



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA MECÁNICA AERONÁUTICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE: TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCION MOTORES**

**TEMA: “PRESERVACIÓN DE LOS MOTORES TB3-117 DE LAS
AERONAVES MI 171 PERTENECIENTE AL ESCUADRÓN DE
HELICÓPTEROS DE FABRICACIÓN RUSA CON LA
IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA ESPECIAL PARA
EL CENTRO DE MANTENIMIENTO DE LA AVIACIÓN DEL
EJÉRCITO (CEMAE)”.**

AUTOR: APOLO TORRES CÉSAR JONATHAN

TUTOR: TLGO. JONATHAN ZURITA

LATACUNGA

2018



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**PRESERVACIÓN DE LOS MOTORES TB3-117 DE LAS AERONAVES MI 171 PERTENECIENTE AL ESCUADRÓN DE HELICÓPTEROS DE FABRICACIÓN RUSA CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA ESPECIAL PARA EL CENTRO DE MANTENIMIENTO DE LA AVIACIÓN DEL EJÉRCITO (CEMAE)**”. Realizado por el señor **APOLO TORRES CÉSAR JONATHAN**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológico y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto, me permito acreditarlo y autorizar al señor **APOLO TORRES CÉSAR JONATHAN** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, Agosto del 2018

TLGO. JONATHAN ZURITA
DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, señor **APOLO TORRES CÉSAR JOANTHAN**, con cédula de identidad N°1723427256, declaro que este trabajo de titulación “**PRESERVACIÓN DE LOS MOTORES TB3-117 DE LAS AERONAVES MI 171 PERTENECIENTE AL ESCUADRÓN DE HELICÓPTEROS DE FABRICACIÓN RUSA CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA ESPECIAL PARA EL CENTRO DE MANTENIMIENTO DE LA AVIACIÓN DEL EJÉRCITO (CEMAE)**”.Ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, septiembre 2018

APOLO TORRES CÉSAR JONATHAN

C.C 1723427256



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

AUTORIZACIÓN

Yo, **APOLO TORRES CESAR JONATHAN**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la Biblioteca Virtual de la Institución el presente trabajo de titulación “**PRESERVACIÓN DE LOS MOTORES TB3-117 DE LAS AERONAVES MI 171 PERTENECIENTE AL ESCUADRÓN DE HELICÓPTEROS DE FABRICACIÓN RUSA CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA ESPECIAL PARA EL CENTRO DE MANTENIMIENTO DE LA AVIACIÓN DEL EJÉRCITO (CEMAE)**” cuyo contenido, ideas y criterios son mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, septiembre 2018

APOLO TORRES CÉSAR JONATHAN

C.C 1723427256

DEDICATORIA

El presente proyecto de grado lo dedico a mi madre, la persona más importante en mi vida que con sus consejos, sus bendiciones, su amor y su apoyo incondicional siempre estuvo ahí brindándome su mano para salir juntos de cualquier problema, la única persona que a pesar de los inconvenientes nunca se da por vencida, un ejemplo a seguir para todos quienes la conocen y en especial para mí. El pilar más importante de mi existencia que me ha guiado por el camino del bien, aquella que fue, es y será mi madre y padre, mi amiga, mi consejera, y sobre todo la razón de mi vida.

APOLO TORRES CESAR JONATHAN

AGRADECIMIENTO

El camino hacia ésta meta fue largo, más de lo que me esperaba, y en el trayecto me he topado con personas que me han apoyado y han estado ahí cuando más los necesitaba, por eso quiero agradecer al Tecnólogo Alejandro Proaño que en el transcurso de los años de estudio más que un docente que me ha compartido sus conocimientos, se ha convertido en un gran amigo, siempre dispuesto a ayudar y enseñar no solo temas referentes a la carrera, sino a la vida, a cómo superar obstáculos y aprender de ellos.

Al ex ITSA y todos los docentes con quienes tuve la oportunidad de recibir clases, ya que gracias a los conocimientos que ellos me han compartido he logrado tener las habilidades y capacidades que hoy tengo para desempeñarme en el ámbito laboral

A todos mis amigos y en especial a Paúl y Paola, compañeros de carrera, de aventuras, de experiencias y de vida, quienes a lo largo del tiempo de estudios demostraron lo más importante de una amistad: la lealtad, estando siempre en las buenas y en las malas.

Y sobre todo a mi madre, que sin ella nada de esto hubiese sido posible.

APOLO TORRES CÉSAR JONATHAN

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv

CAPÍTULO I

TEMA

1.1 Antecedentes	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	2
1.4 OBJETIVOS:	3
1.4.1 Objetivo General.	3
1.4.2 Objetivos Específicos	3
1.5 ALCANCE.	3

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 MOTORES A REACCIÓN	4
2.1.1 Sección de Admisión.	5
2.2.2 Sección de compresores.	5
2.2.3 Sección de combustión	5
2.2.4 Sección de Turbinas.....	6
2.2 TIPOS DE MOTORES A REACCIÓN	7
2.2.1 Turborreactor Básico	7
2.2.2 Turbofan	8
2.2.3 Turbohélice:	9

2.2.4 Motores Turboeje:.....	10
2.3 MOTORES TURBOEJE	10
2.3.1 Descripción y operación	10
2.4 MOTOR TV3-117 (TB3-117)	11
2.4.1 Datos Generales	11
2.4.2 Partes principales del motor TB3-117	12
2.4.3 Principio de funcionamiento.....	13
2.4.4 Sistemas del motor.....	14
2.5 TAREAS DE PRESERVACIÓN	15
2.6 Bombas hidráulicas.....	23
2.6.1 Clasificación de las Bombas	23
2.7 Motores eléctricos	28
2.7.1 Clasificación de los motores eléctricos	29
2.8 Motores de corriente Alterna.....	29
2.8.1 Motor Síncrono	30
2.8.2 Motor asíncrono.....	31
2.9 Métodos de transmisión de potencia.....	32
2.9.1 Transmisión mediante ruedas de fricción.....	33
2.9.2 Transmisión por correa.....	34
2.9.3 Transmisión por cadena	35
2.9.4 Sistemas de Engranajes	35
2.9.4.1 Relación de velocidades	39
2.10 Tratamientos térmicos	39
2.10.1 Tratamientos termoquímicos del acero.....	40

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Análisis De Alternativas De Solución	42
3.2 Descripción de la herramienta especial requerida.....	48
3.3 Desarrollo	49
3.3.1 Elección y adquisición de la bomba	49
3.3.2 Elección y adquisición del motor eléctrico	51
3.3.3 Fabricación del sistema de transmisión de potencia	52
3.3.4 Construcción del tanque.....	54

3.3.5 Conexión para 220 voltios	57
3.3.6 Pintura del tanque	58
3.4 Ejecución de una Práctica de mantenimiento	59
3.5 Elaboración de una guía de procedimientos	63
3.6 Elaboración de una guía de mantenimiento.....	67
3.7 Presupuesto	71
3.7.1 Análisis de costos	71
3.7.1.1 Costos Primarios	71
3.7.1.2 Costos Secundarios	72
3.7.2 Costo total del proyecto.....	73

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones	74
Recomendaciones	74
GLOSARIO.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXOS.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Motor Turborreactor Básico.....	8
Figura 2 Motor Turbofan	9
Figura3 Motor Turbohélice	9
Figura4 Motor Turboeje	10
Figura5 Esquema del motor TB3-117 Seccionado	12
Figura6 Camara de combustión motor TB3-117	13
Figura7 Turbina Libre Motor TB3-117.....	14
Figura8 Funcionamiento sistema de combustible motor TB3-117.....	17
Figura10 Bomba de engranajes	24
Figura11 Bomba de tornillo.....	25
Figura12 Bomba de paletas.....	26
Figura13 Bomba de pistones	27
Figura14 Partes del motor CA.....	30
Figura15 Motor síncrono	31
Figura16 Motor asíncrono	32
Figura17 Transmisión por ruedas de fricción	34
Figura18 Transmisión por correa y poleas.....	35
Figura19 Transmisión por engranajes	36
Figura20 Engranaje recto	37
Figura21 Engranajes helicoidales	38
Ilustración 22 Engranajes cónicos	38
Figura23 Búsqueda de equipos especiales de aviación	43
Figura24 Plataforma de aero-contact.com.....	44
Figura25 Dispositivo de preservación encontrado en la web.....	44
Figura26 Página que ofrece stock de repuestos para helicópteros.....	45
Figura27 Bomba de aceite Renault Logan 1.4.....	51
Figura28 Motor eléctrico reductor	52
Figura29 Engranajes fabricados a medida	53
Figura30 Tratamiento de Nitruración aplicado a los engranajes.....	54
Figura31 Diseño del tanque.....	55
Figura32 Tanque de aceite	56

Figura33 Toma de medidas para las manijas	57
Fiegora34 Materiales para la instalación eléctrica	57
Figura35 Interruptor del preservador	58
Figura36 Conexión del interruptor.....	58
Figura37 Aplicación de fondo adherente / anticorrosivo	59
Figura38 Carta tecnológica 202	61
Figura39 Continuación carta tecnológica 202.....	61
Figura40 Materiales y herramientas descritas en la C.T. 202	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Costos Primarios	71
Tabla 2 Costos Secundarios	72
Tabla 3 Costo total del proyecto	73

RESUMEN

Las tareas de mantenimiento de toda aeronave o motor se deben efectuar siguiendo los procedimientos indicados en los respectivos manuales. En cuanto a las tareas de preservación de los motores, se debe emplear un equipo especial para suministrar aceite al del sistema de combustible, para evitar la formación de corrosión en el interior del mismo.

Por lo tanto, el presente trabajo de titulación comprende el proceso de implementación de un equipo especial para la preservación de los motores TB3-117 de los helicópteros Mi-171, que se encuentran en el Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército, el análisis de alternativas de solución tomando en cuenta todas las opciones disponibles y eligiendo la construcción de un equipo que tenga similitud al original, basándose en elementos que se encuentran en el mercado nacional y que cumplan con los parámetros necesarios de funcionamiento.

De tal manera el equipo está conformado por un motor eléctrico que por medio de un sistema de transmisión de engranajes acciona a una bomba mecánica, todo alojado dentro de un tanque de acero galvanizado con capacidad máxima de 14 litros. Con la finalidad de realizar las tareas de preservación de una manera correcta, garantizando la ejecución de las mismas como lo indica el manual, salvaguardando la integridad del personal técnico y la vida útil de los motores del ejército, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos durante el tiempo de estudios, abarcando todas las materias recibidas a lo largo de la carrera.

PALABRAS CLAVE

- PRESERVACIÓN
- EQUIPO ESPECIAL
- TB3-117
- HELICÓPTERO
- MANTENIMIENTO

ABSTRACT

The maintenance tasks of any aircraft or engine must be carried out following the procedures indicated in the respective manuals. As for the preservation tasks of the engines, special equipment must be used to supply oil to the fuel system, to avoid the formation of corrosion inside it.

Therefore, the present degree project includes the process of implementing a special equipment for the preservation of the TB3-117 engines of the Mi-171 helicopters, which are located in the Army Aviation Maintenance Center, the analysis of solution alternatives taking into account all available options and choosing the construction of a device that will be similar to the original, based on elements that are in the national market and that meet the necessary operating parameters.

In such way, the equipment is conformed by an electric motor that by means of a gears transmission system operates a mechanical pump, all housed inside a galvanized steel tank with maximum capacity of 14 liters. with the goal to perform the preservation tasks in a correct way, guaranteeing the execution of the tasks as indicated in the manual, safeguarding the integrity of the technical personnel and the useful life of the army engines, putting into practice the knowledge acquired during the study time, covering all the subjects received throughout the career.

KEYWORDS

- PRESERVATION
- SPECIAL EQUIPMENT
- TB3-117
- HELICOPTER
- MAINTENANCE

CAPÍTULO I

TEMA

“PRESERVACIÓN DE LOS MOTORES TB3-117 DE LAS AERONAVES MI 171 PERTENECIENTE AL ESCUADRON DE HELICÓPTEROS DE FABRICACION RUSA CON LA IMPLEMENTACION DE UNA HERRAMIENTA ESPECIAL PARA EL CENTRO DE MANTENIMIENTO DE LA AVIACIÓN DEL EJÉRCITO (CEMAE)”.

1.1 Antecedentes

La aviación del ejército ecuatoriano cuenta con helicópteros MIL - MI 171 como parte de su flota de aeronaves de ala rotatoria al servicio de las operaciones militares del país, cumpliendo labores de rescate, traslado de pasajeros, y transporte de carga dentro del territorio ecuatoriano, especialmente a la Amazonía en sitios de difícil acceso terrestre o fluvial. Dichas aeronaves de fabricación rusa son propulsadas por 2 motores turbo eje Klimov TB3-117 siendo capaces de transportar hasta 5 toneladas de carga externa o varios ocupantes en su interior, siendo uno de los helicópteros más grandes que operan en el país.

El Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército – CEMAE es el organismo encargado de realizar las tareas de mantenimiento a las aeronaves de la aviación del ejército, entre ellas, los helicópteros mencionados en el párrafo anterior, en la sección de mantenimiento de motores se realiza, entre otras tareas, el desmontaje de los motores, inspecciones, reparaciones, limpieza y preservación para el posterior almacenamiento o envío a Overhaul.

Después de realizar una investigación acerca de las necesidades principales del Centro de Mantenimiento de la Aviación Del Ejército – CEMAE y gracias a su predisposición para ayudar a los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE en sus trabajos de titulación, se pudo constatar que no existen las herramientas necesarias para poder realizar los trabajos de preservación de los motores de una manera adecuada, tareas que se están realizando de manera rústica, sin las herramientas especiales y sin las debidas precauciones que indica el manual.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Realizar las tareas de mantenimiento sin las herramientas adecuadas implica varios riesgos tanto para la integridad del personal como para la funcionalidad de los motores y aeronaves presentes en el CEMAE, el proceso de preservación de los motores TB3-117 se lo ha venido realizando sin las herramientas necesarias que indica el manual, afectando de manera directa a la eficiencia en la realización de las actividades.

El manual indica que para el almacenaje de los motores ya sea en la aeronave o fuera de ella se debe llenar los sistemas de combustible y lubricación; para llenar el sistema de lubricación del motor con el aceite de preservación que indica el fabricante se emplea una herramienta especial que bombea el lubricante dentro del sistema, en el CEMAE los técnicos se ven en la necesidad de realizar dicha operación de manera manual e improvisada ya que no se cuenta con la herramienta ya mencionada.

Es entonces donde surge la necesidad de la implementación de una herramienta especial para la preservación del sistema de lubricación de los motores TB3-117 de una manera adecuada y eficiente tal como lo indican los manuales de mantenimiento, mejorando considerablemente los tiempos de trabajo, y la seguridad dentro del centro de mantenimiento de la aviación del ejército.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército – CEMAE es el pilar fundamental para el correcto desempeño de las aeronaves al servicio de las fuerzas armadas ya que es en sus hangares donde se realiza el mantenimiento de los helicópteros que operan en el país, por lo tanto es de vital importancia que las tareas de mantenimiento se las realice de la mejor forma posible, cumpliendo a cabalidad las normas de seguridad y ergonomía necesarias para que cada actividad al interior de las instalaciones sea realizada de la manera más eficiente y segura.

Con la implementación de la herramienta especial para la preservación de los motores TB3-117 se podrá desempeñar las tareas de almacenaje o envío a Overhaul de los motores de la manera más adecuada, brindando un servicio

de mantenimiento eficaz y minimizando los riesgos hacia el personal contribuyendo a que las aeronaves se encuentren operativas en menor tiempo y con las garantías que da un servicio de calidad.

De ésta manera la implementación de la herramienta especial para la preservación de los motores mejorará el proceso de serviceo del sistema hidráulico en las tareas de mantenimiento, gracias a los conocimientos adquiridos en la Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE, entidad encargada de formar profesionales de calidad listos para desempeñar sus labores de manera correcta y eficiente al servicio de la aviación en el Ecuador.

1.4 OBJETIVOS:

1.4.1 Objetivo General.

Implementar una herramienta especial para la preservación de los motores TB3-117 de fabricación rusa en el Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército (CEMAE) aplicando los conocimientos adquiridos en la Unidad de Gestión de Tecnologías mediante procedimientos técnicos.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Recopilar información necesaria para implementar la herramienta especial que cumpla con los parámetros requeridos
- Analizar las alternativas de solución para la implementación de la herramienta especial con elementos de alta fiabilidad en su funcionamiento.
- Implementar la herramienta especial y efectuar la tarea de preservación del sistema de combustible del motor TB3-117.

1.5 ALCANCE.

El presente proyecto inicia con el diagnóstico basado en las falencias al momento de realizar las tareas de preservación y almacenaje de los motores TB3-117 confirmando la necesidad de implementar una herramienta especial; una vez obtenida la información de la necesidad se realiza un análisis de alternativas de solución para buscar la forma más adecuada de cubrir la necesidad encontrada, a continuación se ejecuta la solución determinada y concluye en el desarrollo de una tarea de preservación usando la herramienta especial que se implementará en el centro de mantenimiento del ejército (CEMAE).

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 MOTORES A REACCIÓN

En el campo de la aviación existen principalmente dos tipos de motores utilizados para la propulsión de las aeronaves, en la actualidad los más empleados para las aeronaves de baja potencia son los motores recíprocos, mientras que en aeronaves de mediana y alta potencia se emplean los motores a reacción. Los motores a reacción se basan en la tercera ley de Newton: Acción y Reacción, de ahí su nombre, esto se debe a que se aprovecha la fuerza opuesta a la expulsión de los gases para impulsar a la aeronave.

Mecanismo de la propulsión

“La observación de las formas de propulsión en la naturaleza permite afirmar que cuando un móvil se desplaza en un cierto sentido existe otro cuerpo (bien de masa sólida, líquida o gaseosa) que se mueve en sentido opuesto. El ejemplo de desplazamiento de un automóvil es, quizás, un caso extremo, pero real, de lo que decimos. Cuando el automóvil se desplaza en una cierta dirección hay otro cuerpo que se desplaza en sentido contrario. El “otro cuerpo”, en este caso, es la tierra, el planeta, que de alguna forma es afectado por el desplazamiento del automóvil. Claro que el movimiento de la tierra en sentido contrario es inobservable, dada la gran diferencia de masas que existe entre ambos cuerpos; pero el hecho de ser inobservable no quiere decir que no exista.

Si la masa de aire que desplaza la hélice se mueve en una dirección, hacia atrás, hay otro cuerpo, el avión, que se desplaza en sentido contrario. En todo momento la variación de la cantidad de movimiento de la masa de aire es exactamente igual a la fuerza propulsiva que se aplica al otro cuerpo (el avión en nuestro caso)”. (Oñate, 2007)

El funcionamiento de un motor a reacción se centra en quemar la mezcla aire combustible y expulsarla a gran velocidad y presión para que dicha expulsión de gases genere la fuerza necesaria para impulsar a la aeronave sin importar el tipo de motor a reacción del que estemos hablando siempre se

dividirá internamente en las siguientes Secciones: Admisión, compresión, combustión, turbina y escape.

