



Inspección del Oil Sump del Motor Continental O-200-A de Acuerdo al Manual de Overhaul Part Number X30586 de la Carrera de Mecánica Aeronáutica Perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías- ESPE

De la Cruz Gutiérrez, Edison Marcelo

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica Mención Motores

Monografía: Previo a la Obtención del Título de Tecnólogo en:
Mecánica Aeronáutica Mención Motores

Tigo. Arellano Reyes, Milton Andrés.

9 de Septiembre del 2020



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

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“Inspección del Oil Sump del Motor Continental O-200-A de Acuerdo al Manual de Overhaul Part Number X30586 de la Carrera de Mecánica Aeronáutica perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE”** fue realizado por el señor **De la Cruz Gutiérrez, Edison Marcelo** 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, Septiembre del 2020

.....


Tigo. Arellano Reyes, Milton Andrés

CC.: 172306451-3

REPORTE DE VERIFICACIÓN

URKUND

Document Information

Analyzed document Edison de la Cruz. Pdf.pdf (D77983837)
Submitted 8/20/2020 2:16:00 PM
Submitted by
Submitter email emde4@espe.edu.ec
Similarity 8%
Analysis address: maarellano3.espe@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS BORRADOR 4.doc Document TESIS BORRADOR 4.doc (D54127413) Submitted by: erik.jaramillo3@gmail.com Receiver: eaarevalo1.espe@analysis.orkund.com	 30
SA	INFORM FINAL EUGENIO.ULTIMO...docx Document INFORM FINAL EUGENIO.ULTIMO...docx (D55309573)	 1
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Titulacion FREDDY PARAMO.docx Document Titulacion FREDDY PARAMO.docx (D43955388) Submitted by: Hank95_@hotmail.com Receiver: gsinca.espe@analysis.orkund.com	 5
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / ANTEPROYECTO.1 - TESIS.pdf Document ANTEPROYECTO.1 - TESIS.pdf (D40317572) Submitted by: jorgvillagomez@hotmail.com Receiver: jfvalencia2.espe@analysis.orkund.com	 2



Tlgo. Arellano Reyes, Milton Andrés



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

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **De la Cruz Gutiérrez, Edison Marcelo**, con cédula de ciudadanía n° 050348788-6, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Inspección del Oil Sump del Motor Continental O-200-A de Acuerdo al Manual de Overhaul Part Number X30586 de la Carrera de Mecánica Aeronáutica perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE** 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, Septiembre del 2020

A handwritten signature in blue ink is written over a horizontal dotted line. The signature is cursive and appears to read 'Edison Marcelo De la Cruz Gutiérrez'.

De la Cruz Gutiérrez, Edison Marcelo

CC. 050348788-6



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

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **De la Cruz Gutiérrez, Edison Marcelo**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **Inspección del Oil Sump del Motor Continental O-200-A de Acuerdo al Manual de Overhaul Part Number X30586 de la Carrera de Mecánica Aeronáutica perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, Septiembre del 2020

.....
De la Cruz Gutiérrez, Edison Marcelo

CC. 050348788-6

DEDICATORIA

Esta monografía va dedicada a Dios, a San Lorenzo mi Gran Patrono, y en especial a mis padres Antonio De la Cruz y Amelia Gutiérrez, quienes como fuente de inspiración y apoyo me inspiraron para culminar este proyecto de grado y obtener una profesión anhelada. Mis padres quienes me dieron la vida, así también como fuente de inspiración y apoyo, con sus sabios consejos lograron fundamentar tan sueño deseado.

A mis compañeros de especialidad y de estudios, a mis maestros y amigos quienes han sido de gran ayuda moral y emocional, ya que si su ayuda nunca hubiese logrado culminar esta monografía. También dedico esta monografía a todos aquellos no creyeron en mí, a aquellos que esperaban mi fracaso en cada paso que daba en la culminación d mis estudios.

A todos ellos se los agradezco desde mi corazón y desde el fondo de mi alma por su gran apoyo incondicional, ya que sin su apoyo nada de esto llegaría a suceder, y gracias a todos los maestros quienes llegaron a ser unos verdaderos amigos y unas personas muy profesionales en su ámbito laboral, y fueron fuente de inspiración para cumplir el propósito anhelado.

Edison Marcelo De la Cruz Gutiérrez

AGRADECIMIENTOS

El amor recibido de Dios, la paciencia y la dedicación con la que día a día se preocupaban mis padres, por mi avance y desarrollo de esta monografía, es el reflejo de ellos hacia mí.

Agradezco a la universidad junto a mis maestros por haberme permitido formarme en ella, quiero dar gracias a las personas que fueron partícipes de este proceso que el día de hoy se ve reflejado en la culminación de mi tecnología en tan grandiosa universidad.

Gracias a mis padres por creer en mí, y gracias a dios por permitirme vivir y disfrutar de cada día, gracias a las personas que de una u otra manera me han ayudado en especial a mi tutor, Tlgo Andrés Arellano quien con su ayuda y dedicación ayudo en la culminación de esta monografía.

Agradecer también a profesores, compañeros de estudio y de universidad y a mis amigos de infancia quienes me ayudaron a creer en mí y no echarme hacia atrás, gracias a ellos y a su gran apoyo moral esta monografía se ha culminado.

Gracias a Dios por la Vida y este momento de triunfo.

Edison Marcelo De la Cruz Gutiérrez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	1
CERTIFICACIÓN.....	2
REPORTE DE VERIFICACIÓN.....	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	5
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTOS.....	7
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	12
ÍNDICE DE FIGURAS.....	13
RESUMEN.....	15
ABSTRACT.....	16
CAPITULO I.....	17
1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.1 Antecedentes.....	17
1.2 Planteamiento del Problema.....	18
1.3 Justificación e Importancia.....	19
1.4 Objetivos.....	20
1.4.1 General.....	20
1.4.2 Específicos.....	20
1.5 Alcance.....	20
CAPITULO II.....	22
2 MARCO TEÓRICO.....	22

2.1	Historia aeronave Cessna 150M	22
2.2	Sistema Propulsor “Motor”	23
2.3	Principios de Funcionamiento del Motor Alternativo	25
2.4	Ciclos del Motor	26
2.5	Ciclo de Cuatro Tiempos.....	26
2.5.1	Tiempo de Admisión.	26
2.5.2	Tiempo de Compresión.....	26
2.5.3	Tiempo de Explosión y Expansión.	27
2.5.4	Tiempo de Escape.....	27
2.6	Ciclo de dos Tiempos.....	28
2.7	Tipos de Motores Recíprocos	29
2.7.1	Motores en Línea.....	29
2.7.2	Motor de Cilindros Opuestos.....	30
2.7.3	Cilindros en “V”.	31
2.7.4	Motores Radiales.....	31
2.8	Componentes del Motor Alternativo	31
2.8.1	Cárter.....	31
2.8.2	Cilindro.	32
2.8.3	Numeración Motores Teledyne- Continental.	35
2.8.4	Orden de encendido.	35
2.8.5	Pistón.....	36
2.8.6	Segmentos.....	37
2.8.7	Bielas.....	39
2.8.8	Cigüeñal.	40
2.8.9	Válvulas.....	41

2.8.10	Mecanismos de funcionamiento de la válvula.	42
2.8.11	Cojinetes o rodamientos.	43
2.9	Sistema de lubricación.....	44
2.9.1	Clasificación del Sistema de Lubricación.	46
2.9.2	Propósito del Sistema de lubricación.	47
2.9.3	Distribución de Aceite.	47
2.10	Componentes del Sistema de Lubricación	49
2.10.1	Tanque de Aceite.....	49
2.10.2	Bombas y Tipos de Bombas.	50
2.10.3	Filtros.....	53
2.10.4	Tipos de Filtración.....	53
2.10.5	Válvula de Alivio.....	57
2.10.6	Enfriador de Aceite.	58
2.10.7	Instrumentos del Sistema de Lubricación.....	60
2.11	Líquidos lubricantes	63
2.11.1	Propiedades y Aditivos de los Lubricantes del Motor Alternativo.....	64
2.11.2	Clasificación de los Lubricantes para el Motor Alternativo.....	69
2.11.3	Tipos de Aceite.	70
CAPITULO III.....		72
3	DESARROLLO DEL TEMA.....	72
3.1	Preliminares.....	72
3.2	Descripción del Motor	73
3.3	Equipos, Herramientas y Medidas de Seguridad.....	74
3.4	Procedimiento para la inspección del Motor y sus sistemas.....	75

3.4.1	Remoción e Instalación del Sumidero de Aceite	77
3.4.2	Remoción e Instalación de los Cilindros y Pistones del Motor.....	81
3.4.3	Reemplazo de los Sellos de la Cubierta de los Balancines.	90
3.4.4	Limpieza e Instalación de los Accesorios del Motor.	93
CAPITULO IV.....		95
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
4.1	Conclusiones	95
4.2	Recomendaciones	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		97
ANEXOS		99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Orden de Encendido de los Motores Recíprocos.....	36
Tabla 2. Tabla del Marcado de rango de instrumentos.....	60
Tabla 3. Designación del Grado para Aceites de Aviación.	66
Tabla 4. Datos Técnicos del Motor Continental O-200-A.....	73
Tabla 5. Equipos utilizados en la práctica del Motor.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aeronave Cessna150M.....	23
Figura 2. Ciclo de Cuatro Tiempos.....	27
Figura 3. Motor de Dos Tiempos.....	28
Figura 4. Motor de Cilindros en Línea	29
Figura 5. Motor de Cilindros Opuestos.....	30
Figura 6. Componentes del Cáster	32
Figura 7. Partes del cilindro.....	33
Figura 8. Componentes del pistón.....	37
Figura 9. Conjunto de Segmentos.....	39
Figura 10. Componentes de una Biela.....	40
Figura 11. Componentes de un Cigüeñal.....	41
Figura 12. Componentes de la Válvula.....	42
Figura 13. Mecanismo de Válvulas.....	43
Figura 14. Tipos de Cojinetes.....	44
Figura 15. Esquema del Sistema de Lubricación.....	45
Figura 16. Tanque de Aceite.....	50
Figura 17. Bomba de Engranajes.....	51
Figura 18. Bomba Tipo Gerator.....	52
Figura 19. Filtro de Profundidad.....	54
Figura 20. Filtro de Profundidad Parcial.....	55
Figura 21. Filtro de Superficies.....	56
Figura 22. Filtro de Bordes.....	57
Figura 23. Válvula de Alivio.....	58
Figura 24. Enfriador de Aceite.....	59

Figura 25. Indicador de Presión de Aceite.....	62
Figura 26. Indicador de Temperatura de Aceite.	63
Figura 27. Motor Continental O-200-A.....	77
Figura 28. Sumidero de Aceite del Motor Continental O-200-A	78
Figura 29. Extracción de los pernos de sujeción.	79
Figura 30. Limpieza del sumidero de aceite.	80
Figura 31. Remoción de los baffles y los ductos de escape del motor.....	82
Figura 32. Posición del cigüeñal mediante el uso de la hélice.....	83
Figura 33. Remoción del cilindro.....	84
Figura 34. Pistón fuera del cilindro.	85
Figura 35. Inspección del pistón.....	86
Figura 36. Limpieza y engrase del interior del cilindro.....	87
Figura 37. Limpieza del cilindro antes de su instalación.....	87
Figura 38. Ubicación de la brida de las varillas propulsoras	88
Figura 39. Instalación del opresor de rines.....	89
Figura 40. Instalación del cilindro.	90
Figura 41. Limpieza de la sección de válvulas.	91
Figura 42. Funcionamiento de las válvulas y balancines.....	91
Figura 43. Ubicación de la cubierta de balancines	92
Figura 44. Motor con sus respectivos componentes.....	93

RESUMEN

La Unidad de Gestión de Tecnologías, se encarga de formar a los futuros Mecánicos en el ámbito Aeronáutico, se encuentra ubicada en el sector de Belisario Quevedo. La unidad se encuentra equipada con instalaciones y aeronaves adecuadas para el estudio en dicha carrera, es así que la aeronave Cessna 150M es una de ellas. Esta aeronave está equipada con un Motor Continental O-200-A, el mismo que al desarrollarse un encendido presentó fugas del líquido lubricante, para lo cual es necesario realizar una inspección rutinaria para la respectiva corrección de los daños. Se realizaron tareas de inspección al sistema de lubricación, así mismo la revisión de los cilindros y otros accesorios para verificar su estado de funcionamiento, todo esto bajo el Manual de Overhaul del Motor O-200-A. Las tareas realizadas fueron de total eficiencia logrando corregir los daños presentes, mediante esto se logra entregar a la unidad un motor en perfectas condiciones y aptas para el estudio y preparación de los futuros mecánicos aeronáuticos. Así mismo pudo observar que es necesario la implementación de un lugar adecuado para la conservación de las aeronaves , debido a la intemperie en las que estas se encuentran son la causa principal para el deterioro de los sistemas, mismos que mediante esta práctica fueron rehabilitados y puestos en perfectas condiciones para el uso práctico de los estudiantes.

