



**Remoción, preservación y almacenamiento del motor TB3-117BM, mediante información técnica aplicable al helicóptero MI-171, perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército N.- 15 “PAQUISHA”.**

Aguaisa Sangopanta, Edison David

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Mecánica Aeronáutica

Ing. Arellano Reyes, Milton Andrés

24 de enero de 2024

## Reporte de verificación de contenido



### Plagiarism and AI Content Detection Report

#### AGUAISA EDISON .pdf

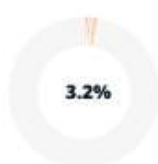
#### Scan details

Scan time:  
January 24th, 2024 at 14:3 UTC

Total Pages:  
49

Total Words:  
12048

#### Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	0.9%	103
Minor Changes	0.8%	98
Paraphrased	1.6%	188
Omitted Words	0%	0

#### AI Content Detection



Text coverage		Words
AI text	0%	0
Human text	100%	12048

[Learn more](#)

#### 🔍 Plagiarism Results: (26)

🌐 **MANUAL DE EXPLOTACION TECNICA DEL MI-17.pdf - PDFCOFFEE.COM** **1%**

<https://pdfcoffee.com/manual-de-explotacion-tecnica-del-mi-17pdf-4-pdf-free.html>

Guest

Email: [email protected] Login Register English Deutsch Español Français Português Hom...

🌐 **AVIACIÓN PARA TODOS: Curiosidades de los helicópteros 2** **0.8%**

<https://aviacionparatodos1.blogspot.com/2023/01/curiosidades-de-los-helicopteros-2.html>

...

🌐 **Manual de Instruccion Mi-17 - PDFCOFFEE.COM** **0.6%**

<https://pdfcoffee.com/manual-de-instruccion-mi-17-pdf-free.html>

Guest

Email: [email protected] Login Register English Deutsch Español Français Português Hom...

Ing. Arellano Reyes, Milton Andrés

C. C: 1723064513



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica**

### **Certificación**

Certifico que la monografía: **“Remoción, preservación y almacenamiento del motor TB3-117BM, mediante información técnica aplicable al helicóptero MI-171, perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército N.- 15 Paquisha”** fue realizada por el señor **Aguaisa Sangopanta, Edison David**, la misma que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se la sustente públicamente.

**Latacunga, 24 de enero de 2024**

A handwritten signature in blue ink, which appears to be 'Milton Arellano Reyes', written over a dotted line.

**Ing. Arellano Reyes, Milton Andrés**

C. C: 1723064513



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Aguaisa Sangopanta, Edison David**, con cédula de ciudadanía n° **0504349689**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Remoción, preservación y almacenamiento del motor TB3-117BM, mediante información técnica aplicable al helicóptero MI-171, perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército N.- 15 Paquisha”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Latacunga, 24 de enero de 2024**

A handwritten signature in blue ink is written over a horizontal dotted line. The signature is cursive and appears to read 'Aguaisa Sangopanta Edison David'.

**Aguaisa Sangopanta, Edison David**

C.C: 0504349689



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica**

### **Autorización de Publicación**

Yo **Aguaisa Sangopanta, Edison David** con cédula de ciudadanía n° **0504349689**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Remoción, preservación y almacenamiento del motor TB3-117BM, mediante información técnica aplicable al helicóptero MI-171, perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército N.- 15 Paquisha”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Latacunga, 24 de enero de 2024**

A handwritten signature in blue ink is written over a horizontal dotted line. The signature appears to read 'Aguaisa Sangopanta, Edison David'.

**Aguaisa Sangopanta, Edison David**

C.C: 0504349689

### **Dedicatoria**

El presente trabajo de titulación está dedicado a mi familia especialmente a mis padres Rafael Aguaisa y Carmen Sangopanta quienes me han estado brindando su apoyo incondicional en cada paso de mi vida ya que han sabido inculcarme el valor de la responsabilidad, respeto y confianza para alcanzar mis metas propuestas sin desfallecer en el camino, a mi hermano y hermanas Alexander, Jessica y Katheryn quienes ven en mi un ejemplo a seguir, a mi esposa Sonia que ha estado a mi lado alentándome en los momentos buenos y malos sin esperar nada a cambio y a mi hijo Eithan David que es una fuente de inspiración y un pilar fundamental de mi vida quienes me motivan a seguir adelante para alcanzar la meta anhelada.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradezco a mi Dios por permitirme ver la luz de cada mañana, por darme una familia maravillosa y por darme fuerzas para avanzar frente a los obstáculos de la vida, al niño de Isinche del cual soy devoto fiel ya que siempre me ha iluminado en mis decisiones tomadas, a mi familia quienes han creído en mí durante todo este proceso, gracias a su apoyo incondicional hoy puedo decir con orgullo que he alcanzado una meta más en mi carrera profesional.

Un agradecimiento especial a mi madre quien ha sabido formarme con buenos hábitos y valores forjándome por el camino del bien, a mi padre que me ha enseñado a ser un hombre responsable, honesto y trabajador, a mi esposa Sonia y mi querido hijo Eithan que me permiten gozar de lo hermosa que es la vida, gracias por ser parte de este proyecto de vida ya que este es el inicio de uno de los muchos logros más que hoy se los dedico a ustedes.

Como no también agradecer al glorioso ejército de los ecuatorianos y a la Brigada de aviación del Ejército por permitirme conformar sus filas militares y darme esa apertura de continuar con mis estudios superiores, a la universidad de las Fuerzas armadas ESPE-L por acogerme en sus instalaciones para continuar con el estudio de mi carrera profesional.

A mis maestros que han estado en todo momento impartíendome sus conocimientos, solventando mis inquietudes con su apoyo profesional y experiencia laboral con el fin de instruirme como un técnico de mantenimiento aeronáutico responsable y trabajador, en especial a mi mentor Ing. Andrés Arellano, quien ha sabido orientarme solventando mis dudas en base a sus conocimientos y experiencia para realizar el presente trabajo de titulación.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula .....	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación .....	3
Responsabilidad de Autoría .....	4
Autorización de Publicación .....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenido .....	8
Índice de figuras .....	10
Índice de tablas.....	12
Resumen.....	13
Abstract .....	14
Capítulo I: Tema .....	15
Antecedentes .....	15
Planteamiento del problema .....	17
Justificación e importancia.....	18
Objetivos .....	19
<i>Objetivo General</i> .....	19
<i>Objetivos Específicos</i> .....	19
Alcance.....	20
Capítulo II: Marco teórico .....	21
Reseña histórica de la Aviación de Ejército.....	21
Helicóptero M.I-171 .....	24
<i>Descripción general del helicóptero.</i> .....	25
<i>Condiciones de operación</i> .....	28
<i>Tipos de operación</i> .....	29
<i>Sistemas principales del helicóptero</i> .....	29
Grupo moto-propulsor.....	32
<i>Motor de combustión interna (MCI)</i> .....	32
<i>Motores a reacción</i> .....	33
<i>Tipos de motores a reacción</i> .....	37
Motor TB3-117 BM.....	43



<i>Datos técnicos del motor</i> .....	47
<i>Funcionamiento del motor TB3-117 BM</i> .....	48
<i>Sistemas principales del motor TB3- 117 BM</i> .....	48
<i>Principales conjuntos del motor</i> .....	51
<i>Instrumentos de control del motor</i> .....	53
<i>Inspecciones para el motor TB3-117BM</i> .....	53
<i>Frecuencia de mantenimiento</i> .....	54
<b>Mantenimiento</b> .....	54
<i>Niveles de mantenimiento</i> .....	55
<i>Tipos de mantenimiento</i> .....	56
<i>Modos de mantenimiento</i> .....	56
<b>Almacenamiento del motor TB3-117BM</b> .....	57
<i>Almacenamiento del motor desmontado del helicóptero</i> .....	57
<i>Control del motor almacenado</i> .....	59
<b>Capítulo III: Desarrollo del tema</b> .....	62
Introducción .....	62
Seguridad para realizar el mantenimiento .....	62
Desmontaje del motor TB3 117BM.....	63
Procedimiento .....	65
<i>Retirar la boca del tubo de escape del motor</i> .....	65
<i>Desconectar las mangas flexibles de las cubiertas de evacuación de aire de las válvulas de descarga de aire</i> .....	66
<i>Retirar el soporte con el detector de vibraciones</i> .....	67
<i>Retirar el conducto de aire de suministro para el cartucho.</i> .....	68
<i>Desconectar el motor</i> .....	68
<i>Después del desmontaje</i> .....	75
<i>Embalar el motor</i> .....	78
<b>Capitulo IV: Conclusiones y recomendaciones</b> .....	85
<b>Conclusiones</b> .....	85
<b>Recomendaciones</b> .....	86
<b>Bibliografía</b> .....	87
<b>ANEXOS</b> .....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Helicóptero M.I-171</i> .....	<b>25</b>
<b>Figura 2</b> <i>Zonas de operación del Helicóptero M.I-171</i> .....	<b>28</b>
<b>Figura 3</b> <i>Tipos de operación del helicóptero M.I-171</i> .....	<b>29</b>
<b>Figura 4</b> <i>Combustión de la mezcla aire-combustible</i> .....	<b>33</b>
<b>Figura 5</b> <i>Motor a reacción</i> .....	<b>35</b>
<b>Figura 6</b> <i>Clasificación de los motores a reacción</i> .....	<b>37</b>
<b>Figura 7</b> <i>Clasificación de los motores a reacción</i> .....	<b>38</b>
<b>Figura 8</b> <i>Elementos de un turbohélice</i> .....	<b>40</b>
<b>Figura 9</b> <i>Motor turbohélice</i> .....	<b>40</b>
<b>Figura 10</b> <i>Motor turbofán</i> .....	<b>42</b>
<b>Figura 11</b> <i>Motor turboeje</i> .....	<b>43</b>
<b>Figura 12</b> <i>Motor TB3-117 BM</i> .....	<b>45</b>
<b>Figura 13</b> <i>Sujeción del motor</i> .....	<b>45</b>
<b>Figura 14</b> <i>Sistema de combustible</i> .....	<b>49</b>
<b>Figura 15</b> <i>Sistema de aceite</i> .....	<b>50</b>
<b>Figura 16</b> <i>Principales conjuntos del motor</i> .....	<b>51</b>
<b>Figura 17</b> <i>Indicadores del motor</i> .....	<b>53</b>
<b>Figura 18</b> <i>del mantenimiento aéreo</i> .....	<b>55</b>
<b>Figura 19</b> <i>Almacenamiento del motor TB3-117BM</i> .....	<b>58</b>
<b>Figura 20</b> <i>Ventana de inspección de almacenamiento del motor</i> .....	<b>60</b>
<b>Figura 21</b> <i>Registros de preservación</i> .....	<b>61</b>
<b>Figura 22</b> <i>Operaciones preliminares</i> .....	<b>65</b>
<b>Figura 23</b> <i>Remoción de la boca del tubo de escape del motor</i> .....	<b>66</b>
<b>Figura 24</b> <i>Desconexión de las mangas de evacuación de aire de las válvulas de descarga</i> ....	<b>67</b>

<b>Figura 25</b>	<i>Remoción del detector de vibraciones</i> .....	<b>68</b>
<b>Figura 26</b>	<i>Desconexión de la Zapata K-82</i> .....	<b>69</b>
<b>Figura 27</b>	<i>Desconexión de las palancas de mando del motor</i> .....	<b>70</b>
<b>Figura 28</b>	<i>Drene de aceite del motor</i> .....	<b>71</b>
<b>Figura 29</b>	<i>Desconexión de la tapa de la esfera</i> .....	<b>72</b>
<b>Figura 30</b>	<i>Remoción de las tracciones del motor</i> .....	<b>73</b>
<b>Figura 31</b>	<i>Puntos de conexión del dispositivo de izado del motor</i> .....	<b>73</b>
<b>Figura 32</b>	<i>Desempalme del motor con el reductor principal</i> .....	<b>74</b>
<b>Figura 33</b>	<i>Instalación de tapones de protección</i> .....	<b>75</b>
<b>Figura 34</b>	<i>Limpieza exterior del motor</i> .....	<b>76</b>
<b>Figura 35</b>	<i>Preservación exterior del motor</i> .....	<b>77</b>
<b>Figura 36</b>	<i>Preservación interna del motor</i> .....	<b>78</b>
<b>Figura 37</b>	<i>Preparación del contenedor de almacenamiento del motor</i> .....	<b>79</b>
<b>Figura 38</b>	<i>Instalación del motor en el soporte del contenedor</i> .....	<b>80</b>
<b>Figura 39</b>	<i>Aseguramiento del motor en el soporte del contenedor</i> .....	<b>81</b>
<b>Figura 40</b>	<i>Preparación del motor para su posterior sellado</i> .....	<b>82</b>
<b>Figura 41</b>	<i>Soldadura y aspiración de la funda de almacenaje del motor</i> .....	<b>83</b>
<b>Figura 42</b>	<i>Sellado del contenedor de almacenaje</i> .....	<b>84</b>
<b>Figura 43</b>	<i>Identificación del contenedor de almacenaje</i> .....	<b>84</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Datos principales de la aeronave</i> .....	<b>26</b>
<b>Tabla 2</b> <i>Dimensiones del helicóptero</i> .....	<b>27</b>
<b>Tabla 3</b> <i>Componentes básicos del generador de gas</i> .....	<b>36</b>
<b>Tabla 4</b> <i>Nomenclatura del motor TB3-117BM</i> .....	<b>46</b>
<b>Tabla 5</b> <i>Datos técnicos del motor TB3-117BM</i> .....	<b>47</b>
<b>Tabla 6</b> <i>Lista de herramientas y material consumible</i> .....	<b>64</b>

## Resumen

Desde su creación hasta la actualidad la Brigada de Aviación del Ejército conjuntamente con el apoyo de todos sus grupos aéreos ha venido cumpliendo distintas misiones aéreas de acuerdo a la misión y visión del ejército ecuatoriano como es el transporte de personal civil y militar, evacuación aeromédica, combate, apoyo de combate, transporte logístico, etc. Para lo cual emplea aeronaves de ala fija y ala rotatoria, por lo tanto, es necesario mantener las aeronaves en condiciones Aero navegables, por tal motivo es necesario realizar las diferentes inspecciones en cada una de estas aeronaves de acuerdo a los procedimientos que se encuentran en los AMM para garantizar su operabilidad. En el presente trabajo de titulación se realiza el desmontaje, preservación y almacenaje del motor TB3-117 BM perteneciente al helicóptero M.I -171 de acuerdo a la carta tecnológica No. 403. Los procedimientos descritos en la carta tecnológica facilita la ejecución de la tarea debido a que se detalla paso a paso los conjuntos de los sistemas del motor a ser removidos para el desmontaje, además contiene las indicaciones para la preservación y el almacenamiento cuando el motor es desinstalado de la aeronave, es aquí en donde se ha identificado la falta del equipo para el sellado hermético del embalaje del motor por lo tanto es necesario la implementación de dicho dispositivo que ayudara a complementar la conservación del motor, esto nos ayudara a prevenir de la humedad y corrosión del motor manteniendo el rendimiento de los componentes internos y externos del motor tal y como son desmontados cumpliendo así de esta forma con todos los procedimientos estipulados en el manual de mantenimiento.

*Palabras clave:* condiciones aeronavegables, preservación y almacenaje del motor TB3-117 BM, carta tecnológica, mantenimiento.

## Abstract

Since its creation until today, the Army Aviation Brigade together with the support of all its air groups has been fulfilling various air missions according to the mission and vision of the Ecuadorian army such as transport of civilian and military personnel, aeromedical evacuation, combat, combat support, logistical transport, etc. For which it uses fixed wing and rotary wing aircraft, therefore, it is necessary to maintain the aircraft in airworthy conditions, for this reason it is necessary to perform the various inspections in each of these aircraft according to the procedures found in the AMM to ensure their operability. In this degree work, the disassembly, preservation and storage of the TB3-117 BM engine belonging to the M.I-171 helicopter is carried out according to the technological letter No. 403. The procedures described in the technological charter facilitate the execution of the task since it details step by step the engine system assemblies that must be removed for disassembly, and also contains the indications for preservation and storage when the engine is uninstalled from the aircraft, It is here where the lack of equipment for the hermetic sealing of the engine packaging has been identified, Therefore it is necessary to implement this device that will help to complement the preservation of the engine, this will help us to avoid moisture and corrosion of the engine maintaining the performance of the internal and external components of the engine, thus complying with all the procedures stipulated in the maintenance manual.

Key words: airworthiness conditions, conservation and storage of the TB3-117 BM engine, technological charter, maintenance.

## Capítulo I

### Tema

Remoción, preservación y almacenamiento del motor TB3-117BM, mediante información técnica aplicable al helicóptero MI-171, perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército N.-15 "PAQUISHA".

