



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**“Inspección y comprobación de las características de los ángulos de los alabes guías del compresor, de acuerdo a la carta tecnológica n° 512. 72.00.00 durante la inspección de 300 horas del motor TB3 117BM del Helicóptero Ruso Mi-171, en beneficio a la 15-BAE.”**

Yaselga Antamba Edison Rene.

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica Mención Motores

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Tecnólogo en: Mecánica  
Aeronáutica Mención Motores

Tlga: Zabala Caceres, Emmy Samantha.

15 De Julio del 2020



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN**  
**MOTORES**

**2 CERTIFICACIÓN**

Certifico que la monografía, **“INSPECCIÓN Y COMPROBACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁNGULOS DE LOS ALABES GUÍAS DEL COMPRESOR, DE ACUERDO A LA CARTA TECNOLÓGICA No 512. 72.00.00 DURANTE LA INSPECCIÓN DE 300 HORAS DEL MOTOR TB3 117BM DEL HELICÓPTERO RUSO MI-171, EN BENEFICIO A LA 15-BAE”A REALIZARSE EN EL CENTRO DE MANTENIMIENTO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO”** fue realizada por la señor **YASELGA ANTAMBA, EDISON RENE**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 10 De Julio del 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Emy Samantha', enclosed within a blue oval scribble.

**TLGA ZABALA CACERES, EMMY SAMANTHA**

**C.C.: 150063688-9**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN**

**MOTORES.**

**3 RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, **YASELGA ANTAMBA, EDISON RENE**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“INSPECCIÓN Y COMPROBACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁNGULOS DE LOS ALABES GUÍAS DEL COMPRESOR, DE ACUERDO A LA CARTA TECNOLÓGICA No 512. 72.00.00 DURANTE LA INSPECCIÓN DE 300 HORAS DEL MOTOR TB3 117BM DEL HELICÓPTERO RUSO MI-171, EN BENEFICIO A LA 15-BAE”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 10 Julio del 2020



**YASELGA ANTAMBA, EDISON RENE**

**C.C.: 100308489-2**



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

#### 4 AUTORIZACIÓN

Yo, **YASELGA ANTAMBA, EDISON RENE**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar la monografía: **“INSPECCIÓN Y COMPROBACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁNGULOS DE LOS ALABES GUÍAS DEL COMPRESOR, DE ACUERDO A LA CARTA TECNOLÓGICA No 512. 72.00.00 DURANTE LA INSPECCIÓN DE 300 HORAS DEL MOTOR TB3 117BM DEL HELICÓPTERO RUSO MI-171, EN BENEFICIO A LA 15-BAE”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga 10 De Julio del 2020

**YASELGA ANTAMBA, EDISON RENE**

**C.C.: 1003084892**

## 5 DEDICATORIA

Este proyecto de graduación se lo dedico a mi hija y mi esposa que ha sido mi fiel compañera apoyándome en todas mis metas y propósitos en la vida, siendo un pilar fundamental y una fuente de inspiración para luchar día a día la cual nunca dudó de mis capacidades manteniéndose a mi lado en los momentos buenos y malos.

A mis padres y familiares que siempre han estado brindándome su amor y apoyo incondicional en todo momento a lo largo de mi carrera profesional. Por enseñarme valores como la humildad, el esfuerzo y el respeto para enfrentar los obstáculos y problemas que se presenten en mi vida, siendo ellos mi motivación para cumplir cualquier meta que me lo proponga.

**YASELGA ANTAMBA EDISON RENE**

## 6 AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios que me ha brindado y bendecido con lo más importante para una persona que es la salud y la felicidad de mantener a mis seres queridos junto a mi lado, gracias a ello he podido culminar uno de mis objetivos que es graduarme como Tecnólogo para brindar y aplicar mis conocimientos adquiridos en la Brigada de Aviación del Ejército.

Quiero agradecerle a mi esposa por su apoyo incondicional en todo momento siendo una colaboradora, amiga y concejera que quiere lo mejor para mí, para que día a día triunfe tanto en el ámbito profesional como en lo personal.

A mis padres principalmente por su cariño y apoyo en el transcurso de mi vida y mi carrera profesional, por sus esfuerzos y consejos para poder ser una mejor persona siempre basándose en el respeto hacia las personas y a no rendirme nunca en cualquier adversidad.

A mis hermanos que por estar a mi lado compartiendo el amor y el respeto entre familia se convierten en una gran fuente de inspiración para cumplir mis metas y propósitos.

**YASELGA ANTAMBA EDISON RENE**

## 7 ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	<b>CARATULA</b> .....	1
2	<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	2
3	<b>RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA</b> .....	3
4	<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	4
5	<b>DEDICATORIA</b> .....	5
6	<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	6
7	<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	7
8	<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	12
9	<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	13
10	<b>RESUMEN</b> .....	16
11	<b>ABSTRACT</b> .....	17
12	<b>TEMA</b> .....	16
12.1	Planteamiento Del Problema De Investigación. ....	16
12.2	Antecedentes. ....	16
12.3	Planteamiento Del Problema.....	17
12.4	Justificación.....	19
12.5	Objetivos. ....	20
12.5.1	Objetivo General.....	20
12.5.2	Objetivos Específicos. ....	20
12.6	Alcance. ....	21
13	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	22
13.1	Descripción General Del Helicóptero MI 171. ....	22

13.1.1	Historia. ....	22
13.1.2	Generalidades. ....	22
13.1.3	Características Generales De La Aeronave. ....	23
13.2	Motor TB3 117BM. ....	24
13.2.1	Descripción General Del Motor. ....	24
13.2.2	Características Técnicas Del Motor. ....	24
13.2.3	Motor Turbo Eje. ....	25
13.2.4	Ciclo Bryton. ....	25
13.2.5	Funcionamiento General Del Motor. ....	26
13.3	Secciones Del Motor TB3 117BM. ....	27
13.4	Sección De Entrada De Aire. ....	28
13.5	Sección De Compresión. ....	28
13.5.1	Álabes Guías Del Compresor. ....	29
13.5.2	Deterioros Admisibles De Los Álabes Guías Del Compresor. ....	30
13.6	Sección De Combustión. ....	32
13.6.1	Tipos De Cámara De Combustión. ....	32
13.6.2	Funcionamiento. ....	33
13.7	Sección De Turbinas. ....	33
13.7.1	Tipos De Turbinas. ....	34
13.8	Sección De Escape. ....	35
13.8.1	Condiciones Que Debe Cumplir Una Tobera De Escape. ....	36
13.9	Sección De Reducción. ....	36
13.10	Sección De Accionamiento Y Dispositivos Auxiliares. ....	36

13.11	Sección De Transmisión. ....	37
13.12	Turbina Libre Del Motor. ....	37
13.12.1	Generalidades. ....	37
13.13	Sistemas Principales Del Motor. ....	38
13.13.1	Sistema De Lubricación Y Aeración Del Motor TB3 117BM. ....	39
13.13.2	Componentes Del Sistema De Lubricación Del Motor. ....	39
13.13.3	Funcionamiento. ....	42
13.13.4	Sistema De Combustible Del Motor TB3 117BM. ....	43
13.13.5	Componentes Del Sistema De Combiustible. ....	44
13.13.6	Sistema De Arranque Del Motor TB3 117BM. ....	44
13.13.7	El Sistema De Arranque Del Motor Asegura. ....	44
<b>14</b>	<b>DESARROLLO DEL TEMA. ....</b>	<b>45</b>
14.1	Preliminares. ....	45
14.2	Medidas De Seguridad. ....	45
14.3	Estudio Y Análisis. ....	46
14.4	Elaboración De Los Planos. ....	47
14.5	Elaboración De Los Componentes De La Herramienta Especial. ....	50
14.5.1	Argolla Tipo Abrazadera. ....	51
14.5.2	Base De La Cámara De Video. ....	56
14.5.3	Elemento Asegurador De La Herramienta. ....	60
14.6	Ensamblaje De Los Componentes. ....	60
14.7	Aplicación De La Pintura En La Herramienta Especial. ....	62
14.8	Ejecución Y Procedimiento De La tarea De Mantenimiento. ....	65

	10
14.9 Inspección Y Comprobación De Las Características De Los Ángulos De Los Álabes Guías Gel Compressor. ....	66
14.9.1 Procedimiento.....	66
14.10 Comprobación De Las Características De Los Ángulos De Los Álabes Guías Del Compressor. ....	70
14.10.1 Procedimiento. ....	70
14.11 Análisis De La Tarea De Mantenimiento.....	79
14.12 Diagrama De Flujo De Análisis De La Construcción De La Herramienta. ....	80
14.13 Diagrama De Flujo De Análisis Del Tema.....	81
14.14 Análisis De Costos.....	82
14.14.1 Costos Primarios.....	82
14.14.2 Costos Secundarios. ....	83
14.14.3 Costo total del proyecto de grado.....	84
<b>15 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>85</b>
15.1.1 Conclusiones.....	85
15.1.2 Recomendaciones.....	86
<b>16 GLOSARIO .....</b>	<b>87</b>
<b>17 ABREVIATURAS .....</b>	<b>88</b>
<b>18 BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXOS. ....</b>	<b>91</b>

**Anexo A:** Planos de la herramienta en solid work

**Anexo B:**Tarea de mantenimiento para la comprobación de la herramienta.

**Anexo C:** Régime de marcha lenta del motor.

**Anexo D:** Tabla referencial de valores de NG del motor.

**Anexo E:** Gráfica de los ángulos guías con respecto a las NG del motor.

**Anexo F:** Manual de mantenimiento de la herramienta especial.

**Anexo G:** Acta de entrega y recepción de la herramienta.

## 8 ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Medidas tomadas de la base del filtro.....	47
<b>Tabla 2.</b> Total de costos primarios .....	82
<b>Tabla 3.</b> Total de costos secundarios.....	83
<b>Tabla 4.</b> Total del costo del proyecto .....	84

## 9 ÍNDICE DE FIGURAS.

<b>Figura 1.</b> <i>Dimenciones del helicóptero MI-171</i> .....	23
<b>Figura 2.</b> <i>Motor TB3 117BM</i> .....	25
<b>Figura 3.</b> <i>Ciclo Bryton</i> .....	26
<b>Figura 4.</b> <i>Secciones principales</i> .....	27
<b>Figura 5.</b> <i>Entrada de aire del motor</i> .....	28
<b>Figura 6.</b> <i>Sección de compresores del motor</i> .....	29
<b>Figura 7.</b> <i>Alabes guías del compresor</i> .....	30
<b>Figura 8.</b> <i>Deterioro de los álabes guías</i> .....	31
<b>Figura 9.</b> <i>Zonas del álabe guía</i> .....	31
<b>Figura 10.</b> <i>Cámara de combustión</i> .....	32
<b>Figura 11.</b> <i>Sección de turbinas del motor</i> .....	34
<b>Figura 12.</b> <i>Sección de escape del motor</i> .....	35
<b>Figura 13.</b> <i>Transmisión del rotor principal</i> .....	37
<b>Figura 14.</b> <i>Eje de transmisión del motor</i> .....	38
<b>Figura 15.</b> <i>Unidad de aceite del motor</i> .....	39
<b>Figura 16.</b> <i>Bomba de evacuación de aceite</i> .....	40
<b>Figura 17.</b> <i>Válvula de corte</i> .....	40
<b>Figura 18.</b> <i>Detector de limallas</i> .....	41
<b>Figura 19.</b> <i>Filtro de aceite del motor</i> .....	42
<b>Figura 20.</b> <i>Sistema de aceite del motor</i> .....	43
<b>Figura 21.</b> <i>Epp de soldadura</i> .....	46
<b>Figura 22.</b> <i>Base del filtro del motor TB3 117BM</i> .....	47

	14
<b>Figura 23</b> <i>Diseño realizado en solid work.</i> .....	48
<b>Figura 24</b> <i>Diseño del soporte de la camara de video.</i> .....	49
<b>Figura 25.</b> <i>Diseño del elemento asegurador.</i> .....	50
<b>Figura 26.</b> <i>Medición del material.</i> .....	51
<b>Figura 27.</b> <i>Señalización.</i> .....	52
<b>Figura 28.</b> <i>Corte de la plancha de acero.</i> .....	52
<b>Figura 29.</b> <i>Pulir las rebabas de la herramienta.</i> .....	53
<b>Figura 30.</b> <i>Doble de los extremos.</i> .....	54
<b>Figura 31.</b> <i>Medición de los extremos</i> .....	54
<b>Figura 32.</b> <i>Perforación de los extremos.</i> .....	55
<b>Figura 33.</b> <i>Comprobación en el filtro.</i> .....	56
<b>Figura 34.</b> <i>Lámina.</i> .....	57
<b>Figura 35.</b> <i>Corte de la base de la cámara.</i> .....	57
<b>Figura 36.</b> <i>Lámina cortada.</i> .....	58
<b>Figura 37.</b> <i>Diseño para la perforación.</i> .....	58
<b>Figura 38.</b> <i>Desbastamiento.</i> .....	59
<b>Figura 39.</b> <i>Union de los componentes.</i> .....	59
<b>Figura 40</b> <i>Tornillo asegurador</i> .....	60
<b>Figura 41.</b> <i>Soldadura de componentes.</i> .....	61
<b>Figura 42.</b> <i>Herramienta.</i> .....	62
<b>Figura 43.</b> <i>Fondo PRIMER.</i> .....	64
<b>Figura 44.</b> <i>Herramienta especial terminada.</i> .....	65
<b>Figura 45.</b> <i>Materiales para instalar la herramienta.</i> .....	66

	15
<b>Figura 46.</b> <i>Cámara de video instalada</i> .....	67
<b>Figura 47.</b> <i>Abrir las capotas del motor</i> .....	67
<b>Figura 48.</b> <i>Cámara instalada</i> .....	68
<b>Figura 49.</b> <i>Ajuste de la herramienta</i> .....	68
<b>Figura 50.</b> <i>Visualización de los valores</i> .....	69
<b>Figura 51.</b> <i>Aeronave en un campo abierto</i> .....	70
<b>Figura 52.</b> <i>Relantí del motor</i> .....	71
<b>Figura 53.</b> <i>Valores de la tabla 502</i> .....	72
<b>Figura 54.</b> <i>Arranque de motores</i> .....	73
<b>Figura 55.</b> <i>NG del motor al 85,4%</i> .....	74
<b>Figura 56.</b> <i>NG del motor al 90,4%</i> .. .....	74
<b>Figura 57.</b> <i>NG del motor al 95,5%</i> .....	75
<b>Figura 58.</b> <i>Valor al 85,4% de NG</i> .....	75
<b>Figura 59.</b> <i>Valor al 90,4% de NG del motor</i> .....	76
<b>Figura 60.</b> <i>Valor al 90,5% de NG del motor</i> .....	76
<b>Figura 61.</b> <i>Gráfico de parámetros obtenidos</i> .....	77

## 10 RESUMEN

El presente proyecto de graduación detalla el procedimiento de la implementación de una herramienta especial para inspeccionar y comprobar las características de los ángulos de los álabes guías del compresor de los motores TB3 117 BM pertenecientes a los helicópteros MI 171 de la Brigada de Aviación del Ejército 15 BAE "PAQUISHA", esta herramienta especial está construido con un material de acero inoxidable SAE 1015 de 2mm de espesor que soportara temperaturas poco elevadas ya que la herramienta será instalada en la base del filtro del motor a un ángulo estimado que nos permita obtener una imagen de video de los valores que se encuentran en la regleta del motor y así poder tomar decisiones de acuerdo a lo establecido en el Manual de empleo técnico, además, esta herramienta tendrá una cámara de video y una pantalla que nos permitirá visualizar los valores antes mencionados, esta cámara de video estará instalada en la base de la herramienta especial. Para finalizar el proyecto se construirá una caja de madera que nos permita mantener la herramienta guardada y así poder evitar que la herramienta se deteriore rápidamente.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **ÁLABES GUÍAS**
- **BASE DEL FILTRO**
- **ÁNGULOS DE LOS ÁLABES**

## 11 ABSTRACT

This graduation project details the procedure for implementing a special tool. This special tool is used to inspect and check the angle characteristics of the compressor guide vanes of all TB3 117BM jet engines, this tool is built with a 2mm thick stainless steel material that withstands low temperatures. This tool will be installed at the base of the engine oil filter to obtain an image, this image indicates the values that we must compare with the table to be able to draw conclusions, in addition, this tool has a video camera and a screen that will allow us to view the aforementioned values. To finish the project, a wooden box will be built that allows us to keep the tool stored and thus prevent the tool from deteriorating rapidly.

### KEYWORDS:

- • **GUIDE WINGS**
- • **FILTER BASE**
- • **ANGLE OF THE BLADES**

## **12 TEMA.**

### **12.1 Planteamiento Del Problema De Investigación.**

**“INSPECCIÓN Y COMPROBACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁNGULOS DE LOS ALABES GUÍAS DEL COMPRESOR, DE ACUERDO A LA CARTA TECNOLÓGICA N° 512. 72.00.00 DURANTE LA INSPECCIÓN DE 300 HORAS DEL MOTOR TB3 117BM DEL HELICÓPTERO RUSO MI-171, EN BENEFICIO A LA 15-BAE.”**

### **12.2 Antecedentes.**

Los primeros helicópteros MI-171 llegaron a finales de los años noventa al Ecuador, estos helicópteros se encuentran equipados con 2 motores a reacción TB3 117BM que sirven de gran ayuda para la sustentación de la mencionada aeronave. Siendo la Brigada de Aviación del Ejército la entidad adecuada para mencionados equipos, donde se ejecutan diferentes niveles de mantenimiento para mantener la operatividad de la aeronave. Es de gran importancia puntualizar que la tarea de realizar herramientas especiales, no es nuevo en el campo de la aviación, desde que existen aeronaves los mecánicos han ido adaptando sus necesidades a construcciones e ingenios que les permiten dar mantenimiento y solución a características de daño o reparación en el equipo. Según (Macias, 2018),

Tomando en cuenta los lineamientos de trabajo del centro de mantenimiento donde se encuentran los motores TB3 117BM del helicóptero MI-171, hacen factible el proyecto presentado. Además, tomando en cuenta que existen otras investigaciones en las que se han realizado herramientas especiales, para una tarea específica y que ellas han logrado cumplir con las expectativas de los usuarios, en el área de la aeronáutica, y en el campo del mantenimiento.

Tomando esos preceptos la construcción de la herramienta especial es totalmente aceptable en todos los motores TB3 117BM del helicóptero MI 171. (Macias, 2018)

Es imperativo dar a conocer que los motores del helicóptero MI-171 denominados motores a reacción TB3 117BM al que se le intenta dar mantenimiento, se encuentra en una fase de inspección programada periódicamente cada 300 horas, es decir que se hace en etapas de tiempo establecidas en los registros de mantenimiento.

### **12.3 Planteamiento Del Problema.**

Los inicios de la Aviación del Ejército se reconocen en el año de 1954 gracias al entonces capitán Colon Grijalva quién encabezó la creación del SAE (Servicio de Aviación del Ejército) con aeronaves principalmente por CESSNA ejecutando trabajos de mantenimiento que se realizaban en conjunto con personal de la FAE. En el año 78 se crea por orden ministerial el CEMAE, el Centro de Mantenimiento del Ejército, mismo que se encargó de formar mecánicos de aeronaves altamente capacitados para el desarrollo del mantenimiento de las aeronaves, en la actualidad es conocida como la base de fuerza de acción inmediata, dado su respuesta a las necesidades logísticas y de combate que han requerido de ella.

La 15-B.A.E. "Paquisha", al ser también una dependencia donde se realizan tareas de mantenimiento, no está excluida de dichas normativas, a partir de la llegada de los helicópteros MI-171 equipados con motores TB3 117 BM a dicha dependencia a finales del conflicto del alto Cenepa, se han llevado las tareas de mantenimiento programado, y no programado, cumpliendo con las necesidades de la fuerza y del país, pero al pasar más de 25 años desde su llegada muchas de las herramientas que se adquieren con la licitación de compra se han visto deterioradas o han cumplido su límite de esfuerzos y cargas por ello han comenzado a deformarse, y en otros casos simplemente son inservibles.

Es necesario enfatizar y dar a conocer que los motores TB3 117 BM de la aeronave a la que hace referencia esta investigación está en el proceso de mantenimiento programado, que se realiza cada 300 horas, y la no existencia de una herramienta como la que se describe, podría generar en retrasos en las fases de mantenimiento, y la cadena de incumplimiento en fechas no solo para el equipo de mantenimiento, sino para la aeronave, y las tareas que ya están planificadas para esta, y por ultimo generando un gran perjuicio a la Aviación del Ejército en las misiones que realiza, quien lee este proyecto debe entender que se trata de un equipo de apoyo para ejecutar las tareas de mantenimiento de 300 horas de los motores TB3 117 BM de los helicópteros MI-171.

#### **12.4 Justificación.**

Dentro del proceso de mantenimiento de 300 horas en la que se encuentran los motores TB3 117BM del helicóptero MI-171, se encuentra establecido inspeccionar y comprobar las características de los ángulos de los álabes guías del compresor, durante la ejecución de esta tarea de mantenimiento que a su vez se considera mandataria según la documentación de la aeronave y las reglamentaciones de operaciones para este tipo de equipos se llegó a encontrar deficiencias que ponen en riesgo a la seguridad del personal de mantenimiento.

Una vez concluida la implementación de la herramienta especial que servirá para inspeccionar y comprobar las características de los ángulos de los álabes guías del compresor de todos los motores TB3 117BM del helicóptero MI-171, se prevé que el principal beneficiario sea la 15-B.A.E. "Paquisha", pero visto desde una perspectiva del mantenimiento y del personal que realiza las acciones antes previstas también serían beneficiarios, dado que la capacidad de realizar las tareas sin necesidad de inconvenientes, como el que plantearía la falta de la herramienta, y por consecuencia del serviceo, es invaluable.

Finalizando es recalable que previo a la presentación de este documento de anteproyecto se había realizado inspecciones visuales, y planteado al mando militar que se encuentra a cargo del Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército, obteniendo un resultado favorable y dando la vía libre para la presentación previa aprobación de proyecto en La UGT-ESPE.

## **12.5 Objetivos.**

### **12.5.1 Objetivo General.**

Inspeccionar y comprobar las características de los ángulos de los álabes guías del compresor de todos los motores TB3 117BM del helicóptero MI-171 de acuerdo a la carta tecnológica N° 512. 72.00.00 durante la inspección de 300 horas de los motores TB3 117BM del helicóptero ruso MI-171 para la verificación de los valores de los ángulos de los álabes guías del compresor, en beneficio a la 15-BAE.”.

### **12.5.2 Objetivos Específicos.**

Establecer una base informativa, segura, fiable sobre la inspección y comprobación de las características de los ángulos de los álabes guías del compresor de los motores TB3 117 BM pertenecientes a los helicópteros MI 171.

Implementar la herramienta especial mediante el uso de manuales de mantenimiento de la aeronave para inspeccionar y comprobar las características de los ángulos de los álabes guías del compresor de los motores TB3 117 BM pertenecientes a los helicópteros MI 171.

Ejecutar la tarea de mantenimiento a las 300 horas del motor TB3 117 BM mediante la utilización de la herramienta especial para establecer la condición del componente.

## **12.6 Alcance.**

Este proyecto está enfocado en la elaboración del equipo de una herramienta especial donde permitira facilitarle el trabajo al personal de técnicos y evitar posibles riesgos innecesarios al momento de ejetutar dicha tarea. Este proyecto se realizará con la finalidad de proveer una herramienta especial que ayude al cumplimiento de la tarea de mantenimiento mencionada acontinuación que se refiere a la inspección y comprobación de las características de los ángulos de los alabes guías del compresor del motor TB3 117BM del helicóptero ruso mi-171, en beneficio de la 15-BAE.

## 13 MARCO TEÓRICO

### 13.1 Descripción General Del Helicóptero MI 171.

#### 13.1.1 Historia.

Los helicópteros MI-171 llegaron al Ecuador a finales de los años 90 equipados con dos grandes motores TB3 117 BM que ayudan a la sustentación de dicha aeronave. Estos helicópteros denominados helicóptero bimotor de largo alcance para la transportación de tropas militares, transporte de carga e instrucción de pilotos son diseñados por la empresa RUSA MIL ubicada en Moscú siendo uno de los modelos más populares en el mundo por su bajo costo y gran capacidad de carga. (Macias, 2018)

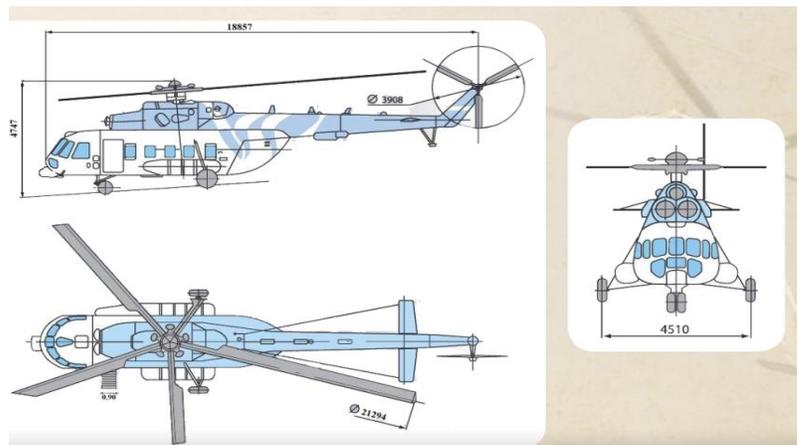
#### 13.1.2 Generalidades.

El helicóptero MI-171 es un helicóptero multifuncional de clase media que está diseñado para cumplir varias tareas como la transportación de personal, evacuaciones Aero médicas, rescate, transportación de carga, etc. Este helicóptero bimotor ayuda a cumplir sus tareas antes mencionadas gracias a la gran tecnología implementada de navegación y aviónica. (Manual de entrenamiento del helicóptero Mi-8Mtv-1/Mi 171, 2012).

### 13.1.3 Características Generales De La Aeronave.

**Figura 1.**

*Dimenciones del helicóptero MI-171.*



*Nota:* El gráfico representa las medidas externas de un helicóptero MI-171. Tomado de MIL Moscow Helicopter Plant MI-171,2009.

- Fabricación: Rusa.
- Fabrica: ULAN-UDE.
- Clase: ejecutivo, transporte y carga.
- Tripulación: 04 (piloto, copiloto, ingeniero de vuelo y mecánico a bordo).
- Capacidad: 24 pasajeros con un peso de 100Kg.
- Carga: 4000kg (8816lb).
- Peso vacío: 7100kg.
- Peso cargado: 11100kg.
- Peso Max de despegue: 13000kg.
- Techo Max de vuelo: 19685 ft.
- Tipo de combustible: PJ-1

## **13.2 Motor TB3 117BM.**

### ***13.2.1 Descripción General Del Motor.***

Es un motor de turbina provista de un eje TB3 117BM está diseñado para ser colocado en el helicóptero MI-171, este motor consta de una turbina libre (TL) que no está acoplada automáticamente con el rotor del turbo compresor (TC). La potencia desarrollada por la turbina libre se transmite al reductor principal y constituye la potencia efectiva del motor y a su vez se encuentra dividido en diferentes secciones (Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM, 2001).

Se denomina motor a reacción al motor térmico en que la energía liberada en la combustión se transforma en energía cinética de la corriente de gas que sale del motor. ( Sáinz, 2007).

Los motores a reacción se encuentran divididos en diferentes familias de motores como son motores autónomos, no autónomos y de propulsión mixta. El motor TB3 117BM es un motor a reacción de propulsión mixta conocido como motor turboeje que entrega su potencia a través de un eje. (Tarifa, 1951).

### ***13.2.2 Características Técnicas Del Motor.***

- Fabricación: Rusa
- Fabrica: ULAN-UDE
- Planta motriz: 2 turbo ejes Klimov TB3 117BM
- Potencia: 1633Kw (2251 HP) cada uno
- Consumo de combustible: 600Kg/h
- Tipo: turbo eje bimotor
- Autonomía de vuelo: 03:15h
- Motor auxiliar para arrancar los motores principales: AN-9B.

