



Inspección de 100 horas al sistema de combustible del motor Lycoming IO-540 AE1A5 instalado en el helicóptero Robinson R44 acorde al Manual de Mantenimiento R44, tabla 1, y al Manual del Operador, sección 4, para la empresa EUROFISH S.A.

Viscarra Rivera, Melanny Juliet

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica Mención Motores

Monografía, previa a la obtención del título de Tecnóloga en Mecánica Aeronáutica Mención Motores

Tlgo. Arellano Reyes, Milton Andrés

Latacunga, 07 de Julio del 2021



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA

MENCIÓN MOTORES

Certificación

Certifico que la monografía, **“INSPECCIÓN DE 100 HORAS AL SISTEMA DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR LYCOMING IO-540 AE1A5 INSTALADO EN EL HELICÓPTERO ROBINSON R44 ACORDE AL MANUAL DE MANTENIMIENTO R44, TABLA 1, Y AL MANUAL DEL OPERADOR, SECCIÓN 4, PARA LA EMPRESA EUROFISH S.A.”** fue realizado por la señorita **VISCARRA RIVERA MELANNY JULIET** la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 07 de Julio del 2021

Tlgo. Arellano Reyes, Milton Andrés

C.C.: 1723064513



Document Information

| | |
|-------------------|---|
| Analyzed document | MELANNY JULIET VISCARRA RIVERA- MONOGRAFÍA.pdf (D111153723) |
| Submitted | 8/11/2021 1:05:00 AM |
| Submitted by | |
| Submitter email | mjviscarra@espe.edu.ec |
| Similarity | 0% |
| Analysis address | maarellano3.espe@analysis.arkund.com |

Sources included in the report

| | | |
|-----------|--|---|
| SA | TESIS MISHEL VILLALBA FLORES.pdf Document TESIS MISHEL VILLALBA FLORES.pdf (D63152628) |  1 |
|-----------|--|---|

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Milton A. Reyes".

Tlgo. Arellano Reyes, Milton Andrés

C.C.: 1723064513



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA

MENCIÓN MOTORES

Responsabilidad de autoría

Yo, **VISCARRA RIVERA, MELANNY JULIET**, con cédula de ciudadanía N° **1721468864**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“INSPECCIÓN DE 100 HORAS AL SISTEMA DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR LYCOMING IO-540 AE1A5 INSTALADO EN EL HELICÓPTERO ROBINSON R44 ACORDE AL MANUAL DE MANTENIMIENTO R44, TABLA 1, Y AL MANUAL DEL OPERADOR, SECCIÓN 4, PARA LA EMPRESA EUROFISH S.A.”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 07 de Julio 2021

Viscarr Rivera Melanny Juliet

C.C.: 1721468864



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA

MENCIÓN MOTORES

Autorización de publicación

Yo **VISCARRA RIVERA, MELANNY JULIET**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“INSPECCIÓN DE 100 HORAS AL SISTEMA DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR LYCOMING IO-540 AE1A5 INSTALADO EN EL HELICÓPTERO ROBINSON R44 ACORDE AL MANUAL DE MANTENIMIENTO R44, TABLA 1, Y AL MANUAL DEL OPERADOR, SECCIÓN 4, PARA LA EMPRESA EUROFISH S.A.”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 07 de Julio del 2021

Viscarr Rivera, Melanny Juliet

C.C.: 1721468864

Dedicatoria

Mi proyecto lo dedico a las personas más fundamentales en mi vida, Dios y mi familia. Su constancia y su apoyo me ha hecho cada día más fuerte y capaz.

A Dios por permitirme llegar a este momento y por mantenerme firme en el camino, porque su voluntad me hizo alcanzar mis objetivos.

A mis padres, por darme ese amor y ese sustento que va más allá de sólo el dinero, por estar en este proyecto junto a mí en todo momento y darme ánimos de seguir. A mi hermana y cuñado por estar incondicionalmente siempre que los necesité. Ya mi bella sobrina Eliette por llenarme de alegría cada día.

A mis abuelitos, Hugo, Aida y Amanda, porque este momento es pensando en ellos, en sus palabras, sus enseñanzas y sus oraciones. Mi formación ha dependido de ello y mi fuerza va anexada a su amor.

A mis tías Amanda, Juanita y Tricia por su confianza y por estar conmigo en cada logro y por estar cuando las he necesitado.

Agradecimiento

“Dios, mi familia y mis amigos” por creer, confiar, darme ánimos y por estar durante todo mi trayecto universitario. Agradezco a Dios porque sin él nada de esto hubiera sido posible, él sabe mis momentos más duros y mis batallas internas para alcanzar mis metas, agradezco que él me haya dado fuerza, me haya guiado en este camino y me permita seguir alcanzando cada uno de mis objetivos junto a mis seres amados. A mis dos grandes amores, mis padres Nubia y Rommel por creer en mí y por en ningún momento abandonarme en este camino de aprendizaje, por ser los mentores de lo que ahora soy, por siempre cuidarme, protegerme y por hacerme dar cuenta que así haya miles de kilómetros de por medio, la familia jamás te deja sola. A mi hermana, mi cuñado por formar parte de mi crecimiento, por estar incondicionalmente cuando los he necesitado, por apoyarme, darme consejos, guiarme y por llenar de felicidad mi vida con el nacimiento de mi sobrina Eliette, quién ha sido uno de los motivos más grandes para llegar a mi graduación, su crecimiento me ha hecho ver lo importante que es vivir y aprender día a día. A mi tía Tricia por estar desde mi corta edad junto a mí, acompañándome a crecer a ser fuerte y a aprender más sobre humildad y respeto, por ser una de las personas que siempre estuvo a mi lado y me creyó en mí.

Agradezco a mis amigos por ser mis compañeros de aventuras y por hacer de mi vida universitaria un hogar y llenar cada momento de felicidad, por ser incondicionales y por pasar cada instante de mi trayecto empujándome para lograrlo. A mis profesores por enseñarme los conceptos de la aviación y hacer que mi voluntad, pasión y amor por las aeronaves creciera cada día. A la OMA EUROFISH por formar en estos momentos parte de mi crecimiento y por ser el mejor medio de aprendizaje. Por ser parte de mi vida y por permitirme fomentar una ayuda dentro de la Organización. Por ser familia y por ser guías.

Tabla de contenidos

| | |
|---|-----------|
| Carátula..... | 1 |
| Certificación..... | 2 |
| Reporte de verificación | 3 |
| Responsabilidad de autoría | 4 |
| Autorización de publicación | 5 |
| Dedicatoria..... | 6 |
| Agradecimiento | 7 |
| Tabla de contenidos..... | 8 |
| Índice de figuras..... | 11 |
| Índice de tablas..... | 13 |
| Resumen | 14 |
| Abstract..... | 15 |
| Planteamiento Del Problema De Investigación..... | 16 |
| Antecedentes..... | 16 |
| Planteamiento Del Problema..... | 17 |
| Justificación | 18 |
| Objetivos | 19 |
| <i>Objetivo General.....</i> | 19 |
| <i>Objetivos Específicos.....</i> | 19 |
| Alcance | 20 |
| Marco Teórico..... | 21 |
| Helicópteros de la Compañía Robinson | 21 |

| | |
|--|----|
| Robinson R44 | 22 |
| La organización de mantenimiento aprobada y los helicópteros ROBINSON R44. | 25 |
| Helicópteros Robinson R44 Rven II..... | 27 |
| Motor Lycoming..... | 28 |
| <i>Manual del Operador Lycoming</i> | 29 |
| Robinson & Lycoming..... | 30 |
| Familia Lycoming con prefijo 540 | 31 |
| Motores IO-540..... | 32 |
| Sistema de combustible..... | 34 |
| <i>Definición de combustible.</i> | 34 |
| <i>Contaminantes del combustible</i> | 37 |
| <i>Sistema de combustible en una aeronave</i> | 39 |
| <i>Sistema de inyección de motores Lycoming IO-540 AE1 A5</i> | 42 |
| Limpieza de inyectores..... | 44 |
| Inspecciones Aeronáuticas..... | 46 |
| Inspecciones realizadas a los helicópteros Robinson R44 de la compañía EUROFISH S.A. | 48 |
| Instrucción de Servicio N° 1275 | 53 |
| Equipo utilizado para realizar la inspección de 100 horas del sistema de combustible. | 56 |
| Desarrollo Del Tema..... | 58 |
| Introducción..... | 58 |
| Proceso de inspección del sistema de combustible a la aeronave HC-CGR..... | 58 |
| Herramientas y Materiales | 62 |
| Proceso de inspección | 63 |
| Selección de la máquina de ultrasonido. | 69 |
| Componentes de la máquina de Limpieza por Ultrasonido..... | 70 |

| | |
|--|-----------|
| | 10 |
| Diagrama de funcionamiento de Limpieza por Ultrasonido..... | 70 |
| Selección de Líquido para limpieza de inyectores. | 71 |
| Procedimiento de uso de la máquina de limpieza por ultrasonido..... | 72 |
| Costos..... | 80 |
| <i>Costos Primarios.....</i> | <i>81</i> |
| <i>Costos secundarios.....</i> | <i>81</i> |
| <i>Costo Total.....</i> | <i>82</i> |
| Conclusiones y Recomendaciones..... | 83 |
| Conclusiones..... | 83 |
| Recomendaciones..... | 84 |
| Bibliografía..... | 85 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. <i>Helicópteros de la compañía Robinson</i> | 21 |
| Figura 2. <i>Helicópteros de la OMA EUROFISH</i> | 23 |
| Figura 3. <i>Hangar de mantenimiento OMA EUROFISH</i> | 25 |
| Figura 4. <i>Helicópteros de la compañía La Fabril y Eurofish S.A</i> | 26 |
| Figura 5. <i>Helicoptero Raven II.</i> | 27 |
| Figura 6. <i>Fabrica Lycoming en sus inicios.</i> | 28 |
| Figura 7. <i>Manual del Operador Lycoming</i> | 29 |
| Figura 8. <i>Motor Lycoming en helicóptero Robinson Raven II</i> | 30 |
| Figura 9. <i>Vista frontal del motor Lycoming IO-540 AE1 A5</i> | 33 |
| Figura 10. <i>Clase de combustibles</i> | 34 |
| Figura 11. <i>Grados y tipos de combustible en aviación</i> | 35 |
| Figura 12. <i>Contaminantes en el combustible de aviación.</i> | 38 |
| Figura 13. <i>Esquema del sistema de combustible.</i> | 40 |
| Figura 14. <i>Máquina de limpieza por ultrasonido.</i> | 44 |
| Figura 15. <i>Acero al cromo-molibdeno</i> | 45 |
| Figura 16. <i>Inyector LW 18265</i> | 55 |
| Figura 17. <i>Inspección de la HC-CGR después de vuelo.</i> | 59 |
| Figura 18. <i>Detalle de Anexo 15 de la OMA EUROFISH N°72: Inspección Preliminar</i> | 60 |
| Figura 19. <i>Detalle de Anexo 2 de la OMA EUROFISH N°72: Orden de Trabajo.</i> | 61 |
| Figura 20. <i>Remoción de las tapas del motor.</i> | 63 |
| Figura 21. <i>Filtro de combustible.</i> | 64 |
| Figura 22. <i>Entrada de combustible del inyector.</i> | 64 |
| Figura 23. <i>Líneas de combustible del motor Lycoming.</i> | 65 |
| Figura 23. <i>Limpieza de inyectores.</i> | 66 |
| Figura 25. <i>Remoción de boquillas del inyector.</i> | 67 |
| Figura 26. <i>Remoción del inyector.</i> | 68 |
| Figura 27. <i>Inyector seccionado</i> | 68 |
| Figura 28. <i>Máquina de limpieza por ultrasonido.</i> | 70 |
| Figura 29. <i>Diagrama de limpieza por ultrasonido.</i> | 71 |

| | |
|--|----|
| Figura 30. <i>Líquido ALKON</i> | 72 |
| Figura 31. <i>Colocación de piezas de los inyectores en máquina por ultrasonido</i> | 73 |
| Figura 31. <i>Líquido ALKON dentro de máquina por ultrasonido</i> | 73 |
| Figura 33. <i>Procedimiento de la máquina por ultrasonido Ultrasonic Cleaner</i> | 74 |
| Figura 34. <i>Limpieza con agua caliente de los inyectores</i> | 75 |
| Figura 35. <i>Limpieza de los inyectores con la ayuda de aire comprimido</i> | 76 |
| Figura 36. <i>Inspección visual de los inyectores</i> | 76 |
| Figura 37. <i>Torque de los inyectores</i> | 78 |
| Figura 38. <i>Unión entre la línea de combustible y el inyector</i> | 79 |
| Figura 39. <i>Prueba de encendido del helicóptero HC-CGR</i> | 79 |
| Figura 40. <i>Bitácora de vuelo con CCM de inspección de 100 horas</i> | 80 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. <i>Tipos de helicópteros Robinson R44</i> | 24 |
| Tabla 2. <i>Listado de motores Lycoming con prefijo 540.</i> | 31 |
| Tabla 3. <i>Inspección de 50 horas al helicóptero Robinson R44 Raven II</i> | 50 |
| Tabla 4. <i>Inspección de 100 horas al helicóptero Robinson R44 Raven II</i> | 52 |
| Tabla 5. <i>Cantidades de flujo para realizar Comprobación de inyectores</i> | 56 |
| Tabla 6. <i>Costos Primarios</i> | 81 |
| Tabla 7. <i>Costos Secundarios</i> | 81 |
| Tabla 6. <i>Costo Total</i> | 82 |

Resumen

La presente investigación detalla una Inspección de 100 horas al Sistema de Combustible del Motor Lycoming IO-540 AE1 A5 instalado en el helicóptero Robinson R44 acorde al Manual De Mantenimiento R44, tabla 1, y al Manual Del Operador, sección 4, para la Empresa Eurofish S.A; los helicópteros Robinson R44 poseen variaciones según su función, una de la principal diferencia entre esas variaciones es el sistema de combustible que los denominados formas: a carburación y a inyección. Los motores a inyección que utilizan los helicópteros Robinson R44 son los IO 540 los cuales poseen seis cilindros opuestos y un sistema de combustible a inyección que los caracteriza por su mayor potencia dentro del rango de operación de dicha aeronave. Dentro de la ejecución del presente tema se captó la importancia de realizar la limpieza de inyectores a través de la cavitación ultrasónica la cual enlaza la eficiencia y eficacia de la inspección al sistema de combustible a través de medios tecnológicos que ayudan su desempeño. El análisis de la cavitación ultrasónica y la limpieza que causa en los componentes del sistema de inyección han hecho que sea un medio primordial para motores que utilicen el sistema de inyección por su velocidad al mantenerla pureza de las boquillas del inyector, garantizando una mezcla aire - combustible exacta desarrollada para que los distintos componentes del sistema funcionen y den paso al encendido y desarrollo de la aeronave en vuelo.