2.1.1 Sección de Admisión.

“La alimentación de aire en el motor requiere un conducto que comunique la entrada del motor (el compresor es el primer componente) con uno o más puntos de la superficie exterior del avión. Éste conjunto se denomina toma o entrada de aire, la toma de aire tiene la función principal de capturar el aire del exterior en cualquier condición de vuelo, y conducirlo hasta la entrada del compresor. La captura y conducción del flujo debe realizarse con pérdidas energéticas mínimas, esto es, la corriente de aire debe conservar la máxima presión total posible presente en su movimiento”. (Oñate, 2007)

2.2.2 Sección de compresores.

Es la etapa que se encuentra inmediatamente detrás de la sección de admisión, es la encargada de disminuir la velocidad del flujo de aire y comprimirlo para su posterior combustión, mientras mayor sea la compresión, mayor rendimiento se obtendrá.

Existen dos tipos de compresores en los motores a reacción: Compresores Centrífugos y Compresores Axiales; los compresores centrífugos realizan la compresión del aire desde el centro hacia fuera, empujando la masa de aire hacia las paredes externas del compresor, para luego por medio de un colector re direccionar el aire comprimido hacia la sección de combustión. Los compresores Axiales en cambio comprimen el aire en forma lineal pasando la masa de aire a través de las etapas de compresión en línea recta paralela al eje hacia la siguiente etapa.

2.2.3 Sección de combustión

Es la sección en la cual el aire comprimido es mezclado con el combustible y es incinerado para ganar velocidad mediante su expansión, a diferencia de los motores recíprocos, la combustión en los turborreactores se efectúa de manera continua mediante la inyección constante de combustible pulverizado.

Existen tres tipos de cámaras de combustión: cámaras anulares, tubulares y tubo-anulares.

- Cámaras anulares: son formadas por un solo anillo de dos paredes dentro del cual se aprovecha al máximo la masa de aire que ingresa para su combustión.
- Cámaras tubulares: son formadas por varias cámaras individuales en forma de tubos, interconectadas para transferir la llama ya que no en todas se tiene bujías.
- Cámaras tubo anulares: son la mezcla de las 2 anteriormente ya mencionadas, teniendo varias cámaras tubulares dentro de un anillo principal.

Los elementos principales que se encuentran en las cámaras de combustión son:

- Forro de combustión: Es la parte interna perforada de la cámara de combustión, lugar donde se realiza la combustión con el flujo de aire primario.
- Carcasa de cámara: Rodea el forro de combustión y permite el flujo de aire secundario que mantiene al primario dentro del forro de combustión gracias a los orificios del mismo.
- Inyectores de Combustible: Pulverizan el combustible para su mezcla con el aire y posterior combustión.
- Bujías: No se encuentra en todas las cámaras, según el fabricante ubica las bujías en diferentes cámaras del conjunto, la llama se propaga por medio de los tubos de conexión hacia las cámaras sin bujía.

2.2.4 Sección de Turbinas

Posterior a la combustión de la mezcla aire combustible, los gases producidos salen a gran velocidad y pasan inmediatamente hacia las secciones de turbinas, consta de rotores y estatores que se encargan de la función más importante: aprovechar la energía de la combustión para transformarla en trabajo tanto para mantener en movimiento a los compresores y formar un ciclo

continuo de trabajo, así como generar el empuje necesario para mover la aeronave o en su defecto mover un eje conectado hacia una hélice o rotor en caso de turbo hélices o turbo ejes.

El funcionamiento de la sección de turbinas es similar a un compresor axial, es decir, se basa en el flujo de aire de una forma paralela al eje, consta de rotores y estatores que re direccionan el aire evitando que se generen vórtices o turbulencias, manteniendo un flujo lineal de gases combustionados.

2.2 TIPOS DE MOTORES A REACCIÓN

Existen varios tipos de motores a reacción usados en aviación, unos emplean la expulsión de los gases de combustión para generar empuje, mientras que otros ocupan dichos gases para mover un eje conectado a una hélice y generar tracción o mover un conjunto de rotores en el caso de helicópteros, los principales tipos de motores utilizados en aviación son cuatro: Turborreactor básico, Turbofan, Turbohélice y Turboeje, siendo éste último en que se centra el desarrollo del presente proyecto.

“Se llaman *motores a reacción* las maquinas térmicas en las cuales la energía química de la mezcla combustible-oxidante se transforma en energía cinética del chorro de gases que salen del interior del motor. Puesto que, como se ha dicho, todas las formas de propulsión se basan en “lanzar” masas en un cierto sentido para obtener el desplazamiento del móvil en sentido contrario, cabe preguntarse ¿Qué matiz o cualidad distingue a los motores de reacción de otras formas de propulsión aérea, como la propulsión por hélice?

La diferencia es que la masa de mas que interviene en el ciclo de funcionamiento del motor sale del mismo motor, es expulsada del interior del motor. Es la nota diferencial de los motores de reacción.” (Oñate, 2007)

2.2.1 Turborreactor Básico

Es el tipo de motor a reacción más básico y antiguo, emplea un solo flujo de aire para su trabajo, su funcionamiento es bastante sencillo ya que se trata de un motor que capta aire del exterior, lo comprime, combustiona y pasa a una

sección de turbinas para aumentar la velocidad de los gases quemados y obtener el empuje necesario para impulsar a la aeronave; en la actualidad no es muy frecuente el uso de los motores turbo reactores debido a sus malas prestaciones acústicas y de consumo de combustible.

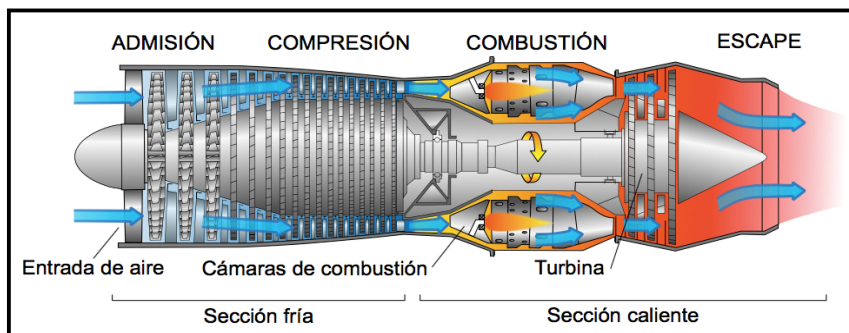


Figura 1 Motor Turbo reactor Básico

Fuente: (Villajosana, 2011)

2.2.2 Turbofan

El motor turbofan es un motor cuyo funcionamiento se basa en generar dos flujos de aire para el funcionamiento del motor, uno principal que se utiliza para la combustión y obtención de energía para mover los compresores además de obtener empuje, y el flujo secundario que circula de manera concéntrica al primario. Los motores turbofan son los más usados en aviación comercial en la actualidad debido a sus buenas características acústicas y de consumo.

Existen motores turbofan de alto y bajo bypass o también llamado índice de derivación que es la relación entre la cantidad de aire que circula por el flujo primario y secundario, los motores de alto índice de derivación son más usados en la actualidad para vuelos comerciales debido a su gran economía de combustible, menor ruido, y menor contaminación. Pero al alcanzar velocidades cercanas a la velocidad del sonido su empuje se ve afectado, por lo que para esas velocidades es necesario usar turbofan de bajo bypass.

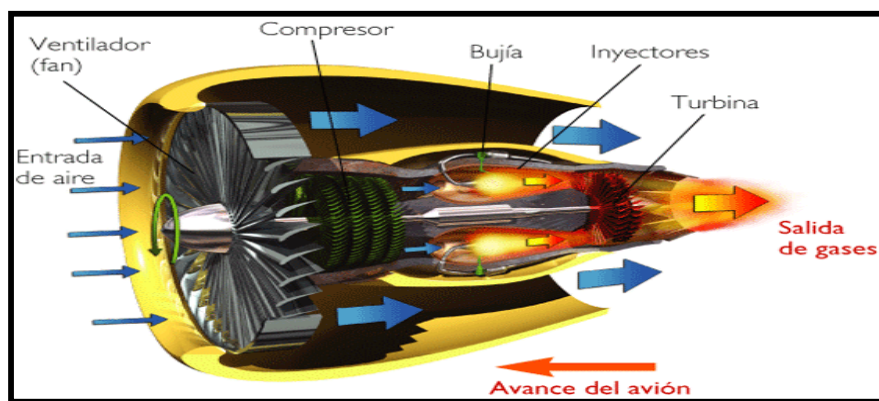


Figura 2 Motor Turbofan

Fuente: (Antonio Segura Valverde, 2016)

2.2.3 Turbohélice:

El motor turbohélice basa su funcionamiento en la transmisión del movimiento del eje de la turbina hacia un set de engranajes llamado caja reductora a la cual se acopla a una hélice. Por lo tanto, se convierte en un motor “tractor” a diferencia de los motores antes mencionados a los cuales se los llama motores “propulsores”, en los motores tractores no se aprovecha la fuerza y velocidad de los gases de escape para obtener empuje, por lo que se implementa unas toberas de escape que envían los gases combustiónados hacia los lados del motor.

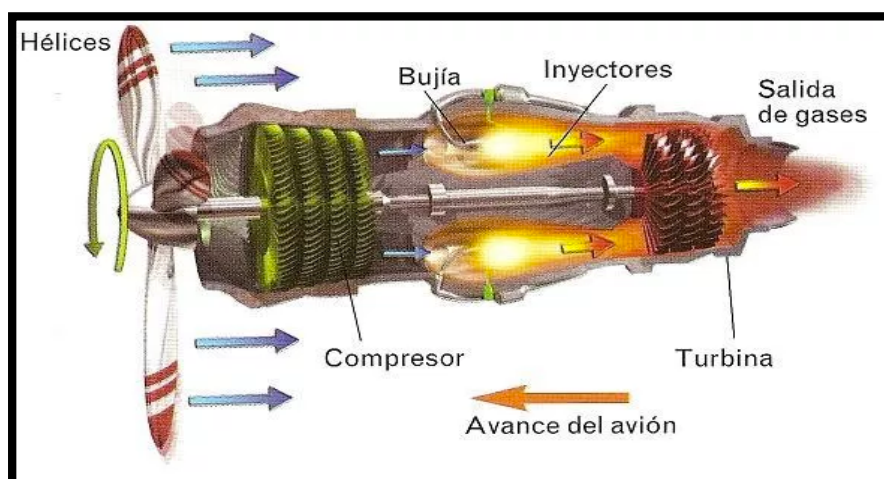


Figura 3 Motor Turbohélice

Fuente: (Antonio Segura Valverde, 2016)

2.2.4 Motores Turboeje:

Son motores utilizados en aeronaves de ala rotatoria como los helicópteros. Los motores turboeje son muy similares a los motores turbohélice debido a que en éstos motores tampoco se emplea la fuerza de los gases de escape para obtener empuje, al igual que los motores turbohélice, la energía de la combustión se aprovecha para mover un eje al cual, en este caso, va acoplado el eje de transmisión del rotor principal y rotor de cola.

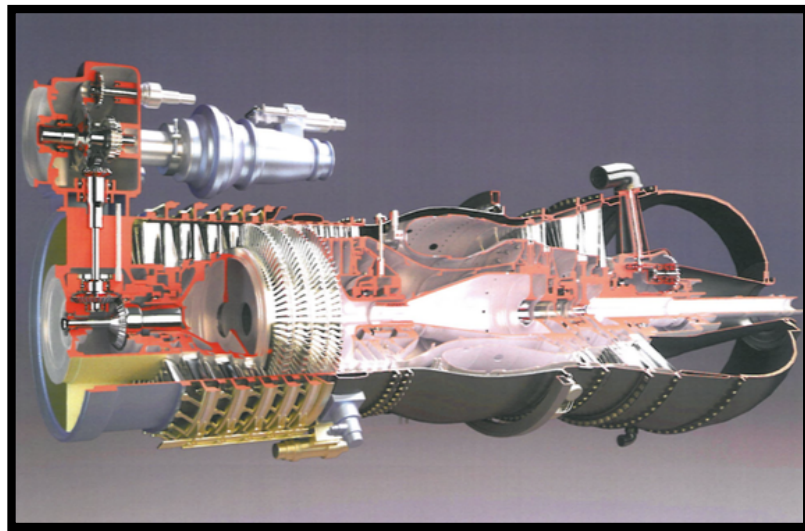


Figura 4 Motor Turboeje

Fuente: (Antonio Segura Valverde, 2016)

2.3 MOTORES TURBOEJE

2.3.1 Descripción y operación

Los motores turboeje son una variedad de motores turborreactores que aprovecha la energía de la combustión para entregar potencia a través de un eje y transmitirla a algún mecanismo que no sea una hélice, pudiendo dicha potencia ser aprovechada para impulsar barcos, locomotoras, hovercrafts, algunos vehículos de combate y sobre todo helicópteros.

Los motores turboeje usados en aviación se emplean en helicópteros, la sección de turbinas se encarga de mover a los compresores y al sistema de rotores tanto principal como de cola a través de un conjunto de transmisión de

potencia acoplados a cajas reductoras para poder obtener las rpm (revoluciones por minuto) necesarias en cada extremo.

La mayoría de motores turbosje de aviación usan un sistema de turbina libre, conocido así por su configuración en cuanto a los ejes internos del motor en los que no se encuentran formando un solo eje, sino que son separados el eje de los compresores del eje de turbina de potencia, pudiendo así girar independientemente uno del otro, esto contribuye a un menor esfuerzo para poner en marcha a los motores y poder mantener a los rotores girando a las rpm requeridas en todo momento.

2.4 MOTOR TV3-117 (TB3-117)¹

El fabricante ruso Klimov se dedica a producir varios tipos de motores aeronáuticos tanto para aeronaves de ala fija como ala rotatoria, entre su lista de productos fabricados se encuentra el motor turbosje Klimov TB3-117, dicho motor es utilizado en el 95% de los helicópteros MI y Kamov que se encuentran operativos alrededor del mundo, hasta la fecha son más de 25 000 unidades fabricadas de las varias versiones del TB3-117, acumulando más de 16 millones de horas de trabajo², todas las modificaciones para los distintos usos del motor TB3-117 se tratan de pequeñas adaptaciones al entorno para el cual va a ser aplicado el motor.

2.4.1 Datos Generales

Características generales del motor TB3-117.

- **Tipo de motor:** Turbosje, con turbina libre
- **Dirección de giro:** Izquierda
- **RPM (revoluciones por minuto) de la turbina libre:** 15000rpm (100%)
- **Potencia en el eje de salida:** 2000HP (régimen de despegue)
- **Peso seco:** 239 kg

¹ Se puede considerar TV3-117 al igual que TB3-117 por la traducción del idioma Ruso, según el fabricante en su página oficial.

² Datos obtenidos de la página oficial del fabricante.

- **Largo con accesorios y tobera de escape:** 2055 mm
- **Ancho:** 650 mm
- **Alto:** 728 mm

2.4.2 Partes principales del motor TB3-117

- **“Dispositivo de admisión:** canal destinado al suministro de aire de la atmósfera, protegido contra la formación de hielo. Compresor: axial de doce etapas.
- **Cámara de combustión:** anular, con 12 inyectores. Turbina del compresor: de dos etapas, axial.
- El compresor, la cámara de combustión y la turbina del compresor forman el turbocompresor.
- **Turbina libre:** de dos etapas, axial. Dispositivo de escape: no regulable, divergente.
- **Arrastre de accesorios:** proporciona la transmisión del giro para los accesorios principales del motor.” (TV3-117(PDF), 2017)

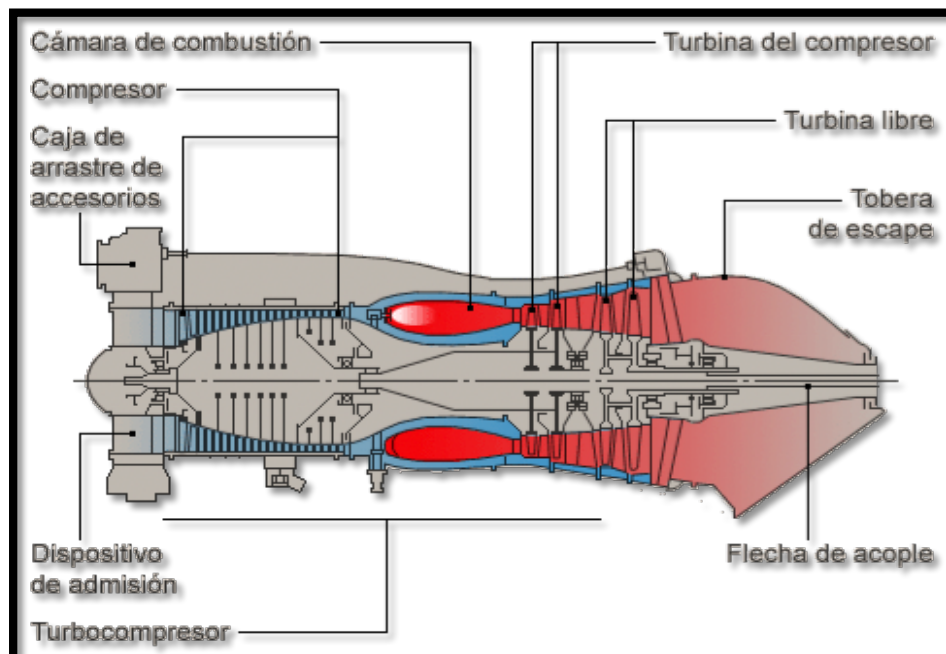


Figura 5 Esquema del motor TB3-117 Seccionado
Fuente: (TV3-117(PDF), 2017)

2.4.3 Principio de funcionamiento

“Entrada de aire: El aire de la atmósfera es absorbido a través del dispositivo de admisión del helicóptero por el compresor axial de doce etapas. Al pasar por el canal del compresor, el aire es paulatinamente comprimido y entra a la cámara de combustión.

Cámara de combustión: En la cámara de combustión el combustible es inyectado ininterrumpidamente por 12 inyectores de combustible. El combustible es totalmente quemado con un pequeño exceso de aire, lo cual proporciona una llama continua y una alta temperatura en la zona de combustión. De la cámara de combustión el flujo de gases con alta temperatura y presión incrementada ingresa a las turbinas del motor.