PALABRAS CLAVE

ENCENDIDO DEL MOTOR

SISTEMA DE LUBRICACIÓN

MECÁNICOS AERONÁUTICOS

MANUAL DE OVERHAUL

ABSTRACT

The technology management unit is change of training future mechanics in the aeronautical field; it is located in the Belisario Quevedo sector. The unit is equipped whit adequate faculties and aircraft for study in said career, so the Cessna 150M aircraft is equipped with a Continental O-200-A engine, the same one that, when an ignition was developed, leaked lubrication fluid, for which it is necessary to carry out a routine inspection damage. Inspection tasks will be carried out one the lubrication system, as well as the revision of the cylinders and other accessories under the O-200-A engine Overhaul Manual. The tasks carried out were totally efficient correcting the damages, through this unit in perfect condition and suitable for the study and preparation of future aeronautical mechanics. Likewise, he was able to observe that it is necessary to implement a suitable place for the conservation of the aircraft, due to the weather in which they are found, they are the main cause for the deterioration of the systems, which through this practice were rehabilitated and placed in perfect condition for practical use by students.

KEY WORDS

ENGINE START

OIL SYSTEM

AERONAUTICAL MECHANICS

OVERHAUL MANUAL

CAPITULO I

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes

En el Ecuador el ex-instituto Tecnológico Superior Aeronáutico con más de una década de trayectoria tenía a su cargo la formación de los futuros técnicos en mantenimiento de aeronaves, después de un decreto el instituto pasa a formar parte de la “UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE” tomando el nombre de Unidad de Gestión de Tecnologías “UGT”, adquiriendo la responsabilidad de cumplir con efectividad y calidad los objetivos propuestos por la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS “ESPE”, logrando posicionarse sólidamente en el ámbito académico.

Sus autoridades, personal docente y administrativo de alto nivel han entregado al país y a la sociedad los mejores profesionales, avanzando en el progreso permanente de la institución, para que los estudiantes que deseen recibir la formación tecnológica en Mecánica Aeronáutica, como profesión se sientan orgullosos del nivel alcanzado. La Unidad de Gestión de Tecnologías “UGT”, al formar parte de la Universidad de la Fuerzas Armadas, no ha descuidado el mínimo detalle pues, esta cuenta con personal docente altamente capacitado en cada una de las asignaturas que se dicta en las diferentes especialidades.

Además, la universidad cuenta con la infraestructura adecuada para el desarrollo de actividades teórico-prácticas, que en ella se encuentran implementados, laboratorios, talleres, aviones escuela los cuales permiten al docente complementar la educación hacia el estudiante. La Unidad de Gestión de Tecnologías **UGT**, tiene el privilegio de ser el único Centro de Instrucción Aeronáutica Civil (CIAC) en el país, al obtener el certificado por las

DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL bajo la parte 147 de la RDAC, el mismo que le permite brindar el perfeccionamiento de habilidades y destrezas de los estudiantes en este ámbito.

1.2 Planteamiento del Problema

En la especialidad de Mecánica Aeronáutica perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías se cuenta con laboratorios, talleres, y aeronaves escuela para poder brindar la instrucción técnica hacia el estudiante facilitando las practicas relacionadas con los temas generales y específicos de aeronáutica, potencializando el aprendizaje en los alumnos, así ayudando a fortalecer los conocimientos en el campo profesional y laboral del futuro Mecánico Aeronáutico.

El centro de capacitación de la especialidad de Mecánica Aeronáutica cuenta con una variedad de motores alternativos, los mismos que por su reubicación y traslado han presentado inconvenientes en sus diversos sistemas de funcionamiento, destacando una gran fuga en el sistema de lubricación presente el motor continental O-200-A. Actualmente la ubicación de las aeronaves no cuenta con las instalaciones adecuadas para su preservación, siendo esto un problema y causa fundamental para el deterioro de los sistemas de funcionamiento.

En vista de los daños presentados en la aeronave Cessna 150 M se ha procurado a realizar un proceso de mantenimiento del sistema de lubricación del motor Continental O-200-A. Para lo cual se ha visto necesario el desarrollo de un proceso de mantenimiento, para la conservación y buen funcionamiento del sistema.

1.3 Justificación e Importancia

A nivel nacional e internacional la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” es considerada como uno de los mejores centros de educación superior, por lo que posee la infraestructura adecuada como bibliotecas, talleres y laboratorios para el mantenimiento y funcionamiento de equipos aeronáuticos, además siendo el único centro de formación en académica que ofrece la carrera en Mecánica Aeronáutica.

Al realizar el presente trabajo nos permite mejorar el proceso de inspección del sistema de lubricación del motor alternativo Continental O-200-A. Se realiza la inspección general del motor, sus cilindros, bujías y sumidero en forma técnica y eficiente. Con el procedimiento de inspección al sistema de lubricación se realiza la protección del sistema de la aeronave, preservando el motor y alargando la vida útil de sus componentes.

Mediante este trabajo se logra aprender en forma teórico práctico los conocimientos del cómo realizar una inspección y los servicios de mantenimiento del sistema de lubricación del motor Continental O-200-A permitiendo desarrollar la enseñanza y experiencia en tareas prácticas, con este método práctico el estudiante obtendrá un mejor aprendizaje del conocimiento adquirido para el desenvolvimiento en su vida profesional.

El mantenimiento del motor Continental O-200-A es muy indispensable debido a que desde el momento de su llegada a la Unidad de Gestión de Tecnologías no se a desarrollado ningún tipo de inspección en la aeronave y es indispensable para la conservación y preservación de la aeronave en la institución.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Inspeccionar del sistema de lubricación del motor Continental O-200-A, basado en información de los manuales técnicos de overhaul, para la protección del motor y su sistema en general perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE.

1.4.2 Específicos.

- Buscar información técnica y específica de los manuales para la inspección y mantenimiento del sistema de lubricación del motor continental O-200-A.
- Definir la condición del sistema de lubricación del motor Continental O-200-A mediante una inspección general de rutina basado en el manual de overhaul.
- Restaurar los daños presentes en el motor Continental O-200-A, por medio de la información técnica del manual de overhaul, corrigiendo los daños encontrados en el sistema de lubricación del motor de la aeronave.

1.5 Alcance

Al realiza este proyecto se tiene como finalidad brindar la ayuda técnico-practico de procesos de mantenimiento que se desarrollan en el sistema de lubricación del motor Continental O-200-A, el mismo que pertenece a la Unidad de Gestión de Tecnologías “ESPE”, teniendo como prioridad desarrollar el mantenimiento del sistema de lubricación de la aeronave, siendo este necesario para el correcto flujo del líquido lubricante por el motor, con la presión y la temperatura adecuada.

Mediante las correcciones y mantenimientos se podrá prevenir las sobre temperaturas, y posibles fugas del aceite lubricante en el motor, evitando así los daños en los componentes internos del motor, todo esto regido bajo los parámetros prescritos en el manual de mantenimiento que servirán como guía para las fases operacionales del motor.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Historia aeronave Cessna 150M

La aeronave Cessna 150 tuvo su origen en la década de los 50 mediante la decisión de Cessna Aircraft, para dar inicio con la producción del nuevo y modificado Cessna 140. Esta aeronave tenía como principales innovaciones el uso de un tren de aterrizaje triciclo, y además el reemplazo de los extremos redondeados de las alas, sus estabilizadores fueron horizontales y verticales mediante diseños de los perfiles más modernos.

La aeronave Cessna 150 es un monoplano de ala alta y de estructura semi mono coque totalmente metálica, es muy utilizada en vuelos de entrenamiento para los alumnos y sus instructores. Está muy bien considerada entre los pilotos debido a su facilidad para volar, sin la necesidad de tener que afrontar dificultades especiales. Estas aeronaves poseen unos flaps muy seguros, que se despliegan hasta 40 grados, haciendo del aterrizaje, un agradable desafío para los pilotos (EcuRed contributors, 2019).

En estas nuevas versiones de la aeronave Cessna 150 y la F150, se las equipo con un motor continental o Rolls Royce, el cual es refrigerado por aire, consta de cuatro cilindros opuestos horizontalmente, que conduce una hélice de paso fijo totalmente metálica, siendo esta aeronave una de las más utilizadas por la mayoría de las escuelas de pilotos para la instrucción de sus alumnos, debido a la facilidad que está presente para su instrucción y fácil manipulación del equipo (Company, Cessna Aircraft, 1977).

Esta aeronave en la actualidad es muy utilizada en escuelas para el aprendizaje de nuevos pilotos debido a la comodidad que está presente para el aprendizaje del piloto con la aeronave, además siendo muy económica y muy rentable para su compra.

Figura 1.

Aeronave Cessna150M.



Nota: La figura representa a la Aeronave Cessna 150M. Tomado de (EcuRed contributors, 2019).

2.2 Sistema Propulsor “Motor”

Se denomina Motor de combustión interna o Motor Alternativo, a una maquina termodinámica, formada por un conjunto de piezas o mecanismos fijos y móviles, las cuales tienen como objetivo principal transformar la energía química, que proporciona la combustión de una mezcla de aire y combustible, en energía mecánica o movimiento, para generar un trabajo útil (Aguero Alva, 2005).

En un avión la necesidad de tener una fuerza que lo impulse es muy necesaria, a diferencia de las maquinas terrestres que solo necesitan vencer la inercia y la resistencia al avance para su movimiento, en un avión el impulso es vital para producir, circulación de aire en las alas, siendo esto el origen de la sustentación, la cual le permite a la aeronave poder equilibrarse al momento que se encuentre en el aire.

Esta fuerza se denomina tracción o empuje, y se la obtiene acelerando hacia la parte de atrás una masa de aire a una velocidad mayor a la velocidad del avión, teniendo su fundamento en la tercera ley de Newton, esta acción provoca una reacción de la misma intensidad, pero en sentido contrario, lo cual impulsa al avión hacia adelante. La aceleración se la consigue por el movimiento de una hélice, la misma que es impulsada por un motor reciproco o una turbina de gas (Muños Navarro, 2012).

En aviación ligera los motores de pistón son los más comunes, siendo estos muy similares a los que se usa en los automóviles, pero con tres grandes diferencias:

- En un avión, su sistema de encendido es doble, posee dos bujías por cada cilindro, y el motor consta de dos magnetos, el primero proporciona energía para todas las bujías pares de los cilindros y el siguiente proporciona energía para todas las bujías impares. Si se produce algún daño en una bujía o magneto no afecta el funcionamiento del motor, debido a que la otra bujía o los magnetos siguen proporcionando la chispa para encender la mezcla en el cilindro.