PALABRAS CLAVES:

- **SISTEMA DE INYECCIÓN**
- **CAVITACIÓN**
- **ULTRASÓNICA**
- **INSPECCIÓN**

Abstract

This investigation details a 100-hour Inspection of the Lycoming IO-540 AE1 A5 Engine Fuel System installed in the Robinson R44 helicopter according to the R44 Maintenance Manual, table 1, and the Operator's Manual, section 4, for Eurofish S.A Company. SA; Robinson R44 helicopters have variations according to their function, one of the main difference between these variations is the fuel system that names them in two ways: carburetion and injection. The injection engines used by the Robinson R44 helicopters are the IO 540, which have six opposed cylinders and an injection fuel system that characterizes them for their greater power within the operating range of said aircraft. Within the execution of this topic, the importance of cleaning injectors through ultrasonic cavitation was captured, which links the efficiency and effectiveness of the inspection to the fuel system through technological means that help its performance. The analysis of ultrasonic cavitation and the cleaning it causes in the injection system components have made it a primary means for engines that use the injection system due to its speed by maintaining the purity of the injector nozzles, guaranteeing an air mixture. - Exact fuel developed so that the different components of the system work and give way to the ignition and development of the aircraft in flight.

KEYWORDS:

- **INJECTION SYSTEM**
- **CAVITATION**
- **ULTRASONIC**
- **INSPECTION**

Capítulo I

1. Planteamiento Del Problema De Investigación

1. 1 Antecedentes

El sistema de combustible funciona como una energía química que tiene la capacidad de propulsar una aeronave transformándose en energía mecánica a través del proceso de combustión. Por lo tanto la inspección que se debe generar en esta parte del motor debe ser periódica.

El manual de mantenimiento R44 contiene instrucciones necesarias para cada trabajo a realizar en la serie de helicópteros R44 utilizando varias instrucciones para la aeronavegabilidad como son: Catálogo de Partes Ilustradas R44 (IPC), Boletines de servicio R44 (SBs), Cartas de Servicio R44 (SLs), Lycoming O-540- series y IO-540- series Manual del Operador, además de las distintas publicaciones técnicas realizadas por Lycoming y que sean aplicables a los componentes instalados en el motor.

Los motores Lycoming IO 540 son del grupo a inyección y horizontalmente opuestos, tienen 6 cilindros de gran propulsión y dureza produciendo de 235 a 360 hp trabajando a 2700 rpm. Este tipo de motores se alimenta de combustión interna donde el combustible se mezcla con aire antes de la carrera de admisión.

Por consiguiente el proceso de inyección de un motor a pistón cumple la función de suministrar combustible de manera precisa y con la cantidad exacta para que la combustión se produzca de manera puntual y genere el volumen de potencia que necesita el helicóptero.

1.2 Planteamiento Del Problema

La Organización de mantenimiento Aprobado Eurofish S.A. ubicada en la ciudad de Manta cuenta con una gama de helicópteros que necesitan inspecciones periódicas para poder ayudar a la empresa en el proceso de extracción de materia prima del mar y poder conservar y comercializar la misma.

El mantenimiento de dichos helicópteros debe ser realizado de manera rotativa dependiendo del horómetro de la aeronave, teniendo en cuenta que dentro de dichas inspecciones se encuentran anexados los distintos sistemas que necesitan ayuda antes de su encendido.

El sistema de combustión del motor Lycoming IO 540 AE1A5 requiere del proceso de inyección limpio para su correcto funcionamiento por lo cual debe ser revisado cada 100 horas en su totalidad verificando las fugas o daños que pueden existir en este procedimiento.

La Organización de mantenimiento Aprobado al momento no cuenta con una máquina que ayude con la limpieza de los inyectores del sistema de combustible de los helicópteros R44, por lo que se considera una necesidad de primer orden la adquisición de dicho artefacto.

1.3 Justificación

La Organización de Mantenimiento Aprobada Eurofish S.A. cuenta con un estándar de mecánicos calificados para realizar cualquier tipo de mantenimiento dentro de los helicópteros Robinson R44, siendo la inspección de 100 horas al sistema de combustible una de ellas, dicha inspección va acorde a lo establecido en cada componente.

El sistema de combustión de los motores Lycoming IO-540, es inspeccionado cada 100 horas donde se visualiza el estado de todo este proceso, para dicho motor se realiza un seguimiento a las líneas de combustible y a los inyectores el cual busca liberarse de daños o fugas utilizando una correcta limpieza antes de su encendido.

La máquina de ultrasonido para limpieza de inyectores forma parte esencial para el correcto funcionamiento del proceso de combustión porque permite optimizar el trabajo de mantenimiento que se realiza para que el combustible se libere de manera precisa y exacta antes de la carrera de admisión.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Ejecutar una inspección de 100 horas al sistema de combustible del motor Lycoming IO 540 AE1 A5 instalado en el helicóptero Robinson R44 acorde al Manual de Mantenimiento R44, tabla 1, y al manual del operador, sección 4, para la empresa Eurofish S.A.”

1.4.2 Objetivos Específicos

- Inspeccionar el sistema de combustible de un motor a inyección a través de una máquina de ultrasonido que genere la limpieza necesaria a los inyectores de dicho componente.
- Realizar todas las acciones correctivas publicadas por la compañía Lycoming para el sistema de combustible en una inspección de 100 horas.
- Determinar la importancia de la limpieza de los componentes involucrados en el proceso de combustión del motor a inyección.

1.5 Alcance

El personal técnico aéreo de la Organización de Mantenimiento Aprobada Eurofish S.A al obtener una máquina de ultrasonido que limpie los inyectores de combustible complementará el proceso de una correcta inspección de 100 horas al sistema de combustible en motores Lycoming a inyección y así mejorar el cumplimiento de los estándares de calidad que ofrece la OMA a sus clientes.

Capítulo II

2. Marco Teórico

2.1 Helicópteros de la Compañía Robinson

El personal técnico aéreo de la Organización de Mantenimiento Aprobada Eurofish S.A al obtener una máquina de ultrasonido que limpie los inyectores de combustible complementará el proceso de una correcta inspección de 100 horas al sistema de combustible en motores Lycoming a inyección y así mejorar el cumplimiento de los estándares de calidad que ofrece la OMA a sus clientes. (L., Helicopter Robinson Company, 2021)

Figura 1.

Helicópteros de la compañía Robinson



Nota: El gráfico muestra los helicópteros Robinson. (L., Helicopter Robinson Company, 2021)

Robinson Helicopter Company, posee 3 modelos de helicópteros entre los cuales se encuentran:

- R22: capacidad de dos personas, además tiene funcionamiento simple a pistón de dos posiciones y mantenimiento con bajo costo. Creado en 1979 por lo que en febrero de 2019 se celebró su 40 aniversario

- R44: posee dos variaciones según su motor; Raven I con motor O-540 (carburación) y Raven II con motor IO-540 (inyección) y con sistema eléctrico de 28 vlt. Ambos poseen 4 asientos. Son más grandes y tienen mayor potencia a comparación de los R22, sus motores trabajando con la compañía Lycoming (1992)
- R66: funciona con un motor de turbina RR300, el cuál fue fabricado con un acuerdo con la compañía Rolls Royce de 5 asientos.(2005)

Dichos helicópteros poseen 2 palas en el rotor principal y rotor de cola los cuales son ensamblados por la compañía con el fin de asegurar la calidad y confiabilidad que necesitan sus clientes. La mayor demanda en el mercado de la aviación las destacan los helicópteros R44.

A pesar de ser de distintas necesidades cada helicóptero, debemos destacar el desempeño que cumple el helicóptero Robinson Modelo R44 en el campo aeronáutico, siendo de gran utilidad para distintas empresas debido a su viabilidad en el desempeño óptimo, además de la garantía en los distintos trabajos que ejerce dicha aeronave, porque su uso en amplitud no solo va a la necesidad personal sino a utilizaciones de estas aeronaves dentro de campos marítimos (pesca), bananeros (fumigación), policiales, de información y entre otros. (L., Helicopter Robinson Company, 2021)

2.2 Robinson R44

Los helicópteros de esta categoría se basan en el antecesor R22 y fue el 31 de marzo cuando realizó su primer vuelo y a su vez en 1992 recibió la certificación de la FAA. El R44 dispone de un mono motor con mandos hidráulicos y una capacidad de abarcar hasta 4 personas (piloto y 3 pasajeros).

Además debemos destacar que los Robinson R44 han tenido una gran demanda en el mundo de la aviación, debido a sus características, destacándolo de las variaciones de Robinson se considera que el R44 es el helicóptero más vendido por la compañía Robinson y está valorado entre los 300.000- 350.000 dólares, precio que es remotamente accesible para la funcionalidad que ofrece esta máquina puesto que su soporte abarca áreas de distintas destrezas con condiciones manejables al operador. (*Helicopter Robinson Company, 2018*)

Figura 2.

Helicópteros de la OMA EUROFISH



Nota: El gráfico muestra dos aeronaves pertenecientes a la OMA EUROFISH.

Los Robinson R44 poseen variaciones en su diseño dividiendo así esta familia en varios tipos de aeronaves adaptables para las necesidades de sus operadores y/o explotadores, la funcionalidad de cada uno de estos helicópteros se basa en los mecanismos de utilización clasificándolo según su desempeño, potencia, características físicas, además de los sistemas implicados en su funcionamiento. A continuación se presenta una tabla detallada con los tipos de helicópteros Robinson R44 y sus características de funcionalidad:

Tabla 1.*Tipos de helicópteros Robinson R44*

| HELICÓPTEROS ROBINSON R44 | |
|----------------------------------|---|
| Astro | <ul style="list-style-type: none"> • Trabaja con un Motor Lycoming O-540 |
| Raven | <p>Raven I:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Motor Lycoming O-540 F1 B5 • Capacidad de aterrizar en terrenos fijos. <p>Raven II:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Motor Lycoming IO-540 AE 1 A5 • Palas de rotor anchas • Equipos para vuelos nocturnos. |
| Clipper | <p>Clipper I:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Motor Lycoming O-540 F1B5 • Posee flotadores. <p>Clipper II:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Motor Lycoming IO-540 AE1A5 • Posee flotadores |
| IFR Trainer | <ul style="list-style-type: none"> • Variante de entrenamiento, posee equipo adicional para esto. • Cabina modificada para entrenamiento de pilotos. • Motor Lycoming IO 540 F1B5 |

HELICÓPTEROS ROBINSON R44

Police II

- Motor Lycoming IO-540 AE1A5
- Con equipo para vuelo nocturno
- Palas de rotor anchas

Nota: La presente tabla muestra las variaciones que posee los helicópteros Robinson

2.3 La organización de mantenimiento aprobada y los helicópteros ROBINSON R44.

La Organización de Mantenimiento Aprobada (OMA) Eurofish S.A es una entidad que se dedica a la solución de problemas mecánicos para los helicópteros R44, porque está certificada bajo la parte RDAC 145 por la AAC, siendo capaz de acoger a cualquier variante de los helicóptero Robinson R44 y suministrarle solución óptima a los trabajos de mantenimiento requeridos por los distintos clientes, adicionando que el personal que trabaja en este lugar es capacitado para dichas operaciones. (MOMEUROFISH S.A, 2019)

Figura 3.

Hangar de mantenimiento OMA EUROFISH



Nota: El gráfico muestra el lugar de mantenimiento de la OMA EUROFISH.

La aeronavegabilidad de los helicópteros Robinson R44 es primordial para la OMA EUROFISH S.A, debido a la importancia que estos tienen para la empresa siendo de orden mandatorio para la actividad que realizan, la pesca, por lo tanto, dicha entidad se encarga de resolver todos las inspecciones y requerimientos para que los helicópteros tengan un correcto funcionamiento, como por ejemplo:

- Certificación de aeronavegabilidad.
- Certificación de Seguros.
- Certificación de Radios.
- Inspecciones periódicas.
- Overhaul.

La Organización de Mantenimiento Aprobada Eurofish es la responsable de asegurar un correcto mantenimiento, utilizando procedimientos adecuados indicados en los manuales técnicos del fabricante y comprometiendo a todo el personal de la organización a edificar las tareas de mantenimiento referenciadas en la RDAC 145.

Figura 4.

Helicópteros de la compañía La Fabril y Eurofish S.A



Nota: La gráfica muestra helicópteros de la compañía La Fabril, Eurofish SA pertenecientes a la OMA EUROFISH.

En la actualidad la OMA Eurofish tiene a su cargo 10 helicópteros Robinson R44, de planta, los cuales tienen que ser inspeccionados periódicamente; 8 de estos helicópteros son modelo Clipper I y 2 Raven II. Además de estos posee varios clientes, los cuales realizan sus inspecciones en dicha entidad de manera periódica.