### **13.2.3 Motor Turbo Eje.**

Es un motor de turbina de gas que entrega su potencia a tavez de un eje para operar o algo que no sea una hélice, se le conoce como motor turboeje. Los motores turboejes son similares a los motores tueboelices, la toma de la fuerza puede acoplarse directamente a la turbina del motor, o el eje puede ser arrastrado por su propia turbina(turbina libre) localizada en la corriente de gases de escape. (Rivas, 2003, pág. 185).

#### **Figura 2.**

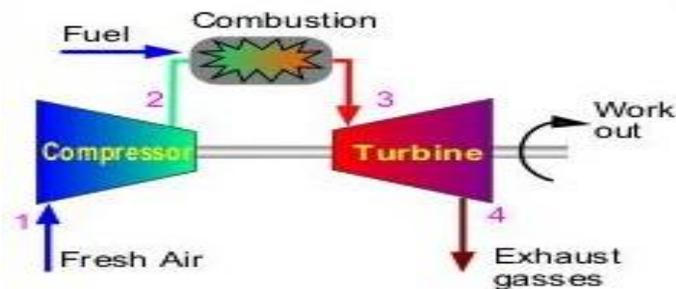
*Motor TB3 117BM.*



*Nota:* Representa esta figura un motor TB3 117BM en forma general. Tomado de (Jakub Ramanowicz, 2018).

### **13.2.4 Ciclo Bryton.**

Todos los motores a reacción tienen un principio de funcionamiento que se basa en el ciclo Bryton que es un proceso ciclico asociado generalmente a una turina de gas. Al igual que otros ciclos de potencia de combustión interna, el ciclo bryton es un sistema abierto. (Rivera, 2009).

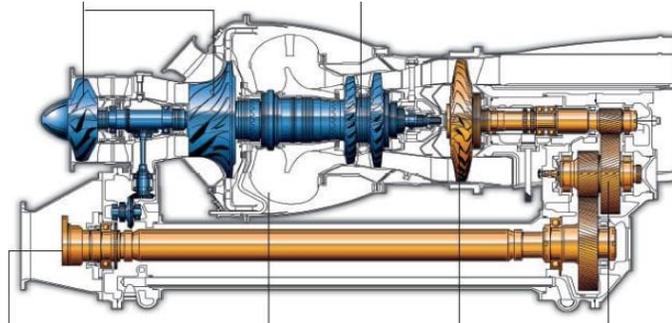
**Figura 3.***Ciclo Bryton*

*Nota:* Este gráfico nos muestra que un motor a reacción genera estas etapas para su encendido.

Tomado de (Rivera,2009,pag 12).

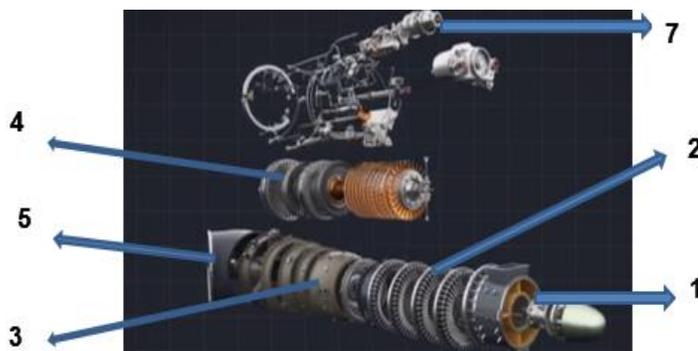
### **13.2.5 Funcionamiento General Del Motor.**

El aire que incide en la entrada del motor se comprime debido a la velocidad, y la forma divergente de el antes de entrar en el compresor, los compresores movidos internamente a traves de los ejes por las turbinas, mediante suministros de trabajo y elevan considerablemente la presión de aire que habian entrado en el. El aire comprimido ingresa en las cámaras de combustión donde son mezclados con el combustible y con ayuda de una bujía esta mezcla se combustiona en las cámaras proporcionando gases los cuales son absorbidos por la turbina y transformandolo en energía mecánica de movimiento para hacer funcionar todos los accesorios del motor. (Rivera, 2009).

**Figura 4.***Etapas de funcionamiento.*

*Nota:* Esta imagen nos indica como internamente se producen las etapas del ciclo bryton siendo el azul el aire y naranja la generadora de gas. Tomado de, Aeroexpo Safran, pag 25.

### 13.3 Secciones Del Motor TB3 117BM.

**Figura 4.***Secciones principales.*

*Nota:* Esta imagen se puede notar las secciones divididas del motor TB3 117BM. Tomado de Manual de empleo técnico I, T TB3 117 ,2001.

- Sección de entrada de aire 1
- Sección de compresión 2
- Sección de combustión 3
- Sección de turbina 4

- Sección de escape 5
- Sección de reducción 6
- Sección de accesorios 7

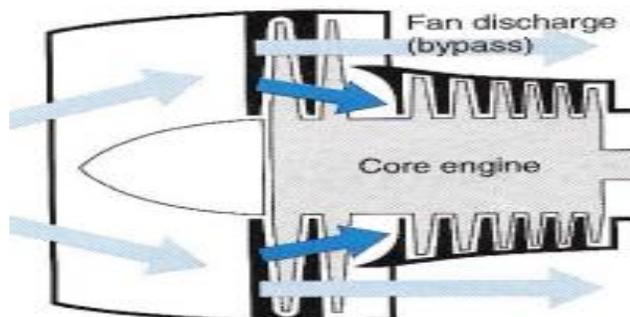
### 13.4 Sección De Entrada De Aire.

Esta sección es por donde un caudal de aire ingresa al motor a través de un protector contra el polvo (PCP), esta cantidad de aire ingresado permite el inicio de un buen funcionamiento del motor que se dirige en su primera etapa del compresor.

(Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM, 2001).

#### Figura 5.

*Entrada de aire del motor.*



*Nota:* Gráfico donde podemos observar la dirección del aire a la entrada del motor siendo así su primera etapa o ciclo tomado de aérea,2012.

### 13.5 Sección De Compresión.

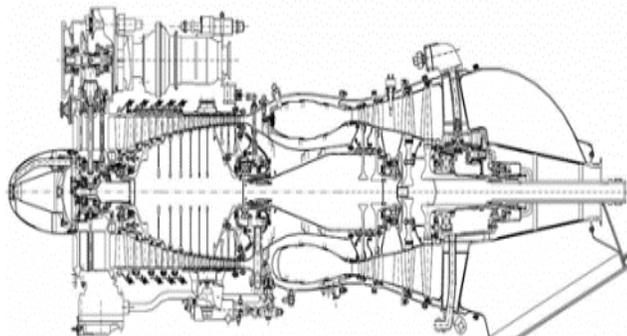
Esta sección el compresor es de tipo axial de 12 etapas, con alabes guías orientables de entrada y con 2 válvulas de descarga de aire detrás de la VII etapa del compresor. Estos compresores de 12 etapas sirven para comprimir el aire procedente de la atmosfera y suministrarlo a la cámara de combustión del motor. (Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM, 2001).

**Los conjuntos principales del compresor son:**

- Estator
- Alabes guías de entrada
- Rotor.

**Figura 6.**

*Sección de compresores del motor*



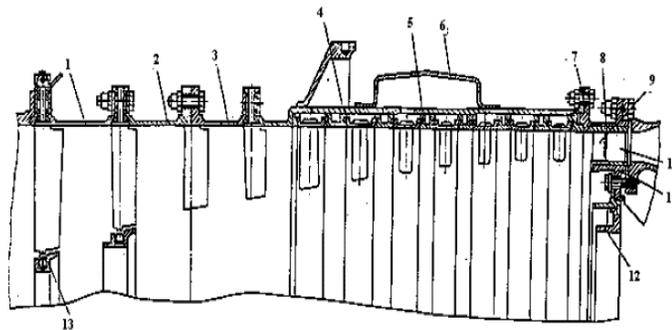
*Nota:* Aquí se puede observar que la sección de compresores nos ayuda a comprimir el aire de entrada para una buena mezcla en la cámara de combustión. Tomado de Manual de empleo técnico I, T TB3 117 ,2001.

**13.5.1 Álabes Guías Del Compresor.**

Elemento estacionario que puede ser fijo o ajustable cuyo propósito es dar la dirección ajustable del flujo a la cámara de combustión. Estos álabes guías del compresor están diseñados de manera que puedan variarse con facilidad el ángulo de inclinación para obtener unas velocidades que ayudan el desempeño de funcionamiento del motor.

**Figura 7.**

*Álabes guías del compresor.*



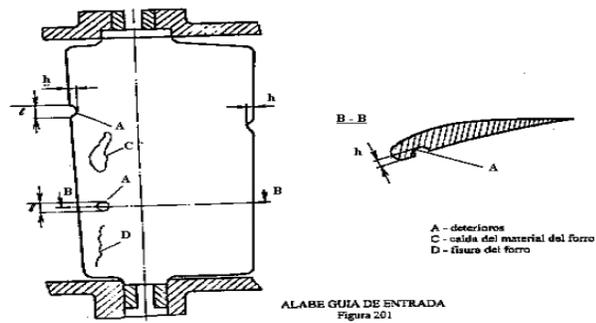
*Nota:* En esta imagen se observa la posición de los los álabes guías del compresor. Tomado de Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM, 2010.

### **13.5.2 Deterioros Admisibles De Los Álabes Guías Del Compresor.**

- Deformaciones y abolladuras de los álabes en la zona I, de 0.5mm de profundidad y 1 de 1.00mm de profundidad.
- Deformaciones puntuales en los bordes del álabe en la zona I, de no más de 0.4mm de profundidad y un desgarró de hasta 1.0mm.
- Deformaciones y abolladuras en el álabe en la zona II, de hasta 0.3mm de profundidad y tres mellas de abolladuras de hasta 0.5mm.
- Desgaste en el borde del álabe en la zona I, de hasta 0.4mm de profundidad.

### Figura 8.

*Deterioro de los álabes guías.*

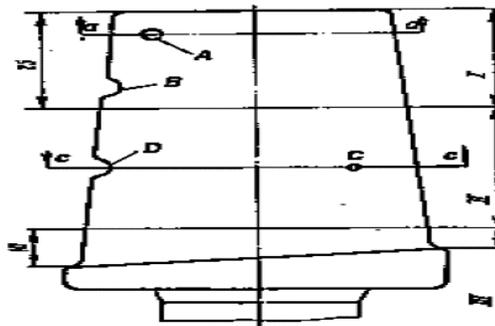


*Nota:* Esta figura podemos observar cuando un álabe se encuentra en malas condiciones.

Tomado de Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM, 2010.

### Figura 9.

*Zonas del álabe guía.*



*Nota:* En esta figura se puede observar los daños que se pueden permitir en un álabe guía del compresor. Tomado de Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM, 2010.

## 13.6 Sección De Combustión.

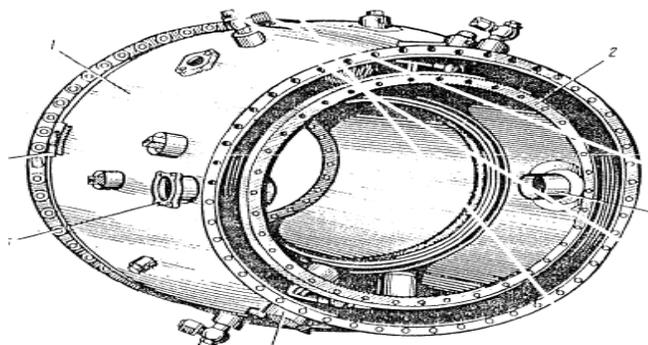
### 13.6.1 Tipos De Cámara De Combustión.

- Anular
- Can-anular.

La cámara de combustión que contiene este motor es de tipo anular lugar donde se procede a quemar la mezcla de aire/combustible y se compone de los cuerpos exteriores e interior del difusor, el tubo de llamas y el colector de combustible con 12 inyectores. La cámara de combustión sirve para convertir la energía química del combustible en la energía térmica asegurando una combustión efectiva de combustible en el flujo del aire procedente de los compresores. (Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM, 2001).

### Figura 10.

#### *Cámara de combustión*



*Nota:* Esta imagen se observa una cámara de combustión vista de manera interna. Tomado de Jakub Ramanowicz, 2018.

### **13.6.2 Funcionamiento.**

El aire comprimido que procede del compresor llega a la cavidad delantera del difusor anular, donde el flujo es dividido en 2 partes. El flujo primario que va a la zona de combustión del tubo de llamas, y el flujo secundario que va a refrigerar el tubo de llamas y la turbina. En la parte delantera del tubo de llamas se produce la combustión interna del combustible con ayuda de un ignaiter plug se produce la quema de la mezcla de aire/combustible. (Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM, 2001).

### **13.7 Sección De Turbinas.**

La sección de turbina consiste en una serie de ruedas de turbina que se usan para arrastrar a la sección del compresor y al sistema de rotor. La primera etapa, a la que normalmente se la conoce como generador de gas N1 puede consistir en una o mas ruedas de turbina. Esta etapa arrastra a los componentes nesesarios para completar el ciclo del motor haciendo que este se automantenga. (Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM, 2001).

Los componentes arrastrados normalmente por la etapa N1 son el compresor, la bomba de aceite y la bomba de combustible, la segunda etapa que también puede concistir en una o mas ruedas, se dedica a aarrastrar al sistema del rotor principal y a los accesorios de la caja de engranajes del motor. A esta se la conoce como turbila de potencia N2 o Nr. (Rivas, 2003).

### 13.7.1 Tipos De Turbinas.

**Turbina centrípeta.** - Esta turbina tiene una configuración similar al compresor centrífugo, pero el sentido de movimiento de flujo de gas que la atraviesa es inverso y es utilizado para pequeños motores como la Unidad de Potencia Auxiliar (APU). (Seguridad aérea, pág. 17).

**Turbina axial.** - Este tipo de turbina el flujo de los gases se mueve paralelamente al eje del motor y generalmente formado por estatores y rotores. (Seguridad aérea, pág. 17).

Este motor tiene 2 turbinas de tipo axial no acopladas entre si sistemáticamente, la turbina del compresor sirve para el accionamiento del compresor y de las unidades del motor y la turbina libre. Esta turbina libre asegura el accionamiento de los rotores principal como el rotor de cola del helicóptero a través de la transmisión y el reductor, así como el accionamiento de las unidades del reductor. (Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM, 2001).

#### Figura 11.

*Sección de turbinas del motor.*



*Nota:* en esta imagen se observa la turbina del motor dividida en sus etapas. Tomado de Jakub Ramanowicz, 2018.

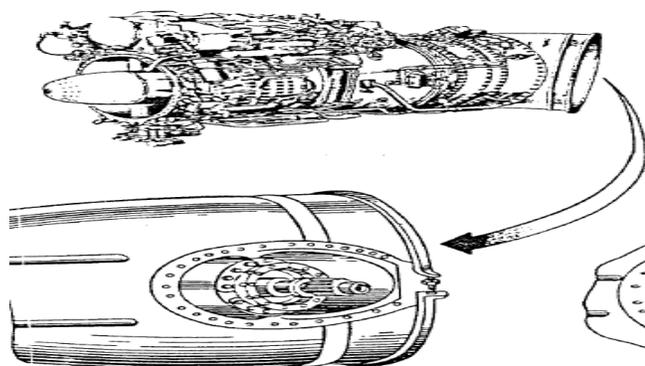
La función principal de la turbina es convertir parte de la energía que tienen los gases que salen de la cámara de combustión en energía mecánica y que se emplea para el movimiento de todos los accesorios del motor. Generalmente en los motores turbo ejes mueven al compresor y, a través de un eje independiente transmiten el trabajo mecánico al eje de potencia. (Seguridad aérea, pág. 16).

### 13.8 Sección De Escape.

Esta sección de escape sirve para descargar los gases usados hacia la atmósfera, a la derecha o izquierda en función del montante del motor según la variante derecha o izquierda. Esta sección de escape se encuentra comprendida por 3 conjuntos principales como son el tubo de escape y la abrazadera de acoplamiento. (Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM, 2001).

#### Figura 12.

*Sección de escape del motor.*



*Nota:* Esta imagen se puede observar la tobera de escape por donde salen los gases de escape. Tomado de (Manual de empleo técnico I, T TB3 117 ,2001).

### **13.8.1 Condiciones Que Debe Cumplir Una Tobera De Escape.**

- La expansión de los gases debe realizarse completamente en la tobera de escape.
- No debe haber movimiento rotatorio (velocidad tangencial) en los gases de salida.
- La dirección de los gases de salida debe ser tipo axial.

### **13.9 Sección De Reducción.**

El propósito de la sección de reducción es reducir las RPM de salida del eje del motor a las RPM óptimas del rotor. Esta reducción es diferente para los distintos tipos de helicópteros. (Rivas, 2003).

El reductor principal reduce la frecuencia de rotación (RPM) y transmite el torque de los motores al árbol del rotor principal, al árbol de cola y al conjunto de ventilación.

### **13.10 Sección De Accionamiento Y Dispositivos Auxiliares.**

Los accionamientos y dispositivos auxiliares sirven para transmitir la rotación del eje turbocompresor y el eje de la turbina libre a las unidades auxiliares del motor, esta sección está comprendida por 3 conjuntos principales que se detallan a continuación. (Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM, 2001).

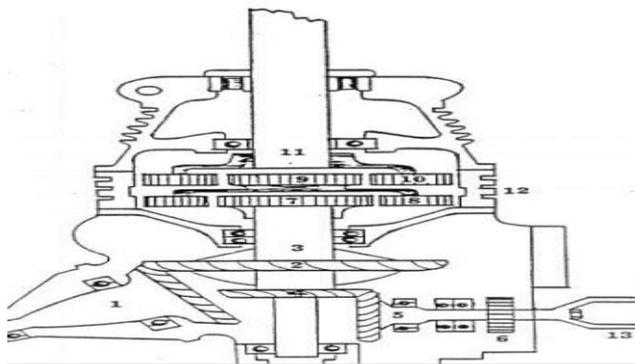
- Accionamiento central
- Caja de accionamientos
- Accionamiento del regulador de la frecuencia de rotación de la turbina libre.

### 13.11 Sección De Transmisión.

El sistema de transmisión trasfiere la potencia desde el motor al rotor principal, al rotor de cola y a otros accesorios. Las transmisiones de los helicópteros están normalmente lubricadas y refrigeradas con su propio suministro de aceite. (Rivas, 2003, pág. 186).

#### Figura 13.

*Transmisión del rotor principal.*



*Nota:* En esta imagen se puede observar que el eje de transmisión genera RPM hacia el rotor principal para hacer girar las palas. Tomado de (Rivas,2003).

### 13.12 Turbina Libre Del Motor.

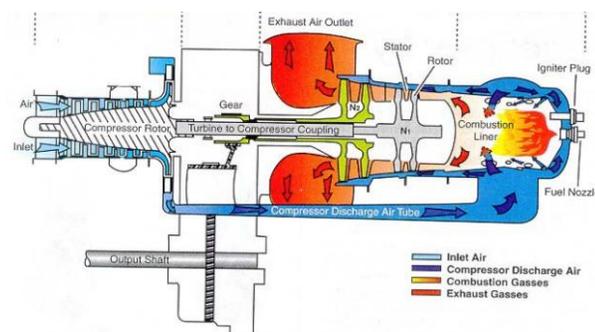
#### 13.12.1 Generalidades.

La turbina libre es axial, de 2 etapas y tiene como objetivo principal producir la potencia que a través de la transmisión hace girar los rotores principal y rotor de cola y las unidades del reductor (Rivas, 2003).

Estas etapas de turbina son independientes y pueden girar libremente una respecto a la otra, cuando el motor está funcionando, los gases de combustión pasan por la primera etapa de turbina para arrastrar el rotor del compresor, y luego pasan a través de la segunda etapa de turbina independiente, la cual gira la caja de engranajes para arrastrar el eje de potencia. (Rivas, 2003, pág. 186)

### Figura 14.

*Eje de transmisión del motor.*



*Nota:* En esta imagen se puede observar el comportamiento interno que tiene el motor siendo el azul el flujo de aire y el rojo la combustión de aire/combustible. Tomado de Rivas, 2003, pag 18.

### 13.13 Sistemas Principales Del Motor.

- Sistema de lubricación.
- Sistema de combustible.
- Sistema de toma de aire.
- Sistema de arranque.

### 13.13.1 **Sistema De Lubricación Y Aeración Del Motor TB3 117BM.**

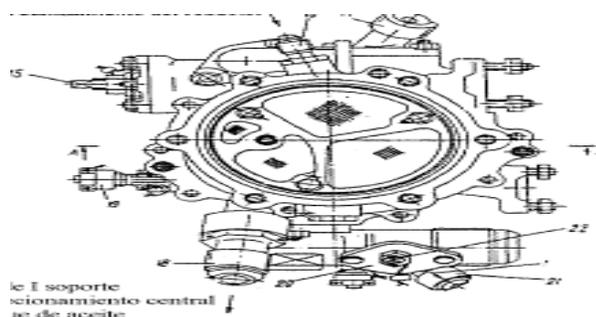
El sistema de lubricación y aeración del motor (sistema de aceite) tiene por objeto asegurar la lubricación y evacuar el calor de los cojinetes de todos los soportes, accionamientos y engranajes del motor, así como asegurar la aeración de los soportes(apoyos) del motor. (Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM, 2001).

### 13.13.2 **Componentes Del Sistema De Lubricación Del Motor.**

- **Filtro de aceite.** - La función principal es purificar el aceite que se suministra a las superficies de rozamiento de las piezas del motor desde la sección impulsora de la unidad de aceite.
- **Unidad de aceite.** - Sirve para aumentar y mantener dentro de los límites establecidos la presión de aceite en la tubería principal de impulsión del sistema de aceite y para evacuar el aceite de los soportes del motor y del accionamiento central. (Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM, 2001).

### Figura 15.

*Unidad de aceite del motor.*



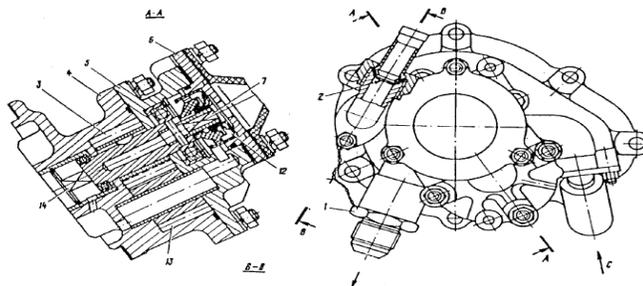
*Nota:* En esta figura se observa el reservorio o tanque de aceite para ser usado por el motor.

Tomado de Manual de empleo técnico I, T TB3 117 ,2001.

- **Bomba de evacuación del aceite de la caja de accionamientos.** - La función principal de este componente es evacuar el aceite de la caja de accionamiento.

### Figura 16.

*Bomba de evacuación de aceite.*

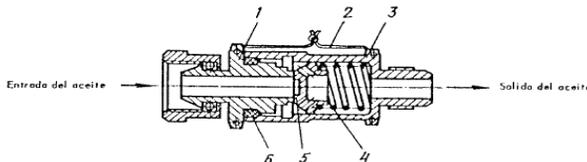


*Nota:* En esta imagen se observa la bomba de aceite que permite evacuar el aceite de las partes donde fueron lubricadas. Tomado de Manual de empleo técnico I, T TB3 117 ,2001.

- **Válvula de corte.** - Su función principal es para evitar el sobrellenado por el aceite de las cavidades del cuarto y quinto soporte a la frecuencia de rotación del rotor del turbocompresor menor de 15%, así como para evitar el paso de aceite al tubo de escape.

### Figura 17.

*Válvula de corte.*

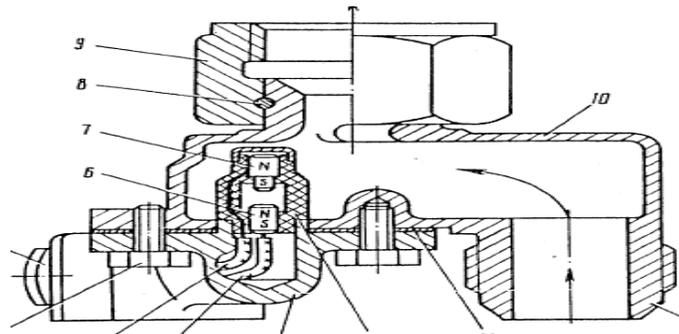


*Nota:* En esta figura podemos observar como se encuentra compuesta una válvula de corte .  
tomado de Manual de empleo técnico I, T TB3 117 ,2001.

- **Detector de limallas.** – Su principal función es detectar a tiempo sobre la presencia de las partículas ferromagnéticas en el aceite ubicado a la salida de tanque de aceite.

**Figura 18.**

*Detector de limallas*

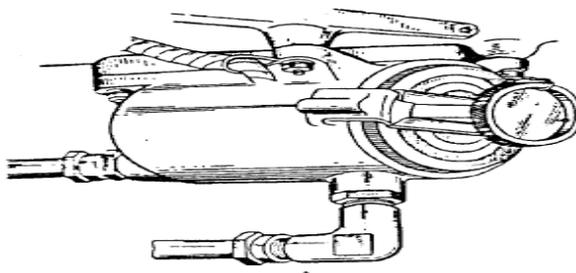


*Nota:* En esta figura representa la composición de un detector de limallas como es el iman para atrapar partículas o desgastes de algun componente interno del motor. Tomado de Manual de empleo técnico I, T TB3 117 ,2001, pag.116.

- **Válvula de derivación del sistema de evacuación.** - Esta válvula está destinada a dirigir el aceite que se evacua de los soportes traseros, para que este no pase por el radiador caso de crecer la contrapresión e la línea de evacuación por encima de la admisible.
- **Filtro protector.** - Sirve para impedir la penetración de partículas grandes en las bombas de evacuación de la unidad de aceite.

### Figura 19.

*Filtro de aceite del motor.*



*Nota:* En esta imagen representa el filtro de aceite del motor de forma digital. Tomado de Manual de empleo técnico I, T TB3 117 ,2001, pag. 120.

- **Radiador.** - Sirve para enfriar el aceite que ha pasado por el motor, mediante aire proporcionado por un ventilador especial.
- **Tanque de aceite con depósito de expansión.** - Este constituye el recipiente para el aceite necesario para el funcionamiento normal del sistema de aceite, su tanque de aceite está instalado en el helicóptero.
- **Detector de presión mínima de aceite.** Su principal función es producir una señal eléctrica en caso de disminuir la presión excesiva en el sistema de aceite hasta la magnitud de 2,5kgf/cm<sup>2</sup>.

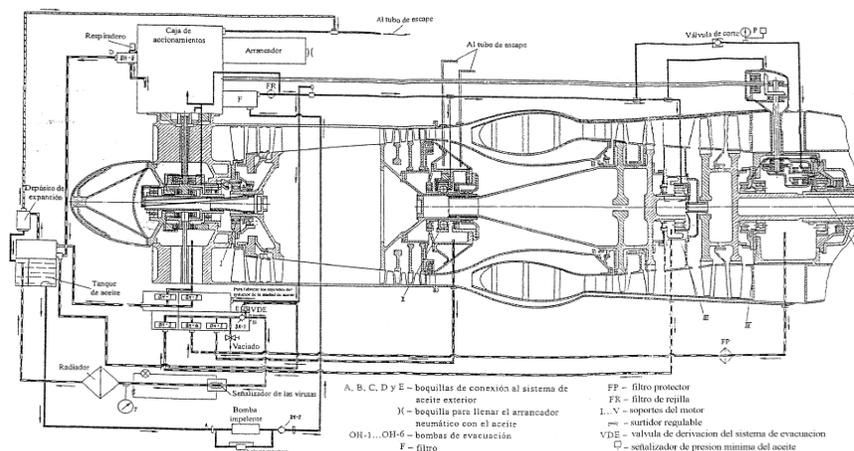
#### **13.13.3 Funcionamiento.**

El aceite procedente del tanque de aceite del motor se suministra por las cañerías del sistema de aceite del helicóptero. La bomba de presión de la unidad de aceite envía el aceite hacia el filtro de aceite, este aceite purificado que sale del filtro se suministra por 2 canales para lubricar los cojinetes y caja de accionamiento del motor..

Una vez lubricado todas las piezas móviles del motor el aceite es recuperado por bombas de recuperación que su principal función es enviar el remanente de aceite nuevamente al depósito de aceite para nuevamente comenzar un nuevo ciclo de lubricación. (Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM, 2001).

## Figura 20.

### *Sistema de aceite del motor.*



*Nota:* Esta figura representa los puntos donde el aceite lubrica al motor para mantener las partes en buenas condiciones. Tomado de Manual de empleo técnico I, T TB3 117, 2001, pag 125.

### **13.13.4 Sistema De Combustible Del Motor TB3 117BM.**

El sistema de distribución de combustible es un sistema hidromecánico que proporciona y controla el flujo de combustible a la cámara de combustión del motor. El sistema también alimenta y programa paletas variables del estator y posiciones variables de la válvula de purga para mantener el máximo rendimiento del motor dentro del margen de pérdida, velocidad del rotor, presión de descarga del compresor y límites de temperatura de la turbina. (Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM, 2001).

### **13.13.5 Componentes Del Sistema De Combiustible.**

- **Bomba de combustible.** - La bomba de combustible está ubicada en la caja de engranajes de accesorios (AGB) en la parte trasera entre la carcasa del eje de transmisión horizontal y la unidad de lubricación. La bomba de combustible presuriza y suministra combustible dentro del sistema de combustible. (Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM, 2001).
- **Filtro de combustible.** - El filtro de combustible se encuentra dentro de la sección inferior de la bomba de combustible y su construcción corrugada es para retener partículas extrañas contenidas en el combustible y evitar su entrada.

### **13.13.6 Sistema De Arranque Del Motor TB3 117BM.**

El motor está dotado de los grupos que junto con el equipo automático de arranque y equipo del régimen del generador que se monta en el helicóptero, aseguran el arranque y funcionamiento del motor en todos los regímenes, así como el control de funcionamiento del motor. (Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM, 2001).

### **13.13.7 El Sistema De Arranque Del Motor Asegura.**

- Arranque del motor.
- Arranque falso del motor.
- Giro en frío del motor.
- Cese del arranque y parada del motor.
- Funcionamiento del arrancador-generador en el régimen de generador para alimentar la red de abordo.

## **14 DESARROLLO DEL TEMA.**

### **14.1 Preliminares.**

En este capítulo que se detalla a continuación menciona el procedimiento que se realizó para la implementación de la herramienta especial cuyo objetivo principal es inspeccionar y comprobar las características de los ángulos de los álabes guías del compresor de todos los motores TB3 117BM del helicóptero MI-171 de acuerdo a la carta tecnológica N° 512. 72.00.00 durante la inspección de 300 horas de los motores TB3 117BM del helicóptero ruso MI-171 para la verificación de los valores de los ángulos de los álabes guías del compresor. Este proyecto se lo realizó con ayuda de los conocimientos adquiridos a lo largo de los ciclos académicos y con la tutoría de la Sra. Tlga Zabala Cáceres Samantha Emmy encargada del proyecto recibiendo su tutoría para el correcto desenvolvimiento.

### **14.2 Medidas De Seguridad.**

Las medidas de seguridad en la elaboración de este proyecto son muy importantes para ello designaremos los siguientes items.

- Utilización de los EPP adecuados
- Uso de los manuales de mantenimiento
- Conocimiento

**Figura 21.**

*Epp de soldadura.*



*Nota:* Esta imagen representa el equipo de protección personal con el cual vamos a trabajar durante la construcción de la herramienta.

**14.3 Estudio Y Análisis.**

La brigada de aviación del ejército con ayuda del centro de mantenimiento de aviación del ejército tiene un objetivo de mantener operables todas las aeronaves pertenecientes a esta institución. En esta institución tenemos helicópteros MI 171 con motores TB3 117BM que necesitan inspecciones que se tiene que realizar una vez cumplidas las 300H y la no existencia de esta herramienta imposibilita el desarrollo de la inspección, por tal motivo se va a implementar esta herramienta para realizar las tareas antes mencionadas y así mantener la operatividad de la aeronave.

Durante una visita técnica realizada en el centro de mantenimiento de aviación del ejército y conjunto con los mecánicos de motores se tomó una decisión de realizar la herramienta especial para la inspección y comprobación de las características de los ángulos de los álabes guías del compresor la misma que sera instalada en la base del filtro de combustible, para la construcción de esta herramienta se realizó el estudio previo la elaboración de los planos donde se necesitaba tener unos requerimientos previos antes la construcción de la herramienta.

Para tomar esta decisión se observó todos los parámetros y medidas de seguridad respectivas y no poner en riesgo la aeronavegabilidad de la aeronave.

### Figura 22.

*Base del filtro del motor TB3 117BM.*



*Nota:* En esta imagen observamos claramente la base del filtro del motor.

## 14.4 Elaboración De Los Planos.

Una vez hecho el respectivo análisis se procede a tomar a las medidas de la base del filtro de combustible para la elaboración de los planos que nos va a permitir la construcción de la herramienta especial. **Ver Anexo A.**

### Tabla 1.

*Medidas tomadas de la base del filtro.*

ELEMENTO	DIMENSIÓN
Radio de la base del filtro	30.75mm
Diámetro de la base del filtro:	61.50mm
Distancia del soporte para la cámara de video	65.00mm.
Distancia del soporte para la cámara de video	65.00mm.
Radio del orificio para el cableado de la cámara de video	65.00mm.

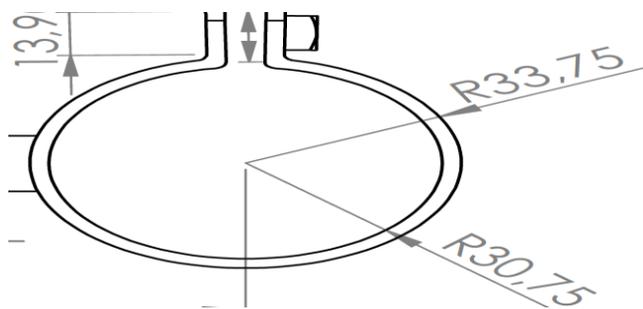
ELEMENTO	DIMENSIÓN
Distancia del orificio para el cableado de la cámara de video	38.50mm.
Distancia de doblé para aseguramiento a la base del filtro	13.90mm
Distancia del elemento de seguridad de la herramienta	62.01mm
Distancia de la parte de seguridad con rosca	21.00mm
Radio del elemento de seguridad	5.00mm
Radio para la perforación para el elemento de seguridad	6.00mm
Radio para la perforación para el elemento de seguridad	6.00mm

*Nota:* Esta tabla muestra las medidas que fueron tomadas para la construcción de la herramienta especial.

Este componente se lo llama argolla tipo abrazadera, el mismo que va servir de gran ayuda para acoplarle al filtro de combustible donde permanecera instalado durante la ejecución de la tarea de mantenimiento. Este componente se encuentra realizado en solid work con las medidas tomadas del componente directo del motor.

### Figura 23

*Diseño realizado en solid work.*

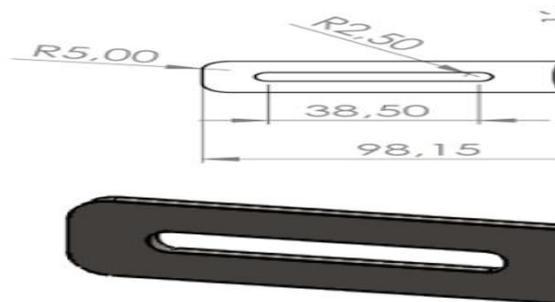


*Nota:* En esta figura podemos observar las dimensiones reales del componente a construir realizado en solid work.

La base donde va ser instalada la cámara de video, se tomó las medidas de acuerdo a la visibilidad que se va tener hacia limbo de medición de los ángulos de giro de los álabes guías de entrada y tiene una distancia de 65mm con un orificio de diámetro de 5mm a una distancia de 38.5mm para poder instalar los cables de video y de alimentación de la cámara.

### Figura 24

*Diseño del soporte de la cámara de video.*



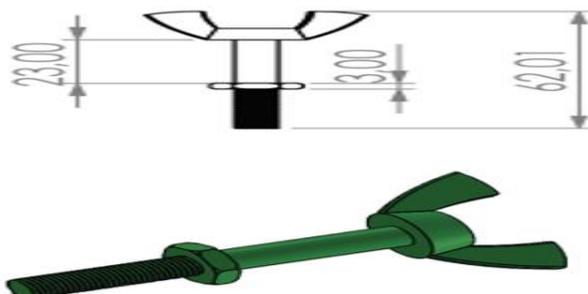
*Nota:* En esta figura se observa la base de la cámara de video donde se va instalar la cámara y además se observa las dimensiones echas en solid work.

El elemento que asegura la herramienta a la base del filtro se lo realizó de tal manera que la herramienta quede fija y no tenga movimiento debido a las vibraciones del motor.

Este elemento asegurador simplemente es un tornillo tipo mariposa cuya dimensión son medidas exactas y este elemento va con una rosca que tiene que ir sujeto al soporte de la cámara.

**Figura 25.**

*Diseño del elemento asegurador.*



*Nota:* En esta figura se observa simplemente el elemento asegurador que es un tornillo tipo mariposa y sus dimensiones.

### **14.5 Elaboración De Los Componentes De La Herramienta Especial.**

El material para la construcción es un acero SAE 1015.

Donde:

- SAE= Society of Automotive Engineers
- 10=indica el contenido de Carbono (C).
- 15=indica el contenido de Carbono (C).

Para la construcción de los componentes de la herramienta esta basada en un material de acero SAE 1015 por tener buenas características como pueden ser:

- Es un acero de bajo carbono que permite realizar una buena soldadura.
- Tienen alta resistencia a la tracción, es la fuerza máxima por unidad de área que puede soportar el material al ser estirado.
- Capacidad de ductibilidad, el material puede deformarse sin romperse cuando esta sometido a esfuerzos de tracción.
- Capacidad de maleabilidad, el material soporta deformaciones sin rotura sometido a compresión.

- Capacidad elástica, regresa a su estado original cuando se aya deformado

#### **14.5.1 Argolla Tipo Abrazadera.**

Este componente llamado argolla tipo abrazadera se la construye de acuerdo a las medidas tomadas en la base del filtro de combustible del motor TB3 117BM diseñada previamente para acoplarle al filtro y asi poder instalar el siguiente componente que a continuación se detallara.

La argolla tipo abrazadera esta echa de un material de acero inoxidable SAE 1015 estirado en frío que soporta altas temperaturas y fuerzas de torsión normales y se desarrollo mediante los siguientes pasos:

- Con la ayuda de un rayador de metal se procede a medir la plancha de acero inoxidable SAE 1015 a 24cm de largo y 2cm de ancho para luego proceder a realizar los cortes en esas medidas antes señaladas. Esta medida solamente es un pedazo o tira de material para empezar a realizar el componente.

#### **Figura 26.**

*Medición del material.*



*Nota:* En esta imagen se observa com se procede a medir para proceder al corte posteriormente.

**Figura 27.**

*Señalización.*



*Nota:* En esta imagen se observa como se procede a señalar en las medidas establecidas para el corte.

- Con ayuda de una entenalla sujetamos la plancha de acero para así proceder a cortar con la ayuda de una sierra a la medida previamente señalada, quedando como resultado una tira larga a las medidas señaladas. Esta lámina que se cortó va a ayudar a construir la argolla tipo abrazadera del componente.

**Figura 28.**

*Corte de la plancha de acero.*



*Nota:* La imagen representa el corte realizado en la medida establecida y como resultado tenemos un pedazo de lamina cortada para la construcción del componente.

- Una vez cortada la lámina o plancha de acero con ayuda de lijas especialmente para material de acero y limas redondas pequeñas se procede a pulir las rebabas de la plancha cortada, pulir las esquinas de la plancha cortada y limar las partes peligrosas al corte.

### **Figura 29.**

*Pulir las rebabas de la herramienta.*



*Nota:* Esta imagen representa el debastamiento de la lámina cortada para evitar cortes.

- Una vez terminada la pulida se realiza inmediatamente el doblado con ayuda de la entenalla sujetamos un doblador de láminas de acero que nos va permitir doblar en una figura tipo circular a la medida de 6,8cm de diámetro aproximadamente y así obtener un diseño tipo abrazadera.
- Hay que tomar en cuenta que al realizar el doblado realizarlo lo más ajustado a la medida de 6.8cm de diámetro para que no exista ningún problema al colocar en la base del filtro de combustible del motor.

**Figura 30.**

*Doblez de los extremos.*



*Nota:* Esta imagen representa el momento que se esta realizando el doblado de la lámina cortada adquiriendo una forma redonda.

- En los extremos de la lámina doblada medimos 1.4cm para luego proceder a realizar un pequeño doblado a 90 grados para después en esos extremos de 1,4cm proceder a realizar una perforación de radio de 3cm con ayuda de una broca de  $\frac{1}{4}$  pulg.
- Para mayor seguridad al momento de instalar la herramienta en la base del filtro de combustible del motor se procede a tomar estas medidas para aquí mediante un tornillo de seguridad ajustar la herramienta.

**Figura 31.**

*Medición de los extremos*



*Nota:* Esta imagen representa toma de medidas para la perforación.

- Una vez tomadas las medidas se procede a sujetar la pieza en la entenalla para realizar las perforaciones con ayuda de un taladro y una broca de acero de  $\frac{1}{4}$  de pulg, estos extremos serán usados para colocar el elemento de seguridad tipo tornillo mariposa.

### **Figura 32.**

*Perforación de los extremos.*



*Nota:* Esta imagen representa el momento de la perforación de los orificios donde se insertará el elemento asegurador.

- Finalmente realizada las perforaciones a las medidas establecidas se procede a pulir los últimos toques de la pulida, desbastamiento del elemento tipo abrazadera construida. Este elemento se lo construyo de la manera más exacta y posterior a la construcción fue comprobada en el motor para verificar alguna anomalía quedando este componente construido eficazmente.

**Figura 33.**

*Comprobación en el filtro.*



*Nota:* Esta imagen representa el elemento construido y probado sobre el filtro de combustible del motor.

**14.5.2 Base De La Cámara De Video.**

- Este componente llamado base de la cámara de video se va a construir de acuerdo a las medidas tomadas previo al análisis respectivo, estas medidas son de acuerdo a la visibilidad que se va tener hacia limbo de medición de los ángulos de giro de los álabes guías de entrada y tiene una distancia de 65mm con un orificio de diámetro de 5mm a una distancia de 38.5mm para poder instalar los cables de video y de alimentación de la cámara.
- La base donde va instalada la cámara de video se lo realiza con el mismo material acero inoxidable SAE 1015 estirado en frío que soporta altas temperaturas y fuerzas de torsión normales y se desarrollo mediante los siguientes pasos.
- Se toma un pedazo de lámina de acero y con la ayuda de un rayador de metal se procede a señalar la plancha de acero inoxidable a las medidas tomadas anteriormente que son: largo 6,5cm ancho 1,7cm.

- Hay que tomar en cuenta que al momento de realizar el corte se debe hacer tomando las medidas de seguridad adecuadas para así evitar accidentes.

### **Figura 34.**

*Lámina.*



*Nota:* Esta imagen representa el trazo de las medidas con un lapiz que señala metal.

- Una vez trazada las medidas y con la ayuda de una cierra procedemos a cortar la plancha de acero tomando en cuenta que la lámina de acero se encuentre bien sujeta a una entenalla y así evitar que el corte se realice con desperfecciones.

### **Figura 35.**

*Corte de la base de la cámara.*



*Nota:* Esta imagen representa el momento del corte de la lámina y la lámina ya cortada.

- Esta lámina cortada se procede a medir para realizar un corte especial con ayuda del taladro, el corte es interno de radio de 0.50cm o 1cm de diámetro y una distancia de 3,85cm donde irán los cables de la cámara de video.

### **Figura 36.**

*Lámina cortada.*



*Nota:* En esta imagen representa el pedazo de lámina cortada para empezar con la perforación interna.

- Hay que tomar en cuenta antes de realizar las perforaciones medir en cada uno de los extremos de la lámina 1,5cm para proceder hacer la perforación en el centro de la lámina con ayuda de un taladro y una broca de  $\frac{1}{4}$  de pulg.

### **Figura 37.**

*Diseño para la perforación.*



*Nota:* Esta imagen representa el diseño para la perforación por donde pasaran los cables de la cámara de video.

- Con la ayuda de unas limas pequeñas redondas se procede a pulir y desbastar las zonas que pueden producir daño al manipular dicha herramienta.

### Figura 38.

*Desbastamiento.*



*Nota:* Esta imagen representa como se lima o pule el componente. Tomado del autor.

- Una vez construido la argolla tipo abrazadera y la base de la cámara de video queda listo para posteriormente proceder a unir justo en la mitad de un extremo de la argolla mediante una suelda especial.

### Figura 39.

*Union de los componentes.*



*Nota:* Esta imagen representa la forma y posición donde se va a soldar los 2 componentes.

### **14.5.3 Elemento Asegurador De La Herramienta.**

Este componente vamos a construir mediante el uso de un tornillo mariposa de una dimensión de 3 pulgadas, mismo que sera usado para ensamblaje de todos los componentes contruidos.

#### **Figura 40**

*Tornillo asegurador*



*Nota:* esta imagen representa el componente el cual va asegurar la herramienta construida.

### **14.6 Ensamblaje De Los Componentes.**

Para el ensamblaje de los componentes que conforma la herramienta especial se lo realiza mediante una suelda eléctrica y con electrodos 6011 ya que posee grandes características como electrodos que se usan para soldar acero dulce o al carbono, se lo pude soldar en toda pocisión, usa una soldadora eléctrica de corriente continua y corriente alterna.

Estos electrodos ya que posee una rápida solidificación del metal y se lo realizó aplicando los siguientes pasos.

- En este paso se realiza la unión de los componentes construidos con la ayuda de una suelda eléctrica a un amperaje de 50-85 amperios ya que se va utilizar electrodos de tipo 6011 de diámetro 2.4mm aplicada a la argolla tipo abrazadera en la parte extrema de la base de la cámara de video. Hay que tomar en cuenta realizar un buen trabajo de soldadura para evitar que posteriormente exista desprendimiento de material.

### Figura 41.

*Soldadura de componentes.*



*Nota:* En esta imagen se observa la unión de los 2 elementos con la soldadora eléctrica. Tomado del autor.

- Con lijas y limas se desbasta las zonas que pueden causar daño al personal que va a manipular la herramienta.
- Se realiza los últimos acabados a toda la herramienta verificando que no exista exceso de soldadura, rebabas que puedan ocasionar daños de corte al personal técnico que va a manipular dicha herramienta para así que se encuentre lista para proceder a pintar.

**Figura 42.**

*Herramienta.*



*Nota:* Esta imagen representa la herramienta ya finalmente construida.

**14.7 Aplicación De La Pintura En La Herramienta Especial.**

La superficie metálica requiere de una protección para el medio ambiente lo cual se va aplicar una pintura anticorrosiva. Antes de empezar a pintar hay que tomar en cuenta tener a la mano los siguientes materiales:

- Catalizador de rápido secado es un componente químico que va ayudar a obtener mayor resistencia y durabilidad en el acabado.
- Pintura primer para proceder a recubrir la primera capa del pintado. El Primer tiene como objetivo hacerla a la superficie idónea para que se adhiera la pintura, además proveer una base clara para aquellos colores que resultan muy transparentes.
- Diluyente de pintura o tinner se va usar para disolver y diluir sustancias insolubles en agua como la pintura de esmalte.
- Pintura de esmalte de color verde para el acabado final de pintado.

- Brochas redondas para pintar espacios donde existan rincones o curvas en la estructura.
- Lijas, limas redondas para desbastar y pulir agujeros redondos de poco espacio.
- Mascarilla de protección para no inhalar lo tóxico de la pintura que emana hacia nuestro sistema respiratorio.
- Para proceder a pintar toda la estructura de la herramienta especial debemos quitar todas las rebabas o chispas de la suelda y que se encuentre la estructura preparada para la pintura debemos realizar los siguientes pasos:
- Realizar una aplicación de diluyente en toda la estructura de la herramienta limpiando todas las impurezas que se pueden encontrar y así evitar que la pintura se empiece a descascarar. Hay que tomar en cuenta que la estructura se encuentre completamente limpio de grasas, de óxido, impurezas que puede tener dificultad para impregnarse la pintura en la estructura.
- Preparar la pintura fondo PRIMER con diluyente en un recipiente libre de impurezas, la mezcla es de 1:1 homogenizar bien las dos componentes durante 15 minutos y proceder aplicar fondo a toda la estructura con ayuda de las brochas. Dejar secar por un tiempo de 1 hora para después aplicar la pintura esmalte.

**Figura 43.**

*Fondo PRIMER.*



*Nota:* Esta imagen representa un galón de pintura primer que nos ayudara a dar fondo para luego proceder a pintar.

- Esperar que el fondo se seque en un lugar seguro libre de polvo y en un lugar donde no pueda caer la lluvia o salpiquen gotas de agua para evitar que se formen burbujas de pintura.
- Preparar la pintura esmalte de poliuretano color verde con el catalizador a una relación de 1:1 por volúmen, después esa mezcla anterior agregar diluyente para disolver la pintura y pintar uniformemente con ayuda de una brocha redonda en toda la estructura con un acabado de primera. Dejar secar por un tiempo de 2 horas
- Hay que tomar en cuenta de quitar bien todo el óxido antes de pintar, ya que de lo contrario volvera aparecer en poco tiempo el óxido y así deteriorarse la estructura. Además.

**Figura 44.**

*Herramienta especial terminada.*



*Nota:* Esta imagen representa la herramienta finalmente concluida. Tomado del autor.

Finalmente la herramienta se encuentra terminada con un acabado de primera lista para utilizarla durante las tareas de mantenimiento que se va a realizar.

**14.8 Ejecución Y Procedimiento De La tarea De Mantenimiento.**

Para la ejecución de la tarea de mantenimiento en el motor TB3 117BM del helicóptero se lo realizó en la BRIGADA DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO con la respectiva carta de autorización presentada al director de la 15-BAE.

En la BRIGADA DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO se procedió a la comprobación de los ángulos de los álabes guías del compresor con la supervisión del sr SGOP. Cortez. Para efectuar esta tarea de mantenimiento verificar que el personal de aerotécnicos se encuentre libre de objetos extraños (FOD) ya que puede producir accidentes en el motor.



**Figura 46.**

*Cámara de video instalada.*



*Nota:* Esta imagen representa la instalación de la cámara en el soporte construido.

- Abrir las capotas del motor, hay que tomar en cuenta que para instalar la herramienta la aeronave debe estar con las capotas de los motores abiertas para así tener mayor visibilidad al momento de ajustar la cámara de video.

**Figura 47.**

*Abrir las capotas del motor.*



*Nota:* Esta imagen representa la aeronave lista para ser instalada la herramienta con las capotas abiertas.

- Se instala la herramienta especial con la cámara de video previamente instalada en la base del filtro del motor. Para este punto se asegura el soporte construido a la base del filtro de combustible del motor y se regula la cámara de video para tener una buena imagen hacia la pantalla del computador.

### **Figura 48.**

*Cámara instalada.*



*Nota:* Esta imagen representa la sujeción de la cámara de video al soporte con tornillos.

- Con ayuda de un desarmador estrella se asegura la cámara de video a la base de la misma, hay que tomar en cuenta que al momento de ajustar la cámara de video debe estar en la posición correcta hacia los valores que se encuentra en el motor.

### **Figura 49.**

*Ajuste de la herramienta.*

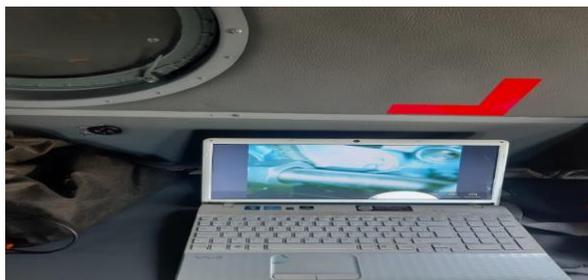


*Nota:* Esta imagen representa la sujeción de la herramienta en el motor específicamente en la base del filtro.

- Llevar el cable eléctrico del dispositivo a través de la ventana de la cabina y conectarlo en una pantalla para visualizar la imagen. En este punto hay que tomar en cuenta la posición donde va encontrarse la pantalla para asegurar el cableado de la mejor manera y así evitar que el cable se desprenda y pueda ocasionar accidentes muy peligrosos al momento del encendido de la aeronave.

### **Figura 50.**

*Visualización de los valores*



*Nota:* Esta imagen representa los datos en la pantalla que envía la cámara de video instalada en el motor.

¡ATENCIÓN ¡ANTES DE CERRAR LAS CAPOTAS DEL MOTOR COMPROBAR QUE SE ENCUENTRE ASEGURADA LA HERRAMIENTA ESPECIAL A LA BASE DEL FILTRO

CERRAR LAS CAPOTAS DEL MOTOR VERIFICANDO QUE NO EXISTA REMORDIMIENTO EN LOS CABLES ELÉCTRICOS.

## 14.10 Comprobación De Las Características De Los Ángulos De Los Álabes Guías Del Compresor.

### 14.10.1 Procedimiento.

#### GENERALIDADES.

- Comprobación según el punto de control. En este primer punto vamos a comprobar la herramienta en un motor que viene de overhaul, para ello es necesario realizar esta tarea de mantenimiento para verificar si se encuentran en los parámetros establecidos por el manual de empleo técnico, los parámetros establecidos se verificarán mediante una tabla de valores.
- Para reducir la penetración de los gases de escape procedemos a ubicar a la aeronave en un campo abierto, contra el viento o con dirección del viento en unos 20 a la derecha.

#### Figura 51.

*Aeronave en un campo abierto.*

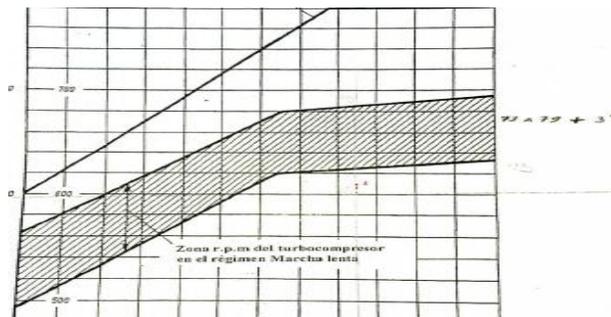


*Nota:* Esta imagen representa la aeronave en plataforma lista para el encendido.

- Comprobar la frecuencia de rotación del turbo compresor en régimen de marcha lenta. Bueno en este punto se a verifica mediante el manual de empleo técnico 3 donde indica a que NG en turbo compresor se encuentra en marcha lenta o relanti como se puede observar en el **Anexo C**.
- Marcha lenta o relati = Esta entre 73%NG-79%NG.

### Figura 52.

*Relanti del motor.*



*Nota:* Este gráfico representa el valor exacto en que un motor se encuentra en relanti o marcha lenta. Tomado de Manual de empleo técnico del motor I TB3 117 BM, 2009.

### COMPROBACIÓN CON LA HERRAMIENTA ESPECIAL.

- Colocar la herramienta especial en el punto establecido.
- Determinar con la ayuda de la TABLA 502 la frecuencia de rotación del turbocompresor medida en correspondientes a la frecuencia reducida = 85%,90%, 95% para temperatura del aire según datos meteorológicos.
- En este punto se verifica la tabla 502 de acuerdo a la temperatura ambiente y anotamos los valores de la tabla para posterior darle al piloto para que nos dé

colocando en esas posiciones anotadas durante el arranque del motor como se puede observar en el **Anexo D**.

- Temperatura ambiente= 18 grados.
- Datos mediante la tabla.

85% NG=85,4%NG.  
 90%NG=90,5%NG.  
 95%NG=95.5%NG.

**Figura 53.**

Valores de la tabla 502.

Continuación de la Tabla 502

Tem. °C	Frecuencia de rotación del rotor del turbocompresor															Niv.Ind. %
	40	41	43	44	45	46	47	49	50	51	54	55	56	57		
-9	38,3	77,6	79,5	81,4	83,4	85,3	87,3	89,3	91,2	93,2	95,1	97,0	98,9	99,9	99,9	
-8	38,4	77,7	79,6	81,6	83,6	85,6	87,6	89,6	91,5	93,5	95,4	97,3	99,2	99,2	99,2	
-7	38,5	77,9	79,8	81,7	83,7	85,7	87,7	89,7	91,6	93,6	95,5	97,4	99,3	99,3	99,3	
-6	38,6	78,0	79,9	81,9	83,9	85,9	87,9	89,9	91,8	93,8	95,7	97,6	99,5	99,5	99,5	
-5	38,6	78,1	80,0	82,0	84,0	86,0	88,0	90,0	91,9	93,9	95,8	97,7	99,6	99,6	99,6	
-4	38,6	78,2	80,2	82,1	84,1	86,1	88,1	90,1	92,0	94,0	95,9	97,8	99,7	99,7	99,7	
-3	38,7	78,4	80,3	82,3	84,3	86,3	88,3	90,3	92,2	94,2	96,1	98,0	99,9	99,9	99,9	
-2	38,8	78,6	80,5	82,5	84,5	86,5	88,5	90,5	92,4	94,4	96,3	98,2	99,1	99,1	99,1	
-1	38,9	78,7	80,7	82,7	84,7	86,7	88,7	90,7	92,6	94,6	96,5	98,4	99,3	99,3	99,3	
0	38,9	78,9	80,8	82,8	84,8	86,8	88,8	90,8	92,7	94,7	96,6	98,5	99,4	99,4	99,4	
1	39,0	79,0	80,9	82,9	84,9	86,9	88,9	90,9	92,8	94,8	96,7	98,6	99,5	99,5	99,5	
2	39,1	79,2	81,1	83,0	85,0	87,0	89,0	91,0	92,9	94,9	96,8	98,7	99,6	99,6	99,6	
3	39,2	79,3	81,3	83,2	85,2	87,2	89,2	91,2	93,1	95,1	97,0	98,9	99,8	99,8	99,8	
4	39,2	79,4	81,4	83,4	85,4	87,4	89,4	91,4	93,3	95,3	97,2	99,1	99,0	99,0	99,0	
5	39,3	79,6	81,6	83,5	85,5	87,5	89,5	91,5	93,4	95,4	97,3	99,2	99,1	99,1	99,1	
6	39,4	79,7	81,7	83,7	85,7	87,7	89,7	91,7	93,6	95,6	97,5	99,4	99,3	99,3	99,3	
7	39,4	79,9	81,8	83,8	85,8	87,8	89,8	91,8	93,7	95,7	97,6	99,5	99,4	99,4	99,4	
8	39,5	80,0	82,0	84,0	86,0	88,0	90,0	92,0	93,9	95,9	97,8	99,7	99,6	99,6	99,6	
9	39,6	80,1	82,1	84,1	86,1	88,1	90,1	92,1	94,0	96,0	97,9	99,8	99,7	99,7	99,7	
10	39,7	80,3	82,3	84,3	86,3	88,3	90,3	92,3	94,2	96,2	98,1	99,0	99,9	99,9	99,9	
11	39,7	80,4	82,4	84,4	86,4	88,4	90,4	92,4	94,3	96,3	98,2	99,1	99,0	99,0	99,0	
12	39,8	80,6	82,6	84,6	86,6	88,6	90,6	92,6	94,5	96,5	98,4	99,3	99,2	99,2	99,2	
13	39,9	80,7	82,7	84,7	86,7	88,7	90,7	92,7	94,6	96,6	98,5	99,4	99,3	99,3	99,3	
14	39,9	80,8	82,8	84,8	86,8	88,8	90,8	92,8	94,7	96,7	98,6	99,5	99,4	99,4	99,4	
15	40,0	81,0	83,0	85,0	87,0	89,0	91,0	93,0	94,9	96,9	98,8	99,7	99,6	99,6	99,6	
16	40,0	81,2	83,2	85,2	87,2	89,2	91,2	93,2	95,1	97,1	99,0	99,9	99,8	99,8	99,8	
17	40,1	81,3	83,3	85,3	87,3	89,3	91,3	93,3	95,2	97,2	99,1	99,0	99,9	99,9	99,9	
18	40,2	81,4	83,4	85,4	87,4	89,4	91,4	93,4	95,3	97,3	99,2	99,1	99,0	99,0	99,0	

Frecuencia de rotación del rotor del turbocompresor en %

*Nota:* Esta gráfica representa valores de las NG de acuerdo a la temperatura ambiente en la que nos encontramos. Tomado de Manual de empleo técnico del motor I TB3 117 BM, 2009.

- Arrancar el motor. Bueno en este punto el procedimiento de arranque de motores lo realiza el personal de pilotos con todas las medidas de seguridad establecidas proceden al arranque de los motores.

**Figura 54.**

*Arranque de motores.*



*Nota:* Esta imagen representa el chequeo en cabina para proceder al arranque de los motores.

- Desplazando la palanca de mando para aumentar el régimen y consecuentemente en la frecuencia medida de rotación del rotor del turbo compresor= 85%, 90%, 95%.
- Una vez que los motores estén prendidos se procede a coordinar con el piloto para que nos ayude aumentando las NG anteriormente establecidas.

Bueno aquí se observa el instrumento de vuelo del motor, este instrumento nos da una indicación de 85,4% de NG que significa la velocidad de rotación de la turbina generadora de gas se encuentra en el punto indicado por el manual.

**Figura 55.**

*NG del motor al 85,4%.*



*Nota:* Esta imagen representa el instrumento del motor dándonos las NG respectivas.

Bueno aquí se observa el instrumento de vuelo del motor, este instrumento nos da una indicación de 95,5% de NG que significa la velocidad de rotación de la turbina generadora de gas que se encuentra en el punto indicado por el manual

**Figura 56.**

*NG del motor al 90,4%..*



*Nota:* Esta imagen representa el instrumento del motor que nos marca las NG respectiva.

Bueno aquí se observa el instrumento de vuelo del motor, este instrumento nos da una indicación de 95,5% de NG que significa la velocidad de rotación de la turbina generadora de gas que se encuentra en el punto indicado por el manual.

**Figura 57.**

*NG del motor al 95,5%.*



*Nota:* Esta imagen representa el instrumento del motor que nos marca las NG respectiva.

- Realizar la verificación durante 3 minutos en cada régimen.
- Con ayuda de la cámara de video anotar los datos visualizados en los 3 regímenes. Durante en arranque de los motores y subida de NG establecidos procedemos anotar los valores que observamos en la pantalla.
- Observamos el valor que nos presenta la pantalla cuando el régimen del motor se encuentra en 85,4%NG=22 grados.

**Figura 58.**

*Valor al 85,4% de NG.*



*Nota:* Esta imagen representa el valor en la pantalla de la aguja de la medida de los ángulos guías.

- Verificamos el valor en la pantalla cuando el motor se encuentra en 90,4% NG=14 grados.

**Figura 59.**

*Valor al 90,4% de NG del motor*



*Nota:* Esta imagen representa el valor en la pantalla de la aguja de los ángulos guías del motor.

- Se Anota en valor de la regleta que nos refleja en la pantalla cuando el motor se encuentra a 90,5%NG=7 grados.

**Figura 60.**

*Valor al 90,5% de NG del motor.*



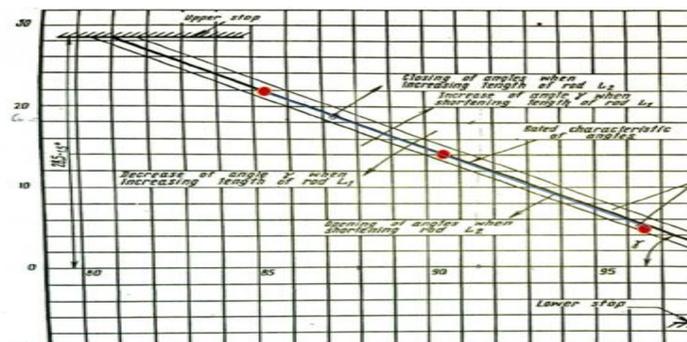
*Nota:* Esta imagen representa el valor en la pantalla de la aguja de los ángulos guías del motor.

- Ponerle el motor en el régimen de marcha lenta y una vez enfriado pararlo. En este paso se lo realiza cuando ya se a terminado de tomar los valores reflejados en la pantalla.

- Determinar con la ayuda de la tabla 502 la frecuencia de rotación del turbo compresor reducida ntc red. Correspondiente a la frecuencia real. En este punto con la tabla determinamos los valores para posterior con ayuda del gráfico de relación entre ángulo de giro de los álabes y la frecuencia reducida de rotación.
- En el gráfico de relación entre el ángulo de giro de los álabes y la frecuencia reducida de rotación del rotor del turbocompresor marcar los valores obtenidos de los ángulos de los alabes guías en la frecuencia de rotación reducida correspondiente. Basándose en los 3 puntos, trazar una línea recta la que debe situarse en la zona del ajuste del gráfico.
- Los valores obtenidos mediante la cámara de video para trazar la línea en el grafico son los siguientes.
  - 85,4%NG=22 grados.
  - 90,5%NG=14 grados.
  - 95,5% NG=7 grados.

**Figura 61.**

*Gráfico de parámetros obtenidos.*



*Nota:* En este Gráfico representa los valores tomados en los parámetros normales.

Este gráfico podemos observar que los parámetros del motor se encuentran en los valores que nos manda el manual de empleo técnico, ya que la línea trazada se encuentra dentro de establecido y así poder asegurar que los motores están operables para proceder con el vuelo en beneficio de la brigada de aviación del ejército.

Esta herramienta se aplica para realizar una tarea de inspección de 300h del motor TB3 117BM, dicha tarea consta en la inspección y comprobación de las características de los ángulos de los álabes guías del compresor de acuerdo a la carta tecnológica N. 512 72.00. **ver Anexo B.**

### **DESMONTAJE DEL DISPOSITIVO MARCADOR.**

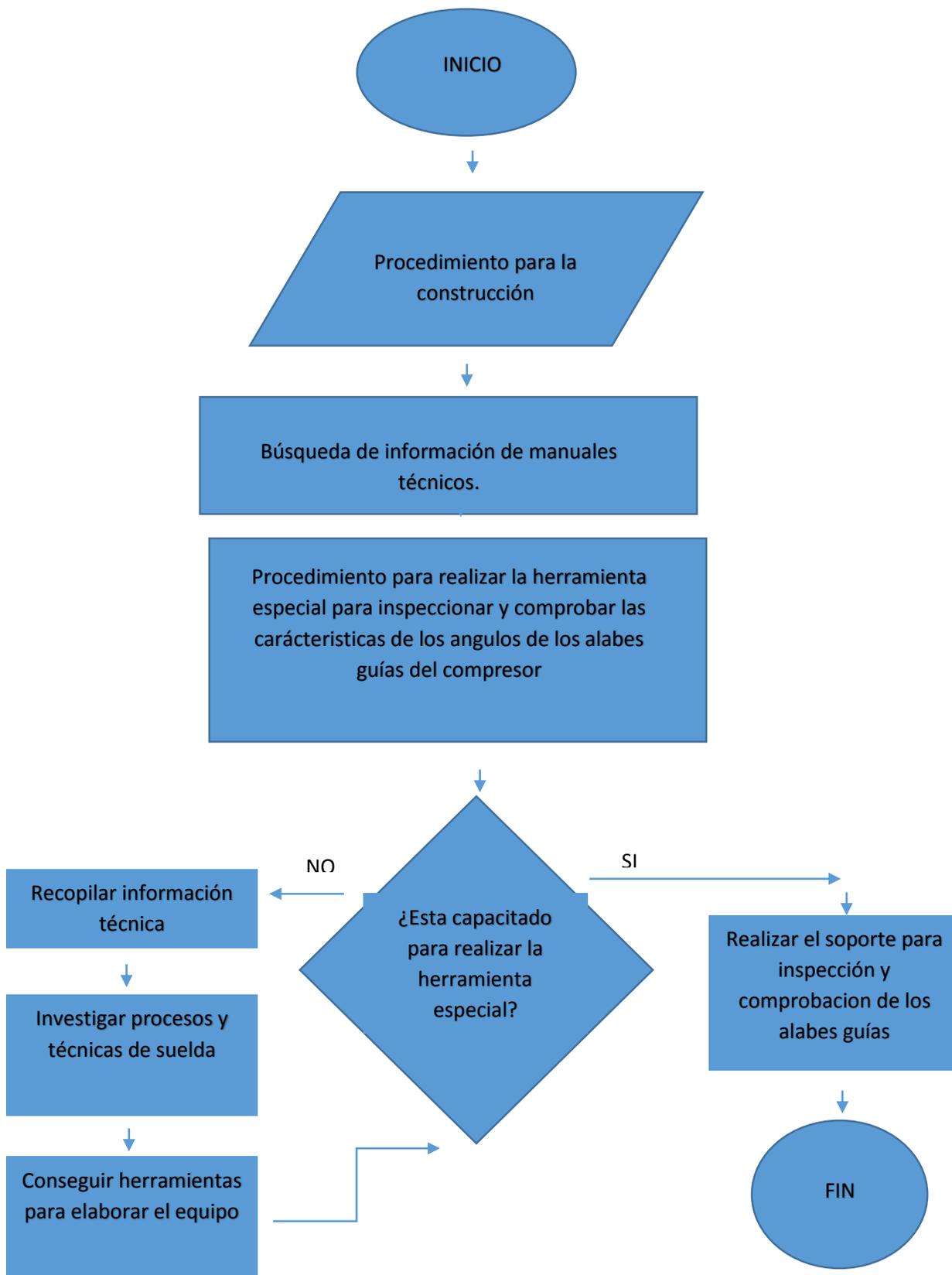
Una vez que el motor se encuentra apagado procedemos a desinstalar la herramienta especial.

- Desacoplar el dispositivo-marcador de la alimentación.
- Desasegurar con ayuda del desarmador estrella la herramienta de la base del filtro.
- Retirar la herramienta especial junto a la cámara de video. Hay que tomar en cuenta al momento de retirar la herramienta que va existir puntos de temperaturas elevadas que pueden causar quemaduras al personal por tal motivo se debe esperar varios minutos hasta que los motores se enfríen.
- Cerrar las capotas del motor.

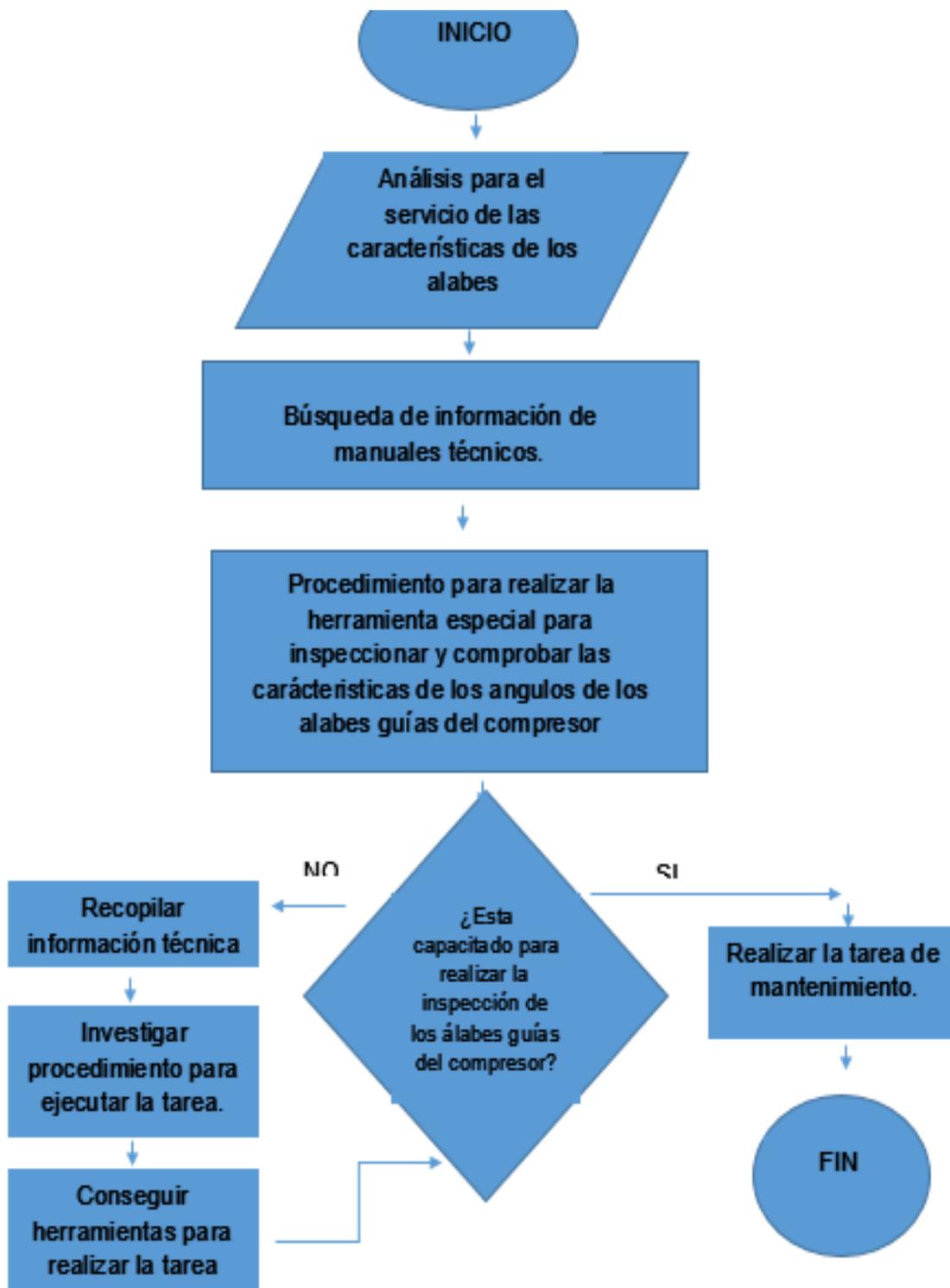
#### **14.11 Análisis De La Tarea De Mantenimiento.**

Finalmente se concluyó con éxito la tarea de mantenimiento 512 quedando así los motores operables. Los valores se encuentran dentro del rango establecido por el manual de mantenimiento de empleo técnico del motor TB3 117BM.

### 14.12 Diagrama De Flujo De Análisis De La Construcción De La Herramienta.



## 14.13 Diagrama De Flujo De Análisis Del Tema.



#### 14.14 Análisis De Costos.

Para la elaboración de la herramienta especial que nos permite inspeccionar y comprobar las características de los ángulos de los alabes guías del compresor, se detallan a continuación los costos primarios y costos secundarios.

##### Costos primarios.

- Materiales y herramientas.

##### Costos secundarios.

- Elaboración de textos.
- Tramites de graduación.

##### 14.14.1 Costos Primarios.

##### Tabla 2.

*Total de costos primarios*

Descripción	Cantidad	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
Plancha de acero 1.5mm	1	20	20.00
Suelda	2 Libras	2.50	5.00
Taladro	1	80.00	80.00
Brocas	4	35.00	35.00
Amoladora	1	85.00	85.00
Disco de corte	1	4.50	4.50
Discos de pulir	2	5.00	10.00

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario (USD)</b>	<b>Valor total (USD)</b>
Pintura	2 litros	10.00	20.00
Caja de madera	1	30.00	30.00
Cámara de video pinhole	2	65.00	130.00
Cable extensión 5m USB	2	14.50	29.00
Soporte para la camara de video	2	12.5	25.00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>538.50</b>
<b>Reproducción de ejemplares</b>			
Impresiones	120	0.10	12.00
Copias	50	0.05	2.50
<b>SUBTOTAL</b>			<b>14.50</b>
<b>VALOR TOTAL</b>			<b>553.00</b>

Nota: esta tabla representa los valores de los costos primarios que se realizo el gasto.

#### **14.14.2 Costos Secundarios.**

**Tabla 3.**

*Total de costos secundarios*

<b>No</b>	<b>Descripción (material)</b>	<b>CANT</b>	<b>P/U</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>1</b>	Útiles de escritorio	Varios	-	25.00
<b>2</b>	Transporte	-	-	10.00
<b>3</b>	Papel bond (resma)	1	5	5.00
<b>4</b>	Impresiones (otros formatos)	30	0.25	7.50
<b>5</b>	Anillados	2	2.50	5.00
<b>6</b>	Empastado	3	6.50	19.50
<b>7</b>	Imprevistos	-	-	50.50
<b>8</b>	<b>VALOR TOTAL</b>			<b>122.5</b>

NOTA: Esta tabla representa el valor total de los gastos secundarios que se gasto para la

elaboración del proyecto de titulación.

**14.14.3 Costo total del proyecto de grado.****Tabla 4.***Total del costo del proyecto*

<b>No</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor total (USD)</b>
<b>1</b>	VALOR TOTAL COSTO PRIMARIO	553.00
<b>2</b>	VALOR TOTAL COSTO SECUNDARIO	122.5
<b>3</b>	TOTAL	675.50

Nota: Esta tabla representa el valor total que se tuvo que gastar para concluir con el proyecto de titulación.

## 15 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 15.1.1 Conclusiones.

- La inspección y comprobación las características de los ángulos de los álabes guías del compresor del motor TB3 117BM del helicóptero MI-171 de matrícula E-487 aplicando a la carta tecnológica N° 512. 72.00.00 del manual de empleo técnico se concluye aplicando la herramienta especial construida estableciendo condiciones optimas a los motores de la aeronave.
- Mediante datos de investigación obtenidos, manuales de mantenimiento y referencias bibliográficas se concluye la exitosa construcción de la herramienta especial para ejecutar la tarea de mantenimiento de los motores TB3 117BM de la 15-BAE..
- Según los resultados encontrados e investigados se concluye una base informativa, segura, fiable sobre la inspección y comprobación de las características de los ángulos de los álabes guías del compresor de los motores TB3 117 BM pertenecientes a los helicópteros MI 171.

### **15.1.2 Recomendaciones.**

- Es indispensable el correcto uso del manual de mantenimiento para poder realizar la tarea de mantenimiento y así poder concluir sin ninguna dificultad dicho mantenimiento.
- Para realizar dicha tarea de mantenimiento es indispensable hacerlo con personal capacitado tomando en cuenta los respectivos procedimientos y medidas de seguridad establecidas.
- Es muy útil asegurarse que las herramientas que se está utilizando sean las correctas y adecuadas para realizar la tarea de mantenimiento antes mencionada.

## 16 GLOSARIO

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

**Equipo:** conjunto de aparatos y dispositivos relacionados operacionalmente para el cumplimiento integral de una función determinada o un sistema.

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

**Servicio:** es el reabastecimiento de cualquier sistema, cuando se termina un fluido de un recipiente al llenado de ese recipiente lo llamamos servicio.

**SEA:** Sociedad de Ingenieros Automotores.

**Propulsión:** Es el Procedimiento que se utiliza para mover hacia adelante una aeronave.

**Turboeje:** Es un tipo de motor a reacción cuyo objetivo es generaer potencia para mover una hélice o rotores.

**Motor a Reacción:** Es un tipo de **motor** que descarga un chorro de fluido a gran velocidad para generar un empuje

**Álabes:** Un álabe es la paleta curva de una turbomáquina o máquina de fluido rotodinámica

**Compresor axial:** Los **compresores axiales** son un tipo especial de turbomaquinaria, cuya función es la de aumentar la presión del flujo de aire entrante de forma continua

**Turbina:** Máquina que consiste en una rueda en el interior de un tambor provista de paletas curvas sobre las cuales actúa la presión de un fluido

## 17 ABREVIATURAS

LPM: Liters per minute (Litros por Minuto)

SHP: Shaft Horsepower (Potencia al eje)

HF: High Frequency (Alta frecuencia)

VHF: Very High Frequency (Muy alta frecuencia)

PSI: Pounds-force per square inch (Libra por pulgada cuadrada)

DGAC: Direccion General de Aviacion Civil

GAE: Grupo de Aviacion del Ejercito

AMM: Manual de Mantenimiento del Aeronave

GPS: Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)

ADF: Automatic Direction Finder

VOR: Radiofaro Omnidireccional Range

DME: Distance Measuring Equipment

STOL: Short Take-Off and Landing

SAE: Society of Automotive Engineers.

## 18 BIBLIOGRAFÍA

- Sáinz, V. (2007). *El Motor de Reacción y sus sistemas auxiliares*. Madrid: Novena Edición.
- Aérea, S. (2012). *www.tomado de seguridad aérea*. Recuperado el 12 de Octubre de 2019, de [www.seguridadaerea/turbinas/motor/reaccion.com](http://www.seguridadaerea/turbinas/motor/reaccion.com)
- Capelo, A. (2012). *Modernización de los Sistemas de Comunicación y Navegación*. Quito, sangolquí.
- Federal Aviation Administration*. (2012). Obtenido de United States Department of Transportation:  
<https://www.blubird.nl/sites/default/files/documenten/FAA%20helicopter%20flying%20handbook.pdf>
- López, J. (1993). *Teoría y diseño conceptual de helicópteros*. Madrid.
- Macias, E. (2018). *breve historia del ejercito ecuatoriano*. Recuperado el 15 de Agosto de 2019, de <https://issuu.com/>:  
[https://issuu.com/ceheesmil/docs/brief\\_history\\_of\\_the\\_ecuadorian\\_arm](https://issuu.com/ceheesmil/docs/brief_history_of_the_ecuadorian_arm)
- (2001). *Manual de empleo técnico del motor I TB3 117BM*. Rusia.
- Manual de entrenamiento del helicóptero Mi-8Mtv-1/Mi 171*. (Agosto de 2012). Recuperado el 18 de Noviembre de 2019, de Estructura del helicóptero:  
<http://helicoptero-mi-17-study.blogspot.com/2015/03/manual-entrenamiento-helicoptero-mi.html>
- Motor de turbina de gas AI-9B*. (2001). Mosku.
- Rdac 001, D. (23 de Marzo de 2010). *Rdac parte 001 Definiciones y Abreviaturas*. Recuperado el Diciembre de 18 de 2019, de <https://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/06/1.-RDAC-Parte-00123-Mar-10-1.pdf>
- Rivas, A. (Marzo de 2003). *Motores de Turbina de Gas*. Recuperado el 28 de Agosto de 2019, de Turbohélices:  
<http://www.volarenargentina.com/descargas/TURBOHELICES.pdf>

Rivera, E. (20 de Agosto de 2009). *Termodinámica térmica*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2019, de [http://eribera\\_bo.tripod.com/index.html](http://eribera_bo.tripod.com/index.html):

[http://eribera\\_bo.tripod.com/index.html](http://eribera_bo.tripod.com/index.html)

*Seguridad aérea*. (s.f.). Recuperado el 19 de Octubre de 2019, de Propulsión:

[https://www.seguridadaerea.gob.es/media/4498172/modulo14\\_cap01\\_a.pdf](https://www.seguridadaerea.gob.es/media/4498172/modulo14_cap01_a.pdf)

Tarifa, C. (1951). *Motores de reacción y turbinas de gas*. Madrid: Tomo 1.

# ANEXOS.



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

**CERTIFICACIÓN.**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor, **YASELGA ANTAMBA, EDISON RENE.**

En la ciudad de Latacunga a los 10 días del mes de Julio del 2020

.....  
**TLGA. ZABALA SAMANTHA.**  
**DIRECTORA DE LA MONOGRAFÍA.**

Aprobado por:

.....  
**ING. BAUTISTA RODRIGO.**  
**DIRECTOR DE CARRERA.**

.....  
**ABG. SARITA PLAZA**  
**SECRETARIA ACADÉMICA.**