- La mayor parte de motores aeronáuticos se encuentran enfriados por aire, evitando cargar con el peso de un radiador y del refrigerante, y así evitando que el sistema de refrigeración sufra alguna avería y provoque daños al motor.
- Debido al funcionamiento de los motores aeronáuticos a diferentes altitudes, el piloto dispone de un control manual de mezcla del combustible, control que utiliza para controlar la proporción adecuada de aire y combustible que ingresan a los cilindros, para poder obtener una combustión adecuada y de alto rendimiento para el desarrollo del motor cuando este se encuentre en funcionamiento a diferentes altitudes.

2.3 Principios de Funcionamiento del Motor Alternativo

Este principio se basa entre la presión, volumen y temperatura de los gases, siendo estos esenciales para el funcionamiento del motor. El motor tiene un ciclo operativo de combustión interna, que incluye una serie de eventos precisos como son: Admisión, Compresión, Explosión, Escape, causando la expansión del combustible y la carga de aire en el cilindro.

Cuando la mezcla de aire comprimida se enciende, los gases resultantes de la combustión se expanden muy rápidamente, y obligan al pistón a alejarse de la cabeza del cilindro. Este movimiento descendente del pistón, actúa en el cigüeñal a través de la biela, el mismo que convierte en un movimiento circular o rotativo del cigüeñal (Administration, 2018, págs. 1-24.1-25).

2.4 Ciclos del Motor

En la actualidad existen muchos ciclos de operación, entre los más destacados en aviación se encuentran el ciclo de cuatro tiempos y el ciclo de dos tiempos. La mayoría de los motores alternativos de aeronaves operan con el ciclo de cuatro tiempos, o llamado "Ciclo Otto". El motor de cuatro tiempos tiene muchas ventajas, una de ellas es que se presta fácilmente para un alto rendimiento a través de la sobrealimentación (Administration, 1971, pág. 28).

2.5 Ciclo de Cuatro Tiempos

Este ciclo es muy común en los motores alternativos de aviación debido a su ciclo de operación, este hace referencia en el denominado ciclo Otto el cual consiste en cuatro tiempos y dos vueltas completas del cigüeñal, a continuación, se detalla cada uno de sus ciclos.

2.5.1 Tiempo de Admisión.

El ciclo empieza con el descenso del pistón, la válvula de admisión se abre y esta permite que ingrese la mezcla de aire/combustible al interior del cilindro. Por otro lado la válvula de escape se encuentra en la posición cerrada (Jeppesen, s.f., págs. 1-2).

2.5.2 Tiempo de Compresión.

En este punto el pistón empieza su carrera ascendente y la válvula de admisión se cierra. Debido a que la válvula de escape también se encuentra en la posición cerrada, el pistón comprime la mezcla de aire y combustible (Jeppesen, s.f., págs. 1-2).

2.5.3 Tiempo de Explosión y Expansión.

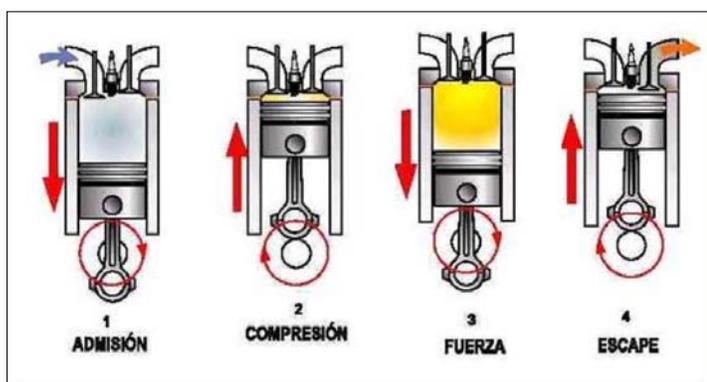
Cuando el pistón alcanza el punto máximo de su recorrido dentro del cilindro. Las bujías se encargan de producir una chispa eléctrica la cual da paso a la explosión, dentro del cilindro por lo que el pistón es impulsado hacia abajo (Jeppesen, s.f., págs. 1-3).

2.5.4 Tiempo de Escape.

Para terminar el ciclo el pistón nuevamente sube hacia el punto muerto superior, en este punto la válvula de escape ya no se encuentra cerrada, debido a que esta se abre para permitir la salida de los gases quemados, este proceso se denomina "Depuración". (Jeppesen, s.f., págs. 1-3).

Figura 2.

Ciclo de Cuatro Tiempos.



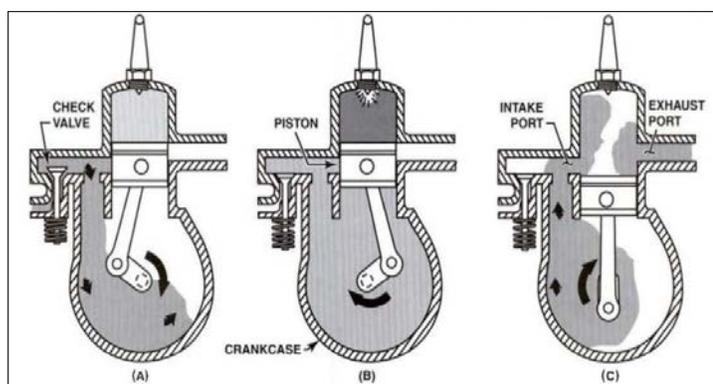
Nota: La figura representa el ciclo de operación del motor o el ciclo Otto. Tomado de (Conocimientos Automotrices, 2016).

2.6 Ciclo de dos Tiempos

Este tipo de motores es muy utilizado e ultraligeros, deportivos lijeros y muchos aviones experimentales. como su nombre mismo lo indica este tipo de motores de ciclos de dos tiempos requieren solo de una carrera ascendente y una descendente del pistón para completar la serie de eventos requerida en el cilindro. por lo tanto, el motor completa el ciclo de operación, en una revolución del cigüeñal, las funciones de admisión y escape se realizan durante la misma carrera. estos motiores pueden enfriarse por aire o agua y generalmente requieren una caracasa de reduccion de engranajes entre el motor y la helice (Administration, 2018, págs. 1-28).

Figura 3.

Motor de Dos Tiempos.



Nota: En la figura se muestra a un motor, construido para alivianar el peso. Tomado de (Jeppesen, 2004, págs. 1-28)

2.7 Tipos de Motores Recíprocos

Los motores alternativos pueden clasificarse según la disposición de sus cilindros con respecto al cigüeñal, (en línea, tipo V, opuestos y radiales), o según el método de enfriamiento, (refrigerado por líquido o enfriado por aire). En los motores refrigerados por aire, la transferencia de calor es directa desde los cilindros hacia el flujo de aire, mientras que los motores refrigerados por líquido, el calor se transfiere de los cilindros al refrigerante, que luego es enviado a través de tubos y enfriado dentro de un radiador, colocado en la corriente de aire (Administration, 1971, págs. 4-5).

2.7.1 Motores en Línea.

Un motor en línea por lo general posee un número par de cilindros, y es refrigerado por líquido o por aire (Oñate E. , 2005, pág. 130).

Figura 4.

Motor de Cilindros en Línea



Nota: La imagen representa a un motor de. Tomado de (Conocimientos Automotrices, 2016).

2.7.2 Motor de Cilindros Opuestos.

Este tipo de motor posee dos bancos, opuestos directamente uno con el otro con un cigüeñal en el centro. Los pistones de ambos bancos de cilindros están conectados al único cigüeñal. El motor puede ser enfriado por líquido o por aire, aunque en aviación la versión más utilizada es la refrigerada por aire. Este motor se puede montar de manera que los cilindros vayan en la posición vertical u horizontal.

Este motor posee una baja relación entre su peso y su potencia, y su silueta estrecha lo hace ideal para su instalación en las alas del avión y en la parte delantera del mismo avión, y otra ventaja es su libertad de vibración (Administration, 1971, pág. 5).

Figura 5.

Motor de Cilindros Opuestos.



Nota: La figura representa un motor opuesto. Tomado de (Administration, 2018)Motor de

2.7.3 Cilindros en “V”.

En los motores tipo V los cilindros están dispuestos en dos bancos en línea, separados generalmente a 60°. La mayoría de estos motores tienen 12 cilindros, los mismos que están refrigerados por líquido o por aire, los motores están designados por una V, por ejemplo “V1710” (Administration, 1971, pág. 5).

2.7.4 Motores Radiales.

El motor radial consiste en una fila o filas de cilindros dispuestas radialmente alrededor de un cárter central. Un tipo de motor radial tiene cuatro filas de cilindros con siete cilindros en cada fila. El poder de este motor varía de 100 a 3800 caballos de fuerza (Administration, 1971, pág. 5).

2.8 Componentes del Motor Alternativo

Las partes principales que componen un motor alternativo son las siguientes: Carter, cilindros, bielas, válvulas, mecanismos de operación de válvulas y cigüeñal. (Administration, 1971, págs. 5-6).

2.8.1 Cárter.

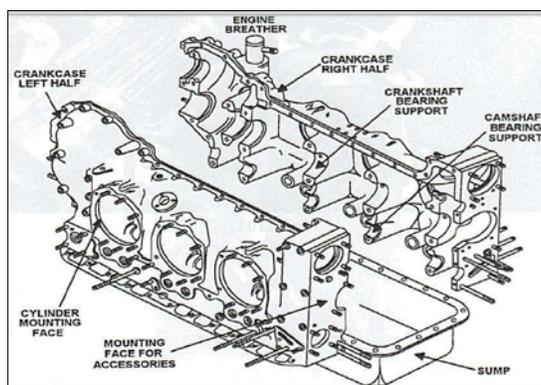
Es la carcasa principal del motor y generalmente se encuentra hecha de aleaciones de aluminio, esta carcasa encierra las diversas partes mecánicas que rodean al cigüeñal y contiene a los cojinetes los que permite el giro al cigüeñal. También contiene, el paso de aceite y galerías en ciertas áreas, para poder suministrar lubricación a los rodamientos y piezas móviles, además posee un sumidero de aceite y forma una cámara hermética para

contener el aceite, asimismo proporciona una cara para el montaje de accesorios como generadores y bombas, y permite el apoyo del motor al fuselaje de la aeronave.

Para asegurar que la presión dentro de la carcasa, sea igual a la presión atmosférica circundante se proporciona de un respiradero al cárter, En los motores de aviación destacan dos tipos generales de cárter, los cuales tienen una muy estrecha relación con el sistema de lubricación del motor de un automóvil, pero con peculiares diferencias, y estos son cárter húmedo y cárter seco (s.f., págs. 1-12).

Figura 6.

Componentes del Cárter



Nota: La figura representa a los componentes de un cárter. Tomado de (Jeppesen, 2004).

2.8.2 Cilindro.

El cilindro es lugar donde se desarrolla la explosión de la mezcla, siendo este una cámara de combustión donde se desarrolla la explosión y expansión de los gases, además alberga al pistón y la biela, para la construcción del cilindro se debe de tomar en cuenta cuatro factores (Administration, 2018, págs. 1-14).

- Debe de ser lo suficientemente fuerte para soportar las presiones internas durante la operación del motor.
- Debe de ser construido de un material ligero para aliviar el peso del motor.
- Poseer propiedades conductoras de calor para facilitar el enfriamiento.
- Debe de ser comparativamente fácil y económico de fabricar, inspeccionar y mantener.

Figura 7.

Partes del cilindro



Nota: La figura representa a los componentes del cilindro. Tomado de (Administration, 2018)

a. Cabeza de Cilindro.

El propósito de la culata es proporcionar un lugar para la combustión de la mezcla de aire/combustible. La mezcla se enciende por la chispa en la cámara de combustión y empieza a arder mientras el pistón viaja hacia arriba desde el PMI (Punto Muerto Inferior) en la carrera de compresión. La carga encendida se expande rápidamente en este momento, y la presión

aumenta de modo que a medida que el pistón viaja a través de la posición del PMS (Punto Muerto Superior), se conduce hacia abajo en el golpe de poder (Administration, 1971, pág. 18).

b. Barril de Cilindro.