2.4 Helicópteros Robinson R44 Raven II.

El Robinson R44 Raven II es un helicóptero cuya funcionalidad lo hace más seguro y rentable dentro del campo aeronáutico puesto que posee un motor a inyección IO-540 de la marca Lycoming el cual permite un mejor rendimiento en altitud eliminando la necesidad de calentar el carburador, aumentando su carga útil. Debido a su sistema de combustible este helicóptero mantiene un óptimo consumo de aire y el ahorro de combustible para procesar capacidad de evolución durante el vuelo.

Figura 5.

Helicoptero Raven II.



Nota: La figura se muestra helicóptero Raven II en prueba de encendido.

2.5 Motor Lycoming

En sus principios, 1845, Lycoming Company se dedicó a la producción de máquinas de coser y bicicletas pero al sumergirse en el tiempo de guerra, sus estrategias cambiaron para así empezar en el año de 1910 como fabricante de motores automovilísticos. (Lycoming, 2018)

Figura 6.

Fabrica Lycoming en sus inicios.



Nota: se ilustra los principios de la elaboración del motor Lycoming (Lycoming, 2018)

En 1929 cuando Errett L. Cord adquiere la empresa, amplía el negocio debido a las necesidades que surgían en la época, hizo empezar la construcción de motores Lycoming los cuales son lanzados en aeronaves y así fomentar una nueva realidad para el mundo de la aviación. La familia de motores Lycoming es muy amplia pero el primero en existir fue un motor radial con nueve cilindros y 200 caballos fuerzas; conocido como Lycoming R-680. Al pasar los años junto con la constancia y su expansión de Lycoming en el negocio de la aviación, la empresa alcanzó grandes logros como su certificación por la Aviation Corporation. (Lycoming, 2018)

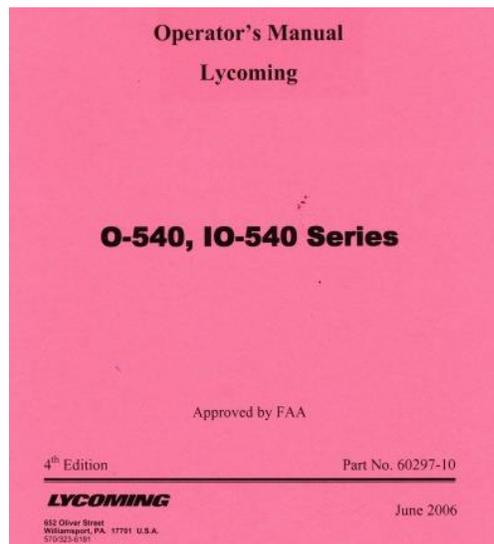
2.2.1 Manual del Operador Lycoming

El Manual del operador Lycoming es un tributo al componente del motor mencionado, el cuál detalla las distintas operaciones necesarias para que el motor Lycoming funcione de manera correcta y bajo estándares de seguridad aprobados y aceptables. Dentro de dicho manual se detalla aspectos como:

- Inspecciones periódicas
 - Instrucciones de operación
 - Especificaciones
 - Tabla Casa fallas
 - Procedimiento de mantenimiento
- Instalaciones y almacenamiento

Figura 7.

Manual del Operador Lycoming



Nota: se ilustra el Manual del Operador Lycoming O-540 & IO-540 4ta edición. (Lycoming, 2006)

2.6 Robinson & Lycoming

En cuanto pasaron los años y las compañías Robinson y Lycoming crecían, estas se vieron en la necesidad de aleación puesto que sería en el año de 1997, cuando la compañía Robinson certifica a su mejor ejemplar de helicópteros, los Robinson R44, que poseían un motor de la compañía Lycoming nombrado O 540, el cual trabaja con un sistema a carburador y con 6 cilindros opuestos, lo que en aquella época sería un brebaje de eficiencia, eficacia y con costos accesibles para sus clientes y sus requerimientos.

Desde entonces las variantes de Lycoming y Robinson R44 han hecho que estas aeronaves se posicionen entre una de las más cotizadas en el mundo de la aviación. (Robinson Company, 2018)

Figura 8.

Motor Lycoming en helicóptero Robinson Raven II



Nota: se ilustra helicóptero Robinson R44 con motor Lycoming IO -540

2.7 Familia Lycoming con prefijo 540

La compañía Lycoming Engines, en su evolución en el mundo de la aviación mejoró el rendimiento de los motores O-360 creando a partir de este en el año de 1957 al motor LYCOMING O-540 el cual es instalado en su mayoría a aeronaves de ala fija y helicópteros.

Los motores Lycoming O-540 es caracterizado por tener 6 cilindros horizontalmente opuestos, con sistema de combustible a carburación y además producen alrededor de 235 a 350 caballos de fuerza sin embargo con la busca de una mejor potencia se crearon la variante s con mayor rendimiento y seguridad para su operación, conocido uno de estos como Lycoming IO - 540, el cual trabaja con un sistema de combustible a inyección.

Tabla 2.

Listado de motores Lycoming con prefijo 540.

| MOTORES LYCOMING CON PREFIJO 540 | |
|----------------------------------|--|
| O-540 | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de combustible a carburación. |
| IO-540 | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de combustible a inyección. |
| AEIO-540 | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de combustible a inyección • Lubricación inversa para uno acrobático. |
| TIO-540 | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de combustible a inyección. • Turbocargado |
| TEO-540 | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de combustible a inyección • Sensores eléctricos para cada cilindro. |

MOTORES LYCOMING CON PREFIJO 540

| | |
|-----------------|--|
| LTIO-540 | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de combustible a inyección • Rotación opuesta |
| IGO-540 | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de inyección de combustible • Caja reductora |
| IGSO-540 | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de inyección de combustible • Admisión sobrealimentada. |
| VO-540 | <ul style="list-style-type: none"> • Combustible a carburación vertical |
| IVO-540 | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de inyección de combustible • Ubicación vertical |
| TVO-540 | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de carburación de combustible • Turbocargado • Ubicación vertical. |
| TIVO-540 | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de inyección de combustible • Ubicación vertical • Turbocargado |
| HIO-540 | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de inyección de combustible • Ubicación vertical • Aspiración normal |

Nota: Se muestra la descripción de las variaciones de los motores Lycoming con prefijo 540.

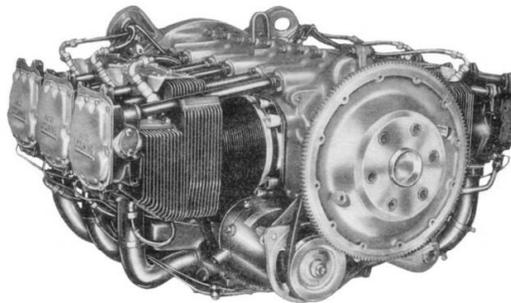
2.8 Motores IO-540

Los motores IO son derivados de la familia Lycoming de motores con 6 cilindros horizontalmente opuestos donde el combustible cumple su función a través de un sistema de inyección lo cual hace que la potencia sea mayor que los motores estándar, O-540.

Debido a esto la demanda dentro de estos motores es alta siendo considerada competencia para motores a inyección Continental. El funcionamiento de cada componente toma acción según el sentido de rotación por lo tanto se dice que es inversa en referencia al ensamblaje en los helicópteros. (Lycoming, 2006)

Figura 9.

Vista frontal del motor Lycoming IO-540 AE1 A5



¾ Right Front View – Typical IO-540-B

Nota: se ilustra motor Lycoming IO-540 AE1 A5 por la parte frontal. (Lycoming, 2006)

La ubicación de cada componente dentro del motor depende de la instalación en el fuselaje instalado, y es considerado desde el punto de vista de la parte trasera del motor. Por esta razón es que el frente se conoce como la zona de fuerza/potencia del motor. La parte trasera del motor se compone de los accesorios de transmisión, en la parte inferior se encuentra el sumidero, los tubos de cubierta se encuentran en la parte superior. (Lycoming, 2006)

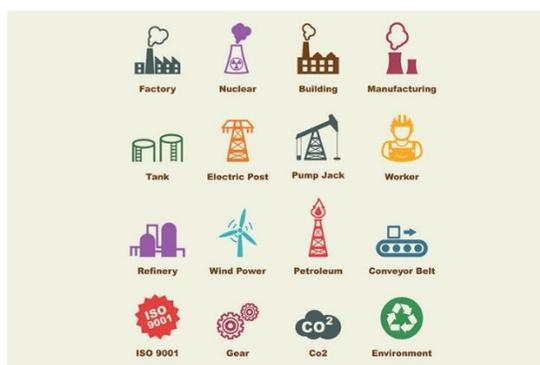
2.9 Sistema de combustible

2.9.1 Definición de combustible.

El combustible es una sustancia capaz de reaccionar de manera que genere energía química a través de cambios o anexiones en el material que lo componen. La estructura química que compone al combustible es susceptible a cualquier reacción que le haga desprender su poder calorífico, por lo que podríamos especificar varios tipos de combustible que existe a nuestro alrededor como: **combustible sólido**, se diferencian por dejar cenizas una vez culminado su reacción además dependen de su humedad y propagación para determinar el calor que genere, entre estos se encuentra el carbón o la madera; **combustible gaseoso**, son hidrocarburos naturales que aprovechan el calor obtenido del desprendimiento de subproductos industriales como por ejemplo los gases del petróleo (propano y butano); **combustible líquido**, derivados del petróleo que se encuentran en estado líquido a condiciones adecuadas, entre estos encontramos al gasóleo, queroseno, gasolina. Los combustibles gaseosos y líquidos pueden ser utilizados para la combustión interna debido su reacción calorífica, según su condición. (Naturgy, 2018)

Figura 10.

Clase de combustibles

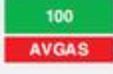
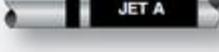


Nota: Se ilustra la clase de combustibles; sólido líquido y gaseoso. (Naturgy, 2018, pág. 46)

El combustible en las aeronaves contiene varios aspectos que generan el desprendimiento de energía calorífica tales como: densidad, calor, entre otros, pero uno de los más importantes es el octanaje puesto que este define el poder antidetonante del carburante en relación a la mezcla y tiene denominación en el número de octano. (Navarro M. , 2015)

Figura 11.

Grados y tipos de combustible en aviación

| Fuel Type and Grade | Color of Fuel | Equipment Control Color | Pipe Banding and Marking | Refueler Decal |
|---------------------|--------------------|---|--|---|
| AVGAS 82UL | Purple |  |  |  |
| AVGAS 100 | Green |  |  |  |
| AVGAS 100LL | Blue |  |  |  |
| JET A | Colorless or straw |  |  |  |
| JET A-1 | Colorless or straw |  |  |  |
| JET B | Colorless or straw |  |  |  |

Nota: se ilustra los grados y tipos de combustible utilizados en aviación. (Estructura Aeronáutica, 2007)

Para diferenciar los combustibles en aviación tenemos su poder antidetonante el cuál caracteriza a cada tipo. En caso de que existan la muestra de 100/300, esto quiere decir que el 100 es el poder antidetonante con mezcla pobre y 300 es el poder antidetonante con mezcla rica. Además si el primer número indica por debajo de 100, entonces se refiere a los octanos y no a la potencia mecánica. (Combustibles de aviación | Glosario, 2015)

Según lo mencionado se describe 4 tipos de combustibles principales utilizados en aviación:

- **Jet fuel**

Combustible de tipo queroseno, conocido como Jet A-1 o JP-1A, utilizado en motores a reacción o turbohélices. Este petróleo es ligero y refinado por lo tanto utiliza cantidad muy pequeñas de aditivos para evitar que estalle de manera incontrolada. Su inflamación se encuentra a los 38° C con punto de congelación en los -47°C, en cuestión de temperatura. (Combustibles de aviación | Glosario, 2015)

- **Queroseno- Gasolina**

Conocido como Jet B, tiene una mezcla aproximada de 65% gasolina y 35% queroseno, en regiones con temperatura baja, posee un punto de congelación del -72°C e inflamación en 20°C. Es utilizado normalmente en aviones militares. (Combustibles de aviación | Glosario, 2015)

- **AVGAS**

Es utilizado en motores a pistón, en aeronaves pequeñas con necesidad de combustible con plomo, con un índice de octano elevado de 100. Posee un octanaje de 100. El avgas, al igual que la gasolina con plomo con un octanaje de 100 y debido a sus propiedades y la producción limitada tiene altos precios. (Combustibles de aviación | Glosario, 2015)

- **Bioqueroseno**

Es un combustible tipo fósil que se mezcla con el combustible en busca de alternativas renovables y menos dañinas para el ambiente, obteniendo el Bioqueroseno a través de algas, aceite jatropha y camelia. (Combustibles de aviación | Glosario, 2015)

Para utilizar combustible en aviación debemos tomar en cuenta la cantidad que se debe utilizar en el mismo y para esto debemos ver aspectos tales como: la distancia de vuelo, el número de pasajeros y el tipo de aeronave. Además dependen de la capacidad de los tanques que contenga la aeronave. (Estaciones de Servicio, 2020)

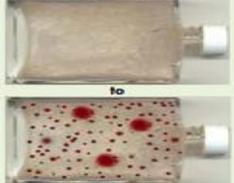
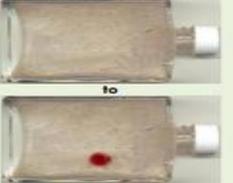
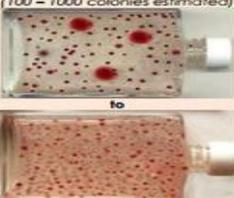
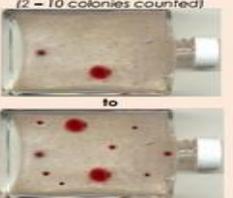
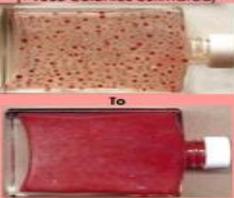
2.9.2 Contaminantes del combustible

La contaminación en los combustibles es eminente debido a dos causas principales, el agua y la suciedad y en caso de existir alguna de estas dosis necesario realizar una inspección y drenaje de combustible, para buscar la existencia de los contaminantes y poder dar solución a este problema. Dentro de la aviación existen grandes problemáticas debido a las bacterias dentro del combustible, dañando la operación y aeronavegabilidad de la aeronave en cuestión, debido a que puede ocasionar suciedad, obstrucción, corrosión dentro del sistema de combustible, además de pérdida de potencia, plantada de motor o aterrizaje de emergencia. (Estructura Aeronáutica, 2007)

Entre los contaminantes más encontrados en el sistema de combustible encontramos: **el agua**, siendo el principal contaminante y se produce normalmente por el cambio climático, por la humedad causada en las paredes de los tanques; **sólidos**, estos provienen generalmente de alimayas que entra por la ventilación de los tanques; **agentes tenso activos**, producido cuando el combustible pasa por los oleoductos multi-productos; contaminantes microbiológicos, conocidos como bacterias, hongos o mohos, pueden estar en el momento de fabricación o transporte y son evitados en el momento en que se desarrolla. (Gómez, 2014)

Figura 12.

Contaminantes en el combustible de aviación.

| Interpretation | Water phase (if present and tested) (0.1 ml tested) | Fuel phase (0.5 ml tested) |
|------------------------------------|--|--|
| NEGLECTIBLE (Acceptable) | <1000 cfu/ml (<100 colonies estimated)  | < 4,000 cfu/litre (<2 colonies counted)  |
| MODERATE | 1000 – 10,000 cfu/ml (100 – 1000 colonies estimated)  | 4000 – 20,000 cfu/litre (2 – 10 colonies counted)  |
| HEAVY | >10,000 cfu/ml (>1000 colonies estimated)  | >20,000 cfu/litre (>10 colonies counted or estimated)  |

Nota: se ilustra los tipos de contaminantes existentes en el combustible de aviación. (Estructura

Aeronáutica, 2007)

El agua es uno de los contaminantes principales del sistema de combustible y este se puede determinar a través de los procesos en los que se expone el sistema al momento de ser drenado antes de vuelo o en inspección, pues al encontrarse en este tipo de situaciones, dicha sustancia se encontrará con apariencia turbia, por tal motivo es primordial llevar una inspección del combustible al momento de ser tanqueado la aeronave o, a su vez, de verificar que los tanqueros que llevan el combustible sean confiables al momento de optar en condiciones pulcras para el transporte del combustible. (Gómez, 2014)

La constante lucha para evitar que los contaminantes entren en el sistema de combustible ha hecho que se elaboren sustancias químicas capaces de eliminar las impurezas expuestas en el combustible.

Aditivos utilizados para evitar contaminantes en el combustible de aviación:

- **Antimicrobiano:** es un inhibidor catálico que previene la formación de suciedad en el combustible.
- **Antioxidante:** elimina los núcleos de cera en el seno de combustible.
- **Anticongelante:** evita la formación de cargas estáticas para así resistirse a la formación de cargas estáticas cuando este está en movimiento.

2.9.3 Sistema de combustible en una aeronave

El sistema de combustible de una aeronave es la conjunción de procesos químicos que generan propulsión a través de energía mecánica para el funcionamiento de una aeronave.

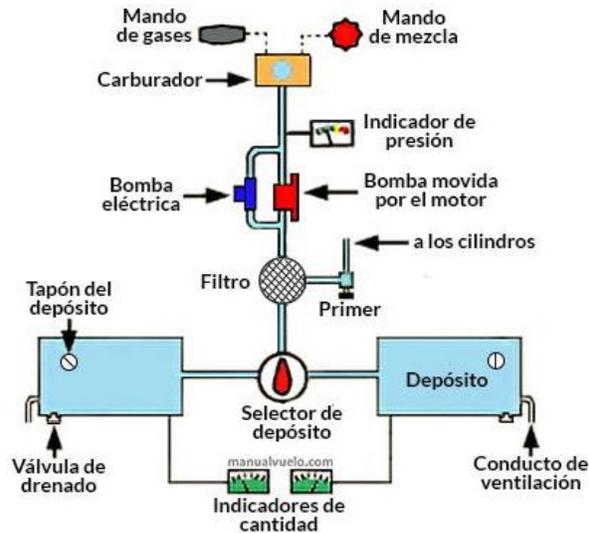
Dicho sistema se encuentra en la capacidad de distribuir el combustible a través de sus distintas funciones de manera precisa, limpia según lo que requiera el motor. (Valdes, 2015)

Una aeronave puede ser sometida a distintas fases ya que pueden ser expuestos a maniobras violentas, aceleraciones y demás factores que afectan los sistemas, por lo que el sistema de combustible se debe encontrar en buenas condiciones para asegurar un buen flujo, existen varios indicadores tales como el instrumento de presión que dan señales de cómo se encuentra el funcionamiento del sistema. (Valdes, 2015)

Existen dos tipos de sistema de combustible: **por gravedad**, que tienen un simplicidad en su funcionamiento y su regulación del funcionamiento no ocupa altas potencias; **por presión**, consta de bombas para su funcionamiento. (Valdes, 2015)

Figura 13.

Esquema del sistema de combustible.



Nota: se ilustra esquema del sistema de combustible. (Navarro M. , 2015)

El sistema de combustible de la aeronave en general se compone de:

Tanque de combustible: es el depósito donde se encuentra el combustible, estos poseen un orificio de llenado para colocar el combustible con su respectiva tapa de cierre y dependen del tipo y misión de la aeronave. (Valdes, 2015)

Bomba reforzadora: es utilizada para el traslado de un tanque de combustible a otro, impulsada por motor eléctrico. (Valdes, 2015)

Cañerías y mangueras de combustible: se identifican por el color rojo al extremo de la cañería o manguera, pueden ser de metal (aluminio) o flexibles (caucho sintético o tejido) resistentes a las altas temperaturas. (Valdes, 2015)

Válvula selectora: es instalada con el fin de separar el tanque de combustible del motor, para el paso de combustible, son accionadas manualmente o eléctricamente. (Valdes, 2015)

Filtro principal de combustible: posee la capacidad de mantener al sistema alejado de alimayas, permitiendo que la mezcla se produzca de manera óptima en el sistema.

Indicador de Flujo, presión y cantidad de combustible: se muestra en cabina para saber la cantidad presión, flujo de combustible que procede de los tanques. (Navarro M. , 2015)

Válvulas de drenaje: como su nombre lo indica es el punto por el cual se puede drenar el combustible en caso de requerirlo. (Navarro M. , 2015)

Válvulas cierre: conocida como válvula Shutt off, poseen solo dos posiciones (abierta y cerrada) y tienen el fin de cerrar el paso en caso de necesitar remover un componente del sistema. (Valdes, 2015)

El sistema de combustible del motor empieza cuando el combustible es entregado a la bomba del motor y se compone de:

Bomba de combustible: puede ser bomba eléctrica o bomba mecánica, permiten el paso de combustible a través del sistema. (Valdes, 2015)

Cañerías y mangueras de combustible: son adecuados para llevar el combustible requerido bajo condiciones adecuadas para el correcto funcionamiento. (Valdes, 2015)

Unidad de control de combustible o carburador: ejercen la capacidad de enviar la cantidad de combustible necesario en el sistema. (Valdes, 2015)

Válvula difusora de flujo: como su nombre lo indica permite el paso del flujo de combustible.

Inyectores: última fase del sistema para que el combustible llegue de manera exacta al cilindro y así empezar el proceso de combustión y explosión.

2.9.4 Sistema de inyección de motores Lycoming IO-540 AE1 A5

El sistema de inyección de los motores Lycoming con prefijo 540 posee combustión interna; reduce la contaminación al ambiente. Este sistema cumple una etapa en el motor donde junto con aire ayudan a la propulsión de la aeronave para su encendido y para generar potencia en vuelo a través de inyección continua.

El sistema de inyección continua hace referencia a la inyección directa (reduce los gases contaminantes y el consumo de combustible) que da bajo presión combustible constantemente de manera exacta y precisa a cada cilindro a través del sistema bomba-inyector y a su vez cada componente de dicho sistema.

El sistema utilizado por este sistema se compone de elementos esenciales para su funcionamiento, los cuáles se detallan a continuación para conocer el sistema que recorre el combustible para funcionar de manera continua y directa. Revisión Anexo B.

- Servos de inyección de combustible

Los servos son conocidos como dispositivos capaces de controlar la presión de la velocidad. Pueden accionarse a través de un convertidor de frecuencia para mayor exactitud en su dosificación. (CLR, 2019)

- Bombas de combustible

Se encarga de que el sistema de inyección, de manera constante, reciba el combustible a través de las líneas las cuales extraen el líquido del tanque y el cual es controlado gracias a un regulador de presión. Por lo general se trata de bombas que están en el depósito de combustible o cerca de ellos. (Navarro M. , 2015)

- Separadores de flujo de combustible

Se les conoce como separadores de flujo de combustible al medio por el cual se canaliza el combustible por las tuberías del sistema, a través de válvulas distribuidoras. (Valdes, 2015)

- Unidades de medición de combustible

Las unidades de medición de combustible se encargan de dosificar la cantidad y tiempo de combustible que entra a cada cilindro a través de válvulas medidoras.

- Línea de combustible (Valdes, 2015)

La línea de combustible es también conocida como una tubería que permite el paso de combustible hacia el riel de inyección, desde la bomba de combustible a altas presiones ejercidas en la misma. (Valdes, 2015)

- Inyectores de combustible

El inyector se encarga de la mezcla aire combustible que pasa a cada cilindro del motor. Los inyectores poseen un orificio y una tipo aguja los cuáles son accionados en el paso de combustible a los cilindros causado por la presión en la aguja la cual se abre liberando el combustible. (Gómez, 2014)

Para conocer más sobre el sistema de inyección debemos fomentar el conocimiento sobre el combustible, su función dentro de la aeronave, entre otros.

2.10 Limpieza de inyectores

La limpieza de inyectores se basa en utilizar métodos necesarios para que el inyector este limpio y pueda generar una cantidad exacta de combustible a cada cilindro otorgándole viabilidad en el proceso de combustión del motor.

Existen varios métodos de limpieza para inyectores a los que son sometidos dichos componentes, estos varían según lo requerido por el fabricante. El caso de los motores Lycoming IO-540 AE1A5 que se sumergen a lo requerido por la compañía, dicho proceso de detalla en la instrucción de servicio N° 1275 (detallada en el punto 2.14 del presente), sin embargo, y después de tener en cuenta todos los puntos establecidos dentro de la instrucción de servicio para obtener una mayor limpieza del inyector, se puede decir que el método más eficaz para mantener limpio al componente es a través de una máquina de limpieza por ultrasonido debido a que es capaz de llegar a lugares poco accesibles como es el caso del interior de los inyectores.

Figura 14.

Máquina de limpieza por ultrasonido.



Nota: se ilustra una máquina de limpieza por ultrasonido. (ToolBoom, 2015)

El limpiador ultrasónico es una máquina que permite la limpieza de inyectores a través del ultrasonido. Este método de limpieza por ultrasonido es exhaustivo y eficaz porque permite llegar a lugares inaccesibles, dando lugar a que el componente mantenga su pureza y pulcritud.

La funcionalidad de dicho artefacto es debido a su formación de acero inoxidable que dentro de él crea ondas longitudinales a altas frecuencias producidas en un líquido conductor de ultrasonido trabajando a alta tensión rompen las partículas mecánicas e iónicas alcanzando la limpieza hasta en lugares pocos accesibles del componente a tratar. En otras palabras la cavitación es el fenómeno fundamental en el proceso de limpieza ya que el efecto de pasar del estado líquido a gaseoso a través de burbujas o cavidades gaseosas a determinadas condiciones hace que lleguen al punto de pasar por altas presiones creando implosiones y que este vuelva a su estado original (líquido). (Edeltec, s.f.)

Figura 15.

Acero al cromo-molibdeno



Nota: se ilustra la cavitación ultrasónica producida en la máquina de ultrasonido. (Cise, 2010)

La utilización de la máquina por ultrasonido ha llevado consigo varios beneficios tanto para las empresas que lo utilizan como para el componente tratado, algunos de los puntos positivos son:

- Genera mayor limpieza debido al alcance de la máquina para limpiar un componente con difícil acceso de su parte interna.
- Ayuda con el rendimiento de los componentes debido a que mantiene las propiedades de cada elemento que es utilizado en dicha limpieza.
- Suprime la utilización contaste de líquidos de limpieza que causen daños en los componentes.
- Optimiza el tiempo invertido en la constante lucha por mantener al componente limpio.

2.11 Inspecciones Aeronáuticas

Las inspecciones son de gran necesidad puesto que las aeronaves dependen de ellas para su funcionamiento, otorgándole aeronavegabilidad a las mismas.

La importancia de las inspecciones radica en ser uno de los puntos más delicados para la aviación puesto que la acción mencionada implica que la aeronave pueda volar y mantener una aeronavegabilidad acorde a lo dirigido por las RDAC's, muy aparte de ello también se sumerge los distintos costos que destacan a dichos mantenimientos puesto que su valor es elevado y tiene capacidad de no ser fijos debido a que pueden ser programados (cuando va acorde al horómetro y siguiendo las instrucciones de inspección del Manual de la aeronave) o no programadas (cuando se detecta un fallo fuera de una inspección consecuyente y tiene que ser tratado el helicóptero de manera eficiente).

- **Antes de vuelo:** dicha inspección de realiza antes que la aeronave salga a volar, incluye en ella inspecciones generales que atribuyan a que la aeronave funciones de manera correcta en vuelo. (Aeronaticapy.com, 2018)

- **Controles Rutinarios:** se basa en verificar los niveles de aceite, los aspectos esenciales que son tratados como cabina, controles de vuelo, corrosión, entre otros. (Aeronaticapy.com, 2018)
- **Según su tiempo límite:** son verificadas según las horas de la aeronave para poder verificar si los componentes cumplen con el funcionamiento, cumpliendo con su vitalidad. (Aeronaticapy.com, 2018)
- **Según su ciclo de utilización:** los ciclos de la aeronave son acorde al manual de mantenimiento y las especificaciones de inspección que requiere la aeronave cada determinado tiempo, como por ejemplo la verificación de la guía de la válvula. (Aeronaticapy.com, 2018)

El mantenimiento de las aeronaves implica la acción de reacondicionamiento, inspección, cambio de componentes, control de componentes, adecuación de defectos o cambios con modificación que se requiere, y se identifica a cada acción según su ciclo o tiempo de operación de la aeronave diferenciándolas con orden A, B, C y D.

- **Revisiones Tipo A:** es considerada dependiendo del manejo de la aeronave cada 400-600 horas o cada 200-300 ciclos y requiere un tiempo mínimo de 10 horas y un estimado de mantenimiento de 50 a 70 horas hombre. (Aeronaticapy.com, 2018)
- **Revisiones Tipo B:** requeridas cada 160 y 180 horas aproximadamente, según manejo de la aeronave. (Aeronaticapy.com, 2018)
- **Revisiones Tipo C:** son más amplias que las revisiones tipo A o B debido al mayor factor de mantenimiento que implica dicha acción por lo que su manejo implica la inmovilidad de la aeronave hasta la culminación de trabajo. El tiempo estimado para realizar es de aproximadamente una o dos semanas con seis mil horas hombre. (Aeronaticapy.com, 2018)

- **Revisiones Tipo D:** aplica en revisiones completas de la aeronave puesto que es realizada cada 6 años o cada cumplimiento de horas especificadas en el manual de la aeronave. Se sumerge a cambios estructurales drásticos, con componentes mayores, así mismo con la eliminación de pintura para la revisión de fuselaje, su costo es muy elevado por lo que para realizar este tipo de inspección se debe generar, por lo regular, con anterioridad el costo total del mismo. Se demora aproximadamente 2 meses para poder acabar dicha acción y a su vez la aeronave queda inoperativa. (Aeronaticapy.com, 2018)

2.12 Inspecciones realizadas a los helicópteros Robinson R44 de la compañía EUROFISH S.A.

La Organización de Mantenimiento Aprobada EUROFISH N° 072 se encarga de dar apertura a las inspecciones que necesiten las aeronaves de dicha entidad así como de sus clientes, rigiéndose en la RDAC 145 (Organizaciones de Mantenimiento Aprobadas), cumpliendo con estándares de seguridad y fiabilidad al correcto funcionamiento de los helicópteros a trabajar.

Existen varios tipos de inspecciones a las que son sumergidos los helicópteros Robinson R44 las cuales están presentadas en el Anexo A describiendo en ellas las acciones para que tanto el motor como el fuselaje mantengan un equilibrio de aeronavegabilidad que brinde seguridad a la aeronave.

Entre estas inspecciones se encuentran detalladas más acciones que vienen de la mano dichos enunciados puesto que hay variaciones entre las revisiones dadas. Además que está anexada al Manual del Operador Lycoming O- IO 540 en el cual detalla cada inspección a realizar al motor Lycoming al que pertenezca el helicóptero Robinson R44.

A continuación se detalla los tipos de revisiones u inspecciones que se deben dar a realizar en mantenimiento tanto a fuselaje como motor y según el horómetro de las aeronaves:

- **Inspecciones periódicas:** incluyendo pre-vuelo y control de aeronaves en el hangar, inspección visual, etc.
- **Inspecciones preventivas:** incluyen inspecciones de 50, 100, 300, 500 horas que garantizan con su cumplimiento la aeronavegabilidad de la aeronave, incluyen la parte de fuselaje y motores del R44.
- **Inspecciones Correctivas:** incluyen inspecciones no programadas que pueden ser detalladas por alguna falla en vuelo o por una inspección visual fuera de la inspección preventiva.
- **Inspecciones cada 2200 o 2400 horas:** conocida como Overhaul la cual implica revisiones tipo D que inmovilizan a la aeronave, hasta realizar cambios de componentes mayores y cambios estructurales como pintura.
- **Directivas de Aeronavegabilidad:** son de orden mandatorio ya que afectan a la seguridad de vuelo, es decir que se deben realizar debido a la implicación de la aeronavegabilidad del helicóptero. (AaronAbbot, 2015)
- **Boletines de servicio:** es emitido por el fabricante y trata sobre una adecuación recomendada por el mismo para el mejoramiento de rendimiento de la aeronave y que debe realizarse bajo cierto tiempo establecido Los boletines de servicio pueden variar según su denominación. (Shackelford, Bowen, McKinley y Norton, LLP, 2021)
 - **Boletín de servicio mandatorio:** va de la mano de la Directiva de Aeronavegabilidad para su cumplimiento.
 - **Boletín de servicio técnico:** es un boletín de servicio resumido para tomar acción recomendada por el fabricante.

- **Carta de servicio:** da a conocer las irregularidades que pueden existir en un servicio, recomendaciones de cambio de operación para realizar el servicio y posibles cambios que pueden existir en la aeronave. (Servicio de aviación Sofema, 2013)
- **Instrucción de servicio:** detalla el mantenimiento del boletín de servicio, sus costos y procedimientos para cumplir lo especificado por el fabricante. . (Shackelford, Bowen, McKinley y Norton, LLP. 2021)

Antecediendo lo conocido y mencionado dentro de los conceptos necesarios para obtener una aeronavegabilidad en las aeronaves, mencionamos ahora los puntos en los que se concentra la inspección de 100 horas a la aeronave Raven II el cual trabaja con un sistema de combustible del motor IO540 AE1 A5. A continuación se detalla lo descrito en el Anexo A. Para realizar una inspección de 100 horas se debe primero realizar una inspección de 50 horas que describe:

Tabla 3.

Inspección de 50 horas al helicóptero Robinson R44 Raven II

| Inspección | Descripción |
|-----------------------------|---|
| Lycoming SI 1080 | Mantenimiento de items que requiere especial atención. |
| Lycoming SB 480 | Cambio de aceite y filtro, limpieza de screen, además se da inspección a las mismas. |
| Sistema de encendido | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección de bujías, inspección de cables de bujías. • Verificación de abrazaderas en arnés de encendido. |

| Inspección | Descripción |
|--|---|
| Línea de combustible y sistema de inducción | <ul style="list-style-type: none"> • Revisar las líneas de imprimación por fugas o daños. • Revisar: filtro de combustible, control de mezcla, varillaje, conductos de aire. |
| Sistema de Lubricación | <ul style="list-style-type: none"> • Revise las líneas y conexiones de aceite en busca de fugas o daños. • Reemplace los filtros de aceite y colocar nuevo filtro y nuevo aceite. |
| Sistema de escape | Revisar las bridas de sujeción de los puertos de escape en busca de fugas. |
| Sistema de enfriamiento | Revise la capota, los deflectores y los sellos del deflector en busca de daños y asegure el anclaje |
| Cilindros | <ul style="list-style-type: none"> • Revise las tapas de los balancines en busca de fuga de aceite • Revise la coloración del cilindro para evidenciar el calor excesivo. |

Nota: se muestra la inspección de 50 horas al helicóptero Raven II. Revisión en Anexo A.

Una vez culminada la inspección de 50 horas realizada al motor de la aeronave Robinson R44 se procede a realizar la inspección de 100 horas. Estas dos inspecciones se juntan cada cien horas en el mantenimiento debido a la guía según el horómetro que maneja el helicóptero. Por tanto se detalla:

Tabla 4.

Inspección de 100 horas al helicóptero Robinson R44 Raven II

| Inspección | Descripción |
|--|---|
| Instrucción de servicio Lycoming 1129 | Método de chequeo DC alternador generador de tensión de la banda. |
| Instrucción de servicio Lycoming 1191 | Compresión de cilindros |
| Instrucción de servicio Lycoming 1080 | Mantenimiento de ítems que requiere especial atención. |
| CMI Boletín de Servicio 643 | Mantenimiento de intervalos de todo el CMI /TCN / Magnetos Bendix y equipos relacionados. |
| Revisión MM R44 | Inspección anual según la sección 2.400 |
| Revisar MM R44 | Revisar Main Rotor Blade Tip según sección 9.150 |
| Boletín de Servicio Lycoming 342 | <ul style="list-style-type: none"> • Línea de combustible • Inspección de abrazaderas |
| Sistema eléctrico | Se revisan líneas eléctricas y calibración y limpieza de bujías |
| Sistema de lubricación | En este punto se cambia filtro y aceite del sistema. |

| Inspección | Descripción |
|--------------------------------------|---|
| Magnetos | <p>Se revisa el gap y se chequea la cantidad de aceite dentro del magneto.</p> <p>El mantenimiento de magnetos se revisa según el manual de magnetos y con ayuda de los servicios de Mantenimiento.</p> |
| Accesorios del motor | <p>Se revisa el sistema de accesorios completos de motor en caso de daños y fallas.</p> |
| Cilindros | <p>Se chequea visualmente por rajaduras y daños.</p> |
| Soporte del motor | <p>Se revisa el desgaste bushings y pernos.</p> |
| Boquilla de inyección | <p>Se desconecta los inyectores, se limpian para el correcto funcionamiento de pulverización de combustible.</p> |
| Línea y boquilla de inyección | <p>Revisar el torque de las boquillas a 60 lbs/pulg. Revisar las líneas de combustible en caso de fugas o rajaduras.</p> |

Nota: se ilustra un resumen de la inspección de 100 horas al helicóptero Raven II Revisión en Anexo A

2.13 Instrucción de Servicio N° 1275

Debido a los distintos factores por los cuales pasa el sistema de combustible, es necesario realizar mantenimiento a las boquillas del sistema puesto que estas pueden estar

obstruidas por partículas que son invisibles a la inspección visual. Para realizar este proceso se presenta la Instrucción de Servicio N° 1275 que detalla:

Examinar los daños o desgastes que puedan existir en las boquillas y en caso de poseer algún daño o exceso de fatiga en el componente se debe proceder al reemplazo de la línea.

Con la ayuda de una llave y con total precaución se debe retirar la boquilla que une la línea de combustible y el inyector.

Las líneas de combustible deben ser cubiertas en su extremo expuesto, por un tapón el cuál garantice que no entren impurezas a la línea al momento de empezar a hacer mantenimiento al inyector.

Retirar los inyectores de los cilindros y seccionarlos en piezas.

Los inyectores se deben limpiar con alguno de los siguientes líquidos aprobados:

- **Disolvente Hoppes N°9**

Se disuelve los inyectores en el producto durante 20 minutos y se enjuaga luego de pasado el tiempo con un disolvente Stoddard, por último se procede a secarlos con la ayuda de aire comprimido.

- **Limpiador Alkon**

El limpiador debe utilizarse con la ayuda de una máquina en forma de recipiente con una solución de Alkon en agua de 7 a 8 onzas/gal.

Dicha solución de Alkon debe ser expuesta a temperatura de 140°F y remojadas por una hora.

Las boquillas luego del proceso deben ser limpiadas con agua caliente y aire comprimido para poder colocarlas en la aeronave.

- **Metiletilcetona (MEK)**

Se remojan las boquillas en el producto durante una hora y se enjuagan con agua caliente y aire comprimido.

- **Acetona.**

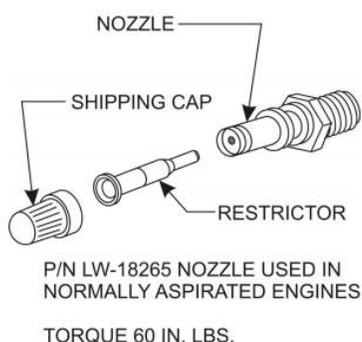
Así como el metiletilcetona, se coloca en el acetona por una hora y luego se pasa a agua caliente y se seca con aire comprimido.

Para los helicópteros Robinson R44 Raven II con motor Lycoming IO-540 A1A5, se ensambla los inyectores de la siguiente manera:

LW18265: deben ser instalados de forma horizontal prestando atención a las marcas de identificación, la marca se encuentra a 180° del orificio de purga de aire y debe servisto en la parte inferior del inyector. Se aprieta a 60 in. Lbs de esfuerzo torsión.

Figura 16.

Inyector LW 18265



Nota: se ilustra las partes de un inyector LW18265 (Service Intruction N°1275, 2019)

En caso de ser necesario se puede probar los inyectores, anexándolos a un banco de pruebas que verifique el flujo total de aire y combustible. Dicho Banco de prueba debe tener un diámetro interior 0.080.

El banco de pruebas debe ser utilizados bajo flujos de combustible estandarizados por la por la fábrica la cual dice que para los inyectores LW 18265 se utiliza:

Tabla 5.

Cantidades de flujo para realizar Comprobación de inyectores.

| P/N | Flujo (lb/hora) | Líquido | Gravedad, temperatura y presión |
|-----------------|----------------------------|--------------------------------|--|
| LW 18265 | 32+/-2% | Fluido de calibración PES 2150 | .732.734@70°80°F@12psi |
| LW 18265 | 32+/-2% | Fluido de calibración PES 2010 | .765.775@70°80°F@12psi |

Nota: se ilustra los diferentes estándares para realizar comprobación de inyectores. (Service Intruction N°1275, 2019)

Una vez realizado este proceso de verifica que la limpieza este hecha de manera correcta y en caso contrario se procede a rechazar el componente.

2.14 Equipo utilizado para realizar la inspección de 100 horas del sistema de combustible .

Si bien sabemos todos los trabajos de mantenimiento deben ser realizados con total cautela ya que estos procesos pueden contener situaciones o componentes que son dañinos para las personas, por lo que el uso de equipo de protección personal es esencial para realizarlo.

Los EPP (Equipo de Protección Personal) en dicha inspección se derivan en:

- Equipo para manos: guantes, que garanticen el uso dentro del helicóptero (pueden ser de lana o que contengan el calor de los componentes y también de plástico para realizar la limpieza de dichos componentes en sustancias químicas.
- Zapatos: la utilización de zapatos puntas de acero destacan en este proceso ya que debido al peligro que se corre en dicha operación puede afectar en la caída de alguna herramienta, en los pies.
- Ropa: el uso de overol contribuye a que el proceso sea menos nocivo al poder encontrarse nuestro cuerpo con sustancias nocivas.

Además de los EPP se deben tomar en cuenta las normativas de limpieza y orden que destacan al momento de realizar un mantenimiento, permitiendo trabajar de mejor manera y bajo las reglas estipuladas en el proceso de inspección de la aeronave.

Capítulo III

3. Desarrollo Del Tema

3.1 Introducción

La inspección de 100 horas al sistema de combustible es una tarea de mantenimiento que se efectúa dentro de instalaciones aprobadas, dando lugar a la continuidad de inspecciones según el Certificado de Conformidad de Mantenimiento anterior o dependiendo su horómetro. Para proceder a dicha inspección se debe seguir las instrucciones del Manual de Mantenimiento R44, tabla 1 y Manual del Operador Lycoming, sección 4 y con herramientas que garanticen el cumplimiento de dicho trabajo, además se estima un tiempo de terminación de aproximadamente 45 a 50 horas hombre.

La importancia de mantener un sistema de combustible aeronavegable, consiste en cumplir a cabalidad todo tipo de inspección que sea mandatorio por el fabricante de la aeronave o motor debido a que esto garantiza que el helicóptero mantenga una mezcla rica para el encendido y funcionamiento en vuelo, evitando daños o fatigas en los componentes que implican a dicho proceso. El proceso de inyección de combustible al cilindro juega un papel importante en el funcionamiento de la aeronave por tanto la pulcritud de dicho componente es esencial y para ello se realiza una limpieza ultrasónica que permite llegar hasta partes inaccesibles dentro del inyector y que además es delicado.

3.2 Proceso de inspección del sistema de combustible a la aeronave HC-CGR

Para empezar a realizar la tarea de mantenimiento se debe cumplir una inspección post flight, la cual verifica de manera general y a través de una inspección visual a todo el helicóptero incluyendo al motor IO-540 AE1A5 que lo compone al Raven II.

Esta inspección detalla discrepancias encontradas y evalúa el estado general del helicóptero, otorgándole una ayuda al mecánico para poder realizar cualquier tipo de tarea de mantenimiento. Este proceso depende también de las discrepancias encontradas en vuelo por parte del piloto.

Figura 17.

Inspección de la HC-CGR después de vuelo.



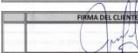
Nota: se ilustra aeronave HC-CGR después de vuelo en una inspección general.

Aspectos generales como el nivel de combustible fueron revisados y los puntos de drenaje fueron limpiados para eliminar la acumulación de sedimentos en él.

El detalle que se realiza a la aeronave después de vuelo y antes que entre a mantenimiento se lo expone en el Anexo 15 Inspección Preliminar que otorga la OMA EUROFISH N°72 en donde se anota todo lo encontrado en la aeronave antes de ingresar a mantenimiento, es decir cada discrepancia o el estado en general del helicóptero con el objetivo de simplificar el tiempo de accionamiento sobre el helicóptero y asegurar su disponibilidad en un tiempo acorde a lo encontrado.

Figura 18.

Detalle de Anexo 15 de la OMA EUROFISH N°72: Inspección Preliminar.

| MANUAL DE LA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO | | | |
|---|---|---|---------------|
| ANEXO 15 | | INSP PRELIMINAR | |
| REVISION No. | ORIGINAL | REVISION No. | ORIGINAL |
| DATE | 07-MAYO-2019 | DATE | 07-MAYO-2019 |
| PAGE | 1 | PAGE | 2 |
|  | | | |
| NO: | 0180 | FECHA: | 31/05/2024 |
| COMPANIA: | LA FABRIL | SERIE Nº: | 48234 |
| MATRICULA: | HC-CGR | MODELO: | RH8 |
| TRABAJO REQUERIDO POR EL CLIENTE: ENSEÑANZA DE 3000 a 3000 horas: 060.04. M.M. 060.04. M.M. 060.04. M.M. 060.04. M.M. | | | |
| ITEM | DESCRIPCIÓN | CONDICIÓN | OBSERVACIONES |
| 1 | TAIL ROTOR RETAIN BEARING BLOCKS | / | |
| 2 | UPPER CONSOLE | / | |
| 3 | FORWARD TUNNEL COVER (IA & IB), CYCLIC STOP COVER (IA), WING/ROTOR COLLECTIVE COVER (IB) AND FORWARD RELIEF PANEL (IB) | / | |
| 4 | OUTBOARD COLLECTIVE COVER (IA), COLLECTIVE TUNNEL TUBE COVER (IB), TRAY (IC), MAIN TUNNEL COVERS (IB & IB), AFT TUNNEL COVER (IB & IB), AFT RELIEF COVER PANEL (IB), AND REAR CONSOLE (IA, IB) SHIPS ORLY | / | |
| 5 | AFT SEAT BENCH ASSEMBLY | / | |
| 6 | ENGINE AFT (IB), HELIX (IB), AND BOTH SIDE (IA & IB) CONDUITS | / | |
| 7 | COVERING BOARDS (TA), TALCONE COVERING (TA) & MAST PARKING (IB) | / | |
| 8 | TALCONE PLUGS (IB) & AFT PLASTIC COVER (IB) | / | |
| 9 | TAIL ROTOR GEARBOX AND TAIL ROTOR | / | |
| 10 | ROTOR WASH TUBING | / | |
| 11 | ROTOR HUB AREA | / | |
| 12 | MAIN ROTOR BLADES | / | |
| 13 | ROTOR AREA | / | |
| 14 | ENGINE | / | |
| 15 | IGNITION SYSTEM | / | |
| 16 | IGNITION SYSTEM | / | |
| 17 | CABIN | / | |
| 18 | SPECIAL EQUIPMENT | / | |
| 19 | IFE LIMITED PARTS COMPONENT OVERHAUL AND RETIREMENT, A/S, & I/S | / | |
| 20 | REQUIRED DOCUMENTS AND TAGS | / | |
| 21 | INSPECTION AND ACCESS COVERS | / | |
| 22 | MAINTENANCE RECORDS | / | |
| FIRMA DEL CLIENTE | | FIRMA DEL JEFE DE MANTENIMIENTO | |
|  | |  | |

| MANUAL DE LA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO | | | | |
|--|--------------------------|---|--------------|-----|
| ANEXO 15 | | INSP PRELIMINAR | | |
| REVISION No. | ORIGINAL | REVISION No. | ORIGINAL | |
| DATE | 07-MAYO-2019 | DATE | 07-MAYO-2019 | |
| PAGE | 1 | PAGE | 2 | |
|  | | | | |
| DISCREPANCIAS | | | | |
| ITEM | DESCRIPCIÓN | MECANICO | HRS HOMBRE | |
| | | | | |
| ACCION CORRECTIVA | | | | |
| ITEM | TRABAJO REALIZADO | MECANICO | HRS HOMBRE | |
| 01 | Inspección de 3000 horas | 05 | 20 | |
| 02 | Inspección de 3000 horas | 05 | 20 | |
| 03 | Inspección de 3000 horas | 05 | 20 | |
| 04 | Inspección de 3000 horas | 05 | 20 | |
| COMPONENTES REEMPLAZADOS | | | | |
| ITEM | DESCRIPCIÓN | P/N | S/N | QTY |
| 01 | Engin | 4800-14 | | 04 |
| 02 | Talco | 140-2 | | 04 |
| 03 | Ignition | 140-2 | | 04 |
| 04 | Ignition | 140-2 | | 04 |
| 05 | Ignition | 140-2 | | 04 |
| TRABAJOS RECOMENDADOS POR LA OMA | | | | |
| ITEM | DETALLE | PRIORIDAD | | |
| 01 | Revisión de 3000 horas | Alta | | |
| ACEPTACIÓN Y FIRMA DEL CLIENTE | | FIRMA DEL JEFE DE MANTENIMIENTO | | |
|  | |  | | |

Nota: se ilustra detalle de Anexo 15 realizado a la aeronave HC-CGR. Verificar en Anexo C

Por consiguiente y luego de ver los puntos que deben ser tratados se debe realizar una Orden de Trabajo para conseguir la autorización del cliente, en este caso la empresa LA FABRIL. La Orden de trabajo ejecutada pertenece al Anexo 2 de la OMA EUROFISH N°72 y en la cual se expone:

- N° de Orden de Trabajo
- Aeronave: HC-CGR.
- Horómetro de la aeronave; 3929.45
- Fecha de entrada del helicóptero al hangar.
- Compañía a la que pertenece dicha aeronave: LA FABRIL
- Modelo de helicóptero: Raven II
- Número de serie del helicóptero:12274
- Base en la que se trabaja: SEEF (Eurofish, Manta)

- Descripción de Trabajo a realizar
- Número (otorgado por el rooster de la OMA) del mecánico a trabajar.
- Número (otorgado por el rooster de la OMA) del inspector.
- Fecha de solución del trabajo.
- Fecha de finalización de trabajo.
- Total de Horas hombre Trabajado.
- Firma del Mecánico.
- Firma del Jefe de Mantenimiento.
- Firma del Jefe de Operaciones.
- Firma del Cliente.

Figura 19.

Detalle de Anexo 2 de la OMA EUROFISH N°72: Orden de Trabajo.

| EUROFISH | | MANUAL DE LA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO | | | | |
|------------------------|--------------------|---|-------------------------------|-------------------|----------|----------|
| ANEXO 2 | | ORDEN DE TRABAJO | | | | |
| REVISIÓN Nro. | | ORIGINAL | | | | |
| DATE | | 07-MAYO-2019 | | | | |
| PAGE | | 1 | | | | |
| ORDEN DE TRABAJO | 0119 | FECHA | 31/05/2021 | COMPANIA | LA FABRI | |
| AERONAVE | HC-CGR | MODEL | 784 | SERIAL N° | 1274 | |
| HOROMETRO | 1515.82 | | | | | |
| REALIZADO POR | CARLOS BRAVO | AUTORIZADO | CARLOS BRAVO | | | |
| ITEM | BASE | DESCRIPCION DE TRABAJOS | MEC | HOROM | INSP | FECHA |
| 1 | SEFF | INSPECCION DE 500 HORAS SEGUN MANUAL DE MANTENIMIENTO B44 Y M. OPERADOR | 04 | 1515.82 | 01 | 31/05/21 |
| 2 | SEFF | INSPECCION DE 300 HORAS SEGUN MANUAL DE MANTENIMIENTO B44 Y M. OPERADOR | 04 | 1515.82 | 01 | 31/05/21 |
| 3 | SEFF | INSPECCION DE 300 HORAS SEGUN MANUAL DE MANTENIMIENTO B44 Y M. OPERADOR | 04 | 1515.82 | 01 | 31/05/21 |
| 4 | SEFF | INSPECCION DE 500 HORAS SEGUN MANUAL DE MANTENIMIENTO B44 Y M. OPERADOR | 04 | 1515.82 | 01 | 31/05/21 |
| NOTA: REVISAR ANEXO 15 | | | | | | |
| 55 TOTAL HRS HOMBRE | | | | | | |
| FECHA DE CERTE | FIRMA DEL MECANICO | FIRMA DEL JEFE DE MANTENIMIENTO | FIRMA DEL JEFE DE OPERACIONES | FIRMA DEL CLIENTE | | |
| 04/06/2021 | | | | | | |

Nota: se ilustra detalle de Anexo 2 realizado a la aeronave HC-CGR

Concluyendo la parte primaria del proceso de inspección de 100 horas al sistema de combustible se procede a trasladar la aeronave hasta el hangar para empezar el proceso de mantenimiento.

Una vez que la aeronave se encuentre en el lugar del área de mantenimiento; donde se realizará los trabajos requeridos por el cliente, se coloca cerca del helicóptero una mesa de trabajo, en ella se pondrá los manuales con lo que se va a trabajar y las herramientas que requiere la inspección, este punto es primordial debido a que agiliza la operación a darse.

3.3 Herramientas y Materiales

Las herramientas utilizadas dentro de este proceso son varias ya que el proceso, complejo, de la inspección contiene diferentes ítems que lo caracterizan por los materiales a utilizar, por lo que se puede decir que se utiliza:

- Destornillador de estrella.
- Llave 3/8
- Alambre 32'' para filtro de combustible
- Herramienta de frenado
- Dado de 1/2'' largo con extensión para inyectores
- Dado 7/8 '' largo con extensión para bujías
- Llave 7/16 para conectores eléctricos de bujías
- Llave de 1/2 '' para conectores eléctricos de bujías
- Máquina de limpieza por ultrasonido
- Líquido Alkon para limpieza de inyectores.

3.4 Proceso de inspección

En el helicóptero: la parte que cubre el motor, fuselaje, debe ser retirada de la aeronave, con la ayuda de un destornillador de estrella se procede a destapar el motor hasta dejarlo accesible para realizar la inspección, en total son 3 tapas principales y 4 tapas secundarias las que deben ser removidas para empezar la inspección de 100 horas al sistema de combustible.

Figura 20.

Remoción de las tapas del motor.