### Antecedentes

Las Fuerzas Armadas hacen referencia a una institución estructurada y jerarquizada de una nación, conformada por hombres y mujeres altamente entrenados y especializados en tierra, mar y aire para ejecutar operaciones militares con un poder de combate bélico para la defensa y seguridad del estado, a través de los tiempos y desde sus inicios todos los ejércitos del mundo han evolucionado de acuerdo a sus necesidades, por tal razón el ejército del Ecuador también tiene su proceso de evolución desde su creación, es por tal razón que viendo las dificultades y necesidades que tenía el ejército en esa época para abastecer a sus tropas en las líneas de frontera se vieron obligados a crear la gloriosa Aviación del ejército en el año 1954.

Desde ese entonces la Brigada de Aviación del Ejército acantonada en la provincia de Pichincha cantón Rumiñahui sector la Balbina, es una unidad militar altamente operativa de la Fuerza Terrestre, cuenta con aeronaves de ala fija y ala rotatoria puestas al servicio del estado ecuatoriano, enfocados en realizar operaciones de combate, apoyo de combate, reconocimiento y vigilancia, evacuación aeromédica, transporte de personal civil y militar, apoyo logístico, apoyo a los desastres naturales e instituciones del estado y pueblo en general, considerando que las operaciones aéreas realizadas por las aeronaves dependen del mantenimiento que se les realiza en tierra para un vuelo seguro.

Las tareas de mantenimiento que se realizan en las aeronaves son preventivo, correctivo y restaurativo en donde se aplican los procedimientos y cartas de mantenimiento correspondientes a cada aeronave, estas tareas de mantenimiento son realizadas por el personal altamente capacitado dentro y fuera del país en todos los niveles y de acuerdo a su campo ocupacional ya sean estos estructurales, mecánicos, aviónicos y abastecimientos, para lo cual la 15 B.A.E “PAQUISHA” posee talleres destinados a cada especialidad en cada uno de sus grupos aéreos lo cual le permite realizar inspecciones periódicas y complementarias de acuerdo con los programas de mantenimiento específicos para cada flota de aeronaves pertenecientes a la Aviación del Ejército ecuatoriano.

Una de las aeronaves más operativas que posee la Aviación del Ejército es la flota de helicópteros de línea rusa MI-171 debido a su gran capacidad operativa para el transporte de carga, abastecimientos y personal militar, los cuales disponen de una planta de potencia integrada por dos motores turboeje TB3-117BM. Debido a las operaciones que se ejecutan con este helicóptero es necesario llevar a cabo un control de mantenimiento periódico exhaustivo para mantener y garantizar su aeronavegabilidad, a más de realizar el mantenimiento el personal técnico debe ejecutar un correcto registro de las tareas realizadas para llevar un control de los potenciales que tienen cada elemento debido a que no todos los componentes vienen dados con el mismo potencial con la finalidad de realizar un mantenimiento preventivo o a su vez realizar un correcto almacenaje de los elementos que poseen potencial o que cumplieron su TLV (tiempo límite de vida) y TBO (tiempo entre overhaul).

Por lo expuesto anteriormente, uno de los principales componentes que es de vital importancia para el helicóptero es el grupo moto propulsor que está conformado por los motores TB3-117BM, por lo cual es fundamental realizar un correcto desmontaje del motor cuando el helicóptero es parado por mantenimiento mayor. Por lo tanto, se almacena el motor con una previa preservación y un correcto almacenaje por lo que es necesario que los técnicos



motoristas mejoren los procesos de almacenamiento de estos componentes con la finalidad de mantener en condiciones seguras los elementos internos y externos del motor.

### **Planteamiento del problema**

El helicóptero MI-171 es una aeronave multipropósito que cumple distintas misiones en beneficio del estado ecuatoriano por lo que realizar un correcto mantenimiento es primordial para que la aeronave mantenga su aeronavegabilidad en todo momento, las inspecciones realizadas a la aeronave deben ser acordes a la documentación técnica aprobada y de acuerdo a los programas de mantenimiento de la Brigada de Aviación del Ejército en donde se estipula los estándares de calidad para los trabajos realizados. El mantenimiento aeronáutico abarca inspecciones rutinarias, programadas y progresivas tales como remoción, instalación, chequeos, pruebas, limpieza, preservación y almacenaje de elementos de la aeronave.

Cuando se realiza la remoción de los motores TB3-117BM se los debe preservar y almacenar de acuerdo a los parámetros e indicaciones establecidas por el fabricante para mantener el motor en óptimas condiciones ya sea para su reparación o simplemente cuando se requiera su retorno a línea, el procedimiento adecuado de almacenaje del motor debe proteger contra la humedad, polvo y otras sustancias agresivas del medio ambiente, causales de corrosión, por lo tanto, el motor debe ser embalado fuera de partículas de humo, gas, cloro, vapores de amoníaco, ácidos y otras sustancias agresivas que puedan causar efectos negativos en el motor, actualmente este procedimiento no se lo cumple como esta descrito en el manual por la falta del equipo de embalaje, por lo tanto es crucial implementar el equipo correspondiente para el correcto sellado del forro de embalaje del motor.

El correcto procedimiento de la remoción, preservación y almacenamiento del motor permitirá que los componentes internos y externos del motor en general permanezcan operables y libres de elementos dañinos que puedan afectar la aeronavegabilidad del mismo,

por lo que los indicadores de almacenamiento del motor permitirán que se pueda verificar en los tiempos establecidos el estado del motor manteniendo así las condiciones de operabilidad del mismo para un futuro uso o una reparación. Por tal motivo es necesario dar solución al proceso de almacenaje del motor ya que se reducirán los costos de mantenimiento conservando la operabilidad de los componentes internos y externos del motor almacenado.

### **Justificación e importancia**

Con la utilización de los procedimientos adecuados y conforme a las instrucciones tecnológicas para la remoción, preservación y almacenamiento a realizarse se pretende mantener el rendimiento del motor para el cual fue diseñado, obteniendo un máximo de beneficio para las operaciones aéreas que realiza el helicóptero, es decir que mediante el procedimiento correcto se pueden consumir al máximo el potencial de las horas de trabajo del motor, ya sea en horas de vuelo o por tiempo calendario, de esta manera también se pretende almacenar los motores que cumplieron con su TBO (tiempo límite entre overhaul) manteniendo sus características operativas para ser enviados a las estaciones reparadoras reduciendo costos adicionales por la mantención de los mismos.

El presente trabajo investigativo es de beneficio para el estado ecuatoriano debido a la crisis económica que atraviesa, ayudando a minimizar costos sin afectar en los estándares de mantenimiento de acuerdo con las regulaciones de aviación civil y militar, a la fuerza para que pueda cumplir con los requerimientos impuestos por el estado, a la 15 B.A.E "PAQUISHA" para que puede cumplir con las misiones encomendadas por el escalón superior cumpliendo con el transporte de personal y abastecimientos a los distintos rincones de nuestra patria, a los técnicos de mantenimiento por sacar provecho al máximo del rendimiento del motor manteniendo la operabilidad del grupo moto propulsor de la flota de helicópteros MI-171.

La preservación y almacenamiento del motor es una tarea de mantenimiento que se debe realizar siempre y cuando el motor sea removido del helicóptero o cuando permanezca instalado, estos procedimientos se realizan en base a la documentación técnica del fabricante por lo que la implementación de un dispositivo de sellado del motor es factible debido a las instrucciones de la carta tecnológica No. 403 Remoción del motor y las instrucciones de almacenamiento para la conservación del motor removido de la aeronave. Permitiendo a los técnicos de la sección de motores realizar un desarrollo de sus actividades acordes a los procedimientos del manual de mantenimiento.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Realizar la remoción, preservación y almacenamiento del motor TB3-117BM mediante información técnica aplicable al helicóptero MI-171, perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército N.- 15 "PAQUISHA".

### ***Objetivos Específicos***

- Recopilar información técnica necesaria previa al desmontaje y almacenamiento del motor TB3- 117BM de acuerdo a las cartas tecnológicas que constan en el AMM.
- Verificar herramientas y equipos necesarios para el desmontaje y almacenamiento del motor TB3-117BM, según los procedimientos descritos en el manual de mantenimiento del motor.
- Implementar un dispositivo de sellado de embalaje del motor acorde a las órdenes técnicas para el correcto almacenamiento del motor.
- Ejecutar los procedimientos de mantenimiento descritos en las ordenes técnicas para un correcto almacenamiento del motor.

**Alcance**

Esta investigación abarca las múltiples tareas e instrucciones para la remoción, preservación y almacenamiento del motor TB3-117BM, en donde se ejecuta cada una de los ítems correspondientes acorde a la carta tecnológica 402 del manual de mantenimiento del motor 72.00.00. La correcta ejecución de las tareas de mantenimiento y la implementación del dispositivo de sellado del embalaje del motor son necesarias para mantener el rendimiento del motor para su próximo uso o reparación. Además, la presente investigación servirá como fuente de consulta para las futuras generaciones que requieran información relacionada al proceso de remoción, preservación y almacenamiento del motor TB3-117BM.

## Capítulo II

### Marco teórico

#### Reseña histórica de la Aviación de Ejército

Según afirma (Ejército EC, 2020) Los pueblos, las instituciones y los hombres tienen la obligación de perpetuarse en la memoria de la humanidad. Ello hace que los actos procuren superación, perfección, dialéctica y doctrina. De lo contrario, nos sumiríamos en un eterno empezar. La noble institución del arma de aviación del ejército nació como una gran obra, impulsada por los deseos, sueños e ideales de un hombre visionario que perfeccionó sus ideales para consagrarse como el padre de esta noble rama. Es así como esta noble institución nació en 1954 de la mano del señor Capitán de Infantería Colón Grijalva Herdoíza.

El Sr capitán Grijalva se incursionó en la vida militar instruyéndose como un oficial de infantería, quien por sus sueños y anhelos ahora es recordado como el pionero de la aviación militar del ejército, sus grandes aspiraciones y deseos de triunfo lo llevaron hasta la escuela de pilotos Aero Club en la ciudad de Guayaquil para realizar el curso de pilotos y con la obtención de la licencia tuvo un gran proyecto en el cual dejaría plasmado la conexión del personal militar que se encuentran en las guarniciones del Oriente, destacamentos y líneas de frontera con las unidades de mando situadas en el centro de las ciudades para los abastecimientos y necesidades que requerían sus compañeros soldados.

El capitán Grijalva fue quien realizando las peticiones de manera oficial al Comando del Ejército para la implementación de su proyecto aéreo revolucionario. Con las gestiones iniciadas se logra conseguir los tres primeros aviones pequeños monomotor donados por las damas de la aristocracia guayaquileña “con el objetivo principal de empezar de inmediato con el Programa Alas para la Frontera” (Ejército EC, 2020) dando lugar a la primera unidad aérea conocida y recordada como SAE (Servicio Aéreo del Ejército),

El logro alcanzado fue una mirada de esperanza de los soldados y del pueblo hacia mejores días, el SAE comenzó a operar cumpliendo misiones como transporte de medicinas, alimentos, correos y cumpliendo operaciones militares como las de reconocimiento y transporte de personal. El apoyo aéreo fue especialmente creado para ayudar a sus compañeros militares reduciendo en gran medida los esfuerzos físicos que antes de la llegada de los aviones tenían que caminar por largas jornadas de caminos y picas hasta sus puntos de vigilancia. Es así como llega la primera dotación de tres aeronaves de ala fija que se incorporan al SAE, se ponen al servicio ecuatoriano tres aviones pequeños de nombre: Piper Tripacer, Piper PA-18-150 y Taylor Craft. (Ecuatoriano, 2020, p. 222).

Según afirma el (Dto. de Doctrina, 2011, p. 223) La Aviación del Ejército a mediados del siglo XX por disposición del Comando Conjunto de las FF. AA amplió sus alas de vuelo acogiendo en su seno a nuevos pilotos, dando apertura al I curso de Pilotos bajo el mando del capitán Grijalva, el curso contaba con 07 oficiales de las distintas armas como Infantería, caballería blindada y artillería, al culminar el curso los oficiales tuvieron que regresar a sus unidades de origen debido a la falta de presupuesto para el mantenimiento de aeronaves.

En 1960 ya con el SAE bien estructura su jefe, el mayor Grijalva presentó unos informes técnicos para la adquisición de aviones CESSNA L-19 de tipo versión militar con la finalidad de mejorar la superioridad militar aérea, pero al no darse la compra de los aviones sugeridos se adquirió 06 aviones PIPER, un bimotor AZTEC y cinco mono motores Comanche. Para lo cual el CC.FF. AA solicitó al I curso de pilotos para la capacitación en estas aeronaves. Una vez finalizada la capacitación los pilotos atravesaron la cordillera para formar una escuadra en Pastaza para abastecer a toda la región Oriental.

Al transcurrir los años se presentaron los problemas como la falta de pilotos capacitados y mantenimiento lo que dio lugar a los primeros accidentes aéreos militares por lo

cual el mando decidido parar las operaciones hasta que se realice una buena planificación e instrucción del personal de pilotos y técnicos de mantenimiento.

En 1964 el mando del ejército nuevamente vio la necesidad de adquirir un avión pequeño para solventar las atenciones de las unidades acantonadas en el oriente adquiriendo así las avionetas CESSNA 185 y en la década de los 70 seguir con la adquisición de aviones turbohélices como el Buffalo, Arabá y helicópteros medianos como el Gazelle y Puma. Es así como el SAE iba agrandando y engrandeciendo mediante sus aeronaves y con el transcurrir de los años el servicio Aéreo (SAE) en 1978 paso a convertirse en la gloriosa Aviación del Ejército Ecuatoriano mediante la autorización de una O.C número 044-EBD-978 la cual permite que hasta la actualidad la AEE siga volando sobre el territorio de los ecuatorianos.

Con el engrandecimiento del servicio aéreo (SAE) y la Aviación del Ejército (A.E.E) se llegó a tener un total de 70 aeronaves, siendo la flota más grande de Sur de América debido a su capacidad operacional de ese entonces, los cuales dieron lugar a nuevas unidades aéreas y programas de mantenimiento, considerándose su alto poder de combate, generándose una nueva orden de Comando en 1984 firmada en ese entonces por el Sr. Gral. de Ejército Gribaldo Miño disponiéndose que las unidades aéreas conformen una Brigada de Aviación del Ejército debido a su capacidad operacional , además se especifica que desde el 04 de diciembre hasta el 22 de enero se conmemora la fecha clásica de esta noble arma. En 1987 se designa ala B.A.E como una unidad operativa Nro. 15 con el denominativo "AMAZONAS".

Con la llegada del conflicto del alto Cenepa la Aviación del ejército desplego un 85% de sus capacidades operativas demostrado sus capacidades operativas aéreas reales y sus limitaciones dando lugar a ser reconocida como un Arma de combate aéreo y con esto se da lugar a nuevos proyectos y por la necesidad de ampliación del servicio y combate aéreo se adquiere aviones CESSNA 175, 2 helicópteros C3-FENEC equipados con armamento, 2 helicópteros B2-ECUREUIL, 7 helicópteros MI-171 para el transporte.

En 1997 la 15 B.A.E “AMAZONAS” se denomina nuevamente con el nombre de Brigada de Aviación del Ejército N.-15 “Paquisha” con el lema: “Volando sobre un Ejército vencedor”, lema y nombre que hasta la presente fecha constan en los orgánicos del Ejército. Actualmente la 15 B.A.E “PAQUISHA” cuenta con una escuela de formación para pilotos y técnicos de mantenimiento en la ciudad de Guayaquil CAPT. “Fernando Vásconez”, cuatro Grupos Aéreos acantonados en las ciudades de Portoviejo, Shell-Mera, Coca y Sangolquí, además dispone de un centro de mantenimiento aeronáutico “CEMAE-15” en donde se realizan las distintas tareas de mantenimiento permitidas por el fabricante, operando de manera simultánea con las necesidades de los grupos aéreos.

### **Helicóptero M.I-171**

El Helicóptero MI-171 es de fabricación soviética, construido en 1989 por el Ing. Aeronáutico MIKJAIL MILL. El Ecuador a través de la Brigada de Aviación del Ejército adquiere estos helicópteros el 25 de 1997, fueron 7 en total, siendo la primera adquisición para conformar el nuevo escuadro de asalto y transporte MI-171. Actualmente el escuadrón M.I dispone un total de 9 helicópteros, siendo la última adquisición dos helicópteros MI-171 versión E el 10 de septiembre del 2010. Prácticamente el helicóptero M.I 17 es una modernización y mejora de los helicópteros M.I 8.

Según afirma (Benavides, 2010, p. 1) Los helicópteros Mi-171 tienen una principal característica la cual es que vienen incorporados con motores más potentes, también cuenta con una transferencia del rotor de cola al lado izquierdo lo que le permite mejorar el rendimiento de la aeronave. A de más cuenta con una característica especial para el transporte de carga dentro del helicóptero o enganchado como carga externa, en resumen, es un helicóptero polivalente catalogado como de clase media.



**Figura 1***Helicóptero M.I-171*

*Nota.* La figura representa la contextura del helicóptero MI-17. Tomado del Manual de Instrucción del helicóptero M.I-17B.

***Descripción general del helicóptero.***

El helicóptero ruso MI-171 está construido y diseñado en dos tipos de versiones la cual le permite transportar 24 personas en la versión de transporte y 28 pasajeros en modo versión pasajeros. En la versión adecuada para el transporte puede llevar carga útil en su interior como su exterior, en su interior es capaz de albergar 4000 kg de carga y al exterior como carga externa 3000 kg. Este helicóptero ruso posee dos motores de modelo TB3-117BM con capacidad máxima de 2250 HP cada uno, sus motores vienen equipados con un sistema contra. La planta rotores viene diseñada con un rotor principal de cinco palas con sentido de giro horario y un rotor de cola de tres palas. Para el arranque de los motores cuenta con una unidad de potencia auxiliar equipado de un pequeño motor a turbina conocido como APU AI-9V que sirve como generadora de aire comprimido en condiciones de operación normales y en caso de emergencia genera corriente alterna por un tiempo estimado de 30 minutos.

La tripulación principal para el pilotaje debe estar compuesta por 01 piloto, 01 copiloto, 01 IV (ingeniero de vuelo que ayuda a verificar los parámetros en cabina y 01 mecánico de a bordo quien tiene el control de la cabina de carga o pasajeros. Los helicópteros MI también vienen en todas sus configuraciones equipados con una grúa eléctrica al costado izquierdo del fuselaje con capacidad de izado de masa de 150 kg hasta 300 kg.

**Tabla 1**

*Datos principales de la aeronave*

<b>DATOS PRINCIPALES</b>	
<b>Peso de despegue:</b>	
• Normal	11,100 kg
• Máximo	13,000 kg.
• Vacío	7,142 kg.
<b>Velocidad:</b>	
• De crucero	220 km/h.
• Máxima	250 km/h.
<b>Autonomía de vuelo:</b>	
• Con dos tanques auxiliares	5h.15m
• Sin tanques auxiliares	3h.15m
<b>Altura máxima de vuelo:</b>	6000m
<b>Decolaje con peso máximo hasta:</b>	4800m
<b>Tipo de combustible:</b>	JP1

*Nota.* La tabla representa los principales parámetros normales de trabajo de acuerdo a sus limitaciones. Recuperado del Manual de Instrucción del helicóptero M.I-17.

**Tabla 2***Dimensiones del helicóptero*

<b>DIMENSIONES</b>	
<b>Longitud:</b>	
• Con rotores girando:	25.2 metros
• Sin rotores:	18.4 metros
<b>Altura:</b>	
• Con rotor de cola girando	5.5 metros
• Sin rotor	4.7 metros
<b>Ancho:</b>	
• Fuselaje	2.5 metros
• Con tren principal	4.5 metros
<b>Interior de la cabina de carga:</b>	
• Ancho	2.3 metros
• Longitud	5.34 metros
• Altura	1.8 metros
<b>Diámetro de palas:</b>	
• Principales	21.2 metros
• De cola	3.9 metros

*Nota.* Esta tabla representa las principales dimensiones del helicóptero a ser tomadas en cuenta para su operación. Recuperado del Manual de Instrucción del helicóptero M.I-171.

### **Condiciones de operación**

Las condiciones en las que puede operar el helicóptero MI – 171 es durante el día o en la noche, capacitado para cumplir con operaciones en condiciones meteorológicas adversas y normales debido a que está equipado con dispositivos que le permiten aeronavegar en estas condiciones. Según (Benavides, 2010, p. 3) el helicóptero MI-171 puede ejecutar operaciones de vuelo en las diferentes condiciones geofísicas ya sean diurnos o nocturnos VRF e IRF, sobrevolando por las aerobías equipas con medios radiotécnicos o por rutas sin equipar además puede volar por rutas que se encuentren fuera de itinerario. Para la explotación de la aeronave es permitido su operación en los rangos de temperatura de +50°C y -50°C.

### **Figura 2**

*Zonas de operación del Helicóptero M.I-171*



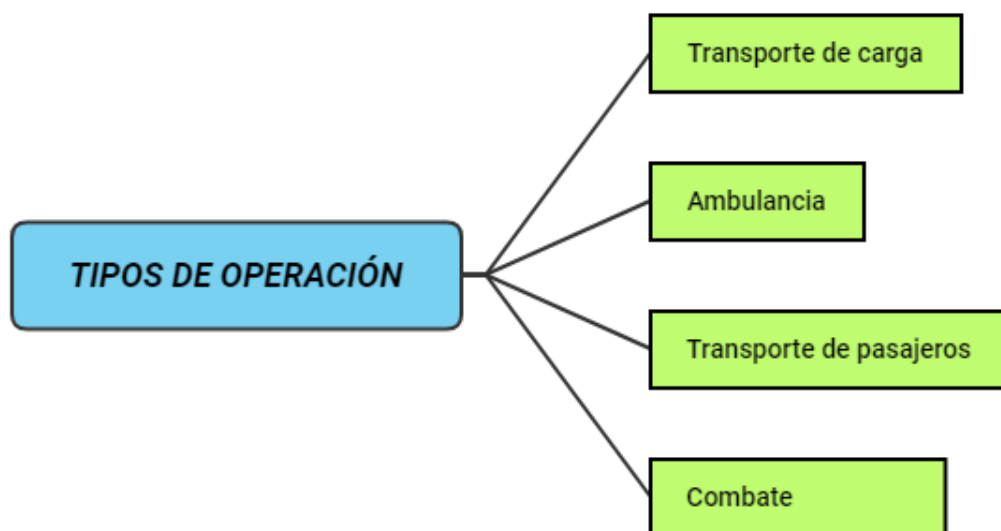
*Nota.* El grafico representa las condiciones geográficas y climatológicas en donde el helicóptero M.I-171 puede operar. Tomado del manual de instrucción del helicóptero M.I-171.

### ***Tipos de operación***

El helicóptero M.I-171 equipados con motores TB-117 BM pueden cumplir con varias operaciones de acuerdo a la necesidad que se requiera en el instante de la operación ya sean estas militares o civiles.

### **Figura 3**

*Tipos de operación del helicóptero M.I-171*



*Nota.* El grafico representa los tipos de operaciones que se pueden cumplir con el helicóptero de acuerdo a la necesidad del operador. Tomado del manual de operación del helicóptero M.I-171.

### ***Sistemas principales del helicóptero***

El helicóptero M.I-171 está conformado por varios sistemas, tanto primarios como secundarios ya que son indispensables para el buen funcionamiento del helicóptero, los mismos que son controlados y accionados por el piloto, por lo tanto los operadores deben realizar los trabajos de mantenimiento en cada uno de estos sistemas en base a los manuales de mantenimiento, cabe recalcar que la casa fabricante emite los respectivos manuales en

donde se detallan los procedimientos para el mantenimiento, tipos de mantenimientos y las limitaciones de cada uno de los sistemas de la aeronave.

**Fuselaje.** Es el cuerpo estructural principal del helicóptero en donde se albergan la cabina de pilotos, cabina de pasajeros y de carga, además es la parte fundamental en donde se adhieren los motores, tren de aterrizaje, rotor principal y de cola, tanques de combustibles, etc. El fuselaje está dividido en cuatro secciones principales que son la sección de nariz, sección central, el botalón de cola y el pilón de cola. En la sección de nariz se aloja la cabina de pilotaje, la sección central es la parte donde se sitúan los pasajeros o la carga, el botalón de cola es una estructura hueca que sirve como soporte y guía del eje del rotor de cola mientras que el pilón de cola soporta 3 elementos, el rotor de cola, la caja intermedia que cambia el movimiento del eje en 45° y la caja de 90°.

**La planta motriz.** Es conocida como la planta de potencia, es la que convierte la energía química en energía mecánica por medio de la combustión interna de los gases para lo cual se han incorporado al helicóptero dos motores turbosjes TB3 117 BM con capacidad máxima de 2250 HP cada uno, estos motores van sincronizados entre sí por medio de una línea de aire entre la FCU y las cajas electrónicas. Por lo general siempre van montados por encima del fuselaje central y por delante de la VR-14 caja de transmisión principal, se integran a esta por medio del eje de la turbina y mediante una rueda libre que interrumpe la transmisión del movimiento en caso de emergencia. Los motores TB3 tienen una vida útil de 1,250 horas mientras que los motores fabricados después de los años 1993 vienen con un potencial de 1,500 horas.

**El tren de potencia.** Simplemente diseñados para transmitir, cambiar y reducir el movimiento mecánico generado por su planta motriz o planta de potencia (Motor) hasta sus rotores principal y de cola. La transmisión principal recibe la potencia de los motores y por medio de engranajes reduce la potencia de rotación para transmitir hasta el rotor principal y

hacia el rotor de cola, para la transmisión hacia el rotar de cola cuenta con un eje hacia el rotor de cola, una caja de 45° que cambia el movimiento de rotación del eje, la caja de 90° que cambia completamente el movimiento de vertical a horizontal para el rotor de cola. Además, se ha complementado el tren de potencia con un embrague para cada rueda libre la cual le permite aislar la conexión entre la BR14 y los motores permitiéndole la autorrotación en caso de falla de cualquiera o ambos motores.

**Controles de vuelo.** Los controles de vuelo de los helicópteros MI son de tipo Standard instalados de una forma convencional que permiten al piloto el control de las superficies de vuelo del helicóptero para ajustar su dirección y altitud de vuelo. Además, la aeronave viene equipada con un piloto automático que facilita las tareas de pilotaje al piloto y copiloto. Los controles de vuelo cuentan con un bastón cíclico entre las piernas de los pilotos y permite el control longitudinal de la aeronave, el colectivo que va instalado al costado izquierdo de los pilotos que sirve para el control vertical aumentando el ángulo de ataque de las palas y por ultimo los pedales que están en la parte frontal de la cabina y son los encargados de controlar la dirección cambiando el ángulo de paso de las palas en el rotor de cola.

**Tren de aterrizaje.** El tren de aterrizaje del helicóptero sirve para el transporte de la aeronave en tierra además de absorber la energía de impacto con el suelo al momento del aterrizaje, el tipo de tren de aterrizaje utilizado en el MI-17 es de tipo triciclo fijo que le permite el aterrizaje y despegue como avión o en forma vertical, el tren principal está conformado por una rueda y dos cámaras de amortiguadores mixtas una baja de hidráulico y una alta de aire en cada lado mientras que el tren de nariz tiene dos llantas con un eje en la mitad para el amortiguador.

## **Grupo moto-propulsor**

El grupo moto-propulsor de una aeronave es un conjunto de componentes encargados de generar y transferir el torque para el empuje, es decir que debido a su funcionamiento son capaces de mover un eje el cual transmite el movimiento hacia los rotores en el caso de los helicópteros y en los aviones mueven la hélice, esto con la finalidad de generar la sustentación y la fuerza de empuje para que la aeronave se pueda sustentar en el aire.

### ***Motor de combustión interna (MCI)***

De acuerdo a la información tomada de (José & Marta, 2015, p. 11) el MCI es una maquina térmica de conjuntos mecánicos diseñada principalmente para la conversión de la energía del combustible en energía mecánica en base al proceso de combustión del combustible-aire, el resultado de este proceso aumenta la presión y temperatura en el interior de la cámara de combustión permitiendo transferir el movimiento hacia las partes móviles del motor, la fuerza de movimiento generado para mover se denomina trabajo útil del motor.

Un motor de combustión interna es una maquina compuesta por varios elementos fijos y móviles que permiten la conversión de energía química concentrada en el combustible en energía mecánica que se transmite a través de un eje independientemente del tipo de motor que sea mediante un proceso conocido como combustión, o por la acción de la fuerza centrífuga. Los motores de combustión interna han ganado campo en la industria aeronáutica por lo que este tipo de motores es utilizado ampliamente en la aeronave de uso civil y militar, la aplicación depende de su propósito ya que pueden ser motores de tipo alternativos o motores a reacción.

De acuerdo con las definiciones de los distintos autores se puede decir que al quemar el combustible en el interior del motor se convierte en movimiento que es conocido como trabajo, por lo tanto el trabajo es el resultado de la combustión (quema) del combustible y el aire en el



interior del motor un motor que impulsa una serie de mecanismos para la conversión de la energía química de los combustibles en energía mecánica por lo tanto los motores de combustión interna pueden ser de pistón o turbina siendo altamente aprovechados en la industria aeronáutica para propulsar las aeronaves. Por otro lado (Heywood, 1988, p. 1) dice que el principal objetivo de los motores de combustión interna es generar la potencia mecánica liberando la energía química contenida en el combustible.

#### **Figura 4**

*Combustión de la mezcla aire-combustible*



*Nota.* La figura indica el resultado de la mezcla de los gases aire-combustible más la chispa en el interior de la cámara de combustión. Tomado de Mecánica y Motores.com (2017).

#### **Motores a reacción**

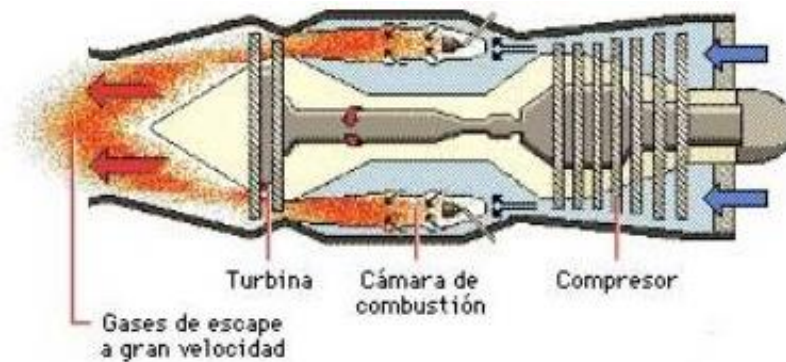
De acuerdo con (Sáinz Díez, 2004, p. 13) La propulsión denominada a reacción es atribuida al filósofo griego Heros que desde la antigüedad diseñó una esfera montada en dos soportes sobre el cual gira mientras sale el vapor por dos conductos diametralmente opuestos. Desde su descubrimiento ha pasado por un proceso de evolución constante que dio lugar a la invención de un motor a reacción, la prueba de ello es un motor generador de gas que hoy en día son aplicados en la industria aeronáutica para propulsar los aviones comerciales y militares.

De este modo se ha dado que los motores a reacción basan su funcionamiento en los principios del generador de gas quien fue uno de los primeros motores a reacción en ser puesto en marcha.

Desde el punto de vista de (BORJA, 2018) Se define el motor de reacción como un motor térmico de combustión interna, en el que la energía química liberada de un combustible se convierte en energía cinética mediante el movimiento generado por la corriente de gases que sale del motor, siendo la reacción de esta corriente sobre el propio motor la que produce el empuje que sirve para generar el movimiento. (p. 35)

Un motor a reacción es también catalogado como una maquina térmica debido a que realiza la combustión de los gases aire-combustible en el interior del motor transformando la energía química para producir energía cinética mediante los componentes de rotación internos debido a la velocidad con la que salen los gases del interior del motor hacia el ambiente.

Es aquí en donde se aplica la ley de la acción y reacción, en donde la acción de la combustión producida en el interior del motor da como resultado la salida de los gases quemados a chorro y a gran velocidad lo que conlleva a una reacción en sentido opuesto y con la misma fuerza, es decir que mientras los gases salen a chorro por la tobera de escape del motor se produce una propulsión hacia el sentido opuesto de la dirección en la que salen los gases, esto origina la acción del impulso del motor hacia adelante y con ello también la aeronave hacia el frente debido a que el motor está integrado al fuselaje de la aeronave, la fuerza de empuje dependerá de la cantidad y velocidad con que salgan los gases quemados hacia el ambiente.

**Figura 5***Motor a reacción*


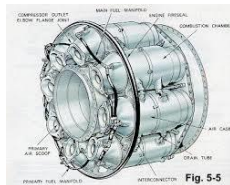
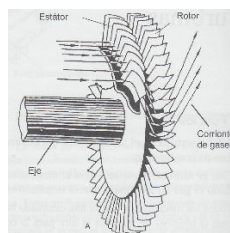
*Nota.* La figura indica como los gases quemados producto de la combustión salen del interior del motor a gran velocidad produciendo la acción de empujar el motor en sentido opuesto de la salida de los gases. Tomado del sitio web IES Santa Barbara (2013).

**Generador de gas.** Como afirma (Oñate, 1997, p. 304) el generador de gas es el núcleo del motor que tiene un conjunto motriz productor de energía común que transforma la energía química del combustible en par motor.

El generador de gas es el componente principal para la fabricación de los motores a reacción dependiendo del diseño, tamaño o las variantes de acuerdo al tipo de motor, el generador de gas puede variar en su tamaño y peso, esto depende de la potencia o empuje para el cual está diseñado, una peculiar característica común del generador de gas es que todos tienen los tres componentes básicos que se detallan a continuación.

Tabla 3

## Componentes básicos del generador de gas

COMPONENTES	DESCRIPCIÓN	FIGURA
Compresor	Aspiran y comprimen el aire que ingresa al motor.	
Cámara de combustión	Es el elemento encargado de producir la combustión de la mezcla aire-combustible.	 Fig. 5-5
Turbina	Produce la expansión de los gases combustionados.	

*Nota.* La presente tabla indica la descripción de los principales componentes del generador de gas. Recuperado del libro de Conocimientos del Avión (Oñate, 1997, p. 305).

**Principio de funcionamiento.** En resumen el funcionamiento de un motor a reacción es de forma ininterrumpida y empieza con la aspiración del aire ambiente por la entrada de aire mediante el giro de la etapa de compresores, una vez aspirado el aire la etapa de compresores los comprime de manera que aumenta su presión y temperatura, posteriormente el aire comprimido es enviado a la cámara de combustión en donde se mezclan con el combustible inyectado para ser quemados, en este punto la temperatura de los gases aumenta debido a la combustión, luego de ser combustionados los gases son extraídos por medio de una turbina

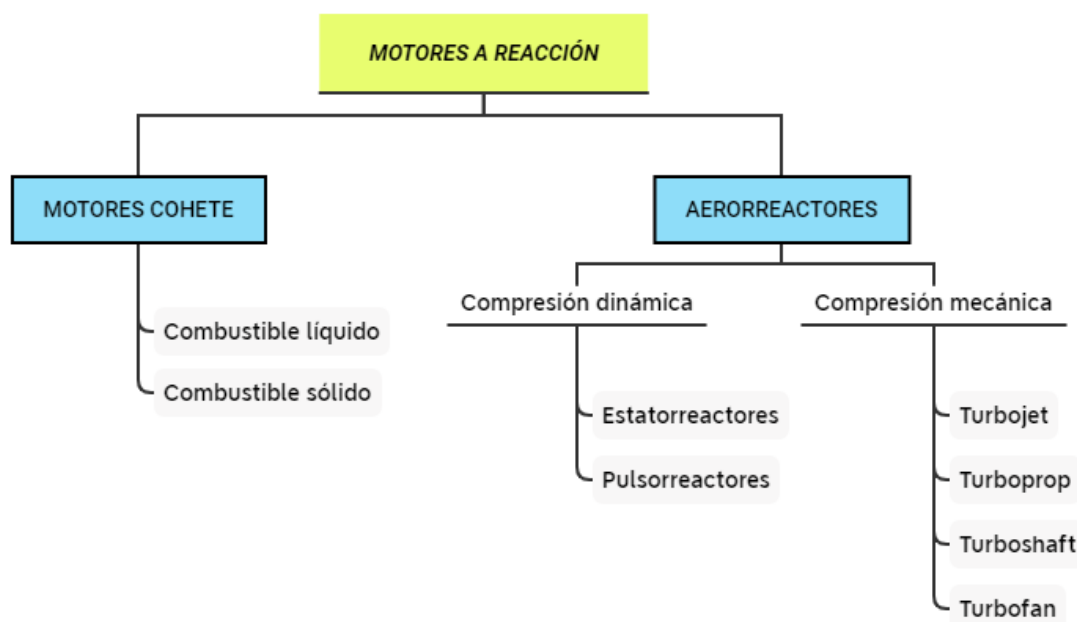
que expande los gases disminuyendo su presión y temperatura pero aumentando su velocidad de salida hacia el ambiente lo que produce el empuje deseado.

### ***Tipos de motores a reacción***

Para la aplicación de los motores a reacción existen una variedad de motores los cuales son utilizados dependiendo su diseño y su eficiencia máxima para lo cual en el siguiente grafico se indica los grupos en los cuales se clasifican todos los motores a reacción.

**Figura 6**

*Clasificación de los motores a reacción*



*Nota.* La grafica representa el árbol genealógico de la clasificación de los motores a reacción.

Tomado del libro Conocimientos de Aviación (Oñate, 1997 p.298).

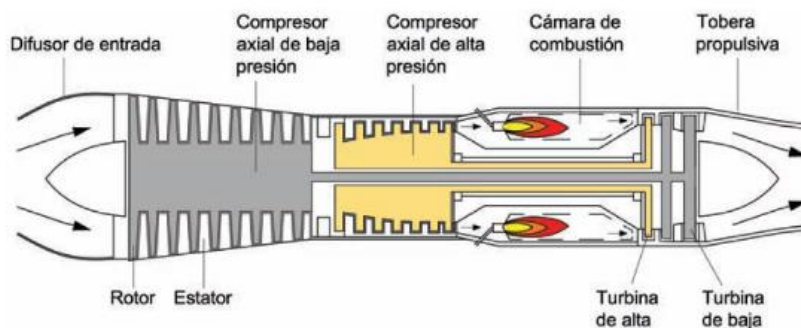
La industria aeronáutica hace uso de los motores a turbina conocidos como aerorreactores de compresión mecánica para propulsar las aeronaves de uso civil como militar los cuales se describen a continuación.

**Turbojet o turboreactor.** Los motores turbo jet fueron los primeros motores a reacción en ser aplicados a la industria aeronáutica y el reconocimiento por la creación de este motor se la otorga al ingeniero Frank Whittle a finales de 1930. Según menciona (Soler Arnedo, 2022) el turboreactor se compone principalmente de una entrada de aire para la admisión, un compresor para comprimir la masa del aire, una cámara de combustión para la ignición de la mezcla, una turbina que une por medio de un eje a los compresores y una boquilla de escape.

El motor turboreactor o turbo jet como se lo conoce comúnmente es de ciclo Brayton, “es un motor simple y básico que utiliza una turbina de gas para generar el empuje del motor, al aumenta el flujo de aire que sale por una tobera de escape aporta mayor empuje impulsando la aeronave hacia adelante” («Turboreactor», 2015). Estos motores son muy efectivos a velocidades supersónicas por lo que su uso es muy limitado en la aviación comercial, son ruidosos y demandan más cantidad de combustible en comparación a los motores actuales, pero son beneficiosos debido a su bajo costo de mantenimiento, son sencillos y poseen una vida útil larga ya que tiene menos partes móviles.

## Figura 7

### *Clasificación de los motores a reacción*



*Nota.* La figura indica las partes y el esquema mecánico del motor turboreactor. Tomado del libro motores de combustión interna (José & Marta, 2015, p. 304).

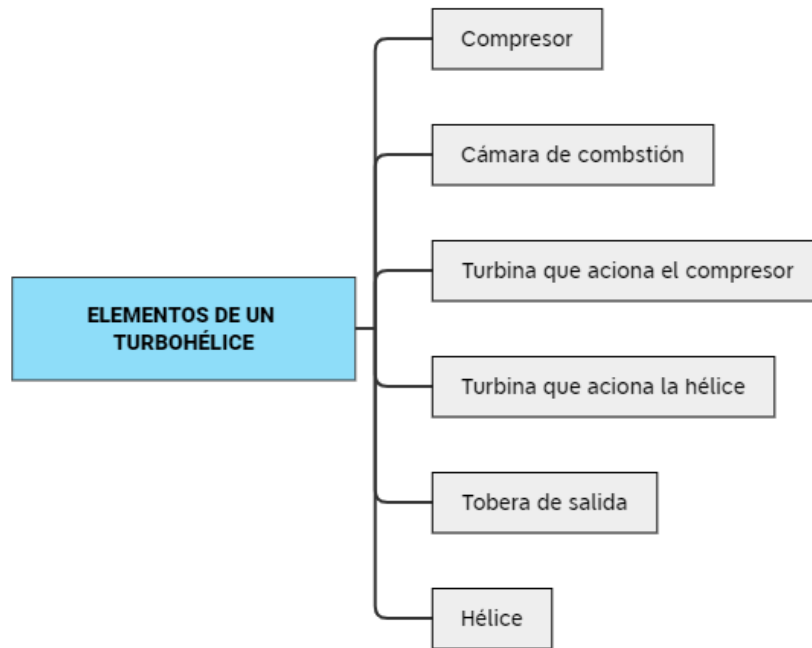
**Turboprop.** Según la afirmación de (Oñate, 1997, p. 426) “El turbohélice es un generador de gas al que se ha añadido una hélice y una caja de engranajes que reduce la velocidad del eje que se acopla al motor”(P. 426). Un motor turbohélice es similar al generador de gas con la simple caracteriza que presenta al incorporar una hélice los gases de escape no salen a chorro y no generan el empuje al contrario la potencia es generada por la salida de los gases en una turbina para mover la hélice mediante conexiones mecánicas.

Existen dos tipos de motores turbohélice que son el motor de turbina libre y turbina ligada, el motor turbohélice de turbina ligada está conectado mecánicamente por un eje desde el generador de gas hasta la caja reductora mientras que el motor de turbina libre solo tiene conexión desde la turbina de potencia hasta la caja de engranajes para la reducción de RPM.

En resumen el turbo hélice es un motor de turbina que pueden ser de diferentes configuraciones pero con el mismo principio de funcionamiento del generador de gas cuyo eje está conectada a una caja reductora que se conecta para impulsar a la hélice, del 100% de potencia del motor el 80-85% es utilizado en eje de turbina para la impulsar la hélice y generar el arrastre mientras que el 20-15% restante es generadora de empuje, en la mayoría de los motores turbohélice la hélice va en la parte delantera del motor, son motores eficientes para vuelos regionales ya que consumen menos combustible y necesitan de pistas mas cortas para el despegue y aterrizaje.

## Figura 8

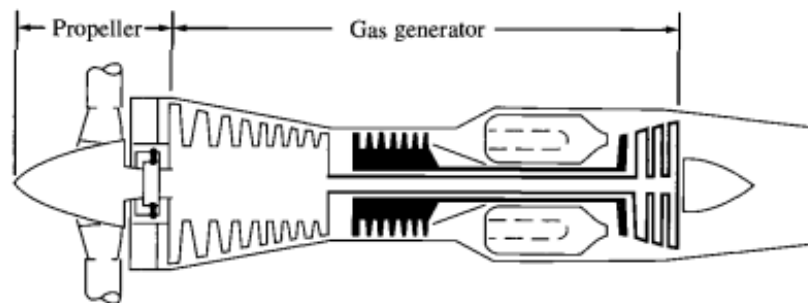
### Elementos de un turbohélice



*Nota.* La grafica representa las partes principales del motor turboprop. Tomado del libro de Conocimiento de la Aeronave (Oñate, 1997, p. 426).

## Figura 9

### Motor turbohélice



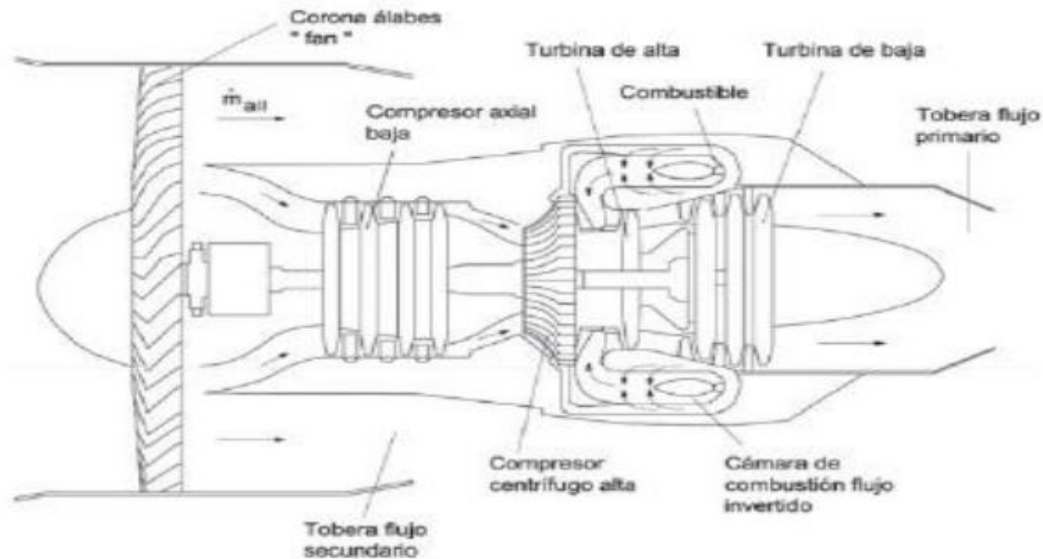
*Nota.* La figura representa el diagrama esquemático de un motor turbohélice. Tomado del libro elementos de propulsión (Mattingly, 2006, p. 13).



**Turbofán o Turboventilador.** Según el planteamiento de (de Antonio & Domínguez, 2015, p. 355) El turbofán es un motor de turbina de gas con un esquema mecánico idéntico al turborreactor, la diferencia radica en la inclusión de alabes de tamaño considerable en una corona conocida como Fan en la parte frontal del motor. La corona de fan aspira todo el gasto másico que admite el motor para luego dividirse en dos flujos uno primario y otro secundario.

En resumen, el turbofán es un motor de turbina que incorpora un ventilador de gran tamaño en la parte delantera de la etapa de compresores, en la actualidad este tipo de motores son los más utilizados en la aviación comercial debido a su bajo consumo de combustible y la alta eficiencia en vuelos subsónicos.

También es conocido como un motor de doble flujo, debido a que el aire aspirado del ambiente es dividido en dos flujos primario y secundario, el flujo primario toma el 20% del aire aspirado para continuar con el proceso normal del turborreactor básico para la combustión de la mezcla aire-combustible mientras que el flujo secundario abarca el 80% del aire aspirado ya que rodea al motor por un conducto exterior aislando el ruido de la cámara de combustión produciendo el 80 % de empuje del motor.

**Figura 10***Motor turbofán*

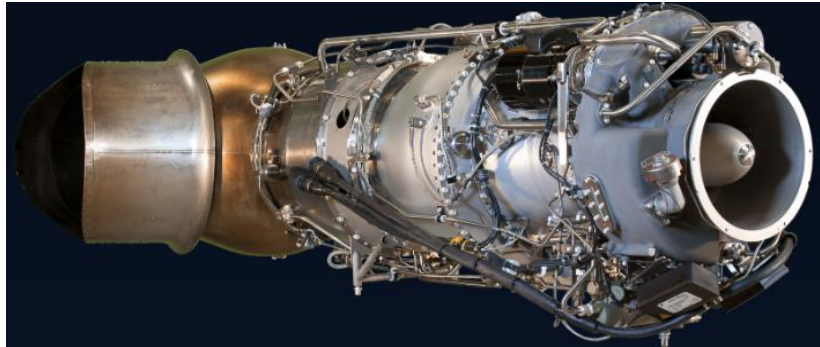
*Nota.* La presente figura indica el esquema mecánico de un motor turbofán. Tomado del libro *Motores de Combustión Interna* (de Antonio & Domínguez, 2015, p. 355).

**Turboeje.** Un motor turboeje es muy parecido al motor turbohélice con la diferencia que su potencia generada en la turbina es conectada directamente a una caja de transmisión, el turboeje es un motor de turbina utilizado principalmente en helicópteros y su característica principal es la generación de potencia en el eje que es conectado mecánicamente a la transmisión principal del helicóptero que reduce las RPM y transmite el movimiento a sus rotores. Según el argumento de (Rivas, 2003, p. 185) “La potencia tomada para la transmisión es acoplada directamente a la turbina o turbina libre del motor”.

Entonces, un motor turboeje es un generador de gas diseñado para transferir la potencia a un eje que hace girar la transmisión de un helicóptero por lo tanto este eje mueve los engranajes de la transmisión del helicóptero modificando el movimiento en 90° para girar el rotor produciendo la sustentación. Los turboejes pueden ser de turbina libre o turbina fija.

## Figura 11

### Motor turboeje



*Nota.* La figura representa el motor Makila 2, motor turbo eje diseñado para propulsar helicópteros H215 Y H225 de Airbus Helicopters. Tomado de Safran Group (*Makila, the Highest-Performing and Most Reliable Helicopter Engine in Its Category*, s. f.).

### Motor TB3-117 BM

El motor TB3-117 BM es un motor turboeje que se emplea en la composición del grupo motriz del helicóptero M.I-171 que se compone de dos motores con capacidad de 2250 HP cada uno que pueden ser intercambiables con el giro de la boca de escape (el izquierdo puede montarse en el lado derecho con el giro de la boca de escape y viceversa), la peculiaridad de la estructura del motor de turbina es la presencia de la turbina libre (TL) que no está conectada cinemáticamente con el rotor del turbocompresor (TC), la potencia que se genera con la TL es la potencia efectiva del motor que se transmite al reductor de la transmisión.

El motor TB3-117 BM es un generador de gas compuesto por un solo eje y una TL (turbina libre), es la maquina encargada de convertir la energía química de los gases en energía mecánica generando la potencia en el eje para impulsar los rotores, un motor TB3-117 BM tiene la suficiente potencia para volar una hora en caso de emergencia, pero si este fuera el caso el motor deberá ser revisado o reparado. El control de ambos motores se realiza por

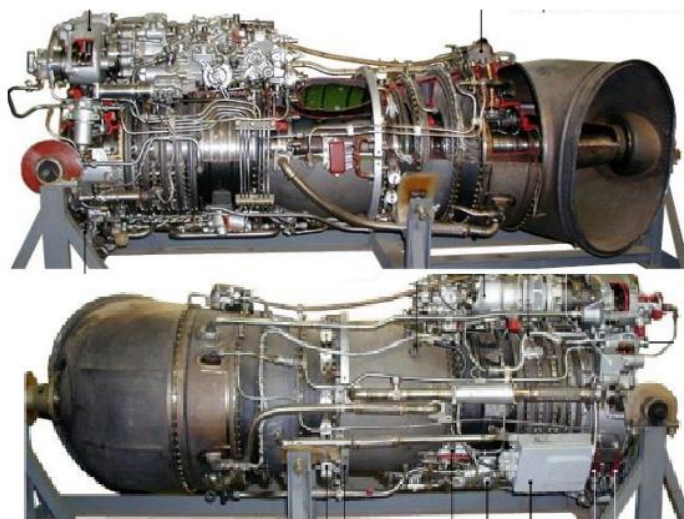
medio de un sistema de mando unificado permitiendo mantener las RPM del rotor principal en forma manual y automáticamente.

Los motores se aseguran en el fuselaje desde las costillas número 2 a la 7, son asegurados en la parte frontal sobre las costillas 3 del fuselaje central con cuatro montantes de tipo tensor en la parte frontal, dos largos y dos cortos, estos montantes o varillaje de sujeción sirven para inmovilizar y asegurar al motor evitando el movimiento vertical y transversal mientras que en la parte posterior va empalmada a la transmisión principal del rotor mediante un buje esférico asegurado con pernos al cuerpo del arrastre de la transmisión principal.

Los parámetros de funcionamiento del motor y de sus sistemas en el helicóptero se controlan con los instrumentos que permiten evaluar los valores de los parámetros que caracterizan el estado del motor, de sus sistemas y el régimen de funcionamiento, con los dispositivos de señalización que avisan sobre el funcionamiento normal del motor y de sus sistemas o sobre su alteración. En el motor solo van conectados los sensores que convierten sus parámetros en las señales eléctricas mientras que el resto del equipo como instrumentos, indicadores, lámparas de señalización, tableros, convertidores se encuentran en el fuselaje y cabina del helicóptero.

## Figura 12

*Motor TB3-117 BM*

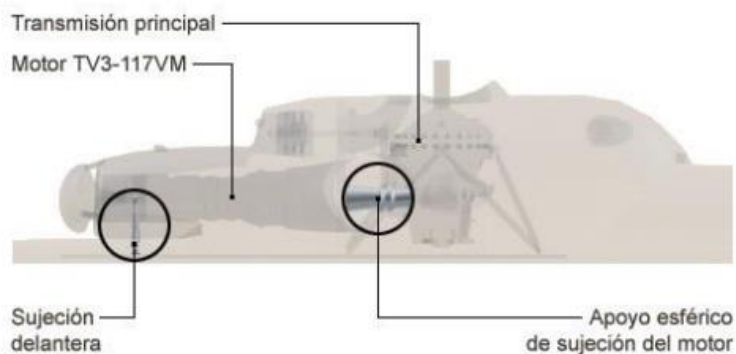


*Nota.* La figura representa las vista izquierda y derecha respectivamente del motor TB3 117BM.

Tomado del manual de instrucción del motor (TB3 117, pg. 2).

## Figura 13

*Sujeción del motor*



*Nota.* La figura representa la fijación de los motores sobre el panel de techo en el fuselaje principal de tal manera que sus ejes y a línea de referencia longitudinal del helicóptero forma un ángulo de  $4^{\circ}30'$ . Tomado del manual del motor (TB3-117, pg 103).

**Nomenclatura del motor TB3-117BM****Tabla 4***Nomenclatura del motor TB3-117 BM*

<b>NOMENCLATURA DEL MOTOR</b>	
<b>TB3-117 BM N° 7087882200142</b>	
<b>T</b>	Turbina
<b>B</b>	TL turbina libre
<b>3</b>	Modelo del motor
<b>117</b>	Modelo de construcción
<b>B</b>	Altura
<b>M</b>	Modificación
<b>708</b>	Numero o nombre de fábrica.
<b>788</b>	Motor con NR3-BM
<b>2</b>	Trimestre en que fue fabricado.
<b>2</b>	Terminal de año de fabricación (a partir del 90).
<b>00</b>	Serie
<b>142</b>	Número del motor.

*Nota.* La tabla representa la designación del nombre y serie del motor. Recuperado del manual de instrucción del motor (TB3 117, pg. 01).

**Datos técnicos del motor****Tabla 5***Datos técnicos del motor TB3-117 BM*

<b>PRINCIPALES DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR</b>	
Arranque	Neumático asegurado por el motor AI-9B hasta 4000 m.
Potencia	2250 HP c/u.
Sentido de rotación del turbo compresor	Izquierda.
Sentido de rotación turbina libre	Izquierda.
Sistema de lubricación	Forzado, de circulación con bombeo.
Sistema anti hielo	Aire caliente de la C.C.
Peso	330kg.
Longitud con los accesorios	205.5 cm.
Longitud desde la brida delantera hasta la brida de acoplamiento	173.65 cm.
Ancho	65 cm.
Alto	72.8 cm.
Potencial para series II	1500 horas o 4 años en zonas tropicales, 8 años en zonas normales y almacenado 12 años.

*Nota.* La tabla representa los datos técnicos principales del motor. Recuperado del manual de instrucción del motor (TB3 117, pg. 01).

### ***Funcionamiento del motor TB3-117 BM***

El aire pasa por la entrada del motor para llegar a la etapa de compresores en donde al pasar se comprime para llegar a la cámara de combustión en donde se inserta combustible pulverizado por medio de los surtidores para que se genere la mezcla de aire-combustible y debido al proceso de combustión la temperatura del gas aumenta. Los gases quemados llegan a la TC turbina del compresor en donde la energía de los gases quemados por el flujo a alta velocidad se convierte en energía mecánica para el accionamiento del TC turbocompresor y sus grupos, una vez que el flujo de los gases llega a la TL turbina libre crea la energía cinética en el eje para transmitir al reductor de la transmisión principal y mientras el flujo de gases pasan por la TL se frenan para desviarse la atmósfera por la tobera de escape.

### ***Sistemas principales del motor TB3- 117 BM***

Los sistemas están diseñados para el funcionamiento seguro del motor para todos los regímenes de trabajo que se puedan presentar durante la operación de la aeronave, a diferentes altitudes y velocidades, diferentes condiciones del tiempo que se puedan presentar para lo cual se describen a continuación algunos de los sistemas principales del motor TB3-117BM que son los sistemas de: Combustible, lubricación, anti hielo y arranque.

**Sistema de combustible.** El sistema de combustible del motor suministra el combustible a presión constante e ininterrumpida hacia la cámara de combustión por el intermedio de las cañerías hasta llegar a los inyectores y rueda de inyección desde el instante que ingresa a la bomba de presión, además de suministrar también limpia, regula su consumo, control de mecanización del compresor y desconexión del arrancador neumático. El sistema de combustible comprende de 4 subsistemas que incluye:

**Sistema de baja presión.** Destinado para la limpieza y suministro de combustible aumentado su presión para el contorno principal.



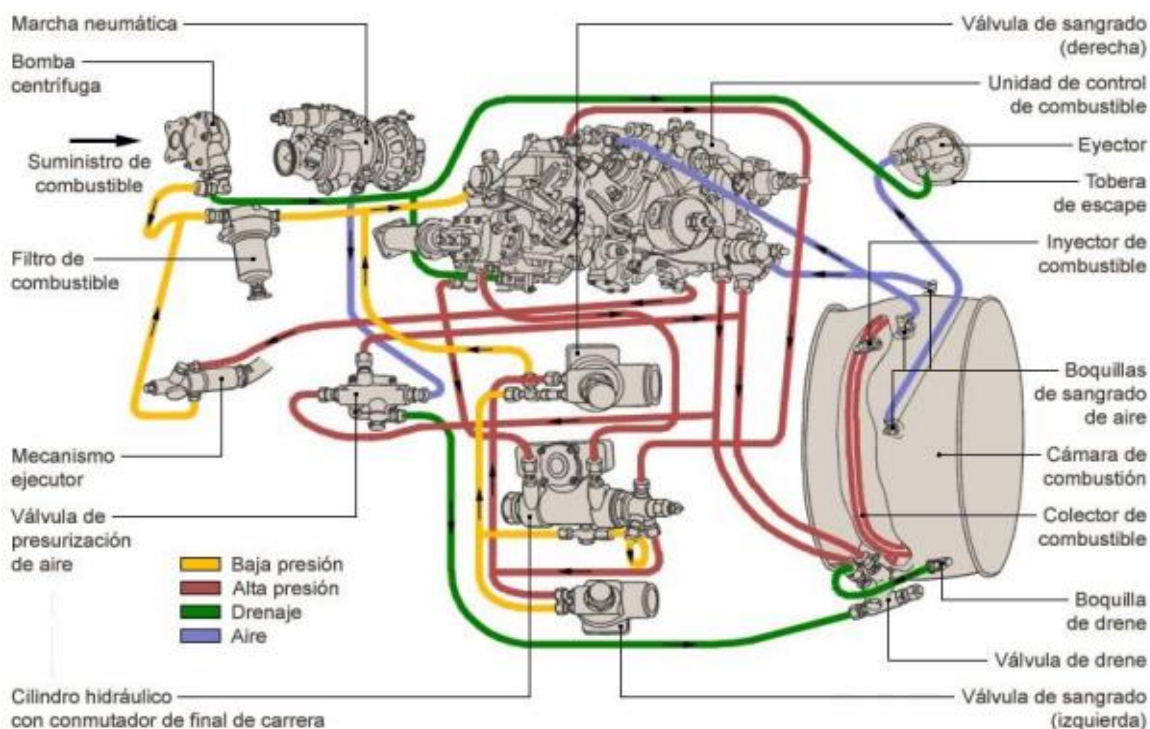
**Sistema de alta presión.** Diseñado para el suministro, corte y regulación de combustible a la KC cámara de combustión.

**Sistema de aire.** Diseñado para la desconexión del arrancador neumático a través de la válvula de presurización y evacuación de combustible remanente en la cámara de combustión por medio del eyector.

**Sistema de drenaje.** El sistema de drenaje del motor sirve para eliminar residuos de combustible y aceite que se filtra a la KC durante la parada del motor.

**Figura 14**

*Sistema de combustible*



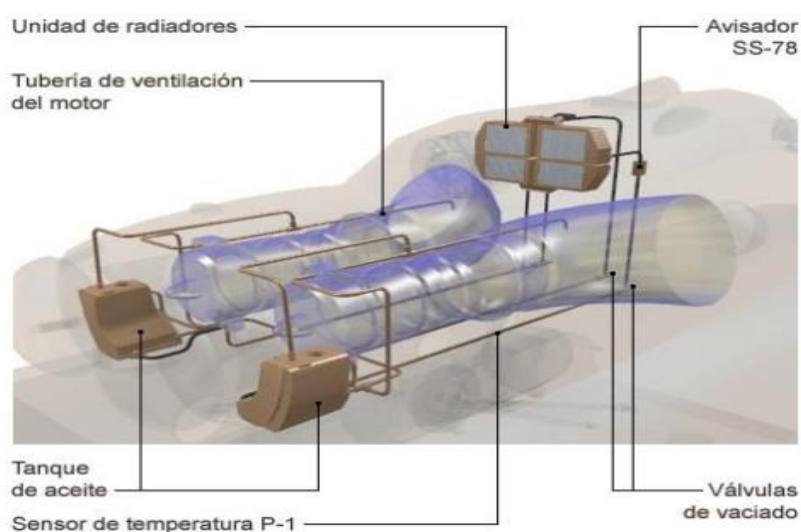
*Nota.* La figura indica los componentes y descripción de las líneas del sistema de combustible del motor. Tomado del manual de instrucción técnica del motor (TB3 117, pg. 43).

**Sistema de lubricación.** (Benavides, 2010, p. 227) Está diseñado para almacenar el aceite necesario para lubricar las partes internas móviles del motor evitando que exista fricción

entre el material, lubrica los cojinetes de los apoyos del motor y caja de accesorios, también limpia el sistema de las partículas de desgaste reteniéndolas en el filtro. El reservorio tiene una capacidad de 11 litros y en las cañerías 6 litros, el sistema es autónomo e independiente para cada motor, la circulación es por presión y para el enfriamiento el se utiliza el radiador de aceite.

### Figura 15

#### *Sistema de aceite*



*Nota.* La figura representa el circuito general del sistema de lubricación del motor. Tomado del manual de instrucción del motor (TB3 117, pg. 27)

**Sistema anti hielo.** Se emplea principalmente para prevenir la formación de hielo en la entrada de los motores, para el PZU y para la toma de aire caliente a los sistemas del helicóptero. El sistema de toma de aire caliente utiliza aire caliente extraído de la cámara de combustión. El aire calienta las superficies de cono, los bordes delanteros de los montantes horizontales del primer apoyo, álabes del compresor y de la entrada de conducto de aire del soplado del cartucho térmico de la bomba de control automático. (Benavides, 2010, p. 202)

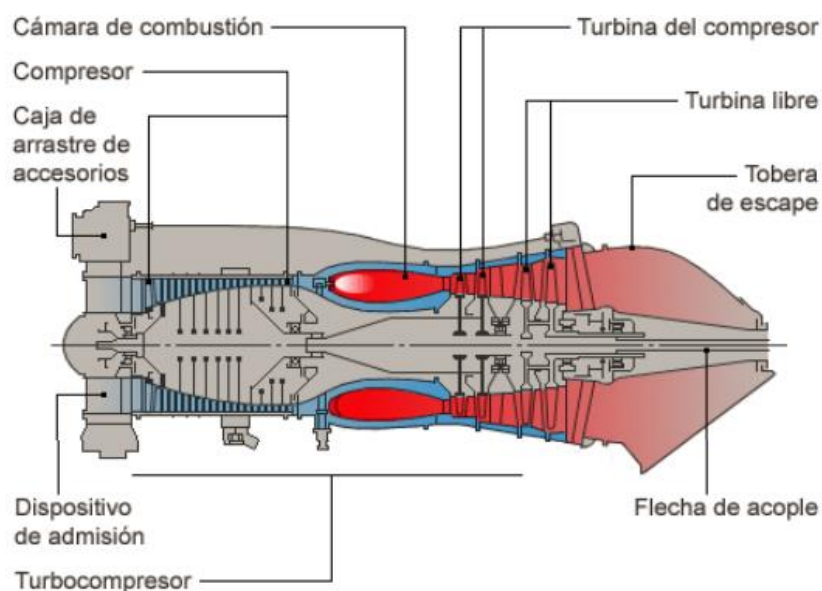
**Sistema de arranque.** El sistema está diseñado para girar el rotor del turbocompresor durante el arranque del motor en tierra o aire hasta que este alcance la frecuencia de rotación, después de alcanzar la autosostenibilidad el motor se deslinda del arrancador neumático y pasa hasta el modo de marcha lenta, también es usado durante el arranque falso y el giro en frío. El sistema de arranque incluye un motor pequeño de turbina AI-9B y el un arrancador neumático montado en la caja de accesorios del mismo motor.

### ***Principales conjuntos del motor***

El motor cuenta con los siguientes componentes principales: Compresores, TC turbina del compresor, KC cámara de combustión, TL turbina libre, tobera de escape y caja de accesorios.

### **Figura 16**

#### *Principales conjuntos del motor*



*Nota.* La figura representa el diagrama esquemático de los principales conjuntos del motor.

Tomado del manual de explotación técnica del motor TB3-117.

**Compresor.** Los compresores son los órganos encargados de comprimir el aire que pasa a través de ellos, son compresores de tipo axial conformado por 12 etapas siendo las cuatro primeras etapas de alanes guías que modifican la apertura de los alabes según la operación del motor.

**Cámara de combustión.** (Benavides, 2010, p. 215) La cámara de combustión es de tipo anular de flujo directo compuesto por dos bujías para la ignición, un tubo de llamas y un colector de combustible de dos canales con una rueda de inyección de 12 inyectores.

**Turbina del compresor.** (Benavides, 2010, p. 218) Es de tipo axial, reactiva de dos etapas, hace girar el rotor del compresor y los ejes de arrastre de los accesorios del motor. La turbina del compresor está formada por el rotor, estator, dos aparatos de tobera y un soporte de motor con cojinete de rodillos.

**Turbina libre.** (Benavides, 2010, p. 219) La turbina libre TL es de tipo axial con dos etapas generadoras de potencia que se transmite a la caja de transmisión principal para hacer girar el conjunto del mástil rotor principal, cola y los componentes de arrastre de la transmisión, también transmite el movimiento para el arrastre de los componentes adheridos en la transmisión principal.

**Tobera de escape.** Es la parte final del motor que se encarga de la expulsión de los gases al ambiente, la boca de la tobera de escape es tipo convergente y puede modificarse tanto a la izquierda o derecha.

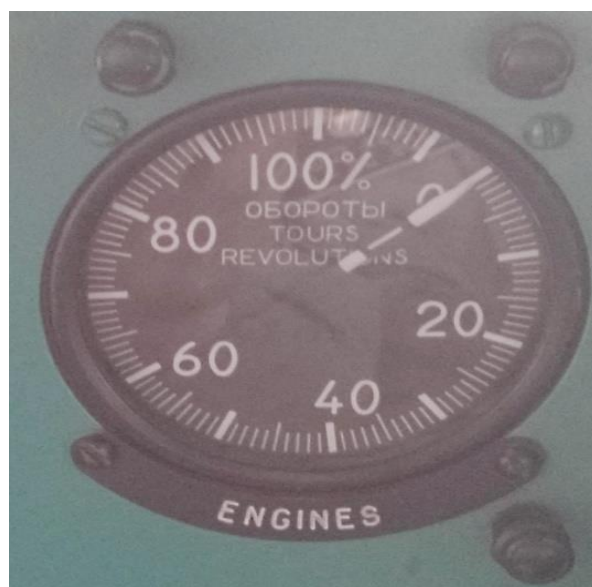
**Caja de arrastre de accesorios.** Se fija en la brida superior del primer soporte mediante espárragos, la caja de accesorios consiste en un sistema de piñones cónicos y cilíndricos, montados en cojinetes de bola, y adaptador de sujeción de dispositivos para garantizar el accionamiento del arrancador neumático, bomba de aceite y combustible, FCU y el sensor de frecuencia de RPM del turbocompresor.

### ***Instrumentos de control del motor***

Los instrumentos de control del motor dan una señal visual para indicar y monitorear el estado de los parámetros del motor, por lo tanto, mediante la indicación se puede verificar el funcionamiento del motor o en caso de exceder los parámetros se determinará una emergencia o falla del motor para su respectiva revisión. Los instrumentos de control son: Indicador tacométrico de R.P.M. NT3-2 (Turbo Compresor en %), indicador de Temperatura de los gases (turbo compres) 2YT-6K, indicador de presión de aceite del motor. YN3-3K, indicador de Temperatura de aceite salida del motor YN3-3K, indicador de regímenes del motor.

### **Figura 17**

*Indicadores del motor*



*Nota.* La figura representa el indicador de RPM del TK del motor en cabina. Tomado de la cabina del Helicóptero MI 171 E-484.

### ***Inspecciones para el motor TB3-117BM***

De acuerdo con la afirmación de (Rojas & Huamani, 2014) dice que la inspección es un conjunto de procedimientos que permiten examinar el componente de una aeronave o la

aeronave en general para establecer la conformidad del funcionamiento o mantenimiento realizado (p. 4) Las inspecciones del motor TB3 117 se las ejecutan de acuerdo al programa de mantenimiento del operador que este a su vez está basado en el manual de mantenimiento (AMM) del motor, en este caso el fabricante Motor Sich emite sus procedimientos para realizar un trabajo satisfactorio manteniendo la aeronavegabilidad del componente y la aeronave en sí.

### ***Frecuencia de mantenimiento***

El mantenimiento del motor se los realiza de acuerdo al manual de mantenimiento (AMM) que viene dado por la casa fabricante Motor Sich. En este caso las revisiones de mantenimiento del motor se las realizan de acuerdo a las inspecciones programadas y no programadas.

**Inspecciones programadas.** Son tareas de mantenimiento precisas que se realizan en el motor de acuerdo al tiempo de funcionamiento por horas o del tiempo calendario. Para lo cual se realiza inspecciones de 25, 50, 100, 200 y 300 horas de funcionamiento del motor.

**Inspecciones no programadas.** Son inspecciones de mantenimiento especiales que pueden ser eventuales e imprevistas. Por lo general son tareas de mantenimiento que se realizan cuando hay presencia de reportes.

### **Mantenimiento**

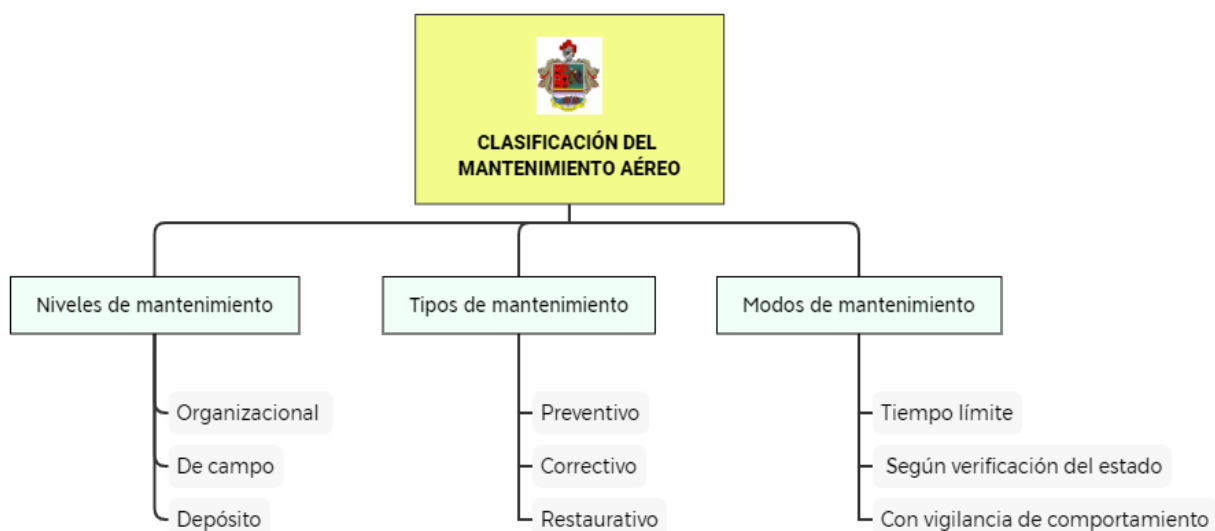
Desde el punto de vista de (Rojas & Huamani, 2014) afirma que el mantenimiento es la ejecución de los trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas: reacondicionamiento, inspección, reemplazo de piezas, rectificación de defectos e incorporación de una modificación o reparación. (p. 5)

En la Brigada de Aviación del Ejército se conoce la existencia de tres formas de mantenimiento.

- Mantenimiento organizacional
- Mantenimiento de campo
- Mantenimiento de depósito

**Figura 18**

*del mantenimiento aéreo*



*Nota.* La figura representa la clasificación del mantenimiento aéreo de la 15 BAE “PAQUISHA”.

Tomado del MGM (Comando de Educación y Doctrina del Ejército, 2013, p. 71).

### ***Niveles de mantenimiento***

**Mantenimiento organizacional.** Es el nivel de mantenimiento que dispone de ítems de inspección que se realizan muy a menudo y con mayor frecuencia como son las inspecciones de pre-flight y pos-flight.

**Mantenimiento de campo.** Es el mantenimiento enfocado a la reparación y prueba de piezas, conjuntos, subconjuntos y componentes inoperables de la aeronave.

**Mantenimiento de depósito.** Es el nivel de mantenimiento más completo y minucioso en donde se realizan reparaciones complicadas por lo general este mantenimiento se lo realiza en una casa reparadora o casa fabricante.

### ***Tipos de mantenimiento***

**Mantenimiento preventivo.** Según la afirmación de (AVIATION GROUP, 2022) Son tareas de mantenimiento que no exigen tareas de mantenimiento complicadas, se realiza con regularidad y sirven para mantener la aeronavegabilidad.

**Mantenimiento correctivo.** Según (AVIATION GROUP, 2022) indica que son tareas de mantenimiento que se ejecutan cuando se ha detectado el daño o la avería de algún componente en la aeronave, siendo estas reparaciones complejas debido a que afectan y ponen en peligro directamente la aeronavegabilidad de la aeronave.

**Mantenimiento restaurativo.** Son las acciones de mantenimiento que permiten devolver a servicio activo a un componente o aeronave sin realizar cambios.

### ***Modos de mantenimiento***

**Tiempo límite.** El mantenimiento con tiempo límite es cuando se realiza una inspección en los tiempos establecidos dentro del cual se cree que pueda existir una avería y estos pueden ser por tiempo calendario u horas de funcionamiento.

**Verificación del estado.** Es también conocido como mantenimiento On condition (por condición). Es el modo de mantenimiento que requiere inspecciones periódicas para comprobar y determinar la ausencia de alteraciones causadas por el uso que afecten su operabilidad y rendimiento.



**Vigilancia del comportamiento.** Es el mantenimiento que se realiza en dicho componente cuya avería no afecte a la aeronavegabilidad en donde el funcionamiento del elemento es supervisado constantemente.

### **Almacenamiento del motor TB3-117BM**

Para un buen almacenamiento del motor los sistemas de combustible y aceite deben estar completamente llenos y obligatoriamente preservados. Antes de almacenar los motores se debe realizar limpieza de las superficies eliminando la corrosión en caso que exista. Cabe recalcar que el plazo de almacenamiento del motor en el helicóptero o en el embalaje del proveedor depende de las condiciones climáticas y en caso de que se abra el motor el plazo de preservación se establecerá desde la fecha de apertura hasta los 12 meses.

### ***Almacenamiento del motor desmontado del helicóptero.***

Con el fin de asegurar el almacenamiento del motor se debe realizarse en el embalaje del proveedor o a su vez en las carretas de transportación tomando en cuenta que el plazo de almacenamiento del motor depende del embalaje y de las condiciones climáticas. Se embala al motor en una funda de plástico o con una funda de tela sellándolo de forma herméticamente, previamente realizando los siguientes trabajos antes de sellar el motor:

- Limpieza de las superficies
- Tapar las tuberías con tapones ciegos o de plástico
- Tapar los canales de aire y eléctricos
- Preservación en todas las condiciones

Mientras dure el almacenamiento del motor se debe comprobar periódicamente la humedad del aire en la funda hermética observando el indicador de humedad, la integridad del embalaje y el lugar del almacenamiento.

**Figura 19***Almacenamiento del motor TB3-117BM*

*Nota.* La presente grafica representa el almacenamiento de los motores TB3-117BM disponibles de la Brigada Aérea en sus respectivos contenedores. Tomado de los hangares de mantenimiento pertenecientes a la 15 B.A.E “PAQUISHA” (2023).

**Almacenamiento del motor desmontado hasta  $30 \pm 5$  días.** Este almacenamiento es temporal y solo se recomienda preservar el sistema de combustible o en caso que no se pueda realizar la preservación del sistema de combustible simplemente se admite el sistema lleno de combustible colocando un tapón hermético en la bomba centrífuga una vez que se desacople la tubería de suministro de combustible.

**Almacenamiento del motor desmontado hasta  $6 \pm 1$  meses.** Cuando se requiera almacenar el motor removido del helicóptero hasta 6 meses es necesario preservar los sistemas de combustible y aceite ejecutando los trabajos anteriormente descritos para luego embalar el motor en una funda plástica o de tela. Una vez ya almacenado el motor se debe

verificar visualmente el estado del almacenamiento una vez cada mes eliminando los desperfectos encontrados.

**Almacenamiento del motor desmontado hasta 12 ± 1 meses.** El motor desmontado para 12 meses de almacenamiento es indispensable la preservación del sistema de aceite y combustible ejecutando los trabajos indicados anteriormente, se embala el motor en la funda de plástico o tela colocando el silicagel-secador y el indicador de temperatura para sellarlo herméticamente en la funda. Se debe inspeccionar el estado del motor una vez cada tres meses.

### ***Control del motor almacenado***

El control del estado del motor se lo debe realizar periódicamente una vez cada seis meses en los depósitos de almacenamiento y una vez cada tres meses en las áreas de almacenamiento, a su vez se inspecciona el contenedor verificando que no haya grietas, agujeros, ni que exista suciedad y deterioro en las superficies de la tapa y por medio de la ventanilla de inspección se verifica el color del silicagel y el indicador de humedad. El color del indicador de humedad tiene un color azul o celeste según la escala de colores del indicador a la humedad debajo de la funda igual a no mayor del 50%. A demás se inspecciona la hermeticidad de la funda plástica (que tenga buena adherencia al motor, que no tenga rayones, agujeros y cortes).

**Figura 20**

*Ventana de inspección de almacenamiento del motor*

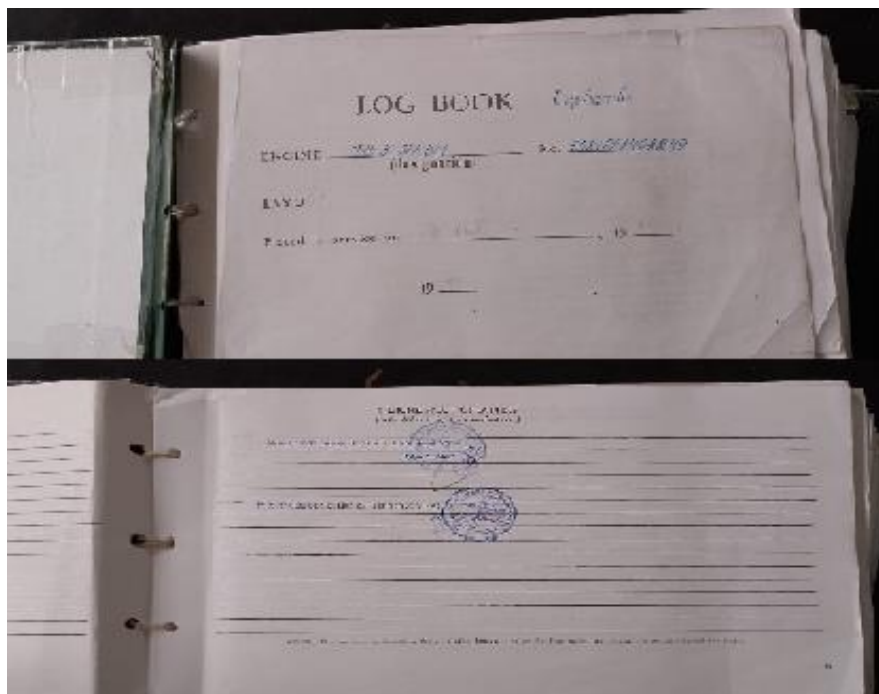


*Nota.* La figura representa el modo de inspección en donde se puede observar la humedad relativa dentro del contenedor mediante el indicador de humedad. Tomado de las áreas de depósito para el almacenamiento pertenecientes a la 15 B.A.E “PAQUISHA” (2023).

En caso de que exista humedad superior al 50% y el silicagel del indicador se torna de color rosado o rosado violeta hay que comprobar la integridad de la funda plástica, repararla si es necesario, cambiar de silicagel y el indicador de humedad del motor. Después de cada inspección se debe registrar en el formulario del motor con la fecha de inspección, el estado de la funda y el color del silicagel del indicador de humedad.

## Figura 21

### Registros de preservación



*Nota.* La figura representa los formularios del motor en donde se especifica las condiciones de preservación del almacenaje del motor. Tomado del Look Book del motor TB3-117BM (2023).

**Condiciones de los depósitos de almacenamiento.** Los depósitos o áreas de almacenamiento deben facilitar las condiciones como una buena ventilación ya sea natural o artificial, la humedad relativa de los depósitos debe ser entre +10 y +35°C. Deben ser sectores secos no inundables por agua, limpios y libre de vegetación y por ultimo las áreas de almacenamiento deben limpiarse periódicamente.

## Capítulo III

### Desarrollo del tema

#### Introducción

En el presente capítulo se detallan los procedimientos a seguir para el desmontaje, preservación y almacenaje del motor TB3-117BM correspondiente al helicóptero M.I 171 perteneciente al Grupo de Aviación del Ejército N.- 45" PICHINCHA" de la brigada de Aviación del Ejército. Los procedimientos a detallar son en base al manual de mantenimiento (AMM) emitido por la casa fabricante Motor Sich, en donde se aplica la carta tecnológica No. 403 correspondiente al desmontaje del motor. Como parte de los procedimientos descritos en la carta de trabajo de los requerimientos técnicos de la tarea de mantenimiento a ejecutarse en el motor hace referencia al control exhaustivo de los tiempos y condiciones de almacenaje, así como también la correcta preservación y almacenaje del motor en su contenedor de transportación después de haber sido removido del helicóptero, por lo tanto, es necesario la implementación de los dispositivos para el embalaje y almacenaje del motor con la finalidad de garantizar la integridad interna y externa del motor para su posterior explotación.

#### Seguridad para realizar el mantenimiento

La seguridad es importante en todo trabajo de mantenimiento, para lo cual es necesario tomar en cuenta las medidas de seguridad antes de realizar el mantenimiento con el fin de evitar o a su vez reducir los incidentes y por lo general se pretende evitar o minimizar los accidentes que puedan producirse mientras se ejecuta el proceso de desmontaje del motor.

A demás de adoptar las medidas de seguridad personal, se debe también brindar seguridad al área de trabajo, por lo siguiente se debe tomar en cuenta los procedimientos normales (P.O.N) 15 BAE "PAQUISHA" las cuales se mencionan a continuación.

- Utilizar equipo de protección personal.

- Verificar que el personal tenga la habilitación para ejercer los trabajos de mantenimiento.
- Aplicar los procedimientos del AMM
- Interpretación correcta del manual técnico.
- Utilización adecuada de las herramientas.
- Documentación técnica actualizada.
- Delimitación del área de trabajo.
- Iluminación del área de trabajo

### **Desmontaje del motor TB3 117BM**

Para realizar el proceso del desmontaje del motor primeramente se toma en consideración las medidas de seguridad y se verifica los procedimientos normales a seguir antes, durante y después de la tarea de mantenimiento como obligación para todos los técnicos involucrados en el trabajo, por consiguiente, se verifica que la documentación técnica sea la respectiva a aplicarse y el lugar de trabajo este en óptimas condiciones.

En la documentación técnica se verifica que estén actualizados los libros del motor, que exista la O.T orden de trabajo para el empleo técnico, uso de manuales actualizados, listado de herramienta normales y especiales, personal técnico necesario, material fungible, etc. Mientras que en el área de trabajo se delimita la aeronave, se coloca la señalética del trabajo a realizarse manteniendo el lugar siempre libre de suciedad. Una vez ya verificado que todo esté en orden se procede con la aplicación de la carta tecnológica No. 403 correspondiente al desmontaje del motor en donde indica realizar el desmontaje del motor conforme al MET del helicóptero tomando en cuenta los requerimientos expuestos en la presente carta tecnológica, ver anexo A.

**Tabla 6***Lista de herramientas y material consumible*

<b>HERRAMIENTAS Y DISPOSITIVOS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llaves abiertas:</li> </ul>	8 x 10  10 x 12  14 x 17  24 x 27
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destornilladores planos</li> <li>• Alicates combinados</li> <li>• Martillo de goma</li> <li>• Punzón</li> <li>• Dispositivo de elevación del motor</li> <li>• Mecanismo de elevación con capacidad de carga de 600 kg mínimo</li> </ul>	
<b>MATERIAL CONSUMIBLE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tela pañal</li> <li>• Fundas plásticas</li> <li>• Papel industrial</li> <li>• Tapones ciegos</li> </ul>	

*Nota.* La tabla representa la lista de herramientas, dispositivos y material consumible a ser utilizado en la aplicación del desmontaje del motor. Recuperado del AMM del motor TB3-117BM.



## Figura 22

### *Operaciones preliminares*



*Nota.* La figura representa los trabajos previos a realizarse antes de empezar con la tarea, se verifica la herramienta a utilizarse, documentación técnica aplicable al motor, insumos necesarios y delimitación del área de trabajo.

### **Procedimiento**

#### ***Retirar la boca del tubo de escape del motor***

Para ejecutar este procedimiento se desbloquea y desenrosca con una llave de boca número 10 los pernos de apriete de la abrazadera por igual en ambos lados hasta que quede libre, luego se remueve las partes de las abrazaderas hacia un solo sentido bien sea hacia adelante del motor o hacia atrás, se remueve la tobera de escape sosteniéndola firmemente con las dos manos realizando un ligero movimiento sin dejar caer al piso la tobera, se retira el cordón de empaquetadura de la unión de la tobera de escape con el motor y se coloca nuevamente la abrazadera de apriete en la brida de la tobera de escape.

**Figura 23**

*Remoción de la boca del tubo de escape del motor*



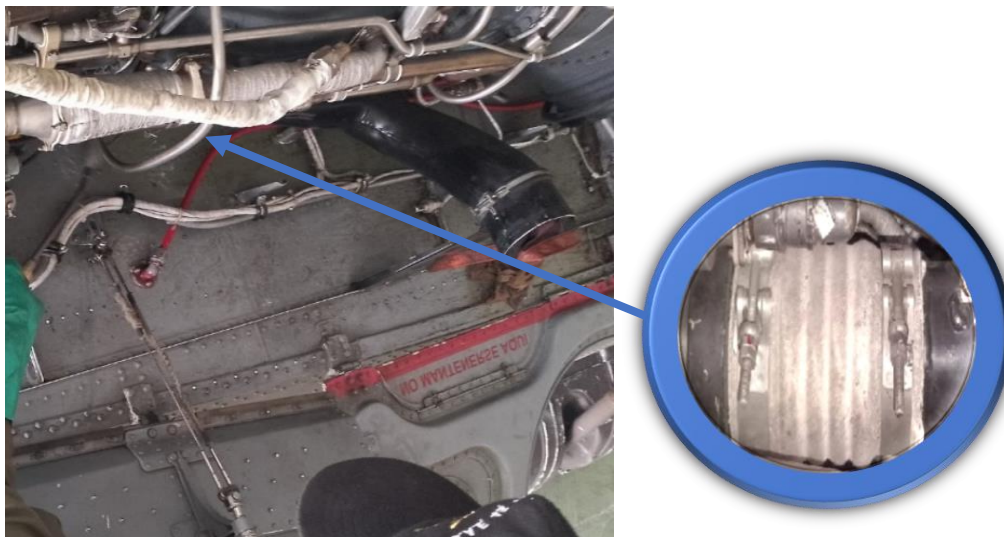
*Nota.* La figura representa la remoción de la tobera de salida de los gases del motor número 1.

***Desconectar las mangas flexibles de las cubiertas de evacuación de aire de las válvulas de descarga de aire***

Se identifica los puntos de apriete de las abrazaderas de las mangas flexibles se retira el seguro y se afloja los pernos tipo mariposa a pulso, se retira las abrazaderas de los dos extremos de las mangas flexibles para poder liberar el tubo de salida de aire de las dos válvulas de descarga del motor. Con los extremos libres del tubo de descarga de aire y con la ayuda de las llaves número 8 se remueve el tubo de evacuación de aire desenroscando la abrazadera y el soporte que fija a la célula del helicóptero, se retira el tubo y se señala ya que es parte de la célula del helicóptero.

**Figura 24**

*Desconexión de las mangas de evacuación de aire de las válvulas de descarga*



*Nota.* La figura representa la remoción de las mangas flexibles y el tubo de evacuación de aire de la válvula de descarga.

***Retirar el soporte con el detector de vibraciones***

Al realizar el procedimiento es necesario la aplicación de una llave abierta número 17 y un disfenoido, se desbloquea la tuerca y desenrosca el perno que sujeta al soporte y sensor de vibraciones en la brida delantera del motor tomando en cuenta de no forzar el cableado eléctrico al momento de aflojar la tuerca, se retira el detector de vibraciones de la brida delantera del motor y se vuelve a apretar la tuerca del sensor conjuntamente con el soporte ya que este dispositivo se queda en la célula como parte del helicóptero.

## Figura 25

### *Remoción del detector de vibraciones*



*Nota.* La figura representa la remoción del detector de vibraciones de la brida delantera del motor izquierdo.

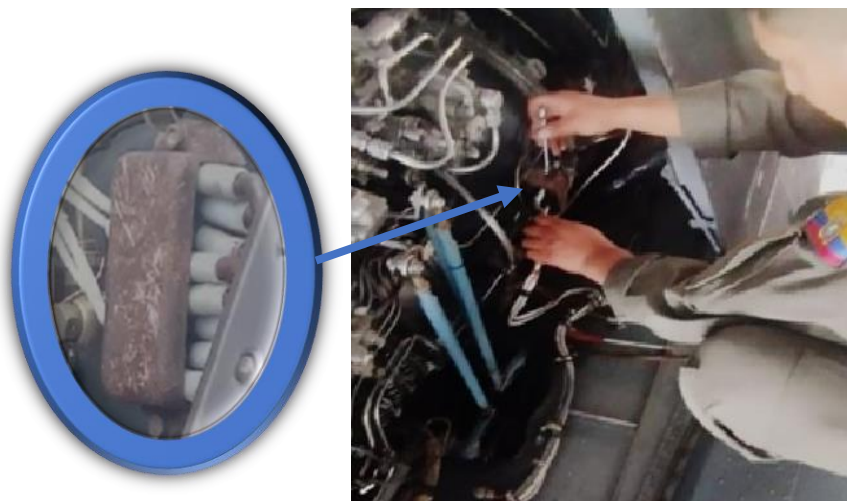
### ***Retirar el conducto de aire de suministro para el cartucho.***

Primeramente, se desbloquea y se destornilla los cuatro pernos, se retiran las piezas de fijación con las arandelas, los conjuntos del conducto de aire. Para que el desmontaje sea más cómodo se puede girar el cuerpo del cartucho térmico, aflojando la tuerca de sujeción del cuerpo del cartucho térmico neutralizando el cuerpo con una llave evitando su movimiento.

### ***Desconectar el motor***

Se procede a desbloquear y desconectar el motor de las siguientes conexiones:

**Zapata K-82 de las termocuplas.** Se retira la tapa protectora y se desconecta el cableado eléctrico de la caja de las termocuplas tomando en cuenta que el conjunto de cables va en puntos diferentes por lo que es necesario señalar los cables al momento de ser retirados.

**Figura 26***Desconexión de la Zapata K-82*

*Nota.* La figura representa la desconexión de la zapata K-82 del arnés de las 14 termocuplas que se encuentran alrededor de la salida de la cámara de combustión.

**Palancas de mando del motor.** Las palancas de mando del motor corresponden a la palanca de mando de frecuencia de rotación del rotor del turbocompresor; palanca de la llave de corte de la bomba de control automático y palanca de mando de la frecuencia de rotación de la turbina libre, las palancas van conectadas por medio de cables y varillajes desde la cabina de pilotos hasta la plataforma del motor en donde se conectan a la unidad de control de combustible. El varillaje se desacopla retirando el pasador y aflojando las tuercas correspondientes de cada palanca dejando libre las palancas. Antes de retirar los pernos se toma en cuenta de no mezclar los topes y arandelas de cada una de estas palancas, una vez desconectadas las palancas de la FCU se coloca los topes, pernos y arandelas en las mismas palancas.

**Figura 27**

*Desconexión de las palancas de mando del motor*



*Nota.* La figura representa la desconexión del varillaje de las palancas de mando (aceleración, corte y frecuencia de rotación de la turbina libre) del motor.

**Desconexión de empalmes SR y SFR.** Se desconecta los plugs de los sensores de frecuencia de rotación de la turbina libre DTA-M y del sensor de la frecuencia de rotación del rotor del turbocompresor D9V-2500.

**Desconexión de tuberías.** Se desbloque y se desenrosca las tuberías de: de evacuación de aire caliente para las necesidades del helicóptero, tubería de evacuación del combustible de la brida, tubería de drenaje, tubería de suministro de aceite del tanque de aceite de la boquilla de la unidad de aceite, tubería de evacuación de aceite en el radiador de aceite de la boquilla de la unidad de aceite y la tubería de evacuación de aceite en el tanque de aceite, tuberías del sistema de sincronización de las boquillas de la bomba de control automático del motor y la manguera de evacuación de aceite al tanque de aceite. Al realizar el proceso de desconexión de todas las tuberías hay que tomar en cuenta que en las boquillas abiertas se debe colocar los tapones ciegos para evitar que ingresen objetos extraños al interior



de las mismas. Como nota importante antes de la remoción y desconexión de las cañerías de aceite primero se debe retirar todo el aceite existente en el reservorio y cañerías que van hacia el radiador.

### Figura 28

*Drene de aceite del motor*



*Nota.* La figura representa el drene del reservorio de aceite para la desconexión de las cañerías del sistema del helicóptero.

**Desconectar la tapa de la esfera.** Para este procedimiento se requiera de una linterna, defrenoides y una llave abierta número 12, para la ejecución del trabajo se requiere buscar la posición adecuada debido al difícil acceso que presenta, se retira los seguros de las tuercas y se desenrosca las tuercas, en total son 12 pernos que aseguran el cuerpo de la esfera que une el motor a la transmisión principal.

## Figura 29

### Desconexión de la tapa de la esfera



*Nota.* La figura representa la liberación de la tapa de la esfera mediante la extracción de los 12 pernos que la sujetan.

**Desconectar de la brida delantera del motor las cuatro tracciones delanteras.** Para este procedimiento se requieren de dos llaves número 12, para mayor facilidad se desconecta la tracción pequeña exterior. Primeramente, se retira el seguro del pasador para luego retirar la tuerca del perno, para la extracción del perno pasador se requiere de unos golpes suaves hasta que salga el pasador o a su vez se lo extra por medio del punzón. Una vez libre el montante se procede a realizar la misma operación en los otros tres montantes restantes con la diferencia que se facilita la extracción de los pernos debido a que se puede realizar pequeños movimientos del motor para facilitar la extracción. Cabe recalcar que antes de retirar los pernos pasadores el motor debe ya estar instalado en el dispositivo elevador para lo cual se conecta los cables a los dos lados de los orificios de la brida delantera del motor y en la parte posterior



se engancha el cable mediante un pasador en la oreja del cuerpo del conjunto de tobera de la turbina. Se verifica que este bien asegurados para proceder a tensionar el motor.

### Figura 30

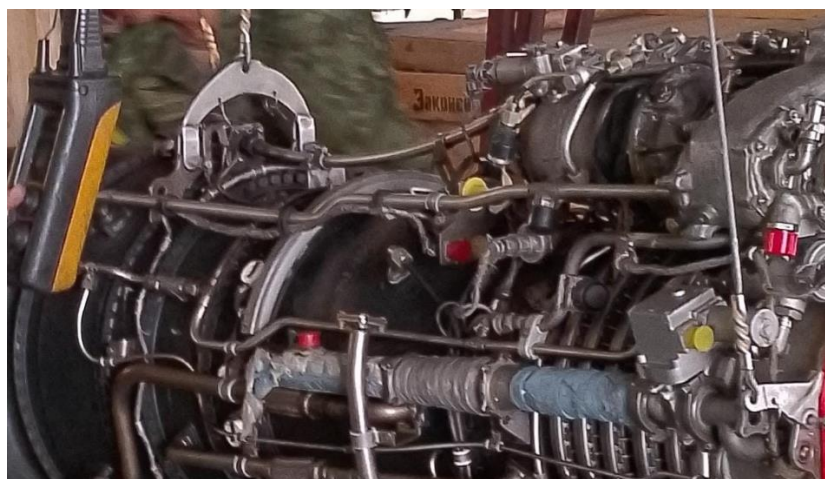
*Remoción de las tracciones del motor*



*Nota.* La figura representa el punto para la desconexión de las tracciones que soportan al motor

### Figura 31

*Puntos de conexión del dispositivo de izado del motor*



*Nota.* La figura representa los puntos de sujeción delantera y posterior para el izado del motor.

**Desempalmar el motor con el reductor principal.** Como parte final del proceso de desmontaje del motor se realiza un movimiento leve hacia adelante con el motor suspendido hasta que el eje de la turbina se desenganche del reductor de la transmisión principal. El movimiento a realizarse es mínimo y cauteloso ya que podría golpear algún elemento del motor, se verifica que los accesorios del motor no se queden enganchados con el fuselaje al momento de retirar el motor de su alojamiento, una vez ya retirado del alojamiento se levanta un poco más el motor con el tecele para evitar contacto con la plataforma del motor y se procede a bajar el motor hacia el carro transportador.

### **Figura 32**

*Desempalme del motor con el reductor principal*



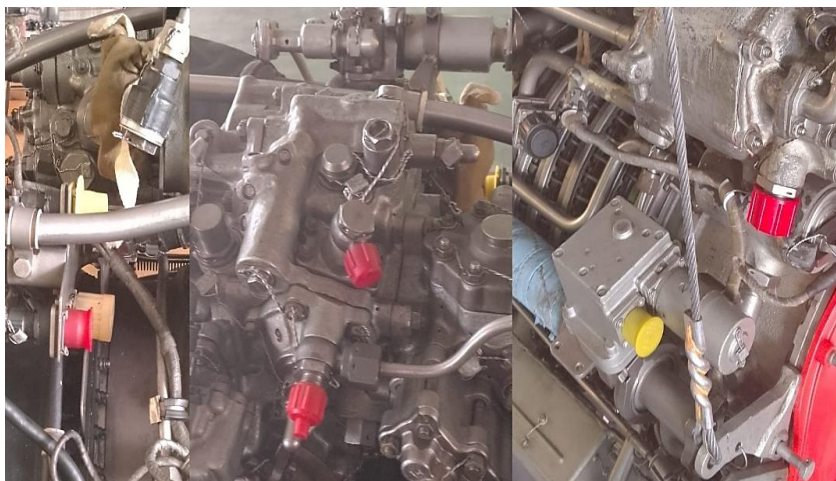
*Nota.* En la figura se representa la bajada del motor después del desempalme con el reductor principal para ser montado en el coche transportador.

### ***Después del desmontaje***

Se desinstala los cuerpos de la esfera del cono de fuerza que es parte de la transmisión principal del helicóptero., se retira los sensores del medidor de la frecuencia de rotación del rotor del turbocompresor, de presión de aceite desconectando de antemano los empalmes y se coloca en su sitio el imitador y el tapón ciego. También se coloca los tapones ciegos en la entrada y salida del motor y en las válvulas de descarga, así mismo las cintas de protección en el arrancador neumático retiradas durante la instalación del motor en el helicóptero, se retira las tuberías del colector contra incendios sin admitir las abolladuras y arañazos provocados por la llave en los cuerpos y tuberías del motor.

### **Figura 33**

#### *Instalación de tapones de protección*



*Nota.* La figura representa la instalación de los tapones de protección de las líneas de aceite, aire, combustible y eléctricos.

**Realizar la conservación exterior del motor.** Para esta tarea se debe tomar en cuenta la siguiente consideración: se realiza la conservación exterior a la temperatura del motor igual a la temperatura del medio ambiente, pero no inferior a +10°C. Por lo tanto, se traslada al motor a una zona seca y segura para continuar con el procedimiento de conservación exterior, con tela

pañal remojada en combustible se remueve la suciedad de todo el motor, se quita la corrosión en caso que exista y posterior a eso se pulveriza con aire comprimido y JP1. Se seca las superficies del motor y sus grupos, una vez ya seco en su totalidad se procede a lubricar con grasa anticorrosiva o aceite de preservación verificando que no exista penetración del lubricante a los sócalos del cableado eléctrico. Este procedimiento se lo realiza con un pincel o a su vez se lo recubre con una capa fina de aceite pulverizado.

### **Figura 34**

*Limpieza exterior del motor*



*Nota.* La figura representa la limpieza exterior del motor, se remueve la suciedad con una brocha, tela pañal húmeda y JP1.



## Figura 35

### *Preservación exterior del motor*



*Nota.* La figura representa la preservación exterior del motor, se la realiza cubriendo con una capa de aceite preservante pulverizado en todo el motor.

**Conservación interna del motor.** La conservación interna del motor se la realiza para la protección contra la corrosión, la conservación interna es realizada mediante una maquina especial que envía el líquido preservante a presión de 0.8-1 kgs/cm<sup>2</sup> hacia el interior del motor mediante una cañería conectada en la boquilla de conservación por medio de la caja de engranajes, el aceite preservante recorrerá todo el sistema de combustible, se evacua el combustible por medio de la manguera de sangrado instalada en la FCU hasta la aparición del aceite preservante y a medida que se introduce el aceite preservante se va rotando el conjunto del turbocompresor por medio de una palanca especial que permite rotar los compresores, el procedimiento de rotación de compresores se lo hace con la finalidad que los rodamientos internos del motor queden bien lubricados y preservados. El aceite preservante que se utiliza es el Aeroshell Turbine OIL 3SP.

**Figura 36***Preservación interna del motor*

*Nota.* La presente figura representa la preservación del sistema de combustible por medio de la maquina especial que envía presión de aceite preservante hacia la boquilla de conservación.

***Emballar el motor***

Como parte final del procedimiento del almacenaje del motor se aplica las reglas de almacenamiento en donde nos indica que antes de poner el motor en almacenamiento se debe ejecutar la limpieza de sus superficies quitando la corrosión encontrada para proceder a guardarse en los depósitos de almacenamiento o para ser enviados a reparación deben ser protegidos contra la humedad, polvo y otras sustancias agresivas del medio ambiente las que son causantes de corrosión. Por ende, para un buen almacenamiento del motor los sistemas de combustible y aceite deben estar completamente llenos y obligatoriamente preservados para lo

cual se aplican los procedimientos descritos anteriormente en la preservación externa e interna del motor.

Una vez que el motor este limpio y preservado se prepara el contenedor en donde se va almacenar el motor, se verifica su estado que no esté abierto o roto, se limpia el interior y exterior del contenedor en caso de presentar suciedad, se prepara la funda plástica situando en el soporte del motor del contenedor poniendo de una hasta tres capas de papel parafinado en su interior y se verifica que los pernos estén correctamente asegurados.

### **Figura 37**

*Preparación del contenedor de almacenamiento del motor*



*Nota.* La figura representa la preparación del contenedor para el almacenamiento del motor, en donde se puede ver la colocación de la funda plástica para su posterior embalaje.

Se acopla el dispositivo para izar el motor del coche transportador en ambos lados de la brida delantera y en las orejetas de la cuarta etapa de la turbina, se levanta el motor cuidadosamente y se coloca en la posición del soporte del contenedor. Cuando el motor esta sobre el soporte del contenedor se procede a bajar el motor lentamente sobre el montante haciendo coincidir los orificios en los apoyos de los muñones con los del soporte del montante.

### **Figura 38**

*Instalación del motor en el soporte del contenedor*



*Nota.* La figura representa el proceso de instalación del motor en la base del contenedor para su almacenaje.

Se colocan los pernos en los orificios de la brida posterior con arandelas de retención, se enroscan y se aprietan uniformemente las tuercas, en la parte delantera se acoplan los muñones laterales del soporte por medio de unos pernos pasadores se enroscan y se aprietan, sea copla la suspensión delantera a la brida inferior delantera del motor con pernos pasadores, arandelas y tuercas.



**Figura 39**

*Aseguramiento del motor en el soporte del contenedor*



*Nota.* La figura representa la instalación del motor en el soporte del contenedor, se asegura el motor en el frente a los dos lados de la brida delantera y en la parte posterior en la campana de transmisión.

Cuando el motor ya este asegurado al soporte del contenedor se coloca papel parafinado de dos o tres capas por encima del motor, bolsas de silicagel y una tarjeta de identificación del motor. Para la soldadura de las costuras de la funda de plástico se emplea el dispositivo calentador implementado, la maquina selladora de plástico FRE-600.

## Figura 40

### *Preparación del motor para su posterior sellado*



*Nota.* La figura representa la colocación del papel parafinado, bolsas de silicagel e indicador de humedad sobre el motor antes de ser sellado.

El procedimiento para la soldadura de la funda plástica se lo realiza de forma longitudinal a una temperatura de 110°C-120°C por un tiempo estimado de 2.2 segundos, la funda plástica debe estar completamente estirada evitando la formación de pliegues y arrugas, con la maquina selladora de plástico se va pegando a lo largo de la abertura, cuando se coloca el plástico en la banda de sellado se presiona el pedal para que se junten las dos cintas sellando el plástico, la maquina selladora indica mediante una luz cuando el plástico este sellado para soltar el pedal dejando libre las bandas de pegado y así se repite el procedimiento hasta que esté cerrada completamente dejando un oricio pequeño para la boquilla de aspiración.

Una vez terminada la soldadura se debe extraer el aire de la funda por medio de su boquilla mediante una aspiradora hasta que la funda se pegue completamente al motor, se retira la boquilla de aspiración y sin dejar que el aire ingrese nuevamente al interior del plástico

se procede a sellar el orificio de aspiración dejando a la funda plástica completamente sellada. Se asegura el embalaje mediante un amarre con un cordón o piola asegurando el plástico al motor para evitar roses o perforaciones con la tapa del contenedor.

#### **Figura 41**

*Soldadura y aspiración de la funda de almacenaje del motor*



*Nota.* La figura representa la aspiración del aire por el orificio dejado anteriormente de la funda de embalaje del motor con la finalidad de embalarle al vacío.

Una vez que ya está listo el embalaje del motor se coloca la tapa del contenedor con su identificación en donde es visible el número de serie del motor, su tiempo límite de vida, tiempo entre overhaul, tiempo desde nuevo y el motivo por el cual fue removido. Posteriormente se lleva al área de almacenamiento, y como parte final se llena los formularios del motor dando por concluida la tarea de mantenimiento

## Figura 42

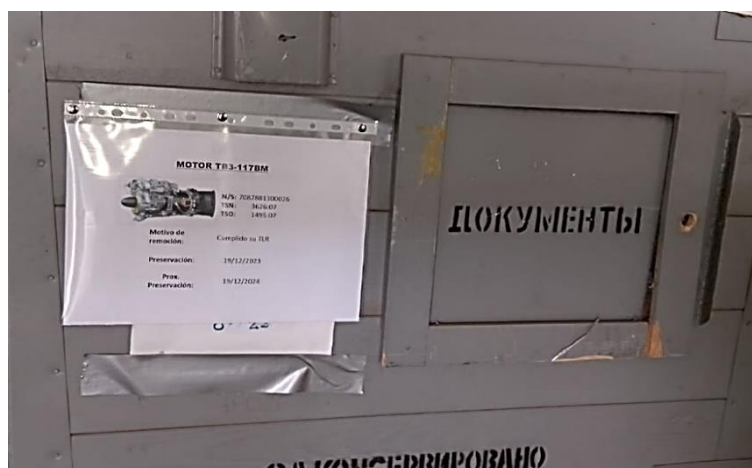
### Sellado del contenedor de almacenaje



*Nota.* La figura representa el sellado del contenedor del motor, se asegura con un perno en cada esquina de la tapa del contenedor apretando y asegurando.

## Figura 43

### Identificación del contenedor de almacenaje



*Nota.* La figura representa la identificación del contenedor del motor una vez terminado su embalaje para su almacenamiento.

## Capítulo IV

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

- La información técnica aplicable al motor TB3-117 BM recopilada permite a los técnicos motoristas encargados realizar una correcta aplicación y familiarización de los procedimientos descritos en la carta de trabajo, con esta información previa obtenida se facilita y asegura una buena ejecución de la tarea de mantenimiento ya que nos permite realizar la tarea de mantenimiento de una forma segura y eficiente minimizando riesgos y sobre todo asegurando el rendimiento y la vida útil del motor.
- Al realizar la verificación de las herramientas y equipo necesarios para el desmontaje y almacenamiento del motor se concluye que la sección de mantenimiento de motores TB3-117 BM no cuenta con los equipos y dispositivos adecuados para el almacenamiento del motor, pero si cuenta con la herramienta primordial para la ejecución de la tarea de mantenimiento de acuerdo con la información técnica del AMM aplicable al motor
- La implementación del dispositivo para el embalaje del motor de acuerdo con las especificaciones de la carta tecnológica para el almacenamiento del motor fue un éxito ya que se obtuvo un sellado hermético de la funda de embalaje permitiendo un almacenaje correcto y prolongado del motor.
- Los procedimientos para el desmontaje, preservación y almacenamiento del motor descritos en el AMM permitieron realizar la tarea de mantenimiento de una forma fácil y segura. A demás permite la familiarización garantizando y generando conocimientos para futuras aplicaciones de los procedimientos de esta carta tecnológica.

## Recomendaciones

- Para realizar la tarea de mantenimiento se debe tener presente el AMM actualizado, herramientas comunes y especiales, dispositivos y materiales necesarios para facilitar y realizar el mantenimiento acorde a las especificaciones del fabricante y del operador.
- El operador debe Ejecutar las tareas de mantenimiento del motor ya sean éstas programadas y no programadas de acuerdo a los procedimientos descritos en el AMM, cumpliendo estrictamente con las indicaciones para su correcto mantenimiento y explotación.
- Los técnicos de mantenimiento deben guiarse y seguir estrictamente los procedimientos descritos en el AMM al momento de realizar cualquier tarea mantenimiento adoptando la seguridad del caso con la finalidad de evitar cometer fallas que puede comprometer a la seguridad de los componentes del motor y la aeronave en general.
- En lo posible el taller de mantenimiento de motores debe gestionar para la implementación e innovación de las herramientas y dispositivos que se requieren para ejecutar estas tareas de mantenimiento debido a que por el uso algunos de estos se encuentran fuera de servicio.

## Bibliografía

AVIATION GROUP. (2022, octubre 11). Tipos de mantenimiento de una aeronave. *Aviation Group*.

<https://www.aviationgroup.es/actualidad/tipos-mantenimiento-aeronave/>

Benavides, M. (2010). *352758966-MANUAL-DE-INSTRUCCION-MI-17-pdf.pdf*.

BORJA, G. B. (2018). *Motores de reacción y turbinas de gas. 2.ª edición*. Ediciones Paraninfo, S.A.

Comando de Educación y Doctrina del Ejército. (2013). *M.G.M.docx*.

de Antonio, A. R., & Domínguez, M. M. (2015). *MOTORES DE COMBUSTION INTERNA*. 511.

Dto. de Doctrina. (2011, agosto). *Historia y Tradiciones Ejército Ecuatoriano*.

[https://www.cehist.mil.ec/index.php?option=com\\_jomclassifieds&view=advert&id=14:historia-y-tradiciones-ejército-ecuatoriano](https://www.cehist.mil.ec/index.php?option=com_jomclassifieds&view=advert&id=14:historia-y-tradiciones-ejército-ecuatoriano)

Ecuatoriano, E. (2020, mayo 25). *Aviación del Ejército*. Ejército Ecuatoriano.

<https://ejercitoecuadoriano.mil.ec/institucion/fftt/sistema-de-armas/aviacion-del-ejercito>

Ejército EC. (2020, marzo 12). *Elementos filtrados por fecha: Jueves, 12 Marzo 2020 - Ejército*

*Ecuatoriano*. <https://ejercitoecuadoriano.mil.ec/component/k2/fecha/2020/3/13>

Gomez Serrano, G. M. G., & Torres Mateus, C. J. T. (s. f.). *Análisis Termogasdinámico de un Motor a Reacción Turbohélice de Bajo Flujo Mássico para el uso en UAVs de Hasta Cinco Metros de Envergadura*.

Heywood, J. B. (1988). *Internal combustion engine fundamentals*. McGraw-Hill.

José, R. D. A. A., & Marta, M. D. (2015). *MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA*. Editorial UNED.

*Makila, the highest-performing and most reliable helicopter engine in its category*. (s. f.). Safran.

Recuperado 8 de diciembre de 2023, de <https://www.safran-group.com/products-services/makila-highest-performing-and-most-reliable-helicopter-engine-its-category>

Mattingly, J. D. (2006). *Elements of Propulsion-Gas Turbines And Rockets.pdf*.

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/49922876/Mattingly\\_J.D.\\_Elements\\_of\\_Propulsion-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/49922876/Mattingly_J.D._Elements_of_Propulsion-)

\_Gas\_Turbines\_And\_Rockets.pdf?1477609824=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DElements\_of\_Propulsion\_Gas\_Turbines\_and.pdf&Expires=1701959085&Signature=J-7~ZPrvsbUivfu3hSaJ7KF5wJzE6qJCbMxL69TDy4kMpbA3bFJKtr8hfyA4~77ZbvCOxRpBLUnSLE32W43wntKVwdxZ-hXcCDFn0jJ-Ol6QEI~jgYAlx5uKSwc3pmgPMzOZID95TKPwf8z3TtKvjfOOi83jXgXVjB8Fsn5dviEBI3YnBoS9zjXdAOAvX46U15fmnncx5Oq8WZsq9TyWF16X2asC4E0pVtj236IV0N5pyKIWEMxm999K8M6qzW297J1-Kis5CzuGe84ZcmtBvzKmXqAdTmqCVN3Jng1YloO-3AHkfv3oeLpKUU5GNQ6psQ5uyIGEigz0N36fc6QBMQ\_\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Oñate, A. E. (1997). *Oñate-Conocimientos-Del-Avion.pdf*.

Rivas, A. G. (2003). *MOTORES DE TURBINA DE GAS*.

Rojas, H., & Huamani, W. (2014). *Rap 43 de control de calidad | PDF*.

<https://es.slideshare.net/jhonwilliamh1/rap-43-de-control-de-calidad>

Sáinz Díez, Valentín. (2004). *El motor de reacción y sus sistemas auxiliares* (8a. ed., 2a. reimp). Thomson-Paraninfo.

Soler Arnedo, M. (2022, octubre 30). *6.3.1: Turborreactores*. LibreTexts Español.

[https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingenier%C3%ADa\\_Aeroespacial/Fundamentos\\_de\\_Ingenier%C3%ADa\\_Aeroespacial\\_\(Arnedo\)/06%3A\\_Propulsi%C3%B3n\\_de\\_aeronaves/6.03%3A\\_Tipos\\_de\\_motores\\_a\\_reacci%C3%B3n/6.3.01%3A\\_Turborreactores](https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingenier%C3%ADa_Aeroespacial/Fundamentos_de_Ingenier%C3%ADa_Aeroespacial_(Arnedo)/06%3A_Propulsi%C3%B3n_de_aeronaves/6.03%3A_Tipos_de_motores_a_reacci%C3%B3n/6.3.01%3A_Turborreactores)

Turborreactor. (2015, noviembre 22). *Motores de aviación*.

<https://clem603.wordpress.com/turborreactor/>



**ANEXOS**