Este es lugar donde se realiza las operaciones del pistón, debe de ser fabricado de un material de alta resistencia, ligero y que soporte altas temperaturas, generalmente se lo fabrica con acero. En algunos casos, el barril tendrá hilos en la superficie exterior, en un extremo para que pueda ser atornillado en la culata. Algunos barriles del cilindro son refrigerados por aire, para lo cual poseen alneas de aluminio reemplazables o aletas mecanizadas como parte integral del barril (Administration, 1971, pág. 18).

c. Numeración de los Cilindros.

En ocasiones es necesario referirse al lado izquierdo o lado derecho del motor, o a un cilindro en particular, por lo tanto, es necesario conocer las instrucciones del motor y como se encuentran numerados sus cilindros. El extremo del eje de la hélice es siempre el extremo frontal, y el extremo de los accesorios es siempre el extremo final, independientemente de cómo se monte el motor en la aeronave. Al referirnos al lado izquierdo o lado derecho del motor siempre debemos asumir que lo vamos a ver desde la parte trasera del motor (Administration, 1971).

La numeración de los cilindros en motores opuestos no son nada estándares, debido a que algunos fabricantes numeran los cilindros desde la parte trasera o desde la parte delantera del motor, para lo cual es recomendable consultar siempre el manual del fabricante del motor, en aviación menor es común el uso de dos marcas dominantes en la fabricación de

motores como son Telydine Continental y Lycoming, cada uno con diferente tipo de numeración en sus cilindros.

2.8.3 Numeración Motores Teledyne- Continental.

La numeración en este tipo de motor es muy particular ya que este siempre tiene su inicio en la parte delantera tomando como referencia la hélice, de ahí que el primer cilindro del lado derecho del motor viene a ser el cilindro número 1, y el cilindro del lado izquierdo el número 2, el segundo cilindro del lado derecho viene a ser el número tres y sucesivamente de acuerdo al número de cilindros que el motor contenga (Oñate E. , 2005., pág. 134).

2.8.4 Orden de encendido.

De acuerdo a lo mencionado el orden el orden de encendido, hace referencia al momento en el cual la chispa salta en cada uno de los cilindros para encender la mezcla. El orden que se da para el encendido en los motores en línea, en V y en motores opuestos ha sido diseñado para proporcionar un balance y tratar de eliminar al máximo las vibraciones que se producen dentro del motor. El orden de encendido se determina de acuerdo a la ubicación relativa de las muñequillas del cigüeñal, y de la forma en la cual se posicionen las levas en este eje.

El orden para el encendido en motores opuestos se la puede enumerar en pares de cilindros, debido a que cada pareja puede encender a través del rodamiento central principal. La numeración de los cilindros en los motores opuestos, no es estándar, debido a que algunos fabricantes, elaboran los motores con la numeración de los cilindros desde la parte de atrás, y otros fabricantes lo hacen desde la parte delantera del motor, para lo cual siempre será

necesario recurrir al manual del motor para determinar la numeración usada por cada fabricante (Gonzales Cruz, 2014, pág. 73).

En la siguiente tabla se muestra el orden de encendido de algunos motores alternativos usados en aviación.

Tabla 1.

Orden de Encendido de los Motores Recíprocos.

TIPO DE MOTOR	ORDEN DE ENCENDIDO
4- Cilindros en Línea	1-3-4-2 o 1-2-4-3
8- Cilindros en V (CW)	1R-4L-2R-3L-4R-1L-3R-2L
4- Cilindros Opuestos	1-3-2-4 ó 1-4-2-
6- Cilindros Opuestos	. 1-4-5-2-3-6
8- Cilindros Opuestos	1-5-8-3-2-6-7-4
9- Cilindros Radiales	1-3-5-7-9-2-4-6-8

Nota: En la siguiente tabla se puede observar el orden que presentan los diversos motores alternativos.

Tomado de (Gonzales Cruz, 2014).

2.8.5 Pistón

Los pistones son forjados en aleaciones de aluminio de alta resistencia, a también en acero, con la parte superior del pistón como cabeza, los alrededores en la parte inferior del pistón se llaman falda, tienen surcos mecanizados alrededor de ellos para sostener los anillos. Los anillos de compresión y control de aceite forman un tapón deslizando hermético, para que

los gases de la mezcla no escapen del cilindro. Los anillos de control de aceite están instalados en las ranuras de la parte inferior y regulan el espesor de la película del aceite en la pared del cilindro (Jeppesen, s.f., págs. 1-14).

Figura 8.

Componentes del pistón.



Nota: La figura representa al pistón con sus respectivos componentes. Tomado de (Jeppesen, 2004).

2.8.6 Segmentos.

Son aros metálicos situados en la parte superior de la falda del pistón, producen la estanquidad entre el pistón y el cilindro. Los aros se sitúan en unas ranuras mecanizadas en el pistón que se llaman gargantas y estos se pueden clasificar de acuerdo a su función (Oñate E. , 2005., pág. 138).

a. Segmentos de Compresión.

Son aquellos aros metálicos que se encuentran más cercanos a la parte superior del pistón, y su función es la de no permitir la fuga de los gases de la cámara de combustión, realizan la función de estanquidad (Oñate E. , 2005., pág. 138).

b. Segmentos de Engrase.

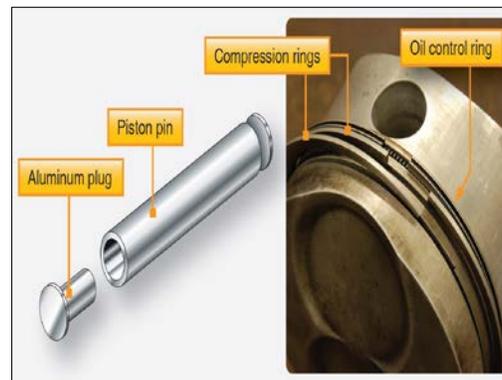
Los segmentos de engrase son aquellos que van situados inmediatamente después de los segmentos de compresión, aunque por arriba del bulón, su función es la de regular el espesor de la película de aceite lubricante que se forma entre la falda del pistón y la pared interna del cilindro (Oñate E. , 2005., pág. 138).

c. Segmento Recogedor de Aceite.

Este segmento se encuentra situado en la parte inferior de la falda del pistón, su función es recoger el lubricante que haya quedado en la pared interna del cilindro y devolverlo al sistema de lubricación (Oñate E. , 2005., pág. 138).

Figura 9.

Conjunto de Segmentos.



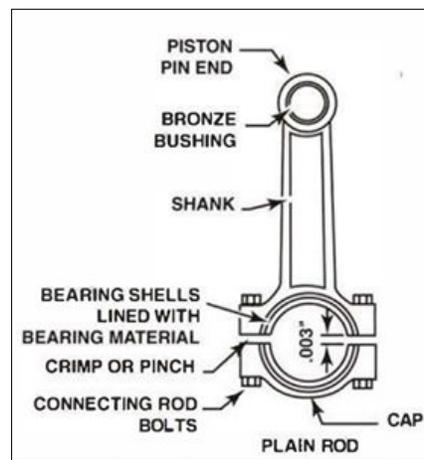
Nota: La figura representa a los segmentos ubicados en el pistón. Tomado de (Administration, 2018).

2.8.7 Bielas.

La biela es el enlace que transmite la fuerza ejercida sobre un pistón a un cigüeñal. La mayoría de las bielas son de una aleación de acero duradera, el aluminio se puede utilizar con motores de baja potencia. Cuanto más ligera es una biela, menos inercia se produce, cuando la varilla y el pistón se detienen, y luego aceleran en la dirección opuesta al final de cada carrera. Un extremo de una biela se conecta al cigüeñal, mientras que el otro extremo se conecta al pistón (Crane, 1996, págs. 1-12).

Figura 10.

Componentes de una Biela.



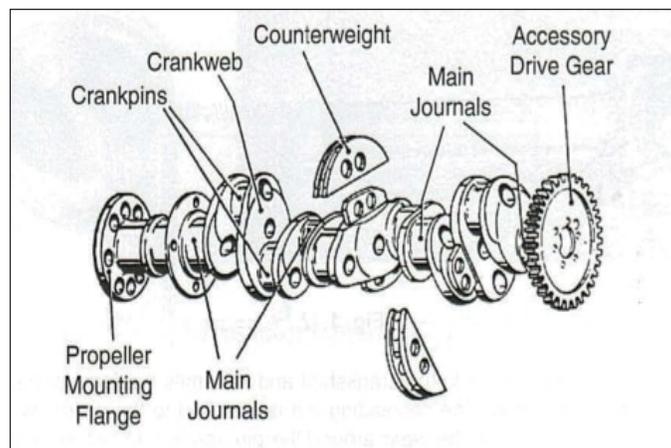
Nota: La figura representa a la sección de la biela. Tomado de (Crane, 1996).

2.8.8 Cigüeñal.

El cigüeñal es la columna vertebral de un motor alternativo. Su objetivo principal es transformar el movimiento alternativo de los pistones y las bielas en movimiento giratorio para girar una hélice. Un cigüeñal típico tiene uno o más cigüeñales, ubicados en puntos específicos a lo largo de su longitud. Generalmente están forjados de una aleación fuerte como el acero, cromo-níquel, molibdeno. Algunos cigüeñales están hechos de una sola pieza de acero, mientras que otros consisten en varios componentes (Oñate E. , 2005., pág. 141).

Figura 11.

Componentes de un Cigüeñal.



Nota: La figura representa al conjunto del cigüeñal. Tomado de (Crane, 1996).

2.8.9 Válvulas.

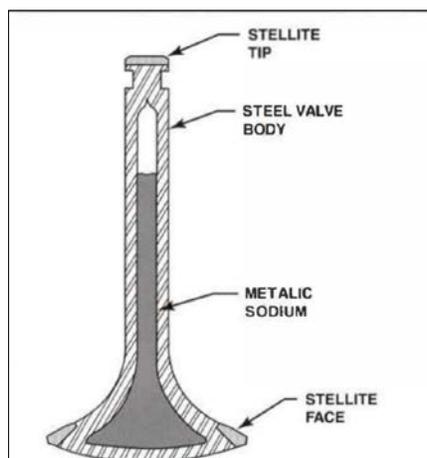
Las válvulas del motor regulan el flujo de gases dentro y fuera de un cilindro abriéndolo y cerrándolo en momentos predeterminados en el proceso de combustión. Cada cilindro tiene al menos una válvula de admisión y una válvula de escape. La válvula de admisión controla la mezcla de aire/combustible que ingresa a un cilindro a través del puerto de admisión, mientras que la válvula de escape permite que los gases de escape salgan del cilindro a través del puerto de escape.

Las válvulas utilizadas en los cilindros de los motores de aviación están sujetas a altas temperaturas, corrosión y a fatigas extremas de operación. Por lo tanto, las válvulas deben de construirse de materiales capaces de resistir estos factores, las válvulas de admisión por lo general son construidas en materiales de cromo, níquel, o acero y las válvulas de escape

debido a su trabajo deben de soportar temperaturas elevados se construyen de aleaciones de silicio-cromo o cobalto –cromo (Jeppesen, 2004, págs. 1-22,1-23).

Figura 12.

Componentes de la Válvula.



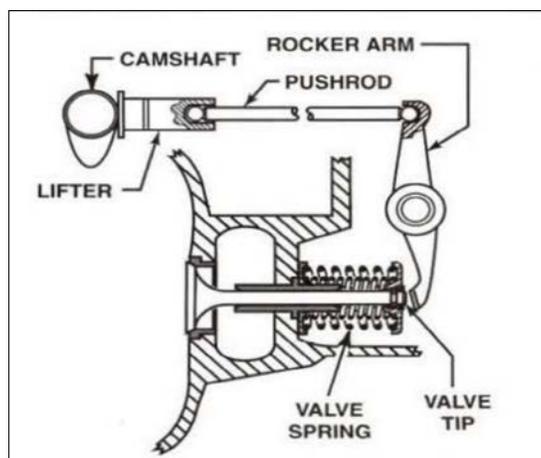
Nota: La figura representa a la válvula y sus componentes. Tomado de (Jeppesen, 2004).

2.8.10 Mecanismos de funcionamiento de la válvula.

Todos los motores alternativos requieren un mecanismo de funcionamiento de la válvula, para poder abrir cada válvula en el momento correcto, y que lo mantenga abierto durante un cierto período, y posterior el cierre de la válvula. Un mecanismo típico de operación de válvula consiste en un árbol de levas o un anillo de levas, que es impulsado internamente el cual empuja contra un elevador de válvula. El levantador de la válvula, o empujador, transmite la fuerza de la leva a una varilla de empuje, que, a su vez, acciona un balancín para presionar y abrir la válvula contra la tensión del resorte de la válvula que mantiene la válvula cerrada (Jeppesen, 2004, págs. 1-23).

Figura 13.

Mecanismo de Válvulas.



Nota: La imagen representa al conjunto de válvulas. Tomado de (Jeppesen, 2004).

2.8.11 Cojinetes o rodamientos.

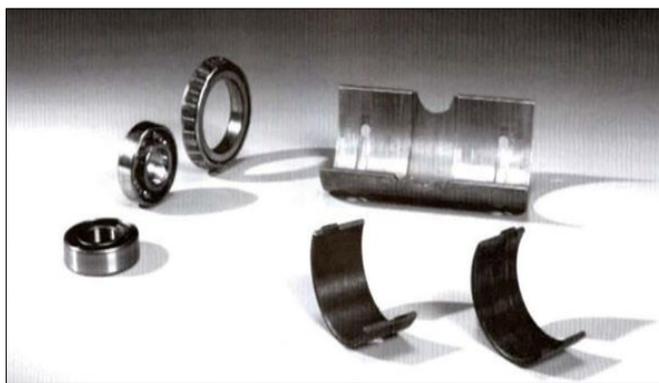
Un rodamiento es cualquier superficie que soporta y reduce la fricción entre dos partes móviles. Las áreas típicas donde se usan rodamientos en un motor de avión incluyen los cigüeñales, los extremos de las bielas y los ejes de transmisión de accesorios. Un buen rodamiento debe de estar compuesto de un material lo suficientemente fuerte como para soportar la presión que se le impone mientras permite la rotación o movimiento entre dos partes con un mínimo de fricción y desgaste.

Para que un rodamiento proporcione una operación eficiente y silenciosa, debe sostener dos partes en una posición casi fija con tolerancias muy cercanas. Los rodamientos

deben soportar cargas radiales, cargas de empuje o una combinación de las dos, hay dos formas en que las superficies de apoyo se mueven una con respecto a la otra. Una es por el movimiento deslizante de un metal con otro, y la segunda es que una superficie rueda sobre la otra. Los motores alternativos usan rodamientos que dependen de ambos tipos de movimientos, los tres tipos de rodamientos utilizados en motores alternativos incluyen el rodamiento liso, rodamiento de bolas y el rodamiento de rodillos (Jeppesen, 2004, págs. 1-11).

Figura 14.

Tipos de Cojinetes.



Nota: La imagen representa a los diferentes tipos de cojinetes. Tomado de (Jeppesen, 2004).

2.9 Sistema de lubricación

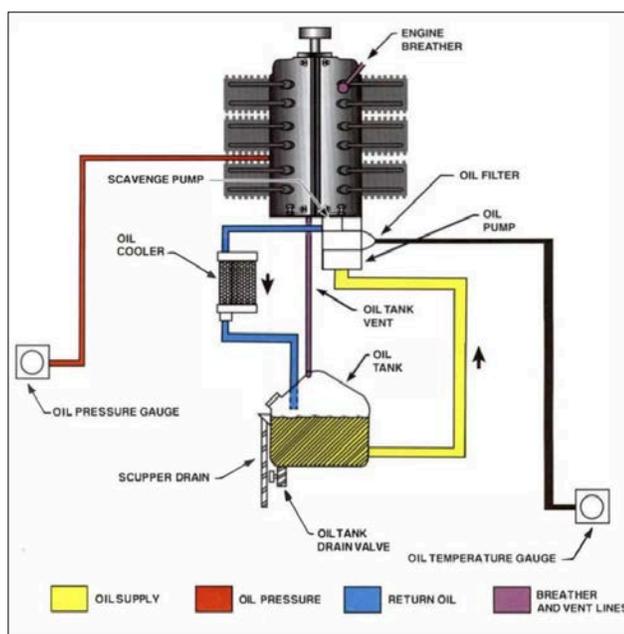
El sistema de lubricación del motor tiene como función principal suministrar la cantidad adecuada de líquido lubricante “Aceite” a todo el motor, en cantidad suficiente y a la presión correcta para refrigerar y lubricar las partes que se encuentran expuestas a la fricción. El sistema de lubricación consiste en una bomba interna de aceite la cual es accionada por un

motor, una válvula de alivio de presión, un sumidero de aceite y puertos de detección de aceite, y un enfriador (Company, Cessna Aircraft, 1977).

Este sistema es de vital importancia para el motor y su funcionamiento debido a que este es el encargado de eliminar el exceso de calor de muchos componentes internos del motor, evitando así que estas piezas queden fundidas entre si, además se encarga de limpiar la parte interna del motor y refrigerar sus componentes.

Figura 15.

Esquema del Sistema de Lubricación.



Nota: La imagen representa al conjunto sistemático del sistema de lubricación. Tomado de (Jeppesen, 2004).

2.9.1 Clasificación del Sistema de Lubricación.

Los sistemas de lubricación del motor alternativo se clasifican en dos, como son el sistema de cárter húmedo y el sistema de cárter seco.

a. Cárter Húmedo.

Con un sistema de cárter húmedo, todo el aceite se transporta en el motor, es muy similar al sistema de un automóvil. Con este tipo de sistema, el aceite es recogido por una bomba y distribuido por todo el motor. Una vez que el aceite ha circulado, se drena hacia el sumidero donde es recogido y recirculado una de sus ventajas es su simplicidad y peso ligero, Sin embargo, este tipo de sistemas tiene algunas desventajas porque su capacidad de aceite se encuentra limitada por el tamaño del sumidero y se hace más difícil enfriar el aceite, ya que este contenido dentro del motor, convirtiéndose en una fuente de calor (Jeppesen, 2004, págs. 9-8).

b. Cárter Seco.

Los sistemas de sumidero seco difieren de los sistemas de sumidero húmedo en que el aceite se almacena en un tanque de aceite independiente, lo que permite que se pueda transportar una mayor cantidad de aceite, en este tipo de sistema, una bomba de aceite extrae el aceite del tanque, y lo hace circular por todo el motor, una vez circulado el aceite se acumula en el fondo del cárter donde una bomba de recolección recoge el aceite y lo bombea de regreso al tanque.

Si el tanque se encuentra instalado más alto que la entrada de aceite del motor, se debe de instalar válvulas de retención para evitar que el aceite vuelva al cárter del motor, y así

cumpla su objetivo principal que es de enfriar el motor, además posee unos filtros para la limpieza del aceite de impurezas y que este no cause daños al motor. (Jeppesen, 2004, págs. 9-8)

2.9.2 Propósito del Sistema de lubricación.

El propósito principal de la lubricación es reducir la fricción creada entre las partes móviles del motor, el mantener una buena lubricación puede reducir sustancialmente el desgaste del motor, colocando una película fina de aceite entre las partes móviles reduce la fricción, evitando el contacto del metal, además el aceite sirve como un sellador, al crear una película fina de aceite en las paredes del cilindro y el pistón, evitando fugas del gas en la cámara de combustión, asimismo el aceite protege a los componentes del motor de golpes producidos por la combustión, como son el cigüeñal, bielas y mecanismos de operación de la válvula mediante la aplicación de una fina capa de aceite.

Otra función de aceite es la de absorber el calor de los componentes internos del motor, disipando el calor a la atmosfera al pasar el aceite a través de un enfriador de aceite (intercambiador de calor), al circular este recoge la contaminación en forma de suciedad, polvo y carbón que la atmosfera y el proceso de combustión han introducido al motor. Como última función del aceite es la de proteger a las partes metálicas internas del motor de la corrosión (Jeppesen, s.f., págs. 4-1).

2.9.3 Distribución de Aceite.

El sistema de lubricación tiene como propósito principal lubricar los componentes internos del motor, así mismo la enfriar y la de limpiar el sistema del motor para que no ocurran daños en su funcionamiento, para poder realizar este trabajo el lubricante debe de

distribuirse por todo el motor, siendo las formas más comunes de distribuir el líquido por todo el motor, el uso de la presión, salpicadura, y técnicas de lubricación por aspersion (Jeppesen, 2004, págs. 9-8).

a. Lubricación a Presión.

La lubricación a presión es la más común en motores alternativos, todos los sistemas de lubricación a presión dependen de una bomba para suministrar aceite presurizado a las partes críticas del motor, en la mayoría de los casos la bomba utilizada en el sistema de presión es una bomba de desplazamiento positivo impulsada por un motor. Una vez que el aceite pasa a través de la bomba de aceite, este pasa a través de varios pasajes dentro del cárter donde se distribuye a varios componentes del motor. Los componentes típicos dentro de un motor que están lubricados con aceite a presión incluyen todos los cojinetes lisos, cojinetes principales del cigüeñal y del árbol de levas, cojinetes de biela inferior y conjunto de válvulas (Jeppesen, 2004, págs. 9-8).

b. Lubricación por Salpicadura.

La lubricación por salpicadura se produce por el movimiento de los componentes internos que salpican el aceite, este método de lubricación es muy efectivo en motores donde el aceite se almacena en el cárter, mediante la siguiente configuración. Cuando el pistón llega al final de una carrera su manivela se sumerge parcialmente en aceite y lo inyecta en otros componentes, los componentes que a menudo se lubrican con salpicaduras de aceite incluyen paredes del cilindro, lóbulos del árbol de levas, cojinetes superiores de levas, pasadores de pistón y engranajes de accesorios (Jeppesen, 2004, págs. 9-8).

c. Lubricación por Pulverización.

Muchos motores alternativos de gran tamaño son físicamente muy grandes para que la lubricación por salpicadura sea efectiva, en este caso es necesaria la lubricación por pulverización. Sin embargo, este tipo de lubricación es similar a la lubricación por presión de aceite, sin embargo, en lugar de en rutar el aceite a un componente a través de un pasaje de aceite, el aceite se rocía a un componente a través de una boquilla. Los componentes del motor que están pulverizados por el aceite incluyen algunas paredes de cilindros y lóbulos de levas (Jeppesen, 2004, págs. 9-8).

2.10 Componentes del Sistema de Lubricación

Un tipo de sistema de lubricación a presión consiste en un tanque de aceite, bomba de aceite, válvula de alivio de presión de aceite, enfriador de aceite, líneas de ventilación y todas las tuberías y conexiones necesarias, además en los sistemas que incorporan un sistema de sumidero seco, se requiere una bomba para dar movimiento al aceite y los instrumentos adecuados para el monitoreo de la presión y temperatura del aceite (Jeppesen, s.f., págs. 4-3).

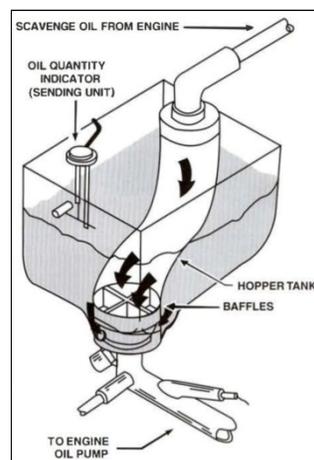
2.10.1 Tanque de Aceite.

Los tanques de aceite generalmente se fabrican de aleaciones de aluminio, este se coloca lo más cercano al motor y lo suficientemente alto por encima de la entrada de la bomba de aceite para garantizar la alimentación por gravedad. La capacidad del tanque de aceite varía con los diferentes tipos de aviones, pero generalmente es suficiente para asegurar un suministro adecuado de aceite para el suministro total de combustible. El cuello de llenado del

tanque es posicionado para proporcionar suficiente espacio para el aceite, la expansión de gases y formación de espuma.

Figura 16.

Tanque de Aceite.



Nota: La imagen representa al tanque de aceite con sus respectivos componentes. Tomado de (Jeppesen, s.f.).

2.10.2 Bombas y Tipos de Bombas.

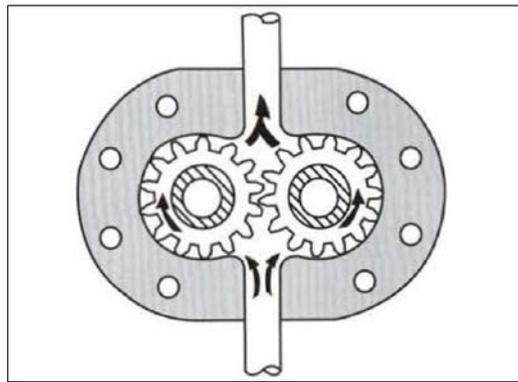
Cuando el aceite ingresa al motor, este se presuriza, filtra y regula por unidades dentro del motor. Cuando el aceite ingresa al motor es presurizado por una bomba de desplazamiento positivo, la cual se encarga de suministrar el aceite para la lubricación de todos los componentes móviles del motor, para realizar este trabajo existen diferentes tipos de bombas que son utilizados en motores de aviación las más comunes son la bomba de engranajes y la bomba gerator (Administration, 2018).

a. Bomba de Engranajes.

La bomba de engranajes es la más común, esta consiste en dos engranajes de doble giro, los mismos que giran dentro de una carcasa. Estos engranajes y la carcasa se encuentran mecanizados con mucha precisión, para mantener el espacio entre estos componentes, lo más pequeño posible. Su funcionamiento consiste en que los engranajes recogen el aceite de la entrada de la bomba, para luego quedar atrapado entre los dientes y la carcasa, a medida que los engranajes giran, el aceite que se encuentra atrapado se libera a la salida de la bomba para realizar su recorrido por el motor (Jeppesen, 2004, págs. 9-12).

Figura 17.

Bomba de Engranajes.



Nota: La figura representa el funcionamiento de una bomba de engranajes utilizada para la distribución del aceite hacia el sistema. Tomado de (Administration, 2018).

b. Bomba Gerator.

Este es un tipo de bomba de desplazamiento es utilizada para mover el aceite a través del motor, esta bomba consiste en un engranaje recto impulsado por un motor que gira dentro de una carcasa de rotor de giro libre. El rotor y el engranaje impulsor se instalan dentro de una carcasa que tienen dos aberturas, la primera abertura es la entrada del aceite mientras que la otra es la abertura de salida de aceite (Jeppesen, 2004, págs. 9-12).

Figura 18.

Bomba Tipo Gerator.



Nota: La figura representa una bomba de desplazamiento utilizada para el movimiento del aceite en el sistema. Tomado de (CASCON, 2020).

c. Bomba Scaveng.

Muchos sistemas de sumideros secos usan esta bomba para devolver el aceite al sumidero. Una bomba de barrido puede ser del tipo engranajes o gerator impulsada por un motor. Estas bombas tienen una capacidad mayor que la bomba de presión debido a que el

aceite fluye a través de un motor, y el aceite en este punto obtiene un mayor volumen debido a la formación de espuma y la expansión térmica, por lo tanto, para asegurar que el aceite no se acumule en el sumidero del motor, la bomba de barrido debe ser capaz de bombear un mayor volumen de aceite que la bomba de presión (Jeppesen, 2004, págs. 9-12).

2.10.3 Filtros.

Los filtros se encuentran instalados para eliminar partículas sólidas que se encuentran presentes en el aceite, la filtración es muy necesaria para proteger a las partes móviles del motor de contaminantes sólidos presentes en el aceite. En la actualidad solo existen dos sistemas de filtración utilizados en los motores de aviación, que son el sistema de flujo completo y el sistema de derivación (Jeppesen, 2004)

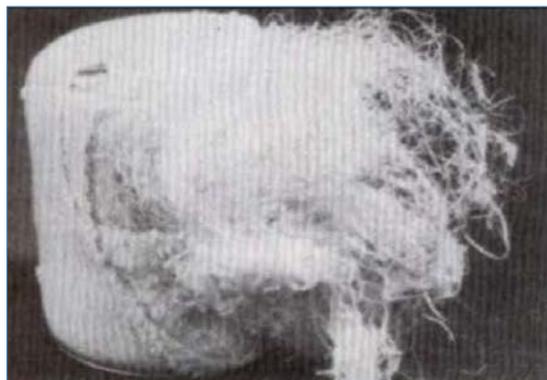
2.10.4 Tipos de Filtración.

a. Filtración en Profundidad.

Este tipo de filtro consiste en un molde de fibras embaladas a una profundidad de casi una pulgada. El líquido circula a través de esta esterilla y sus fibras son las encargadas de atrapar los contaminantes presentes en el aceite. Estos filtros son muy efectivos debido a que tienen la capacidad de atrapar grandes cantidades de contaminantes, pero al mismo tiempo presentan una gran desventaja, debido a que el aceite cuando se encuentra a muy alta presión forma un conducto a través de la estructura del filtro. Si esto llega a suceder el filtro pierde su capacidad de filtración (Jeppesen, 2004, págs. 9-15).

Figura 19.

Filtro de Profundidad.



Nota: La figura representa al filtro de profundidad. Tomado de (Jeppesen, 2004)

b. Filtración a profundidad parcial.

Los filtros utilizados en la actualidad, son filtros de uso desechable de profundidad parcial, el mismo que consta de fibras impregnadas mediante resina. Estas fibras toman la forma de una hoja alargada, las mismas que se van plegando alrededor de un núcleo de chapa de acero perforado internamente. Estos pliegues aumentan radicalmente el área de superficie del filtro y esto le permite una mayor capacidad de filtración en unidades más pequeñas. El filtro se encuentra ubicado en una carcasa cilíndrica de acero, el mismo que es parte integral del elemento filtrante. Este tipo de filtros se encuentran montado en el motor con un accesorio roscado y es conocido como un filtro giratorio (Jeppesen, 2004, págs. 9-15).

Figura 20.

Filtro de Profundidad Parcial.



Nota: La figura representa al filtro de profundidad parcial. Tomado de (Jeppesen, 2004).

c. Filtración de superficie.

La construcción de este tipo de filtro se basa en una doble pared de alambre tejido. Este filtro proporciona, un área grande de filtrado en una unidad compacta y es útil para atrapar contaminantes de gran tamaño, pero no se recomienda para los contaminantes de menor tamaño. A medida que el aceite pasa a través del filtro de malla fina, la suciedad, los sedimentos y otros elementos extraños se eliminan y se depositan en el fondo de la carcasa. A intervalos regulares se debe de retirar la cubierta y limpiar el filtro junto con la carcasa mediante el uso de solvente. Este tipo de filtro es muy usado como filtro de succión en la entrada de la bomba de aceite (Administration, 2018).

Figura 21.

Filtro de Superficies.



Nota: La figura representa al filtro de superficie. Tomado de (Jeppesen, 2004).

d. Filtro de bordes.

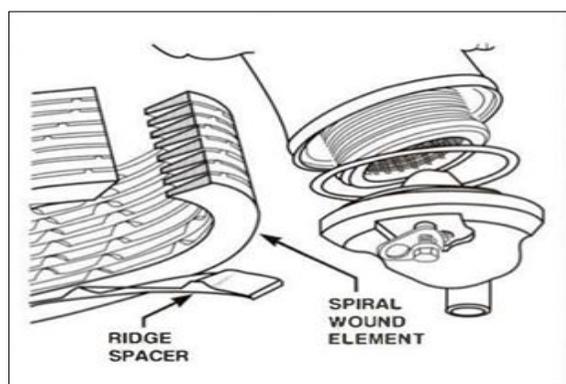
Este tipo de filtro de aceite se denomina Espiral o Cuno, consta de un elemento enrollado en forma de espiral, en una tira larga metálica con forma de cuña que es enrollado en forma de espiral oprimida. Los bordes alargados de toda la tira separan la espiral en todas sus vueltas en una cantidad uniforme. Mediante este filtro el tamaño de las partículas a ser filtradas depende del grosor de los bordes. Los contaminantes se acumulan en el lado más grueso de la cuña que se encuentra en la circunferencia exterior de la espiral, acumulándose todos los contaminantes a medida que el aceite fluye desde el exterior del elemento hacia la parte interior.

El aceite de la bomba entra en el cartucho y lo rodea, pasando a través de los espacios entre los discos, luego a través del centro hueco y hacia el motor. Cualquier partícula extraña que se deposite en la superficie externa del cartucho, será retirada cuando se realice

el giro del cartucho, las paletas del limpiador giran provocando la limpieza de materia extraña presente en los discos, este movimiento se lo puede realizar mediante una manija que es accionada manualmente (Administration, 2018).

Figura 22.

Filtro de Bordes.



Nota: La figura representa al filtro de Bordes. Tomado de (Jeppesen, 2004).

2.10.5 Válvula de Alivio.

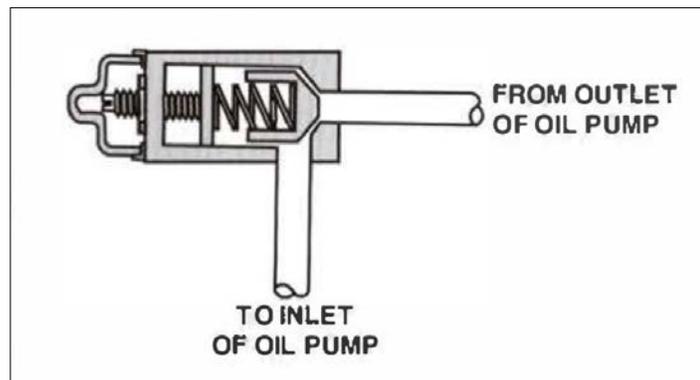
Una válvula de alivio de presión de aceite, limita la presión de aceite hasta un valor predeterminado, dependiendo de la instalación. La presión del aceite debe de ser lo suficientemente alta para asegurar una lubricación adecuada en el motor y sus accesorios a altas velocidades y potencias. Por otro lado, la presión no debe ser demasiado alta, ya que pueden producirse fugas y daños al sistema de aceite.

La mayoría de los motores de aviones cuando se gira el tornillo en sentido de las agujas del reloj aumenta la tensión del resorte que sostiene la válvula de alivio en su asiento y

aumenta la presión del aceite, cuando el ajuste del tornillo es en sentido anti horario disminuye la tensión del resorte y baja la presión. El procedimiento exacto para el ajuste de presión de aceite y los factores que varían un ajuste de presión de aceite vienen en las instrucciones del fabricante (Administration, 1971, pág. 289).

Figura 23.

Válvula de Alivio.



Nota: La imagen representa a la válvula de alivio a sus componentes. Tomado de (Jeppesen, 2004).

2.10.6 Enfriador de Aceite.

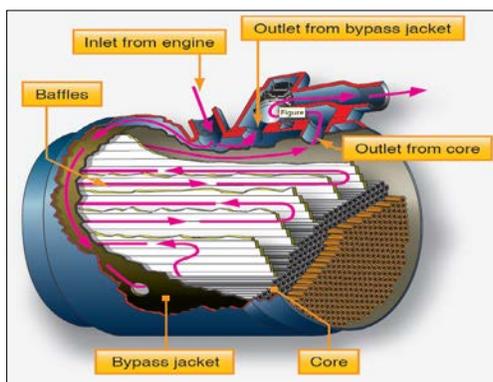
El enfriador, ya sea este cilíndrico o elíptico consiste en un núcleo encerrado en una concha de doble pared, el núcleo está construido de tubos de cobre o aluminio, con los extremos del tubo formados en forma hexagonal y unidos formando un efecto de panel. Los extremos de los tubos de cobre se encuentran soldados, mientras que los tubos de aluminio están soldados o se encuentran unidos mecánicamente.

Los tubos se tocan tan solo en los extremos para que exista un espacio entre ellos a lo largo de sus longitudes, esto permite que el aceite fluya a través de los espacios entre los tubos, mientras que el aire de enfriamiento pasa a través de los tubos, el espacio que existe entre la parte interna y externa se conoce como chaqueta anular o de derivación. Dos caminos se encuentran abiertos al flujo de aceite a través del enfriador. Desde la entrada, puede fluir hasta la mitad alrededor de la chaqueta de derivación, ingresa al núcleo desde la parte inferior, y luego pasa por los espacios entre los tubos y sale al tanque de aceite.

Este es el recorrido del aceite cuando se encuentra caliente, el aceite necesita ser enfriado. A medida que el aceite fluye a través del núcleo, este es guiado por deflectores que obligan al aceite a viajar hacia adelante y hacia atrás varias veces antes que llegue a la salida del núcleo. El aceite también puede pasar directamente alrededor de la chaqueta de derivación hacia la salida sin pasar por el núcleo. El aceite sigue esa ruta de derivación cuando el aceite se encuentra frío o cuando el núcleo está bloqueado con aceite espeso o congelado (Administration, 2018, págs. 6-10).

Figura 24.

Enfriador de Aceite.



Nota: La imagen representa al enfriador de aceite y su estructura interna. Tomado de (Administration, 2018).

2.10.7 Instrumentos del Sistema de Lubricación.

El primer avión no tenía ningún instrumento del motor, ya que sus motores funcionaban por un corto tiempo, y el piloto podía decir por el sonido cuando los motores estaban desarrollando suficientes RPM para el vuelo. A medida que los motores y los aviones evolucionaron se fueron instalando, tacómetros, medidores de presión de aceite y medidores de temperatura (Crane, 1996, pág. 543).

Tabla 2.

Tabla del Marcado de rango de instrumentos

Instrument	Rango	Accuracy/ Transient Response Time	Red Line	Green Arc	Yellow Arc	Red Line
			Minimum	Normal	Caution	Maximum
Tachometer	(0-3500 RPM)	± 25 RPM/ <5seconds	....	0-2750	....	>2750
Cylinder Head temp(CHT). (spark plug thermocouple)	(200-500°F)	$\pm 10^\circ\text{F}$ 10 seconds	....	240-420°F	420-480°F	>480°F

Oil	(20-265°F)	± 5°F	....	75-220°F	<75°F	>240°F
Temperature		< 10			221-240°F	
		seconds				
Oil Pressure	(0-100 psig)	± 2 psig	100 psig	30-60°psig	10-29psig	100 psig
		< 10	(idle)		61-100psig	(cold)
		seconds				

Nota: En la siguiente tabla observamos los rangos límites y básicos que tienen los instrumentos del motor para su correcto funcionamiento. Tomado de (Engine, 2017).

a. Medidor de Presión de Aceite.

Este es el instrumento más importante para el correcto funcionamiento del motor. Si la presión de aceite fallara, la falla del rodamiento ocurriría rápidamente. Un arco verde en la cara del medidor nos indica si el rango de presión se encuentra normal, un arco amarillo nos indicara el rango de precaución y una línea roja nos muestra la presión máxima del aceite. La presión del aceite debe registrarse en el medidor dentro de los 30 segundos posteriores al arranque del motor o un poco más si el día se encuentra frío. Si la presión no se registra dentro de este tiempo es necesario apagar el motor (Jeppesen, Power Plant Jaa ATPL Training, s.f., págs. 4-7)

Figura 25.

Indicador de Presión de Aceite.



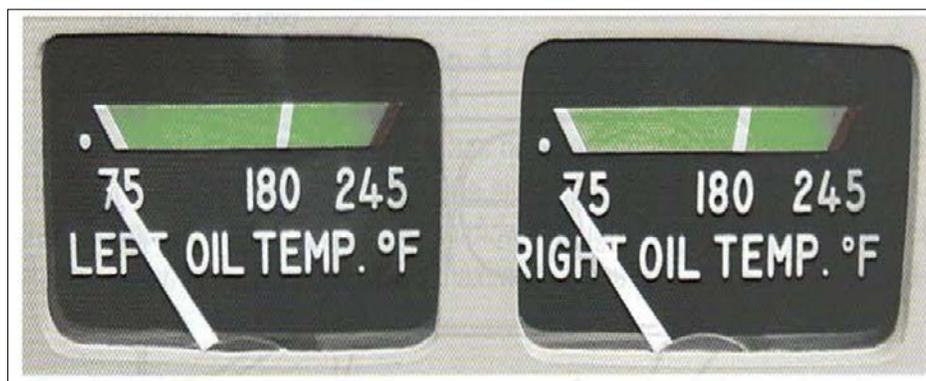
Nota: La figura representa al instrumento encargado de medir la presión del aceite en el funcionamiento del motor. Tomado de (Administration, 1971).

b. Medidor de Temperatura.

Este medidor muestra la temperatura del aceite tomada después del enfriador de aceite y tiene un arco verde para mostrar el rango de temperatura normal, y una línea roja para la indicación de máxima temperatura. Los indicadores utilizados en los aviones ligeros consisten en tubo Bowden, sellado de un fluido, como la temperatura del aceite lubricante se eleva, este calienta el líquido en el tubo y hace que se expanda. Esta expansión da como resultado que el puntero se mueva sobre la escala de temperatura presente en el tablero de instrumentos del piloto (Jeppesen, s.f., págs. 4-7)

Figura 26.

Indicador de Temperatura de Aceite.



Nota: La figura representa los rangos de temperatura en los que puede estar el aceite para poder realizar su trabajo correctamente. Tomado de (Administration, 1971).

2.11 Líquidos lubricantes

El propósito principal de un líquido lubricante es reducir la fricción entre dos partes móviles, debido a sus propiedades líquidas estos pueden circular fácilmente por las partes mecánicas del motor. La lubricación mediante fluidos se basa en la separación de las superficies para que no exista un contacto de metal con metal, mediante la formación de una película fina de aceite, esta película fina cubre las superficies metálicas y reemplaza la fricción metálica, manteniendo el desgaste y la fricción al mínimo (Administration, 1971, pág. 285).

Un motor operado con lubricación insuficiente en minutos se sobrecalentará, el servicio inadecuado del sistema de lubricación puede causar desgaste excesivo de las piezas móviles, este sistema cumple funciones muy importantes como son, reducir la fricción entre las partes móviles del motor y proporciona un sellado y amortiguación entre las piezas móviles. El aceite

absorbe el calor de las paredes del cilindro y los pistones, y los transfiere a fuera del motor, el aceite protege las partes metálicas del motor contra la corrosión y recoge los contaminantes llevándolos al filtro donde permanecen atrapados (Crane, 1996, pág. 89).

En si las principales funciones del aceite son:

- Reducir la fricción.
- Sellado térmico.
- Eliminar el calor.
- Limpiar los componentes internos del motor.
- Proteger de la corrosión.

2.11.1 Propiedades y Aditivos de los Lubricantes del Motor Alternativo.

Los aceites de aviación tienen características diferentes a la de los aceites de los automóviles, debido a que los aceites del motor de aviación deben de cumplir algunos requisitos, que determinan las características del aceite que serán utilizados en el motor (Crane, 1996, pág. 92).

a. Viscosidad.

La viscosidad es la fricción interna o fluida de un líquido y la resistencia del material a fluir. La viscosidad del aceite lubricante del motor ha sido históricamente medida en términos de viscosidad Saybolt Seconds Universal (SSU). En general, los aceites de aviación comercial se clasifican por un número (como 80, 100, 140, etc.) que es una aproximación de la viscosidad medida por un instrumento de prueba llamado Viscosímetro Universal Saybolt.

En este instrumento, un tubo contiene la cantidad específica del aceite a analizar. El aceite es llevado a una temperatura exacta por un baño líquido que rodea el tubo. El tiempo en segundos requerido para que fluyan exactamente 60 centímetros cúbicos de aceite a través de un orificio calibrado con precisión se registra como una medida de la viscosidad del aceite. Si los valores reales de Saybolt se usaran para designar la viscosidad del aceite, probablemente habría varios cientos de grados de aceite.

Para simplificar la selección de aceites, a menudo se clasifican bajo un sistema SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices) que divide todos los aceites en siete grupos (SAE 10 a 70) de acuerdo con la viscosidad a 130 ° F o 210 ° F. Las clasificaciones SAE son puramente arbitrarias y no tienen relación directa con Saybolt u otras clasificaciones. La letra W ocasionalmente se incluye en el número SAE que da una designación, como SAE 20W. Este W indica que el aceite, además de cumplir con los requisitos de viscosidad en las especificaciones de temperatura de prueba, es un aceite satisfactorio para uso en invierno en climas fríos.

Esto no debe confundirse con el W usado delante del número de grado o peso que indica que el aceite es del tipo dispersante sin cenizas. Un número SAE indica solo el grado de viscosidad o la viscosidad relativa; no indica calidad u otras características esenciales. Es bien sabido que hay buenos aceites y aceites inferiores que tienen las mismas viscosidades a una temperatura dada y, por lo tanto, están sujetos a clasificación en el mismo grado.

Las letras SAE en un contenedor de aceite no son un aval o recomendación del aceite por parte de SAE. Aunque cada grado de aceite está clasificado por un número SAE, dependiendo de su uso específico, puede estar clasificado con un número de grado de aviación comercial o un número de especificación del Ejército y la Marina. La correlación entre

estos sistemas de numeración de grados se muestra a continuación (Administration, 2018, págs. 6-3).

Tabla 3.

Designación del Grado para Aceites de Aviación.

Commercial Aviation No.	Commercial SAE No.	Army and Navy Specification No.
65	30	1065
50	40	1080
100	50	1100
120	60	1120
140	70	

Nota: En la siguiente tabla se muestra la clasificación de los grados de aceite de acuerdo a su uso específico. Tomado de (Administration, 2018).

b. Índice de Viscosidad.

El índice de viscosidad, es un número que indica el efecto de los cambios de temperatura en la viscosidad con el aceite. Cuando el aceite tiene un índice de viscosidad bajo, significa un cambio relativamente grande de viscosidad con el aumento de la temperatura. El aceite se vuelve delgado a altas temperaturas y espeso a bajas temperaturas. Los aceites con un alto índice de viscosidad tienen pequeños cambios en la viscosidad en un amplio rango de temperatura.

El mejor aceite para la mayoría de los propósitos es el que mantiene una viscosidad constante durante los cambios de temperatura. El aceite que tiene un alto índice de viscosidad resiste un espesamiento excesivo cuando el motor está sujeto a bajas temperaturas. Esto permite velocidades de arranque rápidas durante el encendido y una rápida circulación del aceite durante el arranque inicial. Este aceite resiste el adelgazamiento excesivo cuando el motor está a la temperatura de funcionamiento y proporciona lubricación completa y protección contra la carga de los cojinetes (Administration, 2018, págs. 6-3).

c. Gravedad Específica.

La gravedad específica de un aceite es la comparación del peso de un aceite con el peso de un volumen igual de agua destilada a una temperatura específica. Por ejemplo, el agua pesa aproximadamente 8 libras por galón, y por lo tanto el peso específico de 0.9 pesa 7.2 libras por galón ($0.9 \times 8 = 7.2$). El instituto americano del petróleo (API) ha formulado una medición para la gravedad específica de los aceites, que es una expansión de la escala de gravedad específica regular.

Se considera que la escala API es una medida más precisa de la gravedad de un aceite debido a que proporciona más detalles sobre esa proporción de gravedad específica donde caen los aceites lubricantes. Sin embargo, la mayoría de los casos, el número API de un aceite se puede convertir en un número de gravedad mediante un cuadro de conversión (Jeppesen, 2004, págs. 9-4).

d. Color.

El color del aceite se determina por la cantidad de luz que pasa a través de una muestra de aceite en un recipiente de vidrio cuando se coloca frente a una luz de intensidad

conocida. La prueba de color se realiza con un dispositivo conocido como ASTM Union color. El color se compara con una tabla de colores ASTM. Un número de referencia de color de 1.00 en el gráfico es blanco puro, y un número de referencia de 8.00 es más oscuro que el rojo clarete.

Con aceites que son más oscuros que el número 8.00, el aceite se diluye con queroseno para formar una mezcla que es 85 % de queroseno y 15 % de aceite por volumen. La mezcla recibe una calificación de color de la misma manera que otros aceites. Si se usa luz indirecta o reflejada para realizar una prueba de color, el color del aceite se conoce como una floración y se puede usar para determinar el origen del aceite (Jeppesen, 2004, págs. 9-4).

e. Aditivos.

Los aditivos son combinaciones químicas que se encargan de mejorar las propiedades naturales de los lubricantes. La suma de pequeñas cantidades de aditivos, mejora las propiedades o suman otras que no posee el líquido y que son consideradas muy útiles para cumplir su función. Los principales objetivos de los aditivos se consideran los siguientes (Oñate E. , 2019, págs. 18-5):

- Limitar el deterioro (envejecimiento) del lubricante con el tiempo de funcionamiento.
- Proteger las superficies lubricadas de la acción agresiva de contaminantes.
- Mejorar las propiedades del lubricante.

A continuación, se presenta las mejoras realizadas por los aditivos en los líquidos lubricantes:

- Actuación mejorada del índice de viscosidad

- Depresores del punto de congelación
- Antioxidantes y anticorrosivos.
- Antiespumantes y emulsionantes.
- Detergentes. Productos capaces de evitar o reducir la formación de depósitos de carbón en las ranuras, de los motores, cuando funciona a altas temperaturas.
- Dispersantes. Son productos que se encargan de dispersar lodos y barnices, y otros productos originados por diversas causas entre ellas las resultantes de la operación del motor a baja temperatura o por la condensación del aceite.

2.11.2 Clasificación de los Lubricantes para el Motor Alternativo.

La clasificación para los aceites lubricantes se basa en especificaciones. Estas especificaciones se muestran a continuación:

a. Por su viscosidad: SAE.

Este tipo de normas fueron establecidas por la SAE (Society of Automotive Engineers). Esta clasificación SAE es referente a la viscosidad del aceite. Esto quiere decir que excluye cualquier otra consideración de calidad o propiedades que no sean referentes a la viscosidad.

b. Por el tipo de servicio: API.

La clasificación por el tipo de servicio del aceite API (American Petroleum Institute) se encarga de las condiciones de trabajo del aceite en los motores a diesel, (diesel, gasolina), fueron implementadas en 1947 y la clasificación API se la considera un complemento a la clasificación SAE.

c. Por especificaciones militares: MIL-L.

Las especificaciones Militares MIL-L han contribuido de forma decisiva a la mejora de la calidad del aceite.

- Por especificaciones civiles: Diversas (Oñate E. , 2019, págs. 18-5).

2.11.3 Tipos de Aceite.

a. Aceite de Tipo Animal.

Este tipo de lubricante es utilizado para aplicaciones especiales, para su fabricación se usan las pezuñas de ganado, y el uso de aceite de cachalote para la lubricación de relojes. El aceite de animal no es adecuado como lubricante para el uso en motores, debido a que sus propiedades químicas se vuelven inestables a altas temperaturas, pero es utilizado en la fabricación de aceites sintéticos (Kroes & Wild, 1995).

b. Aceite de Tipo Vegetal.

El aceite de castor es un lubricante de base vegetal, el mismo que se utilizó en motores radiales en la primera guerra mundial. Tiene la desventaja de oxidarse cuando es expuesto al aire, y forma un residuo gomoso dentro del motor (Kroes & Wild, 1995).

c. Aceite de Tipo Mineral.

Los aceites minerales son complejas mezclas de hidrocarburos de alto peso molecular, que se obtiene de la destilación de petróleo crudo, son los lubricantes más utilizados para motores de aviones porque tienen mayor estabilidad química que la de los lubricantes de origen animal y vegetal (Kroes & Wild, 1995).

d. Aceite Tipo Sintético.

Los aceites sintéticos tienen propiedades de viscosidad múltiple debido a su composición química, y son similares a los grados automotrices SAE-5 a SAE-20. Estos aceites son una mezcla de aditivos químicos y ciertos diésteres. Los aceites sintéticos son una mezcla química que se obtiene al sintetizar aceites minerales, vegetales y animales. Dicho de otra manera, el aceite se produce sintetizando materias primas para formar una base stock en lugar de refinar el petróleo crudo.

Debido a su composición química, los aceites sintéticos tienen una fricción interna extremadamente baja, Además tienen una alta resistencia a la descomposición térmica y la oxidación. Debido a esto, los aceites sintéticos son ideales para usar en motores de turbina y pueden durar más tiempo entre cambios de aceite. Además, las características de desgaste del aceite parecen ser más o menos las mismas que las del aceite dispersante sin cenizas y superiores al aceite mineral directo (Jeppesen, 2004, págs. 9-6).

CAPITULO III

3 DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares

De acuerdo a la práctica desarrollada, en el siguiente capítulo se procede a detallar los procedimientos, que se llevaron a cabo para la inspección del sistema de lubricación, perteneciente al Motor Continental O-200-A, con el objetivo de inspeccionar y preservar los componentes del motor y la corrección de los daños presentes en el mismo, todo esto mediante el uso adecuado del manual de overhaul y el service manual del motor. Para el desarrollo de la práctica se contó con la ayuda del personal docente de la Unidad de Gestión de Tecnologías “ESPE”, y con la supervisión y tutoría del Tlgo. Andrés Arellano, el mismo que es el encargado de la revisión de los procesos realizados en el desarrollo del presente proyecto.

El proyecto de titulación tiene por finalidad proporcionar un motor completamente eficiente y seguro para las practicas que se desarrollan en el la Unidad de Gestión de Tecnologías “ESPE”, por estudiantes y personal docente, así logrando ampliar sus destrezas mediante el conocimiento teórico-práctico muy necesario para el ámbito laboral, además es prescindible la conservación del motor y sus sistemas, debido a la ubicación geográfica en la cual se encuentra la aeronave no es la óptima para su preservación, siendo esto un factor de importante para su deterioro y mal funcionamiento de sus sistemas.

3.2 Descripción del Motor

El motor Continental perteneciente a la serie “O-200-A”, pertenece a una familia de motores de avión de cuatro cilindros, enfriado por aire y con los cilindros opuestos horizontalmente, de baja compresión y su tipo de transmisión directa. Con una hélice de paso fijo, es el encargado de impulsar la aeronave Cessna 150M. Los cilindros se encuentran numerados desde la parte posterior hacia la parte frontal, los cilindros se encuentran colocados de forma escalonada para poder permitir un lanzamiento separado en el cigüeñal por cada biela (Company, Cessna Aircraft, 1977).

Tabla 4.

Datos Técnicos del Motor Continental O-200-A

DATOS DEL MOTOR CONTINENTAL O-200-A

Modelo de Aeronave	Cessna 150M
Modelo motor (Continental)	O-200-A
Potencia Nominal en RPM	100-270
Orden de encendido	1-3-2-4
alternador	14-Volt, 60-Amper
Starter (12 Volt)	Automatic engagement
Tacómetro	Mecánico
Capacidad del sumidero de aceite	6 U.S Quarts
Con filtro externo	7 U.S Quarts
Presión de aceite (PSI)	
Normal	30-60

Relanti minimo	10
Temperatura de aceite	
Operación normal	Dentro del arco verde
Máxima	Línea roja (225°F)

3.3 Equipos, Herramientas y Medidas de Seguridad

El uso adecuado de las medidas de seguridad es muy necesario, y estas se las debe de implementar desde el ámbito estudiantil hasta el ámbito laboral, de igual manera el uso de las herramientas y equipos adecuados para la manipulación de los componentes y accesorios que serán revisados. Teniendo en cuenta que se debe de conocer cada uno de las herramientas y materiales a ser utilizados y su correcta manipulación para no tener problemas al uso de las mismas en la práctica y no tener problemas a la hora del funcionamiento del motor.

Por lo tanto, es necesario conocer todas estas medidas y los equipos que serán necesarios para el desarrollo de la inspección en el motor, así mismo el personal que será el encargado en la revisión del mismo y la documentación adecuada, siendo estas detalladas en la siguiente tabla.

Tabla 5.

Equipos utilizados en la práctica del Motor.

Herramientas	Materiales	Equipos de protección EPP)	Manuales de Mantenimiento
Juego de rachas	Líquido Lubricante	Overol	Manual de Overhaul motor Continental o-200-A
Juego de llaves	Ferretería	Gafas	Service Manual Cessna 150M
Juego de hexagonales	Papel Victoria	Guantes de fuerza	Catalogo ilustrado de partes (IPC)
Entorchador	Alambre de Frenado	Zapatos	
Aceitero	WD-40	Casco de seguridad	
Alicate	Guaype	orejeras	
Playo	Combustible		
Opresor de rines			
Martillo			

3.4 Procedimiento para la inspección del Motor y sus sistemas.

El motor continental O-200-A, es un motor alternativo el mismo que es el encargado de impulsar a la aeronave Cessna 150M, la misma que se encuentra en las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, debido a las reformas establecidas en la

universidad la aeronave tuvo que trasladarse del antiguo ITSA hacia estas nuevas instalaciones, llevando consigo el desmontaje y montaje de sus componentes y accesorios, adicional al tiempo que llevo sin su correcto funcionamiento, se ve la necesidad de realizar una inspección rutinario de la misma, mediante el encendido de la aeronave, para un corrido de motores y así verificar que la misma no posee daños y averías en sus sistemas.

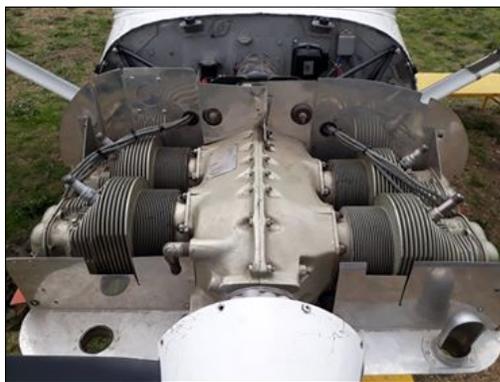
Al realizar la respectiva corrida de motores de la aeronave Cessna 150M, se procede a realizar una inspección visual durante el encendido del mismo, el cual nos dio como resultado que existía una presencia abundante de líquido lubricante "Aceite", la misma que se encontraba presente en la pared de fuego de la aeronave, además se presencié pequeñas fugas de aceite en la parte superior e inferior del motor, para lo cual se vio necesario recurrí al manual de Overhaul del motor para proceder a realