válvula en el mando longitudinal

#### **b) Dosificadora**

Se encuentra en el sistema hidráulico principal para el accionamiento de la palanca colectiva la función principal es evitar dar paso al líquido hidráulico en caso de que exista un problema en las cañerías cerca del colectivo.



**Figura 12.** Válvula dosificadora

Fuente: (AEE, 2012)

### c) Válvula de corte

La función principal de la válvula de corte es evitar el paso del fluido y se encuentra instalado en la línea de alimentación.

### 2.6.5 Manómetros

Se denomina instrumento de vuelo y permite al piloto una operación segura, se encuentra ubicado en el panel central superior de la cabina su función es indicar la presión que existe tanto como el sistema principal y auxiliar ya que encontramos uno en cada sistema.

### **2.6.6 Servo mandos**

El servo mando son operados de la siguiente forma: de forma manual que es ejecutada por el piloto y el mando combinado funciona con el piloto automático combinado cuando el servo opera al mismo tiempo bajo el mando manual. Los servos hidráulicos se utilizan en los siguientes sistemas, uno para el sistema colectivo dos para el sistema cíclico longitudinal y lateral. Los servos hidráulicos sirven para disminuir esfuerzos en las palancas.

### **2.6.7 Línea de fluido**

Dentro de un helicóptero tenemos diferentes tipos de cañería que nos permite transportar varios tipos de fluidos, los tipos de cañerías son:

- Flexibles
- Rígidas

#### **a) Cañerías flexibles**

Son elementos tubulares flexibles, estas tuberías pueden ser de goma, cauchos sintéticos o naturales. Son empleadas en donde se produce movimientos relativos entre los componentes de un circuito.

La conexión de las bombas es flexible con el fin de absorber los movimientos que produce la impulsión del líquido.



**Figura 13.** *Cañerías flexibles*  
Fuente: (directindustry, 2019)

### b) Tuberías Rígidas

Este tipo de tuberías son de material de aleación aluminio y de aleación de titanio.

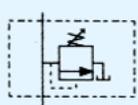
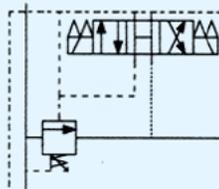
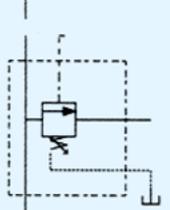
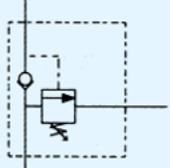
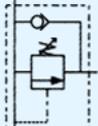
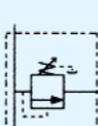
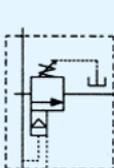
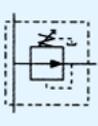
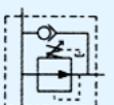
Se utilizan tuberías metálicas siempre que no esté expuesta a vibraciones, cuando no pertenece a líneas de conexión directas a las bombas o cuando no esté conectado entre componentes que se desplazan uno respecto al otro.



**Figura 14.** *Cañerías rígidas*  
Fuente: (PEÑALOZA, 2009)

## 2.7 Simbología CETOP

La simbología normalizada consiste de una serie de pictogramas, dibujos con sentido completo, cuyo objeto es la representación en papel u otro medio de los elementos que componen un circuito hidráulico, neumático, eléctrico o electrónico. Esta simbología normalizada consiste en un sistema de normas para representación de elementos de circuitos hidráulicos y neumáticos. Permite leer e interpretar circuitos hidráulicos y neumáticos.

LÍNEAS	VALVULAS DE CONTROL DE PRESION	VALVULAS DE CONTROL DE PRESION
 LINEA DE TRABAJO (PRINCIPAL)  LINEA DE PILOTAJE (PARA CONTROL)  LINEA DE TRABAJO (PRINCIPAL)  DIRECCION DE FLUJO HIDRAULICO  LINEAS QUE SE CRUZAN  LINEAS UNIDAS INTERNAMENTE  LINEA CON UNA RESTRICCION DE FLUJO  LINEA FLEXIBLE  ORIFICIO TAPONADO PARA COMPROBACION O MEDIDA PARA COMUNICACION AL DEPOSITO PARA PILOTAR  DEPOSITO COMUNICADO AL AIRE  DEPOSITO PRESURIZADO  LINEA AL DEPOSITO AL DEPOSITO POR ENCIMA DEL NIVEL DEL FLUIDO  LINEA AL DEPOSITO AL DEPOSITO POR DEBAJO DEL NIVEL DEL FLUIDO	 VALVULA DE ALIVIO  VALVULA DE ALIVIO CONTROLADA ELECTRICAMENTE  VALVULA DE DESCARGA  VALVULA DE ALIVIO Y DESCARGA CON CHECK INTEGRADO	 VALVULA DE CONTRABALANCE  VALVULA DE SECUENCIA  VALVULA DE SECUENCIA CONTROLADA A DISTANCIA  VALVULA REDUCTORA DE PRESION  VALVULA REDUCTORA DE PRESION CON CHECK INTEGRADO

**Figura 15.** Simbología Cetop  
Fuente: (FAA, 2012)

## **2.8 Tipos de fluidos hidráulicos y características**

Tenemos diferentes tipos de aceites hidráulicos para Aviación que son minerales y sintéticos de altas prestaciones para los sistemas hidráulicos que permiten trabajar a temperaturas altas y bajas. Los fluidos tienen propiedades extraordinarias en términos de resistencia al fuego, presiones extremas, a la corrosión y también en términos de biodegradables.

### **2.8.1 Líquidos hidráulicos de origen mineral**

Este grupo tiene especificaciones MIL-H-5606, las siglas significan:

MIL: Indica la especificación militar

H: Significa que es para utilización hidráulica

Su campo operacional está dentro de los -54C y 135C, su viscosidad es baja y es resistente a la corrosión.

Son de color rojo e incorporan aditivos anticongelantes para evitar que el líquido hidráulico se congele a diferentes pies de altura, aditivos antioxidantes y aditivos antiespumantes.

### **2.8.2 Líquidos hidráulicos Sintéticos**

Este tipo de líquidos poseen propiedades térmicas más amplias en referencia a los líquidos de origen mineral, operan a temperaturas bajas (-54°C. Sus características de este tipo de líquido hidráulico son:

- Color verde, purpura o ambar.
- Mejores propiedades.
- Costosos.

- Pinturas de poliuretano son resistentes a su contacto.
- Más Oxidantes.

Unos de los líquidos hidráulicos sintéticos que podemos utilizar es el SKYDROL 500B pero hay que tomar en cuenta que causan daño al contacto con la piel.

Los aceites sintéticos tiene mejor estabilidad térmica, mejor desempeño a bajas temperaturas. Los aceites utilizados en el campo aeronáutico son:

- Aeroshell 41.
- Skydrol.

Para determinar qué tipo de fluido hidráulico se utiliza una aeronave hay que verificar en el manual de mantenimiento.

## **2.9 Posibles fallas hidráulicas**

La mayoría de los helicópteros, aparte de las aeronaves pequeñas que funcionan con pistones, incorporan el uso de actuadores hidráulicos para superar altas fuerzas de control. Un sistema hidráulico consiste en actuadores, también llamados servos, en cada control de vuelo; una bomba, que generalmente es accionada por la caja de engranajes del rotor principal; y un depósito para almacenar el fluido hidráulico. Desde cabina se puede apagar el sistema por medio de un interruptor, aunque se deja encendido en condiciones normales, se puede instalar un indicador de presión en la cabina para monitorear el sistema. (Airframe, 2012)

Una falla hidráulica puede ser reconocida por un ruido de la bomba o actuadores, por el aumento de las fuerzas de control y retroalimentación o por un movimiento de control limitado. El interruptor hidráulico debe ser revisado y reciclado. Si no se restaura la energía hidráulica, realice una aproximación superficial a un aterrizaje. Esta técnica se utiliza porque requiere menos fuerza de control. Además, se debe desactivar el sistema hidráulico, colocando el interruptor en la posición de apagado. Algunos helicópteros usan acumuladores hidráulicos para almacenar la presión que se puede usar por un corto tiempo en caso de emergencia si falla la bomba hidráulica. (Airframe, 2012)

## **2.10 Manual de mantenimiento**

El Manual de mantenimiento del helicóptero (MM) es un documento donde consta la descripción técnica y las instrucciones de funcionamiento del mismo y sus sistemas. También contiene la información necesaria para ilustrarse acerca del diseño del helicóptero, así como para el mantenimiento y servicio del helicóptero en tierra. En el fly manual encontramos todos los procedimientos y sus sistemas que se debe realizar en vuelo, el manual de peso y equilibrio (BM). Las listas de operaciones que se realizarán durante los distintos tipos de mantenimiento del helicóptero y sus intervalos se dan en el Programa de mantenimiento (MS). (Mantenimiento, 1995)

### 2.10.1 Datos técnicos del sistema hidráulico

**Tabla 3.**

*Datos técnicos del Sistema Hidráulico*

<b>Capacidad del tanque o reservorio</b>	<b>20 litros</b>
<b>Presión hidráulica de trabajo</b>	45±3 a 65 kg.f/cm <sup>2</sup>
<b>Tipo de fluido</b>	MIL H 5606
<b>Capacidad de filtrado</b>	16 micrones
<b>Bomba hidráulica</b>	Max. 90 kg/cm <sup>2</sup>

La finalidad del sistema hidráulico es asegurar el funcionamiento de los controles de vuelo.

### 2.11 Inspección por métodos no destructivos (NDI)

La viabilidad de una estrategia específica para NDI se basa en la capacidad, la experiencia y, además, la preparación de la persona (s) que realiza.

El procedimiento de revisión. Cada procedimiento está limitado en su manejabilidad por su versatilidad para el segmento específico que se revisará. Se recomienda basarse en las recomendaciones de los manuales del fabricante de aviones o artículos para obtener pautas explícitas con respecto al NDI de sus artículos. El fabricante del artículo o la Administración Federal de Aeronáutica (FAA) en su mayor parte indica la estrategia y metodología específica de NDI para ser utilizado en la revisión. (Federal Aviation Administration, 1998)

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1 Preliminares**

La presente tesis compila información para ayudar a comprender la inspección que se debe hacer a los acumuladores hidráulicos mediante el uso de una herramienta especial llamada unidad de manguera. La sección contiene la información sobre la composición del sistema hidráulico y de la herramienta, la disposición de los componentes, la descripción y el funcionamiento del sistema, así como las recomendaciones sobre el mantenimiento, solución de problemas y corrección de posibles fallas en los acumuladores hidráulicos en el curso del servicio real. Este proyecto de graduación se plasmó con la finalidad de proporcionar un soporte adicional para efectivizar la inspección de una manera más rápida y segura, por lo cual servirá para realizar la remoción e instalación de la unidad con efecto a ejecutar el programa de inspecciones emitidas por el fabricante para mantener su aeronavegabilidad, y como aporte de equipos de apoyo para el Grupo de mantenimiento de la Aviación del Ejército N° 44 "PASTAZA".

#### **3.2 Medidas de seguridad**

Desde los criterios técnicos de seguridad ocupacional, los EPP trabajan disminuyendo algunos de los componentes de fatalidad para el técnico de mantenimiento y para la aeronave. A la hora de combatir los riesgos de accidentes y perjuicios para la salud, es necesario utilizar la aplicación de medidas técnicas y organizativas destinadas a eliminar el peligro para nuestra integridad mediante las disposiciones de protección general.

En el caso de la higiene industrial los equipos están para minimizar la concentración del contaminante a la que se encuentra expuesto el mecánico. Por ello para cumplir con cualquier actividad donde exista algún factor de riesgo, es importante que se utilice el adecuado equipo de protección personal para evitar el contacto de algún agente externo físico o químico de riesgo con el cuerpo, entre la clasificación de los elementos de protección están: protección a la Cabeza, protección de ojos y cara, protección a los oídos, protección de las vías respiratorias, protección de manos y brazos, protección de pies y piernas.

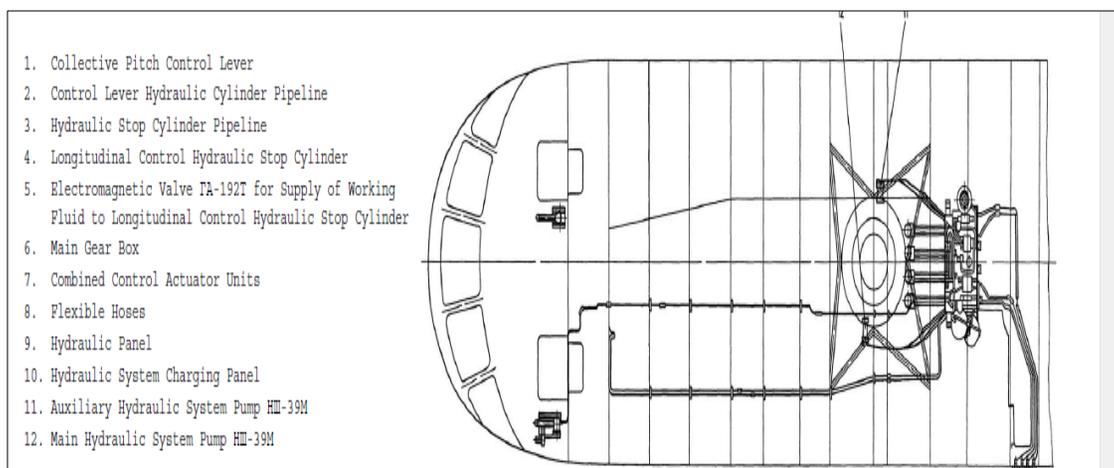
### **3.3 Manuales Técnicos**

Los manuales técnicos a utilizar en están descritos todas las tareas de mantenimiento cada paso a realizar para evitar algún tipo de fallos, los manuales a continuación detallados se utilizaron para la inspección de los acumuladores hidráulicos:

- **MAINTENANCE MANUAL.**- Manual que hace referencia al procedimiento que se realiza a los acumuladores hidráulicos.
- **MANUAL DE LOS MANÓMETOS.**- Nos indican la correcta utilización y fallos que se pueden presentar en los manómetros.

### 3.4 Descripción del Sistema hidráulico

El sistema hidráulico del helicóptero se basa en el principio de la duplicación de las unidades y tuberías del sistema principal por las unidades y tuberías del sistema auxiliar, excepto las unidades que efectúan el cambio de las unidades de control combinadas para el control del helicóptero. el piloto automático, las unidades que inician el suministro del fluido hidráulico a los cilindros hidráulicos que controlan el embrague de fricción de la palanca de control de cabeceo colectivo, así como el cilindro hidráulico que controla la parada incluida en el sistema de control longitudinal del helicóptero, ya que solo pueden operar del sistema hidráulico principal.



**Figura 16.** Diagrama de disposición de los componentes del sistema hidráulico  
 Fuente: (MI, Manual de mantenimiento, 1995)

### 3.5 Datos técnicos principales

**Tabla 4.**

*Datos MI*

Capacidad máxima de flujo.	40 ltr / min
Presión de trabajo	Hasta (21 + 1) MPa [(210 +10 -7) kgf / cm <sup>2</sup> ]
Presión de funcionamiento de la válvula de derivación ..	(1.7 +0.2-0.1) MPa
Capacidad de filtrado	De 12 a 16 µm 1% de partículas hasta Se permiten 25 µm de tamaño
Temperatura del aire ambiente	De -60 a +100 ° C

### 3.6 Descripción del acumulador

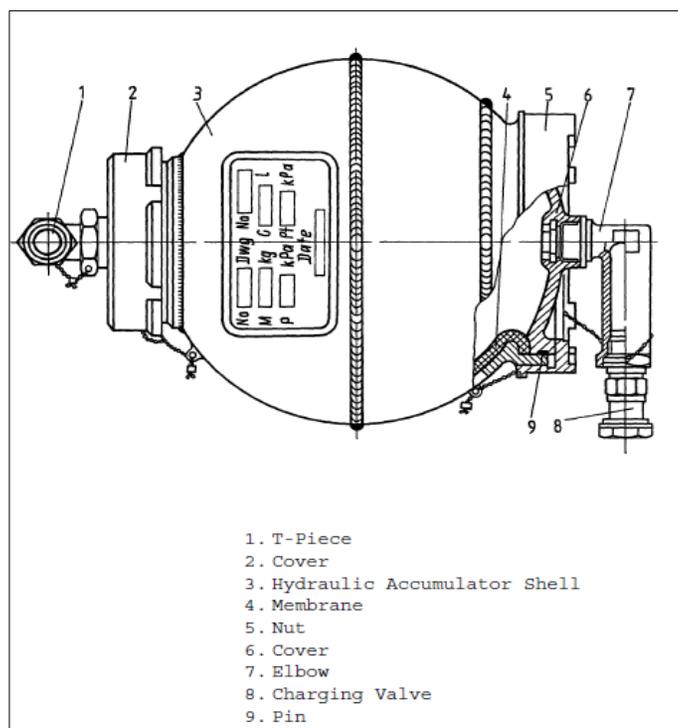
El acumulador hidráulico del sistema hidráulico principal consta de carcasa esférica, cubierta, membrana de goma. La membrana de goma se instala dentro de la carcasa, se cierra con una tapa y se presiona con una tuerca de unión que hace que la junta sea lo suficientemente fuerte y sellada.

Para evitar que la cubierta se deslice mientras se atornilla la tuerca, la carcasa y la cubierta están provistas de un asiento para colocar el pasador.

Capacidad del acumulador hidráulico 2.3 ltr

Presión de carga de comercial (3 ± 0.2) MPa

Nitrógeno en acumulador hidráulico [(30 ± 2) kgf / cm<sup>2</sup>].



**Figura 17.** Acumulador Hidráulico  
 Fuente: (Manual de mantenimiento MI, 1995)

### 3.7 Calibración de los instrumentos de medición

La presión en fluidos (líquidos y gases) en diferentes sistemas del avión son empleados para medir la diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica, llamándose a este valor, presión manométrica. A este tipo de manómetros se les conoce también como Manómetros de presión.

Los manómetros antes de utilizar en el nitrógeno como en el acumulador hidráulico se mandó a calibrar, estos tipos de instrumentos se calibran cada año para evitar lecturas erróneas que causen un mal mantenimiento y a su vez un mal funcionamiento del sistema o componente.



**Figura 18.** Calibración de manómetros.

### **3.8 Inspección por partículas magnéticas.**

#### **3.8.1 Preparación de la superficie**

Para empezar con la inspección se debe primeramente, retirar los recubrimientos protectores según las instrucciones del fabricante. A menos que se especifique lo contrario, la inspección por partículas magnéticas no debe realizarse con revestimientos en su lugar que podrían impedir la detección de los defectos de la superficie en el ferromagnetismo. Tales recubrimientos incluyen pintura o cromado de más de 0,003 pulgadas de espesor, o ferromagnéticos recubrimientos como el níquel galvanizado más grueso que 0.001 pulgadas. Así mismo las piezas deben estar libres de grasa, aceite, óxido, escamas u otras sustancias que interfieran con el proceso de examen. Si es necesario, se debe limpiar con vapor de desengrase, disolvente, o abrasivo según las instrucciones del fabricante.



**Figura 19.** Equipo de NDI

### **3.8.2 Aplicación de la inspección por partículas magnéticas**

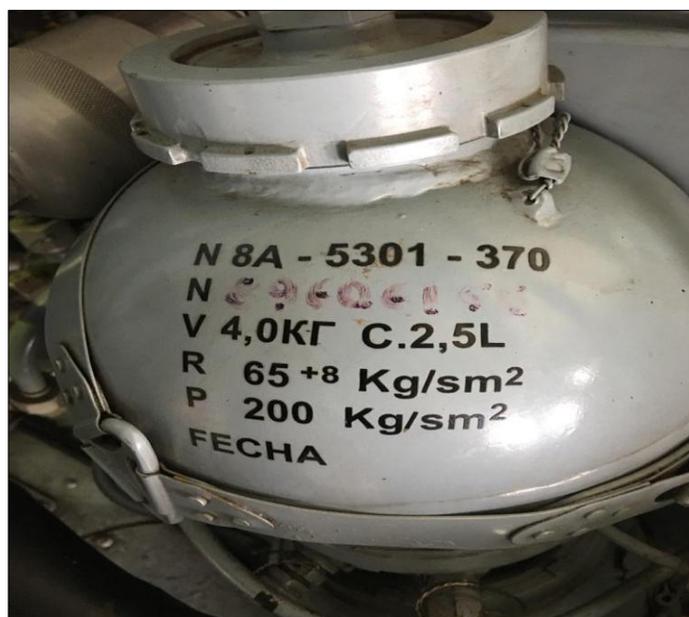
La siguiente inspección de partículas magnéticas puede ser no fluorescentes o fluorescente y se deben aplicar suspendido en una sustancia adecuada. Método continuo húmedo. Primero aplicar generosamente las partículas a todas las superficies de la pieza. La corriente magnetizadora se estará aplicando en el momento en que la suspensión se ha desviado de la parte. Luego aplicar dos tiros de corriente magnetizadora, cada una de ellas de al menos 1/2 segundo.



**Figura 20.** Insp. partículas Magnéticas

### 3.8.3 Comprobación de la carga del acumulador hidráulico

Primero se verifica que la carga del acumulador hidráulico; para este fin, se alivia la presión en el sistema hidráulico a cero operando todos los controles, a su vez, y verificando la caída de presión contra el manómetro del sistema hidráulico principal.



**Figura 21.** Acumulador Hidráulico

**NOTA.** Realice la verificación directamente después de que el rotor principal se detenga, con la presión en el sistema hidráulico. En los helicópteros equipados con el sistema automático que corta el sistema hidráulico principal tan pronto como el sistema hidráulico auxiliar se conecta, el suministro de fluido se puede cambiar del sistema hidráulico principal al auxiliar durante el alivio de presión después de que los motores se hayan apagado.

En este caso, después de que el rotor principal se detiene, es necesario aliviar la presión en el sistema hidráulico auxiliar a cero cambiando la palanca de control de inclinación cíclica

Si los acumuladores hidráulicos se cargan adecuadamente con nitrógeno, el puntero del medidor de presión debe caer de  $(3 \pm 0.2)$  MPa [ $(30 \pm 2)$  kgf / cm<sup>2</sup>] a cero abruptamente en el curso de la descarga de presión del sistema hidráulico.

Si la caída de presión, como se lee en el manómetro, no cumple con los requisitos técnicos, realice la carga del acumulador hidráulico con la ayuda de la unidad de manguera



**Figura 22.** Comprobación de carga del reservorio

### 3.9 Comprobación del acumulador hidráulico que se carga con nitrógeno con ayuda de la unidad de manguera.

Primero abrimos la puerta para acceder a la planta de energía y llegar a la planta de energía. A su vez, se abre las compuertas de la carga, la caja de engranajes reductores y los compartimentos de cola.

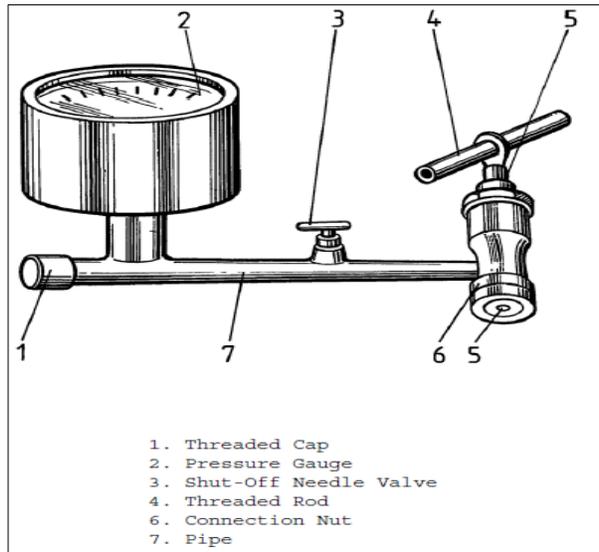
Se Desbloquea y desenrosca la tapa de la conexión de carga del acumulador hidráulico del sistema hidráulico principal.



**Figura 23.** Acceso al reservorio hidráulico

Una vez desenroscado se procede a la instalación de la tapa extraída del conjunto de la unidad de manguera para proporcionar la conexión de la manguera de carga.

Atornille la tuerca de unión que une la unidad de manguera en la porción roscada de la conexión de carga.



**Figura 24.** Unidad de manguera

Fuente: (Manual de mantenimiento MI, 1995)

Abra la válvula de cierre de la conexión del acumulador hidráulico girando la manija de la válvula de la unidad de la manguera, y luego, abra continuamente la válvula de aguja de la unidad de la manguera y lea el valor de la presión de nitrógeno en el acumulador hidráulico contra el manómetro.



**Figura 25.** Tanque de nitrógeno

La presión de nitrógeno en el acumulador hidráulico debe estar dentro de los límites de  $(3 \pm 0.2)$  MPa [ $(30 \pm 2)$  kgf / on2.]

### **3.10 Operaciones y requisitos técnicos**

Una vez finalizada la comprobación de la presión de nitrógeno en el acumulador hidráulico, retire la unidad de manguera.

No deben aparecer burbujas de aire al final de la carga

Válvula. Si la válvula de carga está apretada, ciérrela atornillando la tapa y bloquéela con un alambre.

Compruebe la carga del acumulador hidráulico del sistema hidráulico auxiliar con nitrógeno de forma similar.

La presión del nitrógeno en el acumulador hidráulico del sistema auxiliar debe estar dentro de los límites de  $(3 \pm 0.2)$  MPa [ $(30 \pm 2)$  kgf/cm2.]

Cerrar las aletas del capó y la puerta que da acceso a la central.

### **3.11 Comprobación del sistema hidráulico para el funcionamiento desde el suelo con prueba hidráulica.**

Antes de la verificación, se debe primeramente conectar la fuente de alimentación externa de CA de 200 V 400 Hz y cortar las unidades rectificadoras así como la fuente de alimentación de CA de 36 V y 400 Hz de una etapa. Para luego abrir la tapa de la escotilla del panel de prueba del sistema hidráulico con inscripción SISTEMA HIDRÁULICO CONEXIONES DE BOMBA DE TIERRA ubicado en el lado izquierdo del fuselaje entre los marcos No° 12 y 13.

Seguido se debe desbloquear y desenroscar las tapas de las válvulas de suministro y succión de los sistemas hidráulicos principales y auxiliares y atornillarlas en las unidades de las mangueras respectivas del equipo de prueba hidráulica de tierra.



**Figura 26.** Desbloqueo del reservorio

Luego se debe encender el sistema hidráulico - principal y disyuntores ubicados en la sección del lado derecho del circuito interruptor de cuadro eléctrico. Configure el sistema hidráulico – principal y sistema hidráulico: los interruptores selectores AUX ubicados en la sección central del panel eléctrico a la posición de ENCENDIDO y verifican las lecturas de los manómetros de los sistemas hidráulicos principal y auxiliar, instalados en la sección central del panel eléctrico, a su vez energice el conjunto de prueba correspondiente y verifique las lecturas de los indicadores de los manómetros. La presión en ambos sistemas debería aumentar.

Tan pronto como la presión en el sistema principal aumente a  $(3 \pm 0.16)$  MPa [ $(30 \pm 1.6)$  kgf / cm<sup>2</sup>] el indicador PRINCIPAL HIDRÁULICO SYS ON debe encenderse. La presión en el sistema hidráulico auxiliar debe ser igual a 0 a 0.5 MPa (0 a 5 kgf / cm<sup>2</sup>).

Seguido se mueve suavemente los controles dentro del rango de su desconexión (la tasa de desplazamiento de los controles no debe exceder los 10 ciclos por minuto). El puntero del indicador del sistema hidráulico principal debe fluctuar dentro de los límites de  $(4.5 \pm 0.3)$  a  $(6.5 - 0.8 + 0.2)$  MPa [ $(45 \pm 3)$  to  $(65)$  kgf/cm<sup>2</sup>) El movimiento de los controles debe ser suave y fácil, sin ataques, sacudidas, vibraciones y carga. Luego verificar la estanqueidad del sistema hidráulico principal. No debe haber fuga para la tasa de fuga de fluido de trabajo a través de los conjuntos móviles de los actuadores hidráulicos después colocar el interruptor selector PRINCIPAL DEL SISTEMA HIDRÁULICO en la posición de APAGADO y operar los controles y verificar las lecturas de los indicadores de los sistemas hidráulicos principales y auxiliares.



**Figura 27.** *Medición de presión*

Seguidamente verificar que el sistema hidráulico auxiliar esté apretado luego ajuste el interruptor del SISTEMA HIDRÁULICO - a la posición ENCENDIDO, al hacerlo, no se debe conectar el sistema hidráulico principal. Debe mantener presionado el botón AUX SYS SWITCH OFF continuamente verificar que la carga del acumulador hidráulico del sistema hidráulico principal, proceda de la siguiente manera: cree presión en el sistema hidráulico principal dentro de los límites de desconexión del conjunto de prueba, al operar los controles, aliviar la presión en el sistema hidráulico principal.

Si el acumulador hidráulico se carga con nitrógeno adecuadamente (con la presión liberada del sistema hidráulico principal), el puntero del indicador se moverá suavemente a la marca de escala de  $(3 \pm 0.2)$  MPa [ $(30 \pm 2)$  kgf / oir] y luego, bajara abruptamente a la marca cero, esto corresponde a la presión de nitrógeno en el acumulador hidráulico de  $(3 \pm 0.2)$  MPa [ $(30 + 2)$  kgf / cm<sup>2</sup>] Si las lecturas del indicador no cumpla con los requisitos técnicos, verificar la carga del acumulador hidráulico con la ayuda del dispositivo para después comprobar la carga del acumulador hidráulico del sistema auxiliar, procediendo de la siguiente manera: colocar el interruptor selector del SISTEMA HIDRÁULICO - PRINCIPAL en la posición de APAGADO; utilizando el conjunto de prueba.

Se crea una presión en el sistema hidráulico auxiliar dentro de los límites y desconecte el conjunto de prueba; operando los controles, alivie la presión en el sistema hidráulico. Si el acumulador hidráulico se carga adecuadamente con nitrógeno (aliviando la presión del sistema auxiliar), el puntero del indicador debe moverse suavemente hasta la marca de escala de  $(3 \pm 0.2)$  MPa [ $(30 + 2)$  kgf / cm<sup>2</sup>], y luego, debería caer abruptamente a la marca cero, que corresponde a la presión de nitrógeno en el acumulador hidráulico de (3

$\pm 0.2$ ) MPa [(30 + 2) kgf / cm<sup>2</sup>] Si las lecturas del indicador hacen no cumplir con el requisitos técnicos, verificar la carga del acumulador hidráulico con la ayuda del dispositivo y realizar la recarga con nitrógeno.



**Figura 28.** Tomas de lecturas de presión

Para finalizar configurar el selector del SISTEMA HIDRÁULICO PRINCIPAL e HIDRÁULICO – AUXILIAR de APAGADO, y desconectar las fuentes de alimentación de CC y CA. Luego desconectar las unidades de manguera del conjunto de prueba de las válvulas del sistema hidráulico cerrar las tapas en las válvulas, apriételas y bloquéelas con cable.



**Figura 29.** Desconexión de la manguera

Luego atornillar las tapas en las unidades de manguera del conjunto de prueba y retirar los flujos de aceite del panel de prueba del sistema hidráulico con un paño para después cerrar la tapa de la escotilla del panel de prueba del sistema hidráulico.



**Figura 30.** Almacenado de equipos

### 3.12 Máquinas, herramientas y materiales

#### 3.12.1 Máquinas

**Tabla 5.**

*Máquinas utilizadas*

Nº	Máquinas	Descripción
1	Amoladora	Eléctrica
2	Cepillo de acero de banco	manual
3	Compresor	Eléctrica
4	Equipo de partículas magnéticas	magnético
5	Unidad de manguera	Mecánica
6	Soldadora	Autógena
7	Equipos de calibración	Precisión
8	Manómetros	presión

#### 3.12.2 Herramientas

**Tabla 6.**

*Herramientas utilizadas*

Nº	Herramientas	Descripción
1	Entorchador	Manual
2	Llaves de corona	Manual
3	Destornilladores	Manual
4	Diagonal	Manual

### 3.13 Materiales

#### 3.13.1 Costos primarios

Tabla 7.

*Costos económicos primarios*

Nº	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
1	Manguera	20 metros	12,00	240,00
2	Ensayos no destructivos	1	150,00	150,00
3	Calibraciones de manómetros	4	120,00	480,00
4	Soldadura	1	40,00	40,00
5	Manómetros	4	30,00	120,00
<b>Total</b>				<b>1030,00</b>

#### 3.13.2 Costos secundarios

Tabla 8.

*Costos económicos secundarios*

Nº	Descripción	Costo (USD)
1	Solicitudes de graduación	20,00
2	Textos	20,00
3	Alimentación	150,00
4	Transporte	75,00
5	Movilización equipo a instalaciones	50,00
<b>Total</b>		<b>315,00</b>

### 3.13.3 Costos totales

**Tabla 9.**

*Costos económicos totales*

<b>Costos primarios</b>	1030,00
<b>Costos secundarios</b>	315,00
<b>Total</b>	1.345,00

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 Conclusiones**

- Para la implementación de la herramienta especial se recopiló la información técnica necesaria sobre el principio de funcionamiento de los acumuladores hidráulicos que incorpora el Helicóptero MI-171 perteneciente al Centro de Mantenimiento del Ejército.
- Con la implementación de la herramienta especial (unidad de manguera) facilita al técnico operador realizar tareas de mantenimiento y serviceo de los acumuladores hidráulicos.
- Se realizó la tarea de mantenimiento con la unidad de manguera comprobando los parámetros correctos en el acumulador, dando como resultado que la herramienta especial implementada se encuentra operativa y en buenas condiciones.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Los componentes utilizados para el desarrollo de este proyecto deben estar calibrados y en buenas condiciones para prevenir cualquier incidente.
- Es importante que la información relacionada con la herramienta especial se dé a conocer al técnico operador de una forma detallada.
- Para realizar tareas de mantenimiento es importante seguir y cumplir exhaustivamente los procedimientos escritos en el manual de mantenimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (s.f.). Recuperado el 26 de noviembre de 2019, de <http://www.measurecontrol.com/utiles-de-fabricacion-y-control-tuberias-aeronauticas/>
- Acuña, A. S. (2008). *Controles de vuelo*.
- AEE. (2012). [www.geocities.ws/aeronavesfaeaeecenepa/aee-helicopteros.html](http://www.geocities.ws/aeronavesfaeaeecenepa/aee-helicopteros.html). Recuperado el 27 de diciembre de 2019
- Airframe, H. (2012). *FAA*.
- Autogiros. (s.f.). <http://www.motosyultraligeros.com/aerospatiale-sa-341-h-gazelle/>. Recuperado el 20 de enero de 2020
- directindustry. (2019). *directindustry*.
- especializada, I. (s.f.). <https://www.ip-lag.com/plataformas-helic-ptos.html>. Recuperado el 24 de enero de 2020
- Expo, A. (s.f.).
- EXPO, A. (s.f.). <http://www.aeroexpo.online/es/prod/helitowcart/product-176965-21540.html>. Recuperado el 24 de enero de 2020
- FAA. (2012). *Handbook*.
- Federal Aviation Administration. (09 de agosto de 1998). *Civil Aviation Safety Authority*. Recuperado el 12 de diciembre de 2019, de <https://www.casa.gov.au/files/faa-ac-4313-1b-chapter-5-nondestructive-inspection-ndi>
- guevara, r. (s.f.). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4834/6/UPS-KT00029.pdf>. Recuperado el 26 de enero de 2020
- Huancavilca. (3 de 10 de 2013). *radiohuancavilca*. Recuperado el 30 de noviembre de 2019, de <https://radiohuancavilca.com.ec/noticias/2013/10/03/helicoptero-militar-de-ecuador-recibe-impactos-de-proyectiles-en-frontera-con-colombia/>
- Ing. Ortalli, J. D. (Agosto 2002).
- Mantenimiento, M. d. (1995).
- Manual de mantenimiento MI*. (1995).
- Mexicana, F. A. (2008). *Caballeros Águila II*. Mexico, D.F.
- Meyer. (s.f.). [https://www.meyerhydraulics.com/products\\_tritaska500.php](https://www.meyerhydraulics.com/products_tritaska500.php). Recuperado el 16 de noviembre de 2019

MI, M. d. (s.f.).

*MI, Manual de mantenimiento.* (1995).

PEÑALOZA, D. (9 de 03 de 2009). *measurecontrol*. Recuperado el 05 de enero de 2020, de [measurecontrol.com/utiles-de-fabricacion-y-control-tuberias-aeronauticas/](http://measurecontrol.com/utiles-de-fabricacion-y-control-tuberias-aeronauticas/)

tecn, I. A. (s.f.).

[https://www.google.com/search?q=precautions+of+the+use+of+a+towing+in+the+helicopter&tbm=isch&source=univ&sa=X&ved=2ahUKEwi89Lmqn8nhAhUN2VkKHYZWBX0QsAR6BAgJEAE&biw=1600&bih=786#imgrc=d6Nu\\_AjJUgRCKM:](https://www.google.com/search?q=precautions+of+the+use+of+a+towing+in+the+helicopter&tbm=isch&source=univ&sa=X&ved=2ahUKEwi89Lmqn8nhAhUN2VkKHYZWBX0QsAR6BAgJEAE&biw=1600&bih=786#imgrc=d6Nu_AjJUgRCKM:). Recuperado el 30 de octubre de 2019

Villavicencio, A. (2008). *FAE*.

# ANEXOS



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES  
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA  
MENCION AVIONES**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por el señor **CBOP. DE A.E PUNGUIL GUATO RUBÉN DARÍO**

En la ciudad de Latacunga a los 22 días del mes de enero del 2020.

**Aprobado por,**