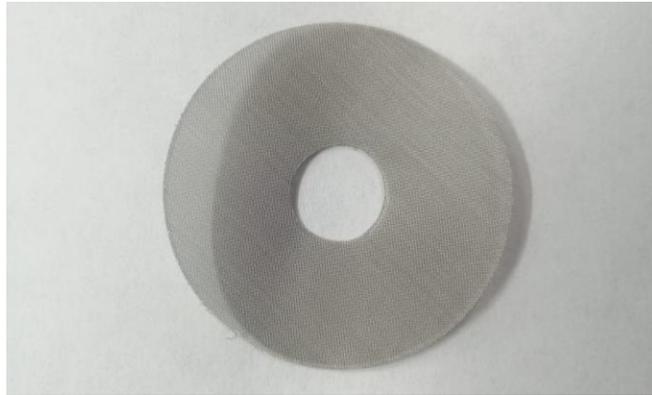
Nota: se ilustra el proceso de remoción de una de las tapas de motor.

El Manual de Mantenimiento R44 detalla que para realizar la inspección de 100 horas del sistema de combustible se antecede la inspección de 50 horas, dando por consiguiente y según el Manual del Operador, que:

Los filtros de combustible se identifican y se retiran del colector de combustible para proceder a su limpieza, este procedimiento tiene el objetivo de rectificar que el sistema no contengan alimayas o impurezas que afecten al sistema y a su operación por tanto es de primordial importancia realizarlo en el tiempo correcto.

Figura 21.

Filtro de combustible.



Nota: se ilustra filtro de combustible de la aeronave HC-CGR

El Lycoming SI 1080 se cumplió realizando lo que por consecuente dice:

- Revisar las líneas de combustible y sus boquillas, se verifico la inexistencia de fugas del mismo en el sistema.
- Se retira y limpia el filtro de entrada de combustible del inyector.

Figura 22.

Entrada de combustible del inyector.



Nota: se ilustra el filtro de entrada de aire al combustible del inyector.

Inspección de 100 horas según Manual de Mantenimiento R44 Tabla 1 y Manual del Operador Lycoming sección 4

Las líneas de combustible son revisadas según el Boletín de Servicio 342, relacionado con la AD 2015-19-07 el cual procede por:

- Identificar la línea de combustible según el número
- Revisar cada línea de combustible, registrar cada fallo y en caso de ser necesario se debe utilizar la lista de verificación de inspección de combustible.
- Asegurarse que el cojín de las abrazaderas estén intactas y completas.
- Verificar que las abrazaderas estén firmes y puedan soportar las líneas de combustible y se eviten las vibraciones de estas, absorbiendo la fatiga que puede causar en estas.
- Verificar que las abrazaderas estén aproximadamente a 8 pulgadas de distancia (20cm) y que las líneas de combustibles no toquen el motor, donde debe haber 3/16 pulg (4.76 mm) de espacio entre las líneas y cualquier parte del motor o fuselaje que este cerca.

Figura 23.

Líneas de combustible del motor Lycoming.



Nota: Se ilustra las líneas de combustible del motor Lycoming IO-540

Las boquillas de imprimación se desconectan del motor para verificar el flujo del mismo. Se comprueba que las boquillas y líneas de los inyectores de combustible no estén flojas. Apriete a 60 pulg.-lbs. Esfuerzo de torsión. Para poder realizar el proceso de remoción de las boquillas se debe destapar la entrada que cubre las bujías de la parte superior de los cilindros, para ello se utiliza un desarmador de estrella. A su vez se retira las tapas del motor que afecten el acceso a los inyectores. Una vez abierto se procede a desmontar las bujías con la ayuda de un dado para bujías 7/8 largo y una racha con extensión para que así no se dificulte la salida de la bujía.

Figura 24.

Limpieza de inyectores.



Nota: se ilustra bujía REM 38E de un motor Lycoming IO-540.

Una vez retiradas las bujías se obtiene el espacio suficiente para proceder a remover las boquillas de inyección. Se revisa y se confirma que las líneas de combustible no tengan rajaduras o daños para poder realizar el trabajo. Las boquillas deben ser removidas con la ayuda de una llave de 3/8 para poder separarla de las líneas de combustible.

Este proceso es delicado debido a la fatiga que sufre la conexión de la línea de combustible y el inyector, por lo que se debe tomar en cuenta que la desinstalación sea ejecutada de manera correcta.

Figura 25.

Remoción de boquillas del inyector.



Nota: se ilustra el proceso de remoción para boquillas del inyector.

Una vez que se haya desajustado la conexión existente entre la línea de combustible y el inyector se procede a colocar un tapón o un elemento similar que obstruya el paso de cualquier tipo de impureza hacia las líneas de combustible. Esto puede ocurrir debido al tiempo que requiere el posterior mantenimiento de los inyectores.

El inyector queda al descubierto y para poder ser examinado y limpiado se debe remover del cilindro por tanto para proceder a su desmontaje se utiliza la ayuda de un dado de $\frac{1}{2}$ pulgada largo con racha y extensión, porque esto permite el acceso al inyector para así sacarlo con mayor facilidad y sin causarle daño o fatiga al componente.

Figura 26.

Remoción del inyector.



Nota: se ilustra el proceso de remoción del inyector.

Una vez retiradas todas las boquillas de inyección se procede a la limpieza de los mismos. Para realizar dicho proceso se debe tomar en cuenta la instrucción de servicio N° 1275 donde, en primer lugar, se debe seccionar al inyector para poder tener conocimiento del estado en el que se encuentra el componente y poder empezar con el procedimiento de limpieza del inyector, el inyector se compone de boquilla, tapa de vacío y restrictor.

Figura 27.

Inyector seccionado.



Nota: Se ilustra inyector seccionado: boquilla, tapa de envío y restrictor.

Para mejorar la limpieza de los inyectores y que estos actúen de manera exacta referente a las cantidades de combustible inyectadas en el sistema, se ha generado varios métodos de limpieza que genera la garantía de su uso para que el inyector mantenga sus propiedades puras. Pero existe un proceso más efectivo el cual consiste en limpiar los inyectores a través de una máquina de ultrasonido y a su vez apegada a la instrucción de servicio que se apega a dicho proceso.

3.4 Selección de la máquina de ultrasonido.

El artículo de limpieza por ultrasonido es una máquina que opta su forma de recipiente de acero inoxidable y la cual ayuda a través de un líquido y a temperaturas específicas a limpiar los inyectores de manera ágil y vigorosa, alcanzando lugares de poco acceso.

3.5 La máquina de limpieza Ultrasonic Cleaner.

Posee de referencia la numeración 4820 y la diferencia del resto por su capacidad de obtener mayor cantidad de líquido ultrasónico y por ende de componentes. Sus características específicas son:

- Trabajar con un poder de AC100-120V 60Hz.
- Tiene poder de 70 W.
- Su frecuencia es de 40 KHz
- Tamaño del componente: 290x223x185 mm
- Tamaño del recipiente: 250x150x80 mm
- Volumen de: 2500 ml

Figura 28.

Máquina de limpieza por ultrasonido.



Nota: se ilustra máquina de limpieza por ultrasonido Ultrasonic Cleaner

3.6 Componentes de la máquina de Limpieza por Ultrasonido.

- Panel de control: controla la parte de temperatura y tiempo de uso del artículo.
- Cesta de plástico: se coloca dentro de la máquina de limpieza por ultrasonido con los inyectores para evitar que se asienten en el acero inoxidable y cause daño al componente.
- Tanque de acero inoxidable: es nombrado como recipiente.
- Punto máximo: es el límite en el que se expone el líquido dentro del recipiente.
- Punto mínimo.
- Exterior: es la parte física que se ve de la máquina, de color blanco.
- Punto de alimentación: donde se coloca la corriente que genera electricidad para el funcionamiento de la máquina.

3.7 Diagrama de funcionamiento de Limpieza por Ultrasonido.

Figura 29.

Diagrama de limpieza por ultrasonido.



Nota: se ilustra diagrama de máquina de limpieza por ultrasonido.

Dicho diagrama expone a la máquina de limpieza por ultrasonido y su funcionamiento, especificando que parte desde el punto de alimentación para su encendido y va generando burbujas que provocan la cavitación ultrasónica en medio del líquido ALKON, provocando que así se limpien los inyectores hasta los puntos de más difícil. El mencionado procedimiento se lo debe ser realizado según las especificaciones antes mencionadas en la instrucción de servicio N° 1275.

3.8 Selección de Líquido para limpieza de inyectores.

El líquido de limpieza de inyectores es seleccionado según lo conocido en la instrucción de servicio N° 1275 que por tanto para utilizar la máquina de ultrasonido el flujo que más se asemeja a sus características es el limpiador Alkon, que remueve las impurezas a través de una temperatura determinada.

Este líquido permite el proceso de cavitación en la máquina de ultrasonido fluyendo en el inyector para efectuar una limpieza profunda.

Figura 30.

Líquido ALKON.



Nota: se ilustra líquido de limpieza para Ultrasonido Alkon.

3.9 Procedimiento de uso de la máquina de limpieza por ultrasonido.

- Una vez que son removidos los inyectores y seccionados se identifica la estructura hasta conseguir un estado del inyector calculable para su tiempo de limpieza.
- Debido al tamaño de los componentes del inyector se procede a colocarlos en una de las canastas de plástico para evitar daños en la máquina, esta canasta de plástico es obtenida del kit de la máquina de limpieza de los inyectores.
- El uso de artículos pequeños garantiza resultados óptimos dentro del artículo de bido a que en caso contrario este absorbe el 30% de la energía ultrasónica reduciendo el resultado de limpieza.
- Se procede a colocar el líquido ALKON dentro de la máquina hasta el punto en que garantice que todos los componentes son cubiertos por el flujo que permitirá la limpieza del inyector.

Figura 31.

Colocación de piezas de los inyectores en máquina por ultrasonido.



Nota: se ilustra piezas seccionada de los inyectores en canasta.

Figura 32.

Líquido ALKON dentro de máquina por ultrasonido.



Nota: se ilustra la composición del líquido Alkon y el Ultrasonic Cleaner

- Se enchufa y se procede a encender el Ultrasonic Cleaner colocando en ella la canasta con los inyectores y cerrando la tapa. Una vez encendido se debe tomar en cuenta que el Ultrasonic Cleaner funciona en un tiempo de 180 segundos por cada función (3 minutos), cuando la luz indicadora de color rojo se enciende esta empieza a funcionar. Se tapa el artículo y empieza la función.

Figura 33.

Procedimiento de la máquina por ultrasonido Ultrasonic Cleaner.



Nota: se ilustra el funcionamiento de la máquina de limpieza por ultrasonido.

- Para cambiar los segundos de utilizado a más o menos segundos se debe presionar la letra set 5 veces y así poder escoger entre 180, 280, 390, 480 o 90 segundos según la necesidad de limpieza del inyector.
- Para calentar la máquina se presiona la letra TC y así alcanzar la temperatura de 140°F y así seguir la instrucción de servicio.
- Una vez terminado el proceso este tendrá un aspecto verde en su luz, con la ayuda de guantes quirúrgicos se debe sacar los inyectores del líquido (el líquido posee reacciones químicas perjudiciales para las personas) y ponerlos en un lugar seco.
- Seguido de una limpieza del inyector con la ayuda de un recipiente con agua caliente y así quitar todo el efecto adquirido por el líquido debido a que este puede causar daños en la estructura del inyector, afectando su correcto funcionamiento en operación.

Figura 34.

Limpieza con agua caliente de los inyectores.



Nota: se ilustra limpieza de los inyectores con ayuda de agua caliente

- Los inyectores son procesados durante el tiempo estimado y luego de culminar con dicho proceso se apaga el equipo desenchufándolo y una vez visto que la seguridad sea óptima para el sacado del inyector se procede a limpiarlos y secarlos con la ayuda de un trapo limpio.
- Con la ayuda de una pistola de aire con compresor se procede a secarlo con aire comprimido el cual es necesario para alejarlo de impurezas al componente.
- Este proceso se realiza con cada parte del inyector seccionado.
- Es importante tener en cuenta delicadeza del proceso debido a que esto puede causar daños en el pequeño filtro que forma parte del inyector.
- Luego de culminar este proceso se vuelve a ubicar los accesorios del inyector en cada uno para su ubicación

Figura 35.

Limpieza de los inyectores con la ayuda de aire comprimido.



Nota: se ilustra limpieza con aire comprimido.

- Terminado con dicho proceso se revisa mediante una examinación visual el correcto orden del inyector. Culminando la limpieza se coloca a la máquina en un lugar seguro, se elimina el líquido del recipiente se seca con la ayuda de un trapo limpio para no ocasionar daños en el recipiente.

Figura 36.

Inspección visual de los inyectores.



Nota: se ilustra inspección visual de los inyectores luego de la limpieza.

Hay que tener en cuenta varios puntos en la utilización de este producto puesto que cualquier daño en este componente causa obstrucción en la línea de combustible para el proceso de combustión. Como:

Al terminar de utilizar la máquina se debe desenchufar inmediatamente, porque la corriente puede causar fatiga en el artículo. Además que el calor debe mantenerse alejado y debe estar en un lugar nivelado.

El limpiador no debe estar desatendido por ninguna circunstancia mientras este enchufado. Por ningún motivo se debe utilizar el limpiador si el cable o el enchufe están dañados. Si no funciona correctamente, si está dañado por el agua, devuelva el limpiador dañado a un centro de servicio para que lo examinen y lo reparen.

Mientras se limpia el artículo no debe ser utilizado, si el limpiador cae en agua no se debe acogerlo, se debe desenchufar inmediatamente, no se debe desarmar la máquina sin la supervisión de un técnico autorizado.

La máquina no debe ser utilizada con líquidos o productos abrasivos o corrosivos. Cada 30 minutos de utilización de la máquina se debe dejarla descansar por 5 minutos para evitar fatigas.

- Un vez que la limpieza culmina se empieza a verificar el área de los cilindros para su posterior colocación por tanto se procede a colocar los inyectores en los cilindros ajustándolos previamente con la mano.

- Para conseguir el inyector es ajustando específicamente la ayuda de un dado largo de $\frac{1}{2}$ para ajustar, luego de tener un ajuste mínimo se procede a usar el torquímetro.
- El torquímetro es una herramienta aeronáutica que ajusta según medidas enunciadas en un componente, en este caso el inyector. Se coloca el torquímetro en 60 in/lbs de torque torsión con la ayuda de una extensión y dado de $\frac{1}{2}$ largo para el ajuste del inyector (especificado en el Manual del Operador Lycoming IO-540) hasta que el torquímetro salte.

Figura 37.

Torque de los inyectores.



Nota: se ilustra torque de los inyectores a 60 in/lbs.

- El inyector y la línea de combustible se unen a través de una boquilla.
- Una vez unido ambos hasta ajustar a tope con la mano se procede a utilizar una llave $\frac{3}{8}$ y con aproximadamente 35 in/lbs de ajuste se da por terminado el proceso de instalación del inyector.

Figura 38.

Unión entre la línea de combustible y el inyector.



Nota: se ilustra la unión de la línea de combustible y el inyector.

Para culminar el proceso de inspección de 100 horas al sistema de combustible se procede a colocar las bujías, tapas del motor y tapas del fuselaje del motor. Por consiguiente y después de garantizar que todos los puntos de inspección hayan sido culminados se coloca a la aeronave en la base de vuelo para que así se realicen pruebas del buen funcionamiento del helicóptero.

Figura 39.

Prueba de encendido del helicóptero HC-CGR.



Nota: se ilustra la prueba de encendido a la Aeronave HC-CGR

El mantenimiento efectuado es asentado en los libros de Fuselaje y Motor además de en las bitácoras para poder tener un orden de inspección acorde a ellas, dicho asentamiento debe ser firmado por la OMA EUROFISH es decir, por el jefe de mantenimiento de la entidad mencionada, así mismo como de su sellado. La colocación de dicho CCM se encuentra en el Anexo E,F,G del presente proyecto.

Figura 40.

Bitácora de vuelo con CCM de inspección de 100 horas.

| LA FABRIL BITACORA DE VUELO | | | | | | | | | | 0001825 | | |
|--|----------------------|----------|-----------|-------------|----------------------|---|---------|-----------------|----------|---------|--|--|
| FECHA | PILOTO | LICENCIA | MATRICULA | MODELO | SERIE | REGISTRO DE VUELO DEL HELICOPTERO | | | | | | |
| 28 Mayo | CAF. Álvaro Martínez | PC-1557 | HC-CGR | R44 II | 12274 | FUSELAJE | MOTOR | ROTOR | | | | |
| VUELO #1 | a PASAJEROS | PESO | RUTA | HORAS VUELO | NATURALEZA DEL VUELO | REGISTRO ANTERIOR | 3910:02 | 1837:52 | 1714:72 | | | |
| | b | | | | | HOY | 2:00 | 2:00 | 2:00 | | | |
| | c | | SALIDA | LLEGADA | 9:00 | (VP) | | | | | | |
| | d | | | | | ACTUAL | 3912:02 | 1839:52 | 1716:72 | | | |
| VUELO #2 | a | | RUTA | | | PARAMETRO MOTOR | | | | | | |
| | b | | SALIDA | LLEGADA | | OIL PRESS | 100 | OIL TEMP | 200 | | | |
| | c | | | | | MAN PRESS | 22 | CYL.H.T | 400 | | | |
| | d | | | | | COMBUSTIBLE CARGADO | | | | | | |
| VUELO #3 | a | | RUTA | | | ESTACION | GALONES | FECHA | POR | | | |
| | b | | | | | FABRIL | 30 | 28 Mayo/19 | A. Lopez | | | |
| | c | | SALIDA | LLEGADA | | | | | | | | |
| | d | | | | | | | | | | | |
| VUELO #4 | a | | RUTA | | | PESO Y BALANCE | | | | | | |
| | b | | | | | PASAJEROS | 130 | PESO MAXIMO | | | | |
| | c | | SALIDA | LLEGADA | | PESO VACIO | 1571 | PESO DISPONIBLE | | | | |
| | d | | | | | TRIPULACION | 100 | | | | | |
| CERTIFICACIONES | | | | | | COMBUSTIBLE | | | | | | |
| Certifico haber realizado el Pre-Flight, y entrega al helicóptero en condiciones operacionales | | | | | | CARGA | | | | | | |
| LICENCIA: PC-1557 | | | | | | PESO DECOLAJE | | | | | | |
| MECANICO y/o PILOTO: <i>[Firma]</i> | | | | | | PILOTO: <i>[Firma]</i> | | | | | | |
| DISCREPANCIAS | | | | | | ACCION CORRECTIVA | | | | | | |
| | | | | | | 1. La aeronave ha sido inspeccionada por el cumplimiento de los requisitos según Manual de Mantenimiento R44 y Manual de Operador y con los trabajos de mantenimiento realizados de manera satisfactoria y aprobados. | | | | | | |
| | | | | | | 2. Los trabajos de mantenimiento realizados de manera satisfactoria y aprobados. | | | | | | |
| | | | | | | 3. Los trabajos de mantenimiento realizados de manera satisfactoria y aprobados. | | | | | | |

Nota: se ilustra el asentamiento del trabajo realizado por parte de la OMA al helicóptero de la Fabril.

3.10 Costos

El presupuesto es estimado en base a todo lo requerido para dicha inspección obteniendo calculos totales de los gastos efectuados a través de la sumatoria de costos. Por lo tanto obtenemos que, en la inspección de 100 horas al sistema de combustible se realizó costos:

3.10.1 Costos Primarios

Tabla 6.

Costos Primarios.

| ITEM | DESCRIPCIÓN | QTY | C/U | C/T |
|------|---|------|-----------|-----------|
| 1 | Máquina Ultrasonic Cleaner 4820 | 1 | \$ 549,00 | \$ 549,00 |
| 2 | Líquido Alkon de limpieza de inyectores | 2 gl | \$ 45,00 | \$ 90,00 |
| 3 | Envío | 2 | \$ 7,50 | \$ 15,00 |
| | | | TOTAL | \$ 654,00 |

Nota: se muestra tabla de costos primarios utilizados en el proyecto de titulación.

3.10.2 Costos secundarios.

Tabla 7.

Costos Secundarios.

| ITEM | DESCRIPCIÓN | QTY | C/U | C/T |
|------|-------------|-----|----------|----------|
| 1 | Anillado | 2 | \$ 5,00 | \$ 10,00 |
| 2 | Impresiones | 150 | \$ 0,10 | \$ 15,00 |
| 3 | Transporte | 10d | \$ 1,25 | \$ 12,50 |
| 4 | Asesoría | 2 | \$ 10,00 | \$ 20,00 |
| | | | TOTAL | \$ 47,50 |

Nota: se muestra tabla de costos secundarios utilizados en el proyecto de titulación.

3.10.3 Costo Total

Tabla 8.

Costo Total

| ITEM | DESCRIPCIÓN | COSTO |
|------|--------------------|-----------|
| 1 | Costos primarios | \$ 654,00 |
| 2 | Costos secundarios | \$ 47,50 |
| | COSTO TOTAL | \$ 701,50 |

Nota: se muestra tabla de costo total del proyecto de titulación.

Capítulo IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- La máquina de limpieza por ultrasonido “Ultrasonic Cleaner” garantizó que la inspección de 100 horas al sistema de combustible sea concluida de manera satisfactoria debido a la cavitación de dicho artículo que provoca pulcritud a los inyectores de los motores IO-540.
- La compañía Lycoming posee tareas de mantenimiento cada 100 horas al motor que toman cabida a través del Manual del Operador, Service Bulletin, Service Instruction, de orden mandatorio o preventivo lo cual aseguró la aeronavegabilidad de la aeronave HC-CGR en la inspección realizada al sistema de combustible puesto que las acciones fueron culminadas de manera satisfactoria, según datos establecidos y aprobados por la OMA.
- Un correcto funcionamiento de los sistemas del helicóptero Robinson R44, así como de su motor, también depende del énfasis en el saneamiento de sus piezas, puesto que cada componente posee propiedades que lo diferencian según su pureza y su aleación, por lo tanto no todos los componentes son tratados de igual manera al limpiarlos. Sin embargo un buen tratamiento de limpieza garantiza que la parte enfatizada trabaje en condiciones óptimas y de una respuesta correcta frente al sistema afectado.

4.2 Recomendaciones

- Implementar a la acción de limpieza de inyectores una máquina de comprobación para dichos componentes jactándose de la utilización de materiales o productos que no afecten la pureza del inyector y por ende a la funcionalidad del sistema.
- Cumplir con los tiempos requeridos en cada instrucción de servicio, boletín de servicio o en cada inspección especificada en el Manual de Mantenimiento R44 y Manual del Operador Lycoming para certificar la aeronavegabilidad establecida en la aeronave .
- Conservar la muestra drenada en cada pre-vuelo dentro del envase de dicho helicóptero hasta el arribo a la base debido a que las impurezas pueden ser causa de incidentes en la aeronave.

Bibliografía

- Aeronaticapy.com.* (2018). Recuperado el 25 de junio de 2021, de Aeronaticapy.com
- Cise.* (2010). Recuperado el 13 de julio de 2021, de <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/155-limpieza-de-inyectores.html?tmpl=component&print=1>
- Clansman.* (2018). *Aviations Militaires.net.* Recuperado el 01 de 07 de 2021, de <https://www.aviationsmilitaires.net/v2/base/view/Model/2319.html>
- CLR.* (2019). Recuperado el 13 de julio de 2021, de ¿Qué es un servomotor y cuándo se utiliza?: <https://clr.es/blog/es/servomotor-cuando-se-utiliza/>
- Columbec del Ecuador S.A.* (2019). *Columbec Tecnidefensa.* Recuperado el 03 de julio de 2021, de <http://www.columbec.com/informacion-general-sandblasting-y-preparacion-superficies>
- Columbec del Ecuador S.A.* (2019). *Columbec Tecnidefensa.* Recuperado el 03 de julio de 2021, de <http://www.columbec.com/ejemplos-de-granallado-para-sandblasting>
- Combustibles de aviación | Glosario.* (2015). Recuperado el 18 de junio de 2021, de Oiltanking: <https://www.oiltanking.com/es/publicaciones/glosario/detalles/term/combustibles-de-aviacion-jet-fuel-gasolina-de-aviacion-avgas-jet-b-bioqueroseno.html>
- Edeltec.* (s.f.). Recuperado el 18 de junio de 2021, de Edeltec.com
- Estaciones de Servicio.* (18 de junio de 2020). Recuperado el 04 de junio de 2021, de Combustible aviones: cómo se llama y sus propiedades: <https://www.zoilorios.com/noticias/combustible-aviones-como-se-llama-y-sus-propiedades>
- Estructura Aeronáutica.* (2007). Recuperado el 04 de junio de 2021
- Gómez, R. (marzo de 2014). *Flap 152.* Recuperado el 03 de junio de 2021, de <https://www.flap152.com/2014/04/combustible-contaminado.html>
- Gulfstream American Corporation. (1978). *MAINTENANCE MANUAL.* AG CAT CORPORATION.
- HARTZELL. (2018). *Hartzell Propeller.* Recuperado el 03 de junio de 2021, de <https://hartzellprop.com/pratt-whitney-canada-and-the-pt6-engine/>
- Helicopter Robinson Company.* (27 de febrero de 2018). Recuperado el 27 de mayo de 2021, de Timeline: <https://robinsonheli.com/robinson-helicopter-company-timeline/>
- Henkel Ibérica, S.A. (2020). *El blog de los profesionales del taller.* Recuperado el 15 de junio de 2021, de <https://blog.reparacion-vehiculos.es/equipos-airless-caracteristicas-composicion-y-consejos-de-uso>

- L. (14 de mayo de 2021). *Helicopter Robinson Company*. Obtenido de <http://robinsonheli.com/company-information-2/>
- L. (2021). *Helicopter Robinson Company*. Recuperado el 05 de 07 de 2021, de <http://robinsonheli.com/company-information-2/>
- Lycoming. (2006). *Manual del Operador*. 652 Oliver Street: 4 Edición.
- Lycoming. (2018). *History Lycoming*. Recuperado el 03 de junio de 2021, de <https://www.lycoming.com/history#:~:text=It%20began%20in%201845%20as,of%20a%20nation%20at%20war.>
- MOM EUROFISH S.A. (03 de 10 de 2019). *Manual de la Organización de Mantenimiento*. Manta.
- Naturgy. (12 de Noviembre de 2018). Recuperado el 14 de junio de 2021, de Combustible: https://www.naturgy.es/empresas/blog/sabias_que_existen_todos_estos_tipos_de_combustibles
- Navarro, M. (2015). *Manual de vuelo*. Recuperado el 05 de junio de 2021, de Sistema de combustible (I): https://www.manualvuelo.es/3sifn/36_comb1.html
- Navarro, M. A. (2014). *Principios básicos. Estructura del avión*. Recuperado el 05 de junio de 2021, de https://www.manualvuelo.es/1pbav/14_avion.html
- Pratt & Whitney Canada. (2000). *Maintenance Manual*. Pratt & Whitney.
- PRATT & WHITNEY CANADA. (2000). *Maintenance Manual*. Pratt & Whitney Canada.
- Robinson Company. (27 de 02 de 2018). *Timeline*. Recuperado el 18 de junio de 2021, de <https://robinsonheli.com/robinson-helicopter-company-timeline/>
- Service Intruction N°1275*. (2019).
- ToolBoom*. (2015). Recuperado el 27 de mayo de 2021, de <https://toolboom.com/es/articulos/ultrasonic-cleaning/>
- Valdes, P. (28 de Agosto de 2015). *ASOC. PASIÓN POR VOLAR*. Recuperado el 10 de junio de 2021, de Sistema de Combustible en el Avión. Cap-1: <https://www.pasionporvolar.com/sistema-de-combustible-en-el-avion-cap-1/>

ANEXOS