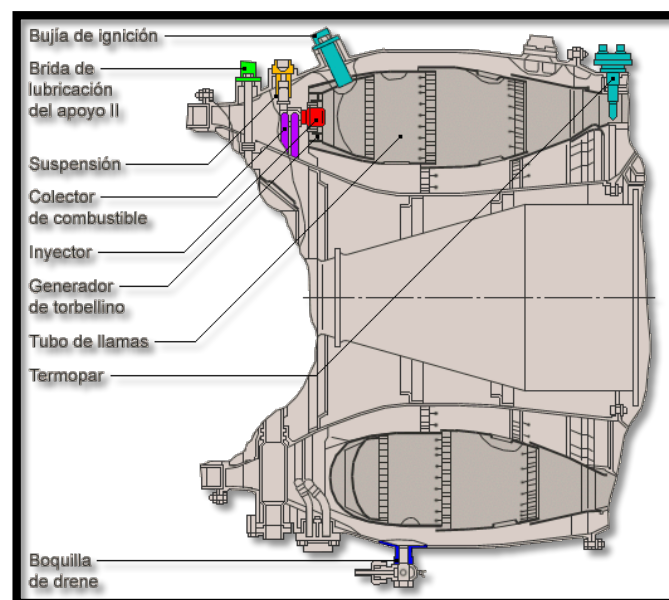


Figura 6 Cámara de combustión motor TB3-117
Fuente: (TV3-117(PDF), 2017)

Turbina del compresor: En los álabes de las toberas de la turbina del compresor la energía del flujo de gas es parcialmente convertida en energía cinética de los gases. En los álabes móviles de la turbina del compresor la energía de los gases es convertida en trabajo mecánico, transmitido al eje de la turbina del compresor en forma de momento de torsión y para impulsar el eje del compresor, la caja de accesorios y la bomba de aceite.

Turbina libre: La parte restante de la energía del flujo de gases es convertida de forma similar en los álabes de tobera de la turbina libre en energía cinética. Esta energía es convertida en trabajo mecánico y transmitida al eje, donde genera el momento de torque para la transmisión principal y el giro de los ejes de los rotores principal y de cola, para el arrastre de los componentes, instalados en la transmisión.” (TV3-117(PDF) M. , 2017)

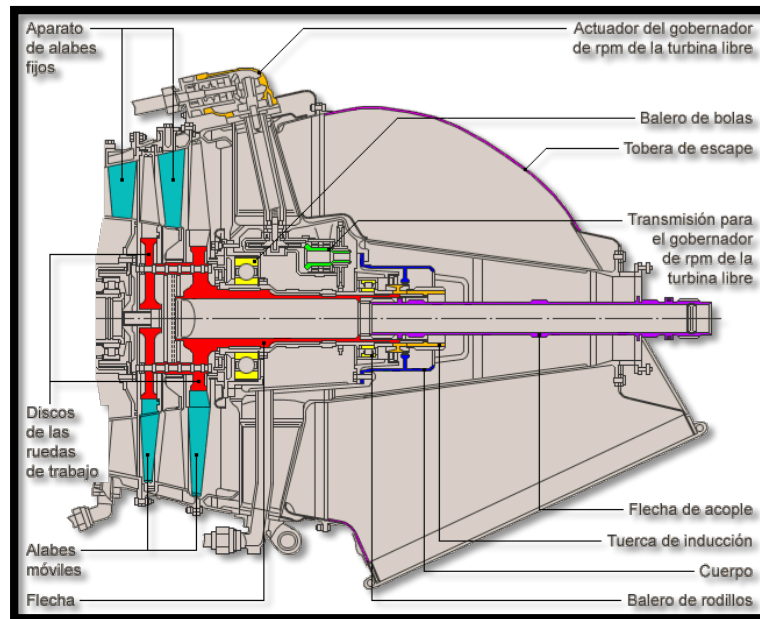


Figura 7 Turbina Libre Motor TB3-117
Fuente: (TV3-117(PDF), 2017)

2.4.4 Sistemas del motor

“Para el funcionamiento seguro en todos los regímenes de vuelo, en todas las alturas y velocidades de operación, en cualquier estado del tiempo el motor de turbina TV3-117VM está equipado con los siguientes sistemas:

- **Sistema de combustible:** para la alimentación del motor, control de los regímenes de operación del motor, así como para la operación de unidades de mando del motor. El sistema de combustible incluye el sistema de regulación automática;

- **Sistema de lubricación y ventilación:** de circuito abierto, autónomo, de circuito único, circulatorio, forzado. Utiliza aceite sintético - B-3V (JET OIL II)
- **Sistema de sangrado de aire:** destinado a evitar la formación de hielo en la entrada de los motores, para el funcionamiento del dispositivo protector de partículas, el funcionamiento estable del motor en los regímenes transitorios, el funcionamiento normal de las empaquetaduras de los apoyos del motor, así como el suministro de aire caliente a los sistemas del helicóptero;
- **Sistema de arranque:** que sirve para la puesta en marcha del motor en tierra y en el aire, para realizar la ventilación y el arranque en falso. El sistema de arranque es neumático, con toma de aire del APU AI-9V y utiliza una marcha neumática para impulsar el rotor del motor”.

(TV3-117(PDF), 2017)

2.5 TAREAS DE PRESERVACIÓN

Cuando un motor debe ser almacenado por periodos largos de tiempo ya sea para almacenamiento en helicóptero o en bodega o para ser enviado a overhaull, se debe preservar los sistemas de combustible y de aceite para evitar la corrosión de sus componentes internos. Dicha tarea se debe realizar en las condiciones y siguiendo los pasos indicados en el manual de mantenimiento, empleando las herramientas especiales que se indica, tanto el sistema de lubricación como el de combustible deben ser llenados con aceite en su totalidad para poder ser almacenado.

El presente trabajo de titulación se centra en la preservación del sistema de combustible del motor para almacenamiento tanto en helicóptero o en tierra para posterior envío a overhaull, por lo que se procede a detallar el principio de funcionamiento del sistema a preservar.

“PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR TB3-117

El combustible ingresa del sistema del helicóptero hacia la entrada de la bomba centrífuga de combustible (DTSN-70A). La bomba DTSN-70A eleva la presión del combustible hasta el nivel requerido y lo suministra al filtro de limpieza fina.

El combustible filtrado ingresa a la entrada de la unidad de control de combustible (FCU) NR-3VM. En la unidad de control de combustible la presión del combustible aumenta, el combustible es dosificado de manera correspondiente e ingresa en dos corrientes a través de la válvula de drene hacia los contornos uno y dos del colector de combustible de los inyectores.

Inicialmente el suministro de combustible es efectuado por el primer contorno y el combustible ingresa al segundo contorno en regímenes de funcionamiento, superiores al de marcha lenta.

Para el control del funcionamiento de los accesorios y los conjuntos del motor, el combustible con alta presión es suministrado desde la unidad de control de combustible al mecanismo actuador IM-3A, la válvula de presurización y el cilindro hidráulico del motor, del cual a su vez ingresa a las válvulas de sangrado de aire.

El combustible infiltrado por las juntas de los accesorios, es retirado por las tuberías del sistema de drene hacia el eyector y enseguida expulsado hacia la tobera de escape.

El combustible, descargado de la cámara de combustión y la válvula de presurización durante el corte del motor, ingresa a la válvula de drene y a continuación es expulsado del motor.” (TV3-117(PDF), 2017)

A continuación se detallan los principales componentes con su respectivo orden de funcionamiento indicado con flechas sucesivas en una imagen detallada del curso de inducción al motor TB3-117:

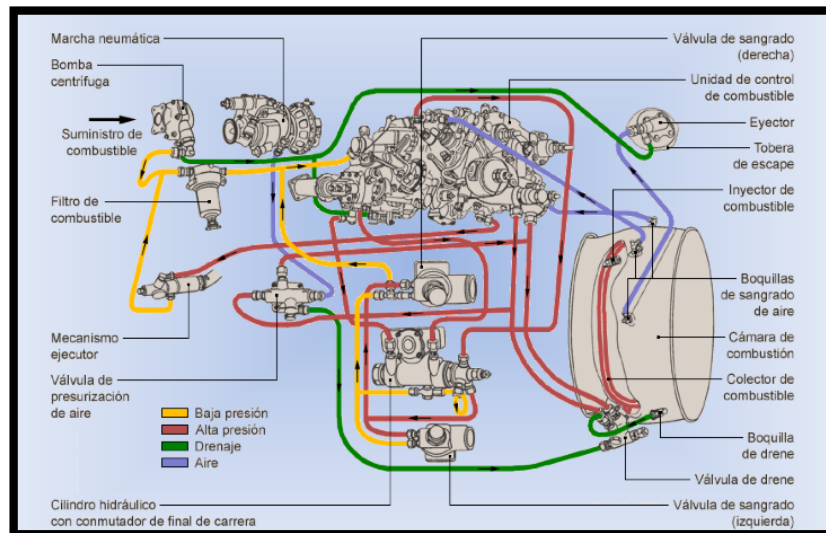


Figura 8 Funcionamiento sistema de combustible motor TB3-117
Fuente: (TV3-117(PDF), 2017)

A continuación, se detalla las reglas de almacenamiento del motor TB3-117 indicadas en el manual de empleo técnico, libro 1, ATA 72.00.00, página 901

1. "GENERALIDADES

Antes de poner el motor en almacenamiento hay que ejecutar la limpieza de sus superficies de ensuciamiento, quitar la corrosión hallada y restablecer la pintura defectuosa.

Los motores guardados en helicóptero o desmontados del mismo para guardarse en depósitos de almacenamiento o enviarse para reparación deben ser protegidos contra la humedad, polvo y otras superficies agresivas del medio ambiente, las que provocan la corrosión.

Durante el almacenamiento del motor en helicóptero las capotas y cubiertas de la góndola del motor deben ser cerrados, los tubos de entrada y salida del conducto aire-gas deben ser tapados.

Durante el almacenamiento del motor sus sistemas de combustible y aceite deben ser llenados.

Si el combustible esta vaciado del sistema de combustible del motor es indispensable preservarlo en un plazo no mayor a 24 horas.

El sistema de combustible debe ser preservado obligatoriamente en los motores desmontados del helicóptero para almacenamiento y si el almacenamiento es de largo plazo hay que preservar el sistema de aceite.

2. ALMACENAMIENTO DEL MOTOR EN HELICÓPTERO.

2.1.1 Exigencias en general

En caso de interrupción de los vuelos del helicóptero se deben cumplir las exigencias en general expuestas abajo, las que aseguran la conservación del motor.

- Los tubos de entrada y salida del conducto de aire-gas deben ser bien tapados mediante las tapas ciegas o fundas de tela impermeable;
- Las capotas, cubiertas y todas las ventanillas de la góndola del motor deben ser cerrados el sistema de combustible debe ser llenado de combustible o preservado con aceite;
- El sistema de aceite debe ser llenado de aceite empleado para el trabajo;
- La llave de contra incendio de la planta de poder debe ser cerrada.

¡ATENCIÓN! SE ADMITE BOTAR EL COMBUSTIBLE DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR POR UN PLAZO NO MAS DE 24 HORAS, A LA EXPIRACION DE ESTE PLAZO EL SISTEMA DE COMBUSTIBLE DEBE LLENARSE DE NUEVO CON COMBUSTIBLE O PRESERVARSE CON EL ACEITE.

2.2 Almacenamiento del motor en helicóptero por un tiempo hasta (30 ± 5) días.

Se permite almacenamiento del motor en helicóptero por un tiempo de hasta 30 días sin preservación de los sistemas de combustible y de aceite

observando las exigencias expuestas en el punto 2.1 y ejecutando los siguientes trabajos:

2.2.1 Al cumplir 30 días de almacenamiento:

- Efectuar la inspección externa del motor en calidad de mantenimiento técnico postvuelo, eliminando los desperfectos encontrados;
- Eliminar la corrosión aparecida y ensuciamiento de las superficies del motor, de las unidades y de la góndola del motor, además los desperfectos encontrados durante la inspección. Inspeccionar los filtros de aceite y de combustible principal.
- Ejecutar el giro manual a 4...5 vueltas de los rotes del turbocompresor y de la turbina libre;
- Preparar el motor para arranque. Arrancar el motor, calentar y pararlo. Abrir las capotas e inspeccionar el motor;
- Cerrar las capotas, cubiertas y ventanillas de la góndola del motor, colocar las tapas ciegas en los tubos de entrada y de salida del conducto aire-gas.

2.2.2 En caso de reanudar la explotación después de la ejecución de las indicaciones del punto 2.2.1 hay que inspeccionar los filtros de aceite y de combustible del motor y ejecutar los trabajos de preparación pre vuelo y preliminar. Si el estado del motor es satisfactorio, se admite su empleo posterior.

2.2.3 Si hay necesidad de seguir guardando el motor sin preservación de sus sistemas de combustible y de aceite en helicóptero, se admite almacenamiento dentro de 30 días siguientes después de ejecutar los trabajos según el punto 2.2.1 Terminado este plazo hay que ejecutar nuevamente los trabajos según el punto 2.2.1.

NOTA: Se admite almacenamiento del motor sin preservación de sus sistemas de combustible y de aceite en helicóptero dentro de:

- (30 ± 5) días en condiciones de los trópicos húmedos y otras zonas calurosas húmedas y aeródromos ubicados en lugares ribereños de los mares u océanos;
- 3 meses ± 10 días en condiciones de las zonas moderadas, los trópicos secos y otras zonas calurosas secas ejecutando la prueba dentro de cada 30 ± 5 días;
- 3 meses ± 10 días en condiciones del taller de montaje o hangar, con tapas ciegas puestas y ejecución del giro manual de los rotores del turbocompresor y de la turbina libre dentro de cada (30 ± 5) días

2.3 Almacenamiento del motor en helicóptero hasta (6 ± 1) meses (en los trópicos) húmedos hasta 3 meses ± 10 días.

2.3.1 Para el almacenamiento del motor en helicóptero hasta (6 ± 1) mes (en los trópicos) húmedos hasta 3 mese ± 10 días ejecutar los trabajos siguientes:

- Ejecutar los trabajos indicados en los puntos 2.2.1 (a),(b);
- Preservar los sistemas de combustible y de aceite;
- Cerrar las capotas, cubiertas y ventanillas de la góndola del motor, colocar las tapas ciegas en los tubos de entrada y de salida del conducto aire-gas poner la funda a la góndola del motor.

3. ALMACENAMIENTO DEL MOTOR EN CONDICIONES DE DEPÓSITO Y AERÓDROMO.

3.1 Almacenamiento en embalaje del suministrador.

Con el fin de asegurar el almacenamiento de largo plazo el motor se suministra con los sistemas de aceite y de combustible preservados, embalado en la funda de plástico hermética y en el contenedor de madera.

El plazo de almacenamiento del motor en embalaje del suministrador se indica en el Formulario del motor y se asegura con cumplimiento de las

exigencias a las condiciones de almacenamiento y el cuidado durante el almacenamiento.

¡ATENCIÓN! EN CASO DE ABRIR LA FUNDA DE PLASTICO, EL PLAZO DE PRESERVACION DEL MOTOR SE ESTABLECE HASTA 12 MESES A PARTIR DEL DÍA DE APERTURA, PERO NO DEBE SUPERAR EL PLAZO TOTAL DE PRESERVACIÓN.

El motor en embalaje del suministrador se puede guardar en los dispositivos de almacenamiento durante todo el plazo total de preservación, y en las áreas para almacenamiento techadas o sin techo durante los plazos indicados en el formulario del motor.

Los depósitos y áreas de almacenamiento deben responder a las exigencias a los lugares de almacenamiento expuestas en el punto 3.4.

Durante el tiempo de almacenamiento es indispensable comprobar periódicamente la humedad del aire en la funda hermética observando el indicador de la humedad del aire, la integridad del embalaje, estado del lugar de almacenamiento.

3.2 Almacenamiento del motor desmontado del helicóptero.

El motor desmontado del helicóptero se debe instalar en los montantes de transporte o en Carretilla de transportación, embalar en la funda de plástico y cubrir con la funda de tela. EL plazo de almacenamiento del motor depende del método de preservación, del embalaje y de las condiciones climáticas.

3.2.1 Almacenamiento del motor desmontado hasta (30 ± 5) días.

Desmontado el motor para almacenamiento temporal hasta 30 días se recomienda preservar el sistema de combustible en todas condiciones climáticas.

En caso de imposibilidad de preservar se admite almacenamiento con las unidades del sistema del combustible llenos de combustible. Con este fin se debe colocar una tapa hermética en la brida de la bomba centrífuga una vez desacoplada la tubería de suministro del combustible a la misma.

Antes de poner el motor en almacenamiento ejecutar los trabajos siguientes:

- Limpiar las superficies de ensuciamiento;
- Restablecer la pintura defectuosa;
- Tapar todos los lugares de acoplamiento de las tuberías principales del helicóptero mediante los tapones ciegos o de plástico;
- Tapar los canales de entrada y salida del conducto aire-gas;
- Embalar el motor en la funda de plástico o cubrirlo con la funda de tela.

3.2.2 Almacenamiento del motor desmontado hasta (6 ± 1) meses (en los trópicos hasta (3 ± 1) meses).

Desmontado el motor para almacenamiento hasta 6 meses (en los trópicos húmedos hasta 3 meses) es indispensable preservar los sistemas de combustible y de aceite.

Antes de poner el motor en almacenamiento hay que ejecutar los trabajos indicados en el punto 3.2.1. Embalar el motor en la funda de plástico o de tela.

Durante el almacenamiento, una vez cada mes se debe inspeccionar visualmente el estado del motor, quitando el ensuciamiento y quitando los desperfectos encontrados.

3.2.3 Almacenamiento del motor desmontado hasta (12 ± 1) meses (en los trópicos húmedos hasta 6 meses) es indispensable preservar los sistemas de combustible y de aceite. Antes de poner el motor en almacenamiento hay que ejecutar los trabajos indicados en el punto 3.2.1.

El motor debe ser embalado en la funda de plástico hermética equipada con el silicagel-secador y el indicador de humedad.

Una vez cada tres meses se debe inspeccionar el estado del motor según las exigencias indicadas en el punto 3.5.”

(Klimov, 2001)

2.6 Bombas hidráulicas

“La bomba hidráulica es un dispositivo que transforma energía mecánica (torque y velocidad del motor) en hidráulica (caudal). Cuando una bomba opera, cumple dos funciones: primero, su acción mecánica crea un vacío en la succión lo cual permite que la presión atmosférica fuerce líquido del tanque o reservorio hacia la entrada de la misma. Segundo, la misma acción entrega éste líquido a la salida de la bomba y lo empuja hacia el circuito hidráulico.

Es importante destacar que una bomba produce movimiento del líquido (caudal), **las bombas no generan presión**. Se genera el caudal necesario para el desarrollo de la presión en el sistema, la cual es realmente resultado de la resistencia al flujo. Por ejemplo: la presión de un fluido a la salida de la bomba es nula si ésta no está conectada a un sistema o carga. De igual manera, si una bomba está entregando caudal a un sistema, la presión sólo llegará al nivel necesario para vencer la resistencia de la carga aplicada al mismo.

2.6.1 Clasificación de las Bombas

Todas las bombas pueden ser clasificadas como: de desplazamiento positivo y de desplazamientos negativos o roto-dinámicos. Las últimas producen un flujo continuo, sin embargo, como no cuentan con un sistema de sellado positivo interno que evite el deslizamiento, su caudal de salida varía considerablemente con cambios en la presión en el sistema. Las bombas centrífugas y de hélice son ejemplos de bombas de desplazamiento negativo.

Si la salida de una bomba de desplazamiento negativo fuese bloqueada, la presión se incrementaría, pero el caudal bajaría a cero. Aunque el elemento de

bombeo continuaría en movimiento, el caudal se anularía debido al deslizamiento o fuga interna.

Por otra parte, en una bomba de desplazamiento positivo, la fuga interna es despreciable en comparación con el caudal de salida. Si el puerto de salida fuese bloqueado, la presión se incrementaría instantáneamente hasta el punto que el elemento de bombeo, la carcasa u otro elemento interno falle (probablemente explotaría, a menos que el eje falle primero), o el accionamiento principal se apagaría por sobrecarga.

Bombas Rotativas

En una bomba rotativa, la rotación lleva al líquido desde la succión hasta la salida. Las bombas rotativas son generalmente clasificadas de acuerdo al tipo de elemento que transmite al líquido, por lo que hablamos de una bomba de engranajes, émbolo giratorio, paletas o bombas rotativas de pistones.

Bomba de engranajes

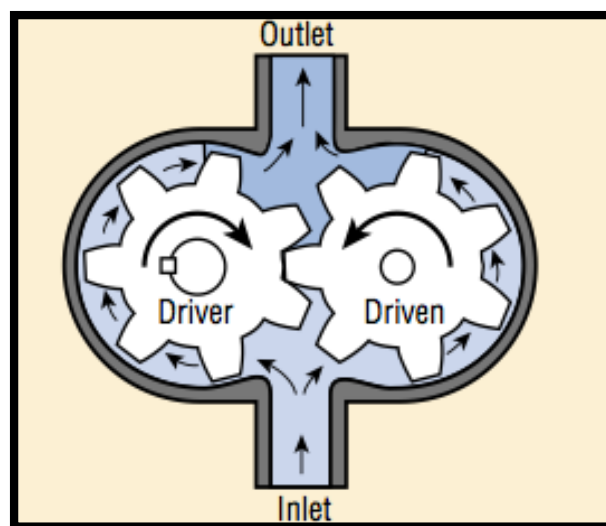


Figura 9 Bomba de engranajes
Figura: (Solórzano, 2016)

La bomba de engranajes produce flujo llevando al fluido entre los dientes de dos engranajes acoplados. Un engrane es accionado por el eje y a su vez acciona al engrane intermedio. Las cámaras que se forman entre dientes

adyacentes son cubiertos por la carcasa y los platos laterales (también llamados platos de desgaste o de presión).

Un vacío parcial se crea en la entrada de la bomba a medida que los dientes se desacoplan. El líquido entra para llenar el espacio y es transportado por la parte externa de los engranes. A medida que los dientes se acoplan nuevamente a la salida de la bomba, el fluido es forzado hacia fuera. La eficiencia volumétrica en éste tipo de bombas puede llegar hasta niveles de 93% en condiciones óptimas. El juego entre las caras de los engranajes, dientes, crestas, y la carcasa generan pérdidas casi constantes sobre cualquier volumen bombeado a presión constante. Esto significa que la eficiencia volumétrica a bajas velocidades y flujos es pobre, por lo que las bombas de engranajes deben ser utilizadas cerca de sus velocidades máximas de diseño.

Bomba de tornillos

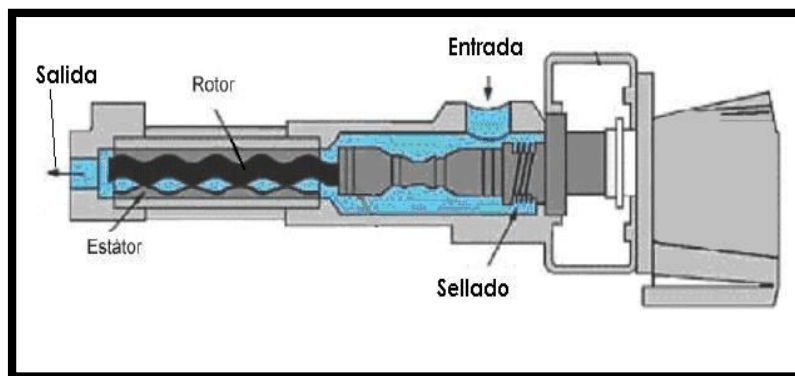


Figura 10 Bomba de tornillo

Fuente: (Jiménez, 2010)

La bomba de tornillos es de flujo axial, con una operación similar a la de un compresor rotativo. Los tres tipos son: de un tornillo, dos y tres. En la de un solo tornillo, un rotor en espiral se mueve excéntricamente en un estator interno. La de dos tornillos consiste en dos rotores paralelos interconectados que rotan en una carcasa maquinada con tolerancias exigentes. Por otro lado, la de tres tornillos consiste en un rotor de accionamiento central con dos rotores intermedios acoplados, e igualmente los mismos rotan en una carcasa maquinada con tolerancias exigentes.

El flujo a través de una bomba de tornillos es axial y en la dirección del rotor de potencia. El fluido hidráulico a la entrada que rodea los rotores es encerrado a medida que los mismos se mueven. Este fluido es entonces empujado uniformemente con el movimiento de los rotores a través del eje y forzado hacia fuera por el otro lado.

El fluido entregado por una bomba de tornillos no rota, se mueve linealmente. Los rotores trabajan como pistones sin fin que continuamente se mueven hacia fuera. No existen pulsaciones ni a altas velocidades. La ausencia de éstas y el hecho que no hay contacto metal-metal resulta en una operación muy silenciosa.

Bombas de Paletas

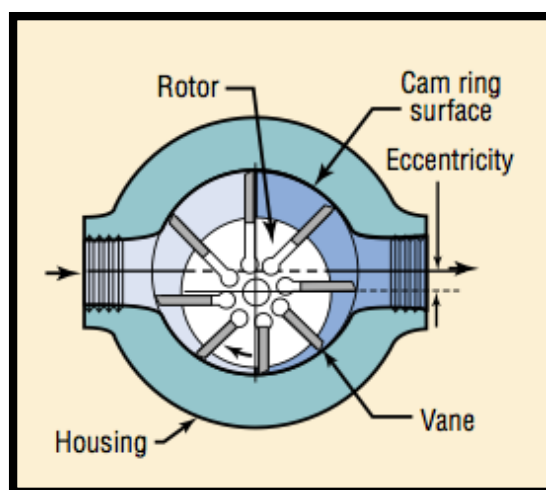


Figura 11 Bomba de paletas

Fuente: (Solorzano, 2016)

En las **bombas de paletas**, un número de ellas se deslizan en cavidades en un rotor que se desplaza en una carcasa o anillo. La configuración de la carcasa puede ser excéntrica con respecto al eje del rotor, o de forma ovalada, como se muestra en la Ilustración 12. En algunos diseños, la fuerza centrífuga mantiene a las paletas en contacto con la carcasa, mientras éstas son forzadas hacia adentro y afuera de las cavidades por la excentricidad de la carcasa. En una bomba de paletas, resortes de poca tensión mantienen a las paletas

presionadas contra la carcasa; en otro diseño, pines presurizados son los encargados de cumplir con ésta función.

Durante la rotación, a medida que el espacio o cámara encerrado por las paletas, rotor y carcasa aumenta, se crea un vacío y la presión atmosférica fuerza aceite hacia éste espacio, el cual representa la entrada de a bomba. A medida que el mismo se reduce, el líquido es forzado hacia fuera a través del puerto de descarga.

Bombas de Pistones

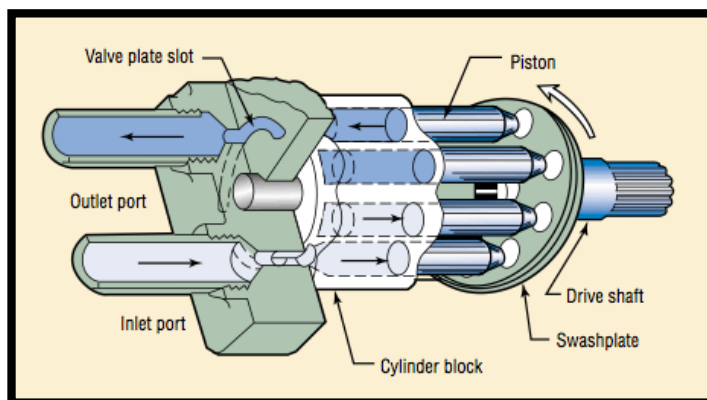


Figura 12 Bomba de pistones

Fuente: (Solorzano, 2016)

Éstas bombas tienen configuraciones de múltiples pistones en un cilindro. Parte del mecanismo rota alrededor de un eje para generar los movimientos recíprocos, los cuales extraen fluido hacia cada cilindro y luego lo entregan, produciendo el flujo. Existen dos tipos principales, axiales y radiales.” (Solorzano, 2016)

Las bombas antes mencionadas pueden diferir en su forma de accionamiento, pudiendo ser:

- De accionamiento manual: Son aquellas que para hacer mover su mecanismo interno de funcionamiento necesitan ser impulsadas mediante la fuerza humana por algún sistema de manivela o palanca.

- De accionamiento eléctrico: Son comúnmente conocidas como bombas eléctricas, ya que vienen acopladas a un motor eléctrico que impulsa el mecanismo interno de bombeo.
- De accionamiento mecánico general: Éste tipo de bombas cuentan con un eje al cual se puede acoplar algún sistema de transmisión de fuerza, son sistemas exclusivos de las bombas de movimiento rotatorio, como las de engranajes, paletas, tornillo, etc. Las bombas de accionamiento mecánico son generalmente usadas en sistemas de bombeo de aceite en motores de combustión interna, donde se aprovecha el giro del cigüeñal para poder impulsar a la bomba.

2.7 Motores eléctricos

Para explicar el funcionamiento de un motor eléctrico es necesario conocer acerca de magnetismo. Es bien sabido que todo imán tiene dos polos, uno negativo y otro positivo y siempre los polos opuestos se atraen y los similares se repelen. Si se sujeta a un imán sobre un eje y se acerca a dicho imán a otro presentándolos en polos similares, el primer imán girará inmediatamente debido a la atracción del polo opuesto, todo motor eléctrico se basa en ese giro para generar movimiento.

“Un motor eléctrico es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos que generan sus bobinas. Normalmente, están compuestos por un rotor y un estator. El motor de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor, por el que circula una corriente eléctrica, se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

En los motores, la electricidad crea campos magnéticos opuestos entre sí, que provocan que la parte giratoria de éste (el rotor) se mueva. A grandes rasgos, podemos decir que donde exista electricidad habrá magnetismo, y que la polaridad de un objeto se puede alterar haciendo circular electricidad en una u otra dirección a su alrededor”. (okdiario, 2016)

2.7.1 Clasificación de los motores eléctricos

“Los motores eléctricos son propulsores que no necesitan de una combustión interna para proporcionar la energía, sino que ésta viene a través de la fuerza que producen el estator y el rotor. Estos sistemas pueden funcionar, tanto a través de baterías, como conectados a una red eléctrica. Dentro de los motores eléctricos podemos encontrar una clasificación principal que los distingue en tres tipologías:

Motores universales: Pueden funcionar con corriente continua o con corriente alterna, y son ampliamente utilizados tanto a nivel profesional o industrial, como a nivel doméstico para dotar de potencia a diversos electrodomésticos cotidianos.

Motores de corriente continua: Tienen un diseño bastante complicado y permiten modificar la velocidad simplemente ajustando la tensión. Son más caros de fabricar y sus aplicaciones todavía son limitadas.

Motores de corriente alterna: Están diseñados para funcionar a velocidades fijas. Son sencillos, baratos y muy usados tanto a nivel industrial como doméstico.” (Ruta 401, 2016)

2.8 Motores de corriente Alterna

“Se denomina motor de CA a aquellos motores eléctricos que funcionan con corriente alterna. Un motor es una máquina motriz, esto es, un aparato que convierte una forma determinada de energía en energía mecánica de rotación o par. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos.

En la actualidad, el motor de corriente alterna es el que más se utiliza para la mayor parte de las aplicaciones, debido fundamentalmente a que consiguen un buen rendimiento, bajo mantenimiento y sencillez, en su construcción, sobre todo en los motores asíncronos.

Partes básicas de un motor de corriente alterna:

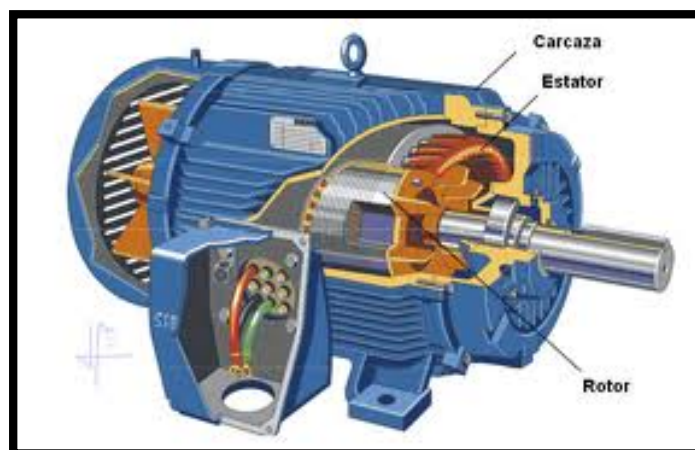


Figura 13 Partes del motor CA

Fuente: (<https://sites.google.com>,2009)

Carcasa: caja que envuelve las partes eléctricas del motor, es la parte externa.

Estator: consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado, que es una parte fija y unida a la carcasa.

Rotor: consta de un apilado de chapas magnéticas, que constituye la parte móvil del motor y resulta ser la salida o eje del motor.” (Tlapale, 2017)

En el funcionamiento de un motor eléctrico de corriente alterna se debe tomar en cuenta la velocidad de giro del campo magnético que provocará el giro del rotor, al generarse un campo magnético con una cierta velocidad de giro, el rotor lo seguirá con o sin pérdidas de velocidad, es entonces cuando se toma en consideración un término llamado “deslizamiento” que es la diferencia de velocidades entre el rotor y el campo magnético pudiendo ser ésta nula o representativa, indicando el desfase de velocidades.

Según la velocidad de giro del rotor en comparación con la velocidad de giro del campo magnético generado en el motor eléctrico, éstos se pueden clasificar en motores **síncronos** y **asíncronos** siendo los últimos los motores con menor mantenimiento, menor desgaste, y por ende tienen menor costo.

2.8.1 Motor Síncrono

Como su nombre lo indica, los motores **Síncronos** son aquellos motores cuyo rotor gira en sincronía con el campo magnético, es decir a la misma

velocidad. Para lograr dicha sincronía es necesario energizar al rotor para que éste llegue a la misma velocidad que el campo magnético, la forma más fácil de lograr dicha energización es por medio de escobillas que transmitan la energía a una superficie de contacto en el rotor.

“Puesto que un motor síncrono tiene muy poco par de arranque, algún medio deberá preverse para llevarlo a la velocidad sincrónica. El método más común es la de arrancar el motor en vacío, dejarlo que alcance la velocidad máxima, y a continuación, activar el campo magnético. El campo magnético del rotor se engancha con el campo magnético del estator y el motor funciona a la velocidad sincrónica.” (Sapiensman, 2012)

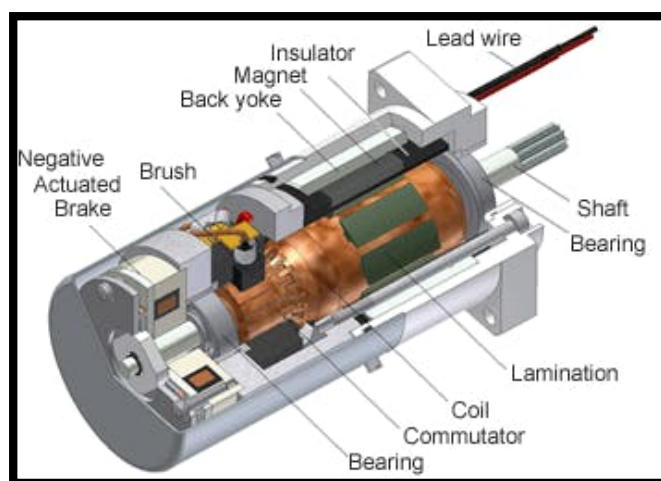


Figura 14 Motor síncrono

Fuente: (<https://www.hackster.io>,2016)

2.8.2 Motor asíncrono

Los motores asíncronos o de inducción son un tipo de motores eléctricos de corriente alterna. El motor asíncrono está formado por un rotor, que puede ser de dos tipos: de jaula de ardilla o bobinado, y un estator, en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí 120° . Cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas, se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor.

Entonces se da el efecto motor: todo conductor por el que circula una corriente eléctrica, inmerso en un campo magnético experimenta una fuerza que lo tiende a poner en movimiento. Simultáneamente se da el efecto generador: en todo conductor que se mueva en el seno de un campo magnético se induce una tensión. El campo magnético giratorio, a velocidad de sincronismo, creado por el bobinado del estator, corta los conductores del rotor, por lo que se genera una fuerza electromotriz de inducción. La acción mutua del campo giratorio y las corrientes existentes en los conductores del rotor, originan una fuerza electrodinámica sobre dichos conductores del rotor, las cuales hacen girar el rotor del motor. La diferencia entre las velocidades del rotor y el campo magnético se denomina deslizamiento. (Ecu Red, 2013)

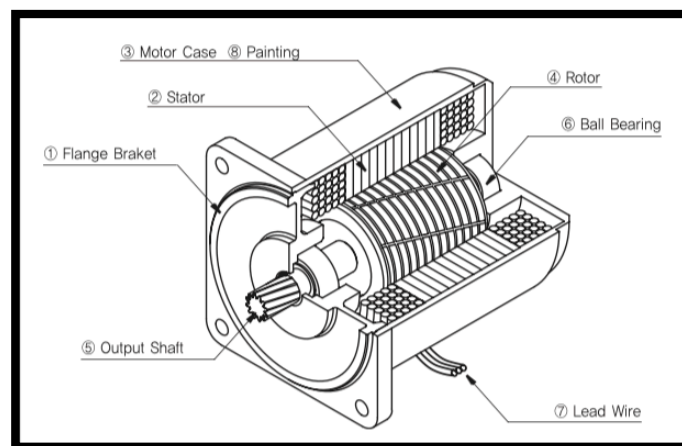


Figura 15 Motor asíncrono

Fuente: (Catálogo de motores AC/DC marca DKM,2015)

Los motores asíncronos al estar el rotor sin superficies de contacto para transmitir energía, así como lo son los carbones o escobillas en el caso de los síncronos, tener un arranque más suave sin esfuerzo, ser mucho más económicos que un motor síncrono y generar menor ruido, son considerados los mejores motores eléctricos de la industria, es por dicha razón que se optó por un motor de éstas características para el desarrollo del presente proyecto.

2.9 Métodos de transmisión de potencia

Los sistemas de transmisión de potencia tienen como objetivo llevar, a los diferentes elementos de una máquina de potencia y el movimiento producido

por un elemento motriz (motor) de manera que la maquina pueda funcionar y cumplir la finalidad para la que fue construida.

Los elementos mecánicos más empleados para transmitir la fuerza y el movimiento a través de cadenas cinemáticas son: transmisión mediante **ruedas de fricción**, transmisiones **por correa**, transmisión **por cadena** y **engranajes**, ya que normalmente el movimiento que se transmite es circular.

Todos estos elementos mecánicos pueden ir montados sobre los llamados ejes de transmisión o sobre árboles de transmisión. Los ejes de transmisión son piezas cilíndricas, generalmente de corta longitud, que sirven de soporte a poleas, ruedas de fricción, etc. Pueden ser fijos o moverse en sentido giratorio, y no transmiten fuerza sino únicamente movimiento.

Los arboles de transmisión son piezas cilíndricas más o menos largas que trabajan a torsión y flexión, son siempre giratorios y transmiten potencia y movimiento. En la práctica se utiliza muchas veces la expresión ejes de transmisión para designar tanto a los árboles de transmisión como a los ejes de transmisión propiamente dichos. (Espinoza, 2016)

2.9.1 Transmisión mediante ruedas de fricción

La transmisión de movimiento mediante ruedas de fricción se realiza poniendo en contacto dos ruedas, de manera que una (motriz) arrastra a la otra (conducida) mediante la fuerza que produce el rozamiento entre ambas. Para poder transmitir el movimiento, las ruedas deben estar en contacto, ejerciendo una cierta presión una sobre la otra. Así, al mover una de ellas arrastrará a la otra.

El sentido de giro de la rueda conducida es contrario al sentido de giro de la rueda motriz. Por tanto, si queremos mantener el sentido de giro del motor tendremos que emplear un número impar de rudas de fricción.

Las ruedas de fricción pueden ser cilíndricas, cónicas o esféricas. Esto permite transmitir el movimiento no solo entre ejes paralelos sino también entre ejes que se cortan o se cruzan en el espacio.

Las ruedas de fricción tienen el gran inconveniente de no poder transmitir grandes potencias, ya que puede resbalar una sobre otra, con la consiguiente pérdida de velocidad. Otro de los inconvenientes del uso de las ruedas de fricción es el desgaste, debido a que funcionan por rozamiento y presión. (Espinoza, 2016)

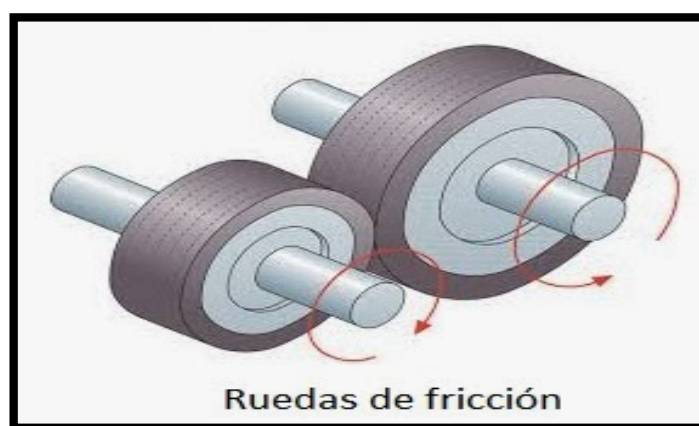


Figura 16 Transmisión por ruedas de fricción

Fuente: (<http://elbotiquindebemdas.blogspot.com>,2014)

2.9.2 Transmisión por correa

Es un tipo de transmisión mecánica basado en la unión de dos o más ruedas, sujetas a un movimiento de rotación, por medio de una cinta o correa continua colocada con tensión en dos poleas: una motriz y otra movida. Al moverse la cinta (correa) transmite energía desde la polea motriz a la polea movida por medio del rozamiento que surge entre la correa y las poleas.

Es importante destacar que las correas de transmisión basan su funcionamiento fundamentalmente en las fuerzas de fricción, esto las diferencia de otros medios flexibles de transmisión mecánica, como lo son las cadenas de transmisión y las correas dentadas, las cuales se basan en la interferencia mecánica entre los distintos elementos de la transmisión.

Existen diferentes tipos de correas para llevar a cabo la transmisión del movimiento. Éstas correas se clasifican según la forma de su sección transversal, y pueden ser planas, redondas o trapezoidales y multipista o estriada. (Espinoza, 2016)



Figura 17 Transmisión por correa y poleas

Fuente: (<http://elbotiquindebemdadas.blogspot.com>,2014)

2.9.3 Transmisión por cadena

Los sistemas de transmisión por cadena se emplean para transmitir movimiento entre dos ejes que se encuentran alejados entre sí.

Para transmitir el movimiento entre dos ejes mediante una cadena, se montan unas ruedas dentadas sobre ambos ejes y se enlazan con una cadena que encaje en los dientes de las ruedas; de manera que, al girar una de ellas, arrastre a la otra.

Las cadenas están formadas por eslabones, una serie de elementos metálicos iguales y unidos entre sí. Existen diferentes tipos de cadenas en función del tipo de eslabón del que están compuestas: cadenas de rodillos y cadenas articuladas. (Espinoza, 2016)

2.9.4 Sistemas de Engranajes

Se trata de uno de los mecanismos de transmisión, conjuntamente con las poleas, más antiguos que se conocen. Los engranajes son mecanismos utilizados en la transmisión de movimiento rotatorio y movimiento de torsión entre ejes.

Éste sistema posee grandes ventajas con respecto a las correas y poleas: Reducción de espacio ocupado, relación de transmisión más estable (no existe

posibilidad de resbalamiento), posibilidad de cambios de velocidad automáticos y, sobre todo, mayor capacidad de transmisión de potencia. Sus aplicaciones son muy numerosas, y son de vital importancia en el mundo de la mecánica en general y del sector del automóvil en particular.

Se trata de un sistema reversible capaz de transmitir potencia en ambos sentidos, en el que no son necesarios elementos intermedios como correas y cadenas para transmitir el movimiento de un eje a otro.

En un sistema de éste tipo se suelen llamar rueda al engranaje de mayor diámetro y piñón al más pequeño. Cuando el piñón mueve a la rueda se tiene un sistema reductor de velocidad, mientras que cuando la rueda mueve al piñón se trata de un sistema multiplicador de velocidad. Obviamente el hecho de que una rueda tenga que engranar con otra para poder transmitir potencia entre dos ejes hacer que el sentido de giro de éstos sea distinto.

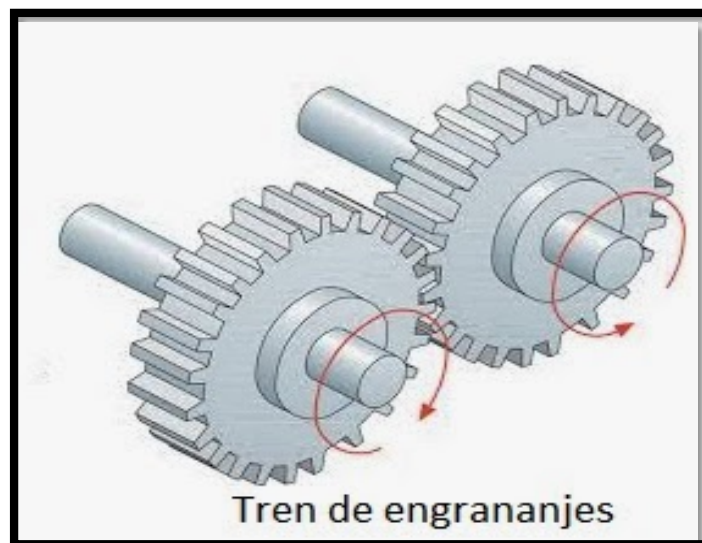


Figura 18 Transmisión por engranajes

Fuente: (<http://elbotiquindebemdas.blogspot.com>,2014)

En función de la forma de sus dientes y de la del propio engranaje éstos pueden ser:

- **Engranajes rectos:** Son engranajes cilíndricos de dientes rectos y van colineales con el propio eje de la rueda dentada. Se utilizan en

transmisiones de ejes paralelos formando así lo que se conoce con el nombre de trenes de engranajes. Éste hecho hace que sean unos de los más utilizados, pues no en vano se pueden encontrar en cualquier tipo de máquina: relojes, juguetes, máquinas herramientas, etc. (Espinoza, 2016)

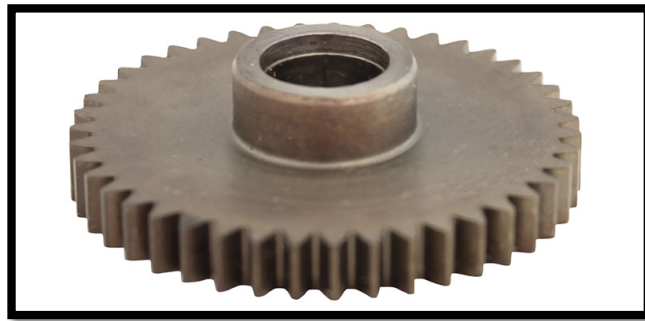


Figura 19 Engranaje recto

Fuente: (<http://www.mootio-components.com>,2018)

- **Engranajes helicoidales:** Son aquéllos cuyos dientes están dispuestos siguiendo la trayectoria de hélices paralelas alrededor de un cilindro. Estos engranajes pueden transmitir movimiento (potencia) entre ejes paralelos o entre ejes que se cruzan en cualquier dirección (incluso perpendiculares).

Debido a su forma geométrica, su construcción resulta más cara que los anteriores y se utiliza en aplicaciones específicas tales como: cajas de cambios, cadenas cinemáticas, máquinas herramientas, etc. En este caso, el sistema de engrane de sus dientes proporciona una marcha más suave que la de los engranajes rectos, lo cual hace que se trate de un sistema más silencioso, con una transmisión de fuerza y de movimiento más uniforme y segura (Espinoza, 2016)



Figura 20 Engranajes helicoidales

Fuente: (<https://tecnoblogueando.blogspot.com>,2012)

- **engranajes cónicos:** Se utilizan para transmitir movimiento entre ejes perpendiculares, aunque también se fabrican formando ángulos diferentes a 90 grados. Se trata de ruedas dentadas en forma de troncos de cono, con dientes tallados en una de sus superficies laterales. Dichos dientes pueden ser rectos o curvos, siendo estos últimos muy utilizados en sistemas de transmisión para automóviles. (Espinoza, 2016)



Ilustración 21 Engranajes cónicos

Fuente: (<https://spanish.alibaba.com>,2018)

Los principales inconvenientes son: su alto coste y poca flexibilidad (en caso de que el eje conducido cese de girar por cualquier causa, el conductor también lo hará, lo que puede producir averías en el mecanismo motor o la ruptura de los dientes de los engranajes). Otro inconveniente importante es que necesita lubricación (engrase) adecuada para evitar el desgaste prematuro de los dientes y reducir el ruido de funcionamiento.

2.9.4.1 Relación de velocidades

Las velocidades de entrada (eje conductor) y salida (eje conducido) están inversamente relacionadas con el número de dientes de las ruedas a las que están conectados (igual que en la transmisión por cadena-piñón) cumpliéndose que:

$$N1 \cdot Z1 = N2 \cdot Z2$$

Donde:

N1 = Velocidad de giro del eje conductor

N2 = Velocidad de giro del eje conducido

Z1 = Número de dientes de la rueda

Z2 = Número de dientes del piñón

Para indicar la relación de transmisión se expresa de la siguiente forma:

$$i = \frac{N^\circ \text{ de dientes de la rueda } \textit{conducida}}{N^\circ \text{ de dientes de la rueda } \textit{conductora}} = \frac{Z2}{Z1}$$

(Espinoza, 2016)

2.10 Tratamientos térmicos

Son llamados tratamientos térmicos a aquellos procesos que se realizan sobre los metales para modificar o mejorar sus propiedades a base de cambios de temperatura, principalmente se lo realiza al acero. Existen cuatro tipos de tratamientos térmicos:

- **Temple:** Aumenta la dureza y resistencia; se calienta el material hasta temperaturas críticas y luego se enfría de manera rápida en agua, aceite o similares. Por las tensiones internas causadas, el material queda duro a la perforación, pero frágil a la torsión o flexión.
- **Revenido:** Se realiza para eliminar la fragilidad producto de un previo proceso de templado, a un metal templado se lo calienta nuevamente a temperaturas menores que en el temple, y se lo enfría de manera más

lenta, así se eliminan las tensiones internas del material templado, ganando más flexibilidad y conservando en parte la dureza del temple.

- **Recocido:** Consiste en calentar el metal a una muy alta temperatura en la que sus moléculas se separan entre sí, y posteriormente enfriarlo de una forma muy lenta para evitar la creación de tensiones internas. De ésta forma se consigue, perdida de dureza obteniendo mayor elasticidad, facilitando el posterior mecanizado del material.
- **Normalizado:** Consiste en dejar al metal en condiciones normales, sin tensiones internas y características sin modificar. Se lo consigue calentando el metal a temperaturas críticas, mantenerlo por unos instantes y dejarlo enfriar al ambiente.

2.10.1 Tratamientos termoquímicos del acero

Los tratamientos termoquímicos forman parte de los tratamientos térmicos ya que en el proceso se realiza un cambio de temperatura del material, pasando de temperaturas críticas a temperaturas normales en periodos de tiempo controlados, con la diferencia que en el tratamiento termoquímico se añaden elementos químicos al material para mejorar sus cualidades.

Los tratamientos termoquímicos más comunes son:

- **“Cementación (C):** Consiste en incrementar la dureza superficial de una pieza de acero, aumentando la concentración de carbono en su superficie. Se consigue teniendo en cuenta el medio o atmósfera que envuelve el metal durante el calentamiento y enfriamiento. El tratamiento logra aumentar el contenido de carbono de la zona periférica, obteniéndose después, por medio de temple y revenidos, una gran dureza superficial, resistencia al desgaste, buena tenacidad en el núcleo y aumento de la resistencia. Se realiza con piezas que deben ser resistentes a golpes y a la vez al desgaste.
- **Nitruración (N):** En este caso se incorpora nitrógeno a la composición superficial de la pieza. Al igual que la cementación este método también aumenta la dureza superficial del acero, aunque lo hace en mayor medida. Los aceros tratados por este procedimiento adquieren una alta

resistencia a la corrosión. La técnica de nitruración se basa en calentar el acero a temperaturas comprendidas entre los 400 y los 525 °C, dentro de una corriente de nitrógeno.” (CATEDU, 2012)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Análisis De Alternativas De Solución

El desarrollo del presente trabajo de titulación se centra en la implementación de una maquina especial para realizar los trabajos de preservación del sistema de combustible de los motores TB3-117, dicho trabajo se lo ha venido realizando de forma incorrecta sin el equipo necesario descrito en el manual de empleo técnico.

Tenemos cuatro alternativas para dar solución al problema planteado para poder efectuar los procesos de preservación de los motores de manera adecuada, a continuación, se enlistan dichas alternativas tomando en cuenta todos los aspectos posibles para optar por la más adecuada, los aspectos a tomar en cuenta serán, costos, disponibilidad, dificultad de solución, y resultados esperados.

- Comprar el preservador
- Mandar a preservar en una OMA (Organización de Mantenimiento Aprobada)
- Fabricar el preservador
- No Preservar

Comprar El Preservador

Existen herramientas en el mercado que proveen los fabricantes de productos aeronáuticos, en esta opción se consulta en las webs especializadas los costos del equipo y se llega a la conclusión de que no existe variedad de alternativas para la adquisición del dispositivo de preservación en el mercado y las pocas opciones son en el exterior, teniendo como principal inconveniente los tramites de importación, los costos de traslado y los altos costos del equipo en mención.

En los manuales de mantenimiento del motor y del helicóptero no indica número de parte ni nombre exacto del dispositivo de preservación del motor, por lo que se desconocía completamente la procedencia, marca, fabricante, o datos generales del equipo que se debe emplear, haciendo la tarea de búsqueda aún más difícil. Después de varias horas de investigación en páginas web especializadas en la comercialización de equipos especiales de aviación se logró encontrar el equipo original empleado para la preservación de los motores TB3-117.

En una página web que recopila información acerca de la mayoría de distribuidores de productos aeronáuticos alrededor del mundo y los mantiene en una base de datos, se logró encontrar la descripción de la maquina requerida y su número de parte, pero la página no daba detalles del vendedor ni precios, así que con el número de parte se procedió a la búsqueda en más motores de búsqueda.

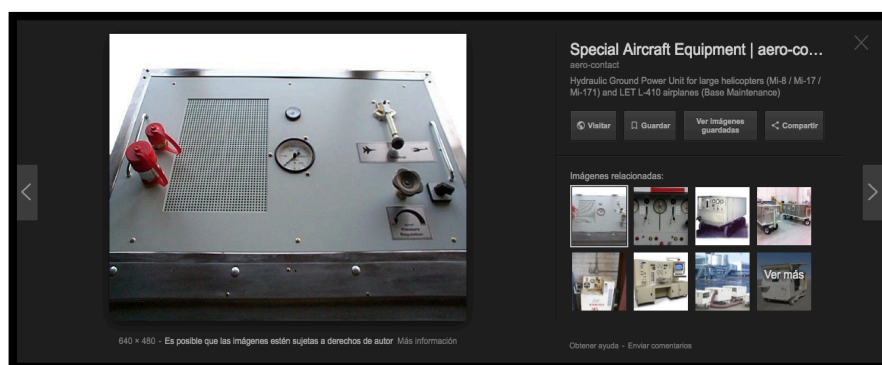


Figura 22 Búsqueda de equipos especiales de aviación
Fuente: (<https://www.google.com>,2018)

En ningún momento de la búsqueda dio como resultado directo la imagen o nombre del dispositivo, así por medio de la aparición de equipos similares se procedió a buscar en la página aero-contact.com que es la que más se acercaba a los resultados esperados.

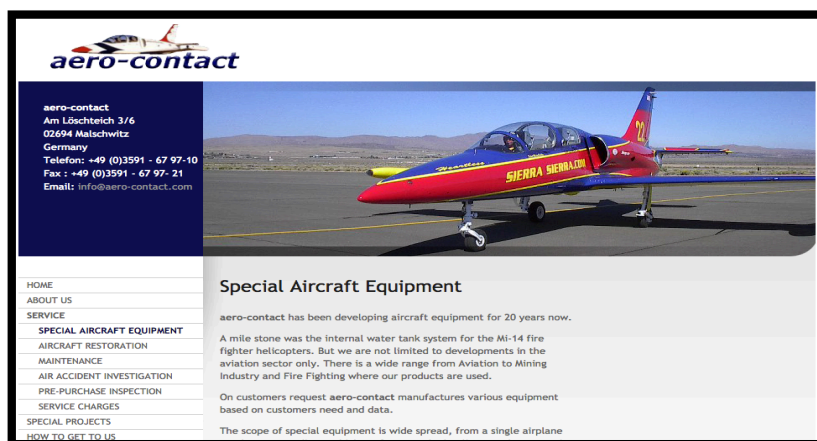


Figura 23 Plataforma de aero-contact.com
Fuente: (<https://aero-contact.com>,2018)

Una vez dentro de la página se logró encontrar entre sus contenidos una sección referente a “equipamiento especial para aeronaves”, dentro de la cual se encontró varios tipos de plantas de tierra para abastecimiento de aceite a motores, y entre ellas se consiguió lo esperado:

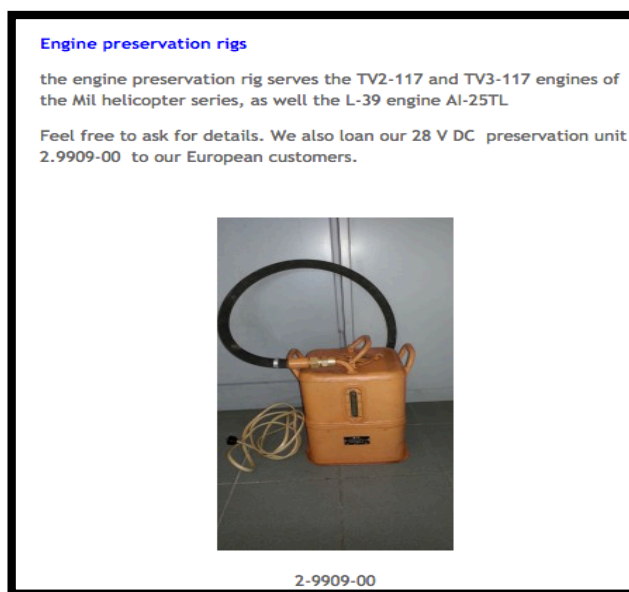


Figura 24 Dispositivo de preservación encontrado en la web
Fuente: (<https://aero-contact.com>,2018)

La página no detalla prácticamente nada de información acerca el dispositivo ni siquiera se puede obtener datos del vendedor ni características técnicas de funcionamiento del preservador, bajo la imagen del dispositivo de preservación se encuentra un numero de parte, con el cual se procedió a buscar en Google para poder obtener datos más precisos y con dicho número

se llegó a otra página de otro intermediario de repuestos aeronáuticos, el cual parecía más prometedor ya que daba el nombre del fabricante del dispositivo en mención. Además de haber encontrado dicha maquina se constató que según la página web asegura tener el 97% de maquinarias y repuestos necesarios para los helicópteros Mi 17 y Mi 8 y sus motores.

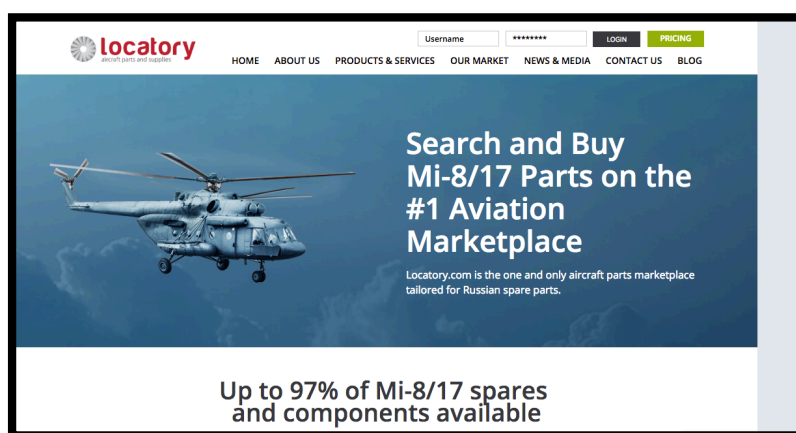


Figura 25 Página que ofrece stock de repuestos para helicópteros

Fuente: (<https://locatory.com>,2018)

Dentro de la página fue necesario registrarse para poder acceder a la base de datos de fabricantes y poder solicitar un RFQ (Request For a Quote) que en español significa “Solicitud de Cotización”, una vez creada la cuenta se procedió a contactarse con el vendedor por medio del sistema de correo electrónico integrado a la página, pero no se obtuvo respuesta.

Como únicos datos disponibles se obtuvo que el fabricante del dispositivo para la preservación del motor TB3-117 es la empresa “Aero-Trade LLC” de Rusia.

Mandar A Preservar El Motor En Una Oma (Organización De Mantenimiento Aprobada)

La segunda opción para realizar una preservación de la manera correcta y garantizar la vida útil de los motores en condiciones de almacenamiento sería enviar el motor a una OMA (Organización de Mantenimiento Aprobada) para que ellos se encarguen de realizar los trabajos. Ésta sería una opción viable si en el lugar donde operan los helicópteros de la Aviación del Ejército

Ecuatoriano existiera dicha organización, pero no la hay, complicándose así la posibilidad de enviar el motor a un OMA además que los trabajos de preservación se deben realizar tanto con el motor montado en el helicóptero como fuera de él, dependiendo todo de las necesidades caso por el cual si no hay una entidad que pueda realizar la preservación dentro del CEMA E no sería factible llevar a cabo dicha opción.

Teniendo como primer inconveniente la falta una OMA cercana al Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército se suma a ésta que la única entidad en territorio ecuatoriano que cuenta con los helicópteros Mi-171 es la Aviación del Ejército, por lo que en ninguna OMA del país cuentan con los equipos adecuados para realizar las tareas de preservación necesarias específicas para estos motores, siendo los helicópteros Mil Mi 171 los únicos en el país operando con los motores TB3-117 en los cuales se requiere realizar el trabajo de preservación, dando por conclusión que la opción de enviar a una OMA a realizar los trabajos requeridos queda totalmente descartada.

Fabricar El Preservador

Dadas las circunstancias que el equipo de preservación original es demasiado complicado o incluso imposible de conseguir se procede a analizar la posibilidad de fabricar el dispositivo de preservación, teniendo en cuenta que se carece de los datos técnicos de la maquina en mención, no existe manual que indique datos como: Presión de salida, características del tanque contenedor, accesorios de la máquina, etc. Es necesario realizar una investigación de campo consultando a técnicos que hayan tenido experiencias laborales manejando el preservador original.

Los técnicos que laboran en el Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército del Ecuador reciben continuos cursos de actualización de conocimientos, en los cuales tienen capacitaciones acerca del uso de las herramientas especiales y maquinas requeridas para las tareas de mantenimiento, entre ellas el preservador, en un curso reciente realizado en la base militar de Perú los técnicos pudieron acceder a un preservador presente

en dicha base, manipularlo y observar cómo funciona, gracias a dicha experiencia los miembros del CEMAE supieron explicar cómo se puede proceder a fabricar una maquina similar y que cumpla los requisitos necesarios para poder efectuar los trabajos de preservación.

Al ser un equipo sin mayores complicaciones de operación, ni exigentes características de desempeño se considera que fabricar el equipo de preservación con elementos que se encuentren en el mercado nacional es una buena opción, de ésta manera se puede realizar los trabajos de preservación con un equipo fabricado en el país, que cumpla con su propósito a cabalidad y que garantice los trabajos de preservación como lo indica el manual resguardando la integridad de los componentes internos del motor durante los tiempos de almacenamiento, todo esto poniendo en práctica los conocimientos adquiridos en varias áreas de estudio a lo largo de la carrera, teniendo así la factibilidad de fabricar el equipo como parte de un tema de trabajo de titulación que aporte a la comunidad aeronáutica del país y ponga a prueba las destrezas del estudiante.

No Preservar

Como última instancia queda a criterio del usuario de los motores la posibilidad de no preservar los sistemas del motor teniendo como consecuencias la posible presencia de corrosión en los sistemas de aceite y de combustible en caso de que el motor fuera a estar por más de un mes sin funcionamiento pero con sus sistemas de aceite y combustible llenos, pero si el sistema de combustible del motor es vaciado los riesgos de corrosión se maximizan, de no ser preservado el sistema de combustible en un máximo de 24 horas puede generar presencia de hongos y posterior corrosión de los elementos internos como cañerías, bombas y válvulas.

Si la decisión es de no preservar se pondría en grave riesgo la integridad del motor, dañando los sistemas antes mencionados, generando grandes gastos de reemplazo de componentes, pérdida de garantías o en el peor de los

casos daños irreparables en todo el sistema, echando a perder un motor que si se hubiere preservado tendría varias horas de vida útil por delante.

Es por éstas razones y principalmente por que el manual de empleo técnico prohíbe estrictamente que el motor sea almacenado sin preservar, que la opción de no realizar la tarea de preservación queda rotundamente negada y descartada; la tarea de preservación de los sistemas del motor es de vital importancia y se la debe realizar a como dé lugar, por lo que dentro del hangar de mantenimiento del CEMA E se realiza la operación improvisando una herramienta con una tina y una cañería para enviar el aceite al sistema de combustible, teniendo así una razón más para elegir la opción de fabricar el equipo de preservación como la principal a tomar en cuenta.

Alternativa elegida:

Debido a la complejidad del procedimiento para adquirir la herramienta original o enviar a preservar el motor en una OMA y a las consecuencias de no preservar el motor, se ha decidido en Fabricar el Dispositivo de preservación con materiales que se puede encontrar en el medio en que nos encontramos.

3.2 Descripción de la herramienta especial requerida

El dispositivo de preservación será un equipo basado en un tanque metálico con una bomba de piñones sumergible, impulsada por un motor eléctrico acoplado mediante una transmisión por piñones fabricados a medida y con un tratamiento de termoquímico de nitruración para que los piñones tengan mayor resistencia a la corrosión y al desgaste por rozamiento a altas revoluciones por minuto (RPM). La bomba deberá ser capaz de llenar todo el sistema de combustible del motor con el aceite que indique el manual para la preservación.

El motor que impulsará a la bomba será un motor reductor de alto torque que garantice el funcionamiento de la bomba en todas las condiciones que se apliquen, además deberá poderse energizar con una fuente de corriente de 220v, tendrá su propia extensión con la longitud que el beneficiario indique.

El sistema de transmisión de potencia del motor a la bomba será fabricado a la medida para cumplir con los requisitos que necesita tanto la bomba como el motor para funcionar dentro de los parámetros necesarios, el sistema de transmisión deberá tener la mayor eficiencia posible, evitando pérdidas de energía al transmitir la fuerza de giro del motor a la bomba.

Como punto importante en el desarrollo del preservador, se deberá elaborarlo con materiales disponibles en el mercado local, que cumplan con todas las exigencias del equipo original, garantizando un tiempo de vida prolongado, además de ser apto para posteriores mantenimientos y reparaciones, proporcionando así al beneficiario un equipo con capacidad de operación a largo alcance.

3.3 Desarrollo

3.3.1 Elección y adquisición de la bomba

Existe gran variedad de bombas para aceite y derivados de petróleo en el mercado, siendo las más comunes las bombas eléctricas (electromecánicas) y las netamente mecánicas de accionamiento manual; el principal inconveniente al momento de elegir la bomba más adecuada es la presión de salida de la misma, ya que el sistema en el que vamos a trabajar es un sistema de baja presión, por investigación de campo en las instalaciones del Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército se pudo constatar que la bomba que emplea el equipo original es la misma con la que trabaja el sistema de combustible del helicóptero, siendo una bomba de baja presión que según el manual y la propia experiencia de los técnicos del CEMAE tiene una presión de 0.5 a 2.2 kgf/cm², en cuanto a los parámetros de caudal, no se indica en ninguna parte del manual, ya que el equipo solo se encarga de vaciar el aceite del tanque, a baja presión y con un flujo constante.

El primer paso para la adquisición de la bomba es transformar los parámetros de funcionamiento de la bomba expresados en kgf/cm² a PSI (libras por pulgada cuadrada) y a Bares que son las medidas en las que viene

expresada la presión de las bombas que se encuentra en el mercado. Para lo que hay que tomar en cuenta que:

$$1\text{Kgf/cm}^2 = 14.22 \text{ psi} = 0.98 \text{ bar}$$

Por lo tanto, el equipo trabaja en rangos de

- 0.5 a 2.2 kgf/cm²
- 7.11 a 31.29 psi
- 0.49 a 2.16 bar

Con las unidades entendidas se procedió a contactar a las principales importadoras de equipos de estaciones hidráulicas, equipos petrolíferos y bombas en general del país, teniendo entrevistas personales en las empresas de la capital.

En ninguna empresa contaban con equipos que trabajen a tan baja presión y que se encuentren dentro del presupuesto planeado, así que fue necesario investigar otros métodos y alternativas de bombeado de aceite, para lo que se recurrió al campo automotriz debido a que los motores de combustión interna empleados en la impulsión de vehículos emplean bombas para enviar el aceite desde el cárter hacia la parte superior del motor por medio de ductos internos y de ésta forma lubricar todas partes móviles, por regla general el promedio de presión a la que trabaja una bomba de aceite automotriz fluctúa de 0.7 a 1.5 bares de presión en un rango de 700 a 900rpm.

Con los antecedentes planteados se consideró que la mejor alternativa es adquirir una bomba de aceite automotriz para el funcionamiento correcto del preservador a fabricar. Las distintas formas de las bombas según la marca de auto llevaron a elegir la bomba de aceite Renault específicamente del modelo Logan 1.4 a gasolina, ya que es una bomba sumergible, de larga durabilidad (aproximadamente 200 000 kilómetros de vida útil), y por su forma es ideal para extraer aceite de un depósito con forma de cárter y acoplar a la misma un motor eléctrico para hacerla funcionar simplemente desmontando la rueda dentada original y acoplando un engranaje con las medidas necesarias.

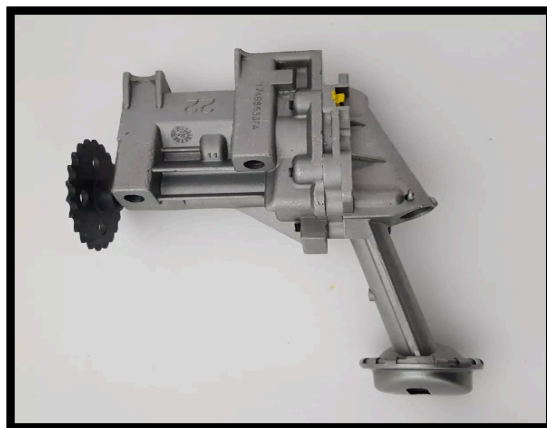


Figura 26 Bomba de aceite Renault Logan 1.4
Fuente: (<https://www.google.com>,2018)

El equipo de preservación cuenta con una cañería especial con acoples propios del motor TB-117, la cual fue proporcionada por los técnicos del CEMAE, la cañería tiene un diámetro mucho mayor que el de la salida de la bomba con la que se va a trabajar, razón por la cual se necesita realizar unas adaptaciones de cañerías para tener un terminar con la misma rosca y el mismo diámetro que el de la cañería empleada para enviar el aceite al sistema de combustible del motor en la tarea de preservación.

Los trabajos de adaptación y fabricación de las cañerías serán efectuados por un técnico especialista en cañerías, conectores y adaptaciones en sistemas hidráulicos, una vez que se tenga la bomba, el motor y el tanque fabricados y ensamblados, para poder realizarlos a la medida exacta.

3.3.2 Elección y adquisición del motor eléctrico

Como ya fue explicado, no fue posible adquirir una electro-bomba, por lo que se adquirió una bomba mecánica de accionamiento por rueda dentada, con lo que surge la necesidad de adquirir un motor capaz de accionar a la bomba en cualquier condición de uso, con lo que la mejor opción es un motor-reductor de corriente alterna de alto torque y velocidad constante.

El motor reductor que se eligió fue uno de fabricación estadounidense de marca “Rex Engineering Gearmotors” caracterizados por su gran durabilidad y

su forma compacta de construcción, además de ser motores asíncronos de inducción electromagnética por lo que no tienen muchos elementos que se encuentren en constante rozamiento.

Las características del motor que se encuentra en el mercado nacional son las siguientes:

- **Marca:** Rex Engineering
- **Alimentación:** 230v AC (Corriente Alterna)
- **Velocidad de salida:** 120rpm (Revoluciones Por Minuto)
- **Fuerza en el eje de salida:** 70 Kg

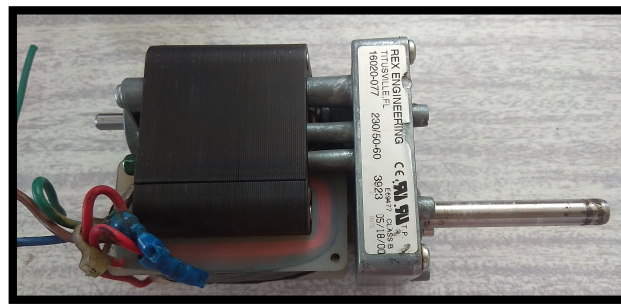


Figura 27 Motor eléctrico reductor

Con la adquisición del motor eléctrico y la bomba mecánica es necesario fabricar un sistema de transmisión de potencia y movimiento eficiente y duradero, para lo que se optó por el sistema de engranajes por sus cualidades y eficiencia.

3.3.3 Fabricación del sistema de transmisión de potencia

Como se explicó en el capítulo anterior, el sistema de transmisión más eficiente es el de engranajes, por lo que se debe tomar en cuenta los parámetros de funcionamiento tanto del motor como de la bomba para la fabricación a medida de los mismos. Para la elaboración de los engranajes se procede a contactar a la empresa **Ecuamecanizados**, empresa dedicada a la elaboración de engranajes a medida, y elementos mecanizados en materiales metálicos y sintéticos. El técnico recomendó que el engranaje más pequeño no sea de más de 12 dientes, que es la medida más pequeña posible de fabricar, que

garantice la durabilidad del elemento y la resistencia al torque del motor, por lo que para el cálculo de los dientes necesarios para el engranaje más grande se realiza los siguientes:

Datos:

- Velocidad del Motor: 120 rpm
- Velocidad requerida para la bomba: 700 rpm
- Dientes del engranaje conducido: 12

Por lo tanto, tomando en cuenta la fórmula para el cálculo de la relación de velocidades se deduce que:

$$N1 * Z1 = N2 * Z2$$

$$120rpm * Z1 = 700rpm * 12$$

$$Z1 = \frac{700rpm * 12}{120 rpm}$$

$$Z1 = 70$$

Por lo tanto, el engranaje conductor será de **70 dientes** y el conducido de **12 dientes**; con los datos completos la empresa Ecuamecanizados procedió a realizar el mecanizado de los engranajes requeridos en acero de transmisión, que fue el material recomendado por el técnico encargado de los mecanizados.



Figura 28 Engranajes fabricados a medida

Una vez adquiridos los engranajes fue necesario realizar un proceso Termoquímico de **Nitruración** para aumentar la resistencia al desgaste por rozamiento y hacer que el acero sea resistente a la corrosión; una de las

empresas con mejor reputación y trayectoria que realice tratamientos térmicos y termoquímicos en el país se llama **Aceros Böhler del Ecuador**, se procedió a enviar los engranajes a la planta de tratamiento, y en pocos días se obtuvo el producto final: engranajes de acero de transmisión nitrurados.



Figura 29 Tratamiento de Nitruración aplicado a los engranajes

3.3.4 Construcción del tanque

El siguiente elemento que forma parte del preservador es el tanque en el que el aceite se deberá depositar para que la bomba en conjunto con el motor lo extraigan y lo envíen hacia el motor; para la construcción del tanque hay que tomar en cuenta dos principales características: el material y la forma. Se debe considerar un material que sea resistente a la corrosión, de estructura firme y duradero, por lo que, con ayuda de un técnico especialista en construcción de tanques para almacenamiento de lubricantes, agua y granos, se tomó la decisión de realizarlo en lámina de Tol Galvanizado de 2mm de espesor.

En cuanto a la forma, se debe considerar que la bomba a emplear es sumergible, y por el sistema de transmisión que se emplea debe estar lubricada en todo momento. Teniendo en cuenta éstos requerimientos se optó por fabricar el tanque con la forma de un cárter de aceite de motor de combustión interna, éstos dispositivos en los cuales se almacena el lubricante de los motores tienen una forma especial que permite que la bomba extraiga el aceite de su interior casi en su totalidad y a su vez aprovechar el aceite almacenado para lubricar las partes móviles de la bomba.

Con el programa Fusion 360 se procedió a realizar el diseño del tanque en mención, el cual tendrá una altura total desde las patas de soporte hasta la tapa principal de 40cm, altura similar al preservador original, se especificó el material de construcción, el cual es lámina de acero galvanizado de 1.5mm de espesor, obteniendo como resultado el siguiente esquema:

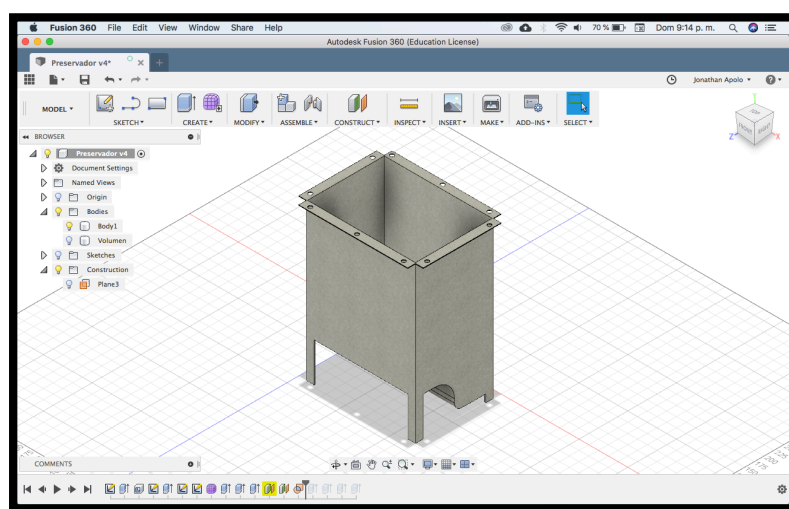


Figura 30 Diseño del tanque

A partir del tanque ya diseñado se procedió a confirmar que la medida cumpla con los requisitos de volumen para la cantidad de aceite que contendrá en su interior utilizando las herramientas de medición del mismo programa, el cual es de 8 litros mínimo, sin una cantidad como límite indicada en el manual, por lo que se realizó en base a la sugerencia del beneficiario, quienes indicaron que el tanque debe tener una capacidad de aproximadamente 14 litros. A partir de la medida en la que el tanque va a contener el aceite, se tomó una medida de seguridad de 5 centímetros para evitar derrames, consiguiendo así un tanque de 40cm de altura total, 20 centímetros de ancho y 30 centímetros de largo.

Una vez obtenidas las medidas y la forma, se procedió a fabricar el tanque en el material acordado y con la ayuda de un técnico para realizar los dobleces y la suelda, la cual se debió efectuar con una máquina de suelda MIG (Metal Inert Gas), la cual es la mas apropiada para materiales delgados como

lo es la lámina de acero galvanizado de 1.5mm, ya que no genera mucho calor y por ende no derrite el material y no afecta a la rigidez estructural.

En una de las paredes del tanque se aseguró el motor con su propia base de sujeción y se colocó un soporte para poder colocar un retenedor para que pase el eje del mismo y no existan fugas de aceite. La bomba fue sujeta con un soporte interno permitiendo que los engranajes del sistema de transmisión encajen a la perfección, de tal forma que se aproveche al máximo el espacio y se logre drenar el aceite prácticamente en su totalidad. En la tapa principal del tanque, la cual va sujeta por 10 pernos para futuros mantenimientos o reparaciones de los componentes internos del preservador, se realizó 3 perforaciones de diferentes medidas para ubicar la tapa de llenado, la salida de la cañería de aceite del preservador y la varilla de medición de aceite.

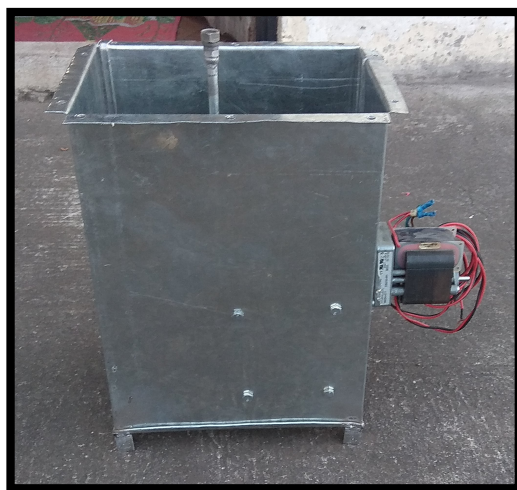


Figura 31 Tanque de aceite

Ya terminado el tanque se procedió a ubicar las manijas de las cuales se manipulará el equipo, las cuales son de acero inoxidable para garantizar que se pueda levantar el peso del equipo con y sin aceite, igualmente los pernos que sujetan a las manijas son de acero inoxidable para evitar que se rompan; los puntos de sujeción son a los lados, tomando en cuenta que en uno de los lados se encuentra el elemento más pesado: el motor.

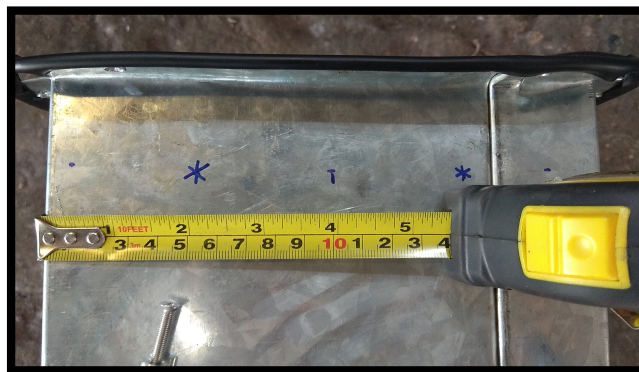


Figura 32 Toma de medidas para las manijas

3.3.5 Conexión para 220 voltios

Como requerimiento por parte de los beneficiarios del presente proyecto fue realizar una extensión de 10 metros para la conexión a 220v necesaria para el funcionamiento del equipo. Con lo cual se adquirió cable especial para la conexión, que consta de 3 cables independientes encapsulados en un solo cuerpo exterior, muy resistente y aislante; también se adquirió un conector macho de 3 terminales para 220v.

El motor viene de fábrica con 3 cables, dos de los cuales son llamados fase y uno de conexión a tierra, en base a esos cables se realizó la unión de los cables de la extensión, todo fue soldado con estaño y aislado con tubo termoencogible especial para conexiones eléctricas, y por fuera reforzado con cinta aislante (black tape). Para conectar el terminal macho de la conexión solo se debe pelar los cables y conectar según se indica en el manual de instrucciones, siguiendo el esquema de los 2 terminales fase y el neutro o conexión a tierra.



Figura 33 Materiales para la instalación eléctrica

Adicional a la extensión de cable de diez metros se instaló un interruptor de encendido y apagado de tres líneas especial para el cable empleado, dicho interruptor está diseñado para trabajar hasta con 600 voltios, así que cumplirá con los parámetros necesarios para el preservador que trabaja a 220 voltios.



Figura 34 Interruptor del preservador

La conexión se la realiza pelando aproximadamente 1.5cm de cable y asegurándolo con las mordazas que forman parte del mismo interruptor.



Figura 35 Conexión del interruptor

3.3.6 Pintura del tanque

La estética del equipo de preservación también cuenta, así que se procedió a preparar las superficies para su posterior pintura, lijando toda la parte exterior del tanque y de la tapa con lija número 100 para dejar una superficie mas

rugosa sobre la cual se pueda adherir la pintura que será de color amarillo, típica de herramientas especiales y equipos de trabajo.

Previo a la pintura es necesario aplicar fondo, para lo que se usó fondo universal adherente el cual indica que es especial para varias superficies entre las que se indica el galvanizado, se da una mano de fondo uniforme en toda la superficie, se deja secar y después se aplica la pintura final.

La aplicación de pintura además de ser un aporte estético, ayuda a proteger las superficies contra la corrosión, aumentando el tiempo de vida útil del equipo, garantizando así la durabilidad del mismo.



Figura 36 Aplicación de fondo adherente / anticorrosivo

3.4 Ejecución de una Práctica de mantenimiento

Para la comprobación del equipo se realiza la tarea de preservación de uno de los motores TB3-117 ubicados en el Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército, para lo cual se siguen los pasos descritos en el manual de empleo técnico, libro 2, capítulo 73.00.00, página 203, carta tecnológica (C.T.) 202. En la cual indica lo siguiente:

- Preparación para la preservación:

- Tener listos los recipientes para el vaciado del combustible del sistema.
- Quitar y lavar los filtros de combustible de la bomba de control automático y reemplazar el elemento filtrante del filtro de combustible
- Lavar con combustible las cañerías del sistema de inyectores, la manguera de salida del equipo de preservación y después purgar todo con aire comprimido.
- Preparar el equipo de preservación, llenando el depósito con no menos de 8 litros de aceite; (en el manual se indica que se caliente el aceite entre 60 a 80 grados centígrados, pero por requerimiento del beneficiario no se realiza dicha tarea, ya que las condiciones climáticas así lo ameritan)
- Revisar la hermeticidad del equipo
- Conectar la boquilla de salida del equipo a la boquilla de conservación del motor.
- Orden de efectuación del trabajo
 - Encender el equipo de preservación y efectuar de 3 a 4 arranques falsos, o efectuar giros fríos del motor en vez de dos arranques falsos.
 - Cerrar la llave de corte del motor y apagar el motor del equipo de preservación.
 - Desacoplar la manga de preservación del equipo de la boquilla del motor.

A continuación, se presenta la carta tecnológica 202 del manual de empleo técnico acerca de la preservación del sistema de combustible.

VIGENTE: TODAS MODIFICACIONES 073.00.00 Pág. 303 Agosto, 20 de 2001	Para el RM	Carta tecnológica N° 202	En las páginas 203-205/206	
	Párrafo del RM	Trabajos: PUESTA EN CONSERVACIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE		
		Operaciones y requisitos técnicos (RT)	Trabajos a cumplir habiéndose extraviado de los RT	Control
	1. Generalidades ¡ATENCIÓN! 1. EL SISTEMA DE COMBUSTIBLE SE PONE EN CONSERVACIÓN 24 HORAS DESPUÉS, COMO MÁXIMO, A PARTIR DEL MOMENTO DE VACIADO DEL COMBUSTIBLE DESDE EL SISTEMA. 2. AL PONER EN CONSERVACIÓN EL SISTEMA DE COMBUSTIBLE, LA LLAVE CONTRA INCENDIO TIENE QUE ESTAR CERRADA. 1.1. La puesta en conservación prevé la protección del sistema de combustible del motor contra corrosión al almacenar el motor a bordo del helicóptero. 1.2. El sistema de combustible se conserva usando el aceite de conservación. Las marcas utilizadas de los aceites están indicados en 072.00.00, "Motor - Mantenimiento". 2. Preparación para efectuar los trabajos 2.1. Preparar los recipientes necesarios para evacuar el combustible. 2.2. Quitar y lavar los filtros de combustible de la bomba de control automático (ver 073.12.05, carta tecnológica N° 604) y sustituir el elemento filtrante del filtro de combustible (ver 073.11.04, carta tecnológica N° 204). 2.3. Lavar con gasolina o keroseno la manga para conservar el conducto del segundo canal de inyectores, el dispositivo para descarga del aire y la manguera del equipo para conservación; purgarlos con el aire comprimido.			
	MANUAL DE EMPLEO TÉCNICO TB3-117			

Figura 37 Carta tecnológica 202

Fuente: Manual de mantenimiento

VIGENTE: TODAS MODIFICACIONES 073.00.00 Pág. 204 Agosto, 20 de 2001	Operaciones y requisitos técnicos (RT)	Trabajos a cumplir habiéndose extraviado de los RT	Control
	2.4. Acoplar la manga para conservar el conducto del segundo canal de inyectores a las boquillas (1) y (2) (ver 072.00.00, fig.301) y el dispositivo para descargar el aire a la válvula (3) de la bomba de control automático. 2.5. Preparar el equipo para conservación, llenar el depósito de aceite del equipo con no menos de 8 lit de aceite de conservación, calentado hasta la temperatura de +60 a +80°C. Comprobar la hermeticidad y limpieza del equipo en cuestión. 2.6. Acoplar la manguera del equipo a la boquilla de conservación. 3. Orden de efectuar el trabajo 3.1. Una vez puesto en marcha el motor, crear una presión de 0,8 a 1 kgf/cm ² descargar el combustible y el aire a través del dispositivo montado hasta que aparezca aceite puro (ver 073.12.05, carta tecnológica N° 303). 3.2. Efectuar tres - cuatro arranques falsos del motor (ver 072.00.00, carta tecnológica N° 503), cada vez antes del giro cambiar a mano la posición de los álabes guías del compresor (ver 072.30.00, carta tecnológica N° 201). NOTA: En caso de aparecer aceite en el tubo de escape, se permite, con el fin de ahorrar el aceite, efectuar giros del motor en frío en vez de dos arranques falsos. 3.3. Cerrar la llave de corte del motor y parar el motor del equipo de conservación. 3.4. Quitar el dispositivo para descargar aire y la manga para desconservar el conducto del segundo canal de inyectores, luego poner tapones y la caperuzas lavados. 3.5. Descoplar la manguera del equipo de conservación de la boquilla de conservación.		
	MANUAL DE EMPLEO TÉCNICO TB3-117		

Figura 38 Continuación carta tecnológica 202

Equipo de medida y control	Herramientas y accesorios	Material de consumo
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recipientes 2. Equipo de conservación 3. Manguera 7818.0130 4. Alicates de boca plana combinados 5. Llave de boca S=12x14 6. Llave de boca S=19x22 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alambre de retención 2. Aceite para conservación.

VICENTE: TODAS MODIFICACIONES

073.00.00
Página: 205/206
Aprobado: 20 de 2001TB3-117
MANUAL DE EMPLEO TÉCNICO

Figura 39 Materiales y herramientas descritas en la C.T. 202

Una vez terminada la tarea de preservación del motor TB3-117, éste se encuentra listo para su posterior embalaje o almacenamiento en el helicóptero, según sea necesario y siguiendo los pasos indicados en el manual de empleo técnico, considerando los tiempos de almacenamiento descritos en el mismo.

3.5 Elaboración de una guía de procedimientos

	MANUALES	Pág. : 1 de 4
	MANUAL DE USO DEL EQUIPO DE PRESERVACIÓN DEL MOTOR TB3-117	Código: N/A
	Elaborado por: Sr. Jonathan Apolo	Revisión N°: 01
	Aprobado por: Tlgo. Jonathan Zurita	Fecha : 28/agosto/2018

INFORMACIÓN GENERAL & INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

SECCIÓN 1 – DESCRIPCIÓN

GENERAL

El equipo de preservación es un tanque portátil diseñado en base al equipo original para la preservación del sistema de combustible del motor TB3-117 montados en los helicópteros Mi 171 de la Aviación del Ejército.

El sistema de bombeo de aceite consta de una bomba mecánica de baja presión acoplada a un motor eléctrico de 220v para su funcionamiento.

El dispositivo cuenta con una capacidad de 16 litros, las mangueras y las conexiones necesarias para su funcionamiento.

COMPONENTES MAYORES

A. TANQUE

El tanque está construido con láminas de acero galvanizado de 1.5mm de espesor para garantizar la rigidez necesaria.

B. SISTEMA DE BOMBEO

El equipo cuenta con una bomba de piñones accionada mecánicamente por medio de un motor eléctrico acoplados entre sí por un sistema de piñones nitrurados para garantizar la durabilidad y evitar la corrosión.

C. SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico del equipo comprende de un motor reductor de alto torque que funciona a 220v con una salida de 120 rpm.

SECCIÓN 2- OPERACIÓN

CHEQUEO PRE-OPERACIONAL

Realizar una inspección visual del equipo tomando en cuenta los siguientes puntos.

- Compruebe el estado general de la unidad.
- Revisar el estado físico de la conexión eléctrica, que no presenten cables expuestos o rotos.
- Asegúrese que la manguera de salida del preservador se encuentre en buen estado.
- Revisar que las conexiones de la cañería rígida que sale de la bomba a la cañería flexible que va al motor estén bien acopladas y ajustadas para evitar fugas.

TRASLADO DEL EQUIPO

Asegúrese de manipular el equipo de preservación por sus manijas para tener firmeza y estabilidad al levantarlo.

El equipo debe ser levantado en una posición vertical y ejerciendo la fuerza con las piernas y la espalda recta para evitar lesiones al personal. Si el trabajo de preservación se va a realizar sobre el helicóptero, llevar el equipo vacío hasta el techo del mismo para su posterior llenado, de esa manera se evita levantar un peso excesivo desde el piso evitando riesgos de derrame o lesiones por levantamiento de peso.

PROCEDIMIENTO PARA OPERACIÓN DEL EQUIPO.

- Revise por medio de la varilla de medición de nivel de aceite si el equipo cuenta con algún remanente de aceite alguna previa tarea de preservación.
- Retire el tapón de llenado.
- Llene el depósito con la cantidad de aceite de preservación indicada en el manual de empleo técnico del motor (libro 2, capítulo 73.00.00, pagina 203, carta tecnológica 202).
- Instale el tapón de llenado

ENCENDIDO DEL EQUIPO

- Asegúrese que la conexión eléctrica se haya efectuado correctamente a una toma de 220v.
- Realice una breve inspección visual de todo el sistema.
- Una vez conectada la línea de suministro de aceite al motor, como se indica en el manual de empleo técnico del motor TB3-117, presione el botón "ON" del equipo de preservación cuando el manual del motor lo indique.
- Cuando el manual de empleo técnico del motor lo indique, presione


el botón "OFF" del equipo de preservación para apagarlo.

NOTA: UNA VEZ TERMINADA LA TAREA DE PRESERVACIÓN ASEGURARSE DE ENROLLAR EL CABLE Y UBICARLO EN EL GANCHO DE SUJECCIÓN DISPUESTO PARA ESE FIN.

PRECAUCIÓN: EL MOTOR ELÉCTRICO DEL EQUIPO ESTÁ EXPUESTO A FIN DE ASEGURAR UNA CORRECTA VENTILACIÓN Y ENFRIAMIENTO DEL MSMO, POR LO QUE AL ESTAR ENCENDIDO EL EQUIPO NO DEBE TOCARSE PARA EVITAR QUE SE DETENGA EL MOTOR Y GENERAR POSIBLES RECALENTAMIENTOS O DAÑOS.

ADVERTENCIA: AL ESTAR EN FUNCIONAMIENTO EL MOTOR ELÉCTRICO DEL EQUIPO, ÉSTE PUEDE AUMENTAR SU TEMPERATURA. EL TOCAR EL MOTOR ELÉCTRICO PUEDE CAUSAR POSIBLES QUEMADURAS

3.6 Elaboración de una guía de mantenimiento

	MANUALES	Pág. : <p style="text-align: center;">1 de</p>
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE PRESERVACIÓN	Código: <p style="text-align: center;">N/A</p>
	Elaborado por: Sr. Jonathan Apolo	Revisión N°: 01
	Aprobado por: Tlgo. Jonathan Zurita	Fecha: <p style="text-align: center;">28/agosto/2018</p>
<p>1. OBJETIVO</p> <p>Detallar el procedimiento de inspección, mantenimiento y reemplazo de los elementos del equipo de preservación de los motores TB3-117.</p> <p>Nota: Los elementos con los que fue construido el equipo de preservación son de larga durabilidad, diseñados para trabajar por períodos largos de tiempo sin necesidad de reparaciones ni cambios de sus elementos, pero aun así se debe realizar una inspección cada 6 meses del equipo en busca de desperfectos.</p> <p>2. ALCANCE</p> <p>Proporcionar información para que el personal del Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército (CEMAE) pueda realizar las inspecciones, mantenimientos y reparaciones al equipo de preservación de los motores</p>		

TB3-117.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Al conectar el equipo a un tomacorriente de 220v asegúrese que el enchufe, el cable y el tomacorriente estén en buenas condiciones la mala condición de los mismos podría ocasionar una descarga eléctrica al individuo.

LISTA DE CHEQUEOS

Para el Encendido

- Una breve inspección visual.
- Asegúrese que el pulsador se encuentre en posición OFF
- Revisar el nivel de aceite en el depósito

NOTA: Si el equipo trabaja en seco, sin el aceite a bombear, la bomba puede llegar a sufrir daños, así como se genera un desgaste prematuro en los piñones.

Para el Apagado

- Antes de desconectar la línea de suministro de aceite al motor, presionar el pulsador "OFF" del equipo cuando el manual de empleo técnico lo indique.
- Desconectar la línea de suministro de aceite al motor.
- Desconectar la alimentación eléctrica.
- Enrollar el cable y ubicarlo en el gancho proporcionado para ese fin.

NOTA: Limpie y seque el área de trabajo por posibles derramamientos de aceite, esto podría ocasionar un incidente con el personal técnico.

BOMBA DE ACEITE

HERRAMIENTAS:

- Llave allen de 2mm
- 2 llaves mixtas de 11mm
- Llave inglesa

REMOCIÓN:

Realice estos pasos para el mantenimiento de la bomba.

- Desmonte la línea de salida de aceite del equipo desde su propia rosca.
- Desmonte el conector de la cañería rígida en “L”
- Remueva los 10 pernos y tuercas 11mm de acero inoxidable de la tapa principal del equipo de preservación y retírela para dar acceso a la bomba
- Desmonte la cañería rígida de la salida de la bomba
- Afloje el perno prisionero de engranaje de la bomba (pequeño).
- Remueva el engranaje
- Desmontar los 2 pernos y tuercas de 11mm que sujetan la bomba a la base interna
- Remueva la bomba.

INSTALACIÓN

Nota: Verifique el estado de los pernos y tuercas por hilos desgastados o cabezas barridas, en la bomba observe que no exista rupturas y que el eje gire libremente.

- Instale la bomba con sus dos pernos y tuercas de sujeción a la base interna del preservador.
- Conecte y ajuste la cañería rígida a la salida de aceite de la bomba.
- Coloque el engranaje de la bomba y ajústelo con el perno prisionero a la distancia correcta en relación al engranaje del motor

MOTOR ELÉCTRICO**MATERIALES:**

- Llave allen de 2mm
- 2 llaves mixtas de 11mm
- Desarmador de estrella

REMOCIÓN:

Precaución: Asegúrese que el pulsador se encuentre en posición OFF y el cable esté desconectado.

- Remueva los 10 pernos y tuercas de 11mm de acero inoxidable de la tapa principal del equipo de preservación y retírela para dar acceso al engranaje del motor.
- Desconecte los cables que salen del motor al switch de encendido, señalando el orden en el que van conectados.
- Afloje los pernos prisioneros del engranaje del motor.
- Desde la parte interna del tanque afloje y extraiga los 5 tornillos cabeza de estrella que sujetan al motor.
- Extraiga el motor con cuidado deslizando el eje sobre el retenedor de aceite y sujetando el engranaje desde el interior.

INSTALACIÓN

Nota: Verifique el estado del retenedor de aceite, si su estado es malo, reemplácelo.

- Inserte el extremo del eje del motor a través del retenedor.
- Ubique el engranaje en el extremo del eje del motor por la parte interna del tanque
- Empuje el motor en su totalidad hasta la posición de sujeción mientras se va introduciendo el engranaje al mismo tiempo
- Asegure el motor a la base con los 5 tornillos
- Ubique el engranaje del motor al nivel adecuado en relación al engranaje de la bomba.
- Asegure el engranaje con los pernos prisioneros
- Reconecte los cables del motor al switch de encendido en el mismo orden que fueron desconectados.

3.7 Presupuesto

El presupuesto presentado en el anteproyecto era un presupuesto con valores promedios entre los 1200 USD, los cuales no eran valores fijos, en el transcurso del desarrollo del proyecto se constató que el presupuesto establecido fue el adecuado, llegando a valores bastante aproximados.

3.7.1 Análisis de costos

Para la construcción del equipo de preservación y la ejecución de las prácticas con el mismo se detallan a continuación los costos primarios y secundarios.

Costos Primarios

- Materiales y herramientas

Costos secundarios

- Trámites de solicitudes de graduación
- Elaboración de textos
- Varios

3.7.1.1 Costos Primarios

A continuación se detallan los elementos indispensables para el desarrollo del presente proyecto:

Tabla 1

Costos Primarios

RECURSOS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
Motor Eléctrico	1	220	220
Bomba de aceite	1	60	60
Engranajes de transmisión	1	120	120
Tratamiento de Nitruración	1	20	20

Tanque	1	150	150
Botonera	1	10	10
Adaptación de cañerías	1	40	40
Extensión eléctrica	10 (metros)	0.96	9.60
Conector 220v	1	6	6
Manijas	2	2.50	5
Tapón de llenado	1	5.50	5.50
Varilla de medición	1	12	12
Pernos M6	14	0.15	2.10
Prisioneros M3	3	0.10	0.30
Juego de brocas de varias medidas	1	6	6
Herramientas varias	1	150	150
Pintura, fondo y diluyente	1	15	15
TOTAL			831.50

3.7.1.2 Costos Secundarios

Los elementos que sirvieron de apoyo para la ejecución del proyecto son:

Tabla 2 Costos Secundarios

RECURSOS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
Copias del manual de mantenimiento TB3-117	250	0.05	12.50
Equipo de protección	1	50	50

personal			
Transporte	1	150	150
Impresiones y elaboración de textos	1	150	150
Tramites de graduación	1	50	50
TOTAL			412.50

3.7.2 Costo total del proyecto

El costo total del proyecto sumando el costo primario más el secundario es el siguiente:

Tabla 3 Costo total del proyecto

RECURSOS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
Costo Primario	1	831	831.50
Costo Secundario	1	412.50	412.50
TOTAL			1244

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se realizó la investigación necesaria para recopilar información acerca de los elementos a utilizar para que el equipo cumpla a cabalidad la tarea de preservación manteniéndose dentro de un presupuesto establecido.
- Fueron analizadas todas las alternativas de solución para la realización de la tarea de preservación de los motores, eligiendo la más idónea para el desarrollo del presente trabajo de titulación.
- La tarea de preservación se puede realizar satisfactoriamente mediante la implementación del equipo desarrollado, teniendo excelentes resultados en el desempeño del equipo.

Recomendaciones

- Antes de realizar cualquier tarea de mantenimiento se debe acudir a los manuales del fabricante para asegurarse de no cometer errores, ninguna tarea debe realizarse por intuición sin apoyo técnico.
- Tomar en cuenta todas las normas de seguridad antes de utilizar el equipo de preservación ya que una falla en la manipulación podría causar accidentes al personal de mantenimiento, sobre todo en cuanto al sistema eléctrico ya que es un equipo que trabaja con alto voltaje.
- Revisar periódicamente el estado físico y funcional del equipo de preservación a fin de tener un control del mismo y garantizar el correcto funcionamiento.

GLOSARIO

Ergonomía: Estudio de la adaptación de las máquinas, muebles y utensilios a la persona que los emplea habitualmente, para lograr una mayor comodidad y eficacia.

Eficacia: Capacidad de lograr las metas que se desea o se espera.

Eficiencia: Se refiere a lograr las metas utilizando la menor cantidad de recursos posibles.

Hovercraft: Llamado en español “aerodeslizador” es un vehículo que se desliza sobre agua o tierra por medio de unos chorros de aire que salen desde la parte inferior del vehículo, haciendo que éste se suspenda en el aire a muy pocos centímetros del suelo.

Electromagnetismo: Parte de la física que estudia la relación entre el magnetismo y la electricidad.

Termoquímica: Parte de la química que estudia las cantidades de calor que acompañan a las reacciones químicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía:

Villajosana, E. V. (2011). *El Motor De Turbina*. Reus, España: CESDA.

Antonio Segura Valverde. (23 de 01 de 2016). *FdeT Online*. Recuperado el 20 de 06 de 2018, de FdeT: <http://fdetonline.com/motor-turbofan-motor-turboeje/>

TV3-117(PDF), M. (07 de marzo de 2017). *SCRIBD*. Obtenido de es.scribd.com: <https://es.scribd.com/presentation/341128521/3-MOTOR-TV3-117>

Oñate, A. E. (2007). *Conocimientos del Avión* . España: S.A. EDICIONES PARANINFO.

Klimov. (2001). Manual de Empleo Técnico. En Klimov, *Manual del motor TB3-117* (pág. 901). Rusia: Klimov.

Aravia. (27 de 06 de 2017). *ArAvia S.A* . Obtenido de Aravia: <http://www.aravia.com.ar/?product=motor>

Jiménez, A. (01 de Noviembre de 2010). *ResearchGate*. Obtenido de www.researchgate.net: https://www.researchgate.net/figure/Figura-7-Bomba-rotativa-de-tornillo-helicoidal_fig3_279479588

Solorzano, R. (05 de Junio de 2016). *Hydraulics & Pneumatics*. Obtenido de H&P en Español: <http://www.hydraulicspneumatics.com/blog/principios-ingenieriles-b-sicos-bombas-hidr-ulicas>

okdiario. (31 de Octubre de 2016). *Okdiario*. Obtenido de Okdiario Curiosidades: <https://okdiario.com/curiosidades/2016/10/31/motor-electrico-como-funciona-491386>

Ruta 401. (20 de Noviembre de 2016). *Reparacion Vehiculos*. Obtenido de Reparacion Vehiculos Ruta 401: <https://blog.reparacion-vehiculos.es/tipos-de-motores-electricos>

Tlapale, L. (28 de Noviembre de 2017). *javhm.blogspot.com*. Obtenido de Motores de CA: <http://javhm.blogspot.com/2017/11/motores-de-ca-corriente-alterna.html>

Ecu Red. (11 de Noviembre de 2013). *Ecu Red* . Obtenido de EcuRed: https://www.ecured.cu/Motor_asincr%C3%B3nico

Sapiensman. (14 de Septiembre de 2012). *Sapiensman.com*. Obtenido de Oficios Técnicos Sapiensman: http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/motores_sincronos.php

Espinoza, R. (15 de Junio de 2016). *http://independent.academia.edu/Ram%C3%B3nEspinoza1*. Obtenido de academia.edu: http://www.academia.edu/26165541/Sistemas_de_Transmision_de_Potencia

CATEDU. (25 de Junio de 2012). *Centro Aragoes de Tecnologías para la Educacion*. Obtenido de Repositorio CATEDU: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4911/html/8_tratamientos_termoquimicos.html

ANEXOS

CURRICULUM VITAE



DATOS PERSONALES

- **APELLIDOS:** APOLO TORRES
- **NOMBRES:** CÉSAR JONATHAN
- **N. CEDULA:** 172342725-6
- **NACIONALIDAD:** ECUATORIANO
- **ESTADO CIVIL:** SOLTERO
- **FECHA DE NACIMIENTO:** 16 DE MARZO DE 1994
- **EDAD:** 24 AÑOS
- **TELEFONO:** 0983754918 / 0991835531
- **E-mail** jonaapolo16@gmail.com
- **DIRECCION:** ILLESCAS oe-794 Y MARCOPAMBA (El Pintado, Quito)

ESTUDIOS REALIZADOS

- **PRIMARIA** ESCUELA REPUBLICA DEL PARAGUAY
- **SECUNDARIA** **COLEGIO TÉCNICO “SAN JOSÉ”**
 - ARTESANAL - MAESTRO DE TALLER EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ.
 - BACHILLERATO - BACHILLER TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRO-MECÁNICA AUTOMOTRIZ.
- **SUPERIOR** **UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**

Unidad de Gestión de Tecnologías (ex ITSA)

EGRESADO EN: **TECNOLOGO EN MECÁNICA AERONAUTICA MENCIÓN MOTORES**

CURSOS REALIZADOS

- **SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE – SENA , COLOMBIA On-line**

Cursos Online Mecánica Automotriz

- SISTEMA DE FRENOS ABS

- SINCRONIZACIÓN - INYECCIÓN ELECTRÓNICA Y CONTROL COMPUTARIZADO DE MOTOR OBD

- **GRUPO AEREO DEL EJERCITO 44 “PASTAZA”**

- Inducción al Motor PT6-A36, Funcionamiento y Mantenimiento

EXPERIENCIA LABORAL

- **Lubricantes y Talleres Mishelle**

Ayudante de taller automotriz (fines de semana y vacaciones durante 3 años)

- **Negocio propio – venta de Elementos de Protección Personal (EPP)**

INPROSOL, Industrial Protection Solutions, creé un pequeño negocio dedicado a la venta de EPP, por 8 meses, por cuestiones de estudios cerré labores.

- **Plastic House**

Chofer, y vendedor de productos plásticos.

- **ORTOCRIS – Línea Ortopédica**

Ayudante de taller de producción de artículos ortopédicos. (enero 2017- febrero 2018)

PASANTÍAS

- **MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

- **Lubricantes y talleres Mishelle**

- Ayudante de taller – 2 meses

- Ing. Leonardo Pérez (Propietario)

- Telf.: 0992747895 / 2656792

- **AYMESA** Planta de ensamblaje automotriz

- (Ayudante de producción y RRHH)

- **AUTOEDRO Cía. Ltda.** Taller de Mantenimiento Automotriz

- Ayudante de Taller – 2 meses

- Ing. Esteban Varhola (Gerente General)

Telf.: 099722622 / 3262060

- **MECÁNICA AERONÁUTICA**

- Grupo Aéreo del Ejército No. 44 "Pastaza" – Ayudante de Mantenimiento de Aeronaves ARAVA (160 Horas)

Sgos. Hernán Gavilanes (Jefe de Mantenimiento Motores)

Telf.: 0992598449

- FALCON Escuela de Pilotos – Ayudante de Mantenimiento en Cessna C- 152, C-172n , C-172M (2 pasantías de 200 horas c/u).

Tlga. Gabriela Córdova (Jefe de Mantenimiento)

Telf.. 0995474915

REFERENCIAS PERSONALES

- Tlgo. Alejandro Proaño Telf. 098-402-4729
- Ing. Leonardo Pérez Telef. 265-6792
- Tlgo. Sebastián Sevillano Telef. 098-703-4512
- Tlga. Gabriela Córdova Telef. 0995474915

CONOCIMIENTOS INFORMÁTICOS

- Microsoft Office: Nivel usuario avanzado
- AutoCAD: Nivel Intermedio-Alto
- Adobe Photoshop: Nivel Intermedio
- Adobe Illustrator: Nivel Intermedio

CONOCIMIENTOS DE IDIOMAS

- Idioma: Inglés
- Nivel: Hablado: 70%; Escrito:60%; Comprensión: 75%

DATOS DE INTERÉS

- Manejo de Inglés Técnico Aeronáutico
- Disponibilidad de cambio de domicilio.
- Licencia de conducir tipo B y Vehículo propio disponible para movilidad.
- Aptitud para atención al cliente y trabajo en equipo.
- Manejo de Sistemas operativos MacOS X y Windows.

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE
RESPONSABILIZA EL AUTOR

APOLO TORRES CESAR JONATHAN

C.C. 1723427256

DIRECTOR DE CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

ING. BAUTISTA ZURITA RODRIGO CRISTÓBAL

C.C. 172024099-1

Latacunga, Septiembre del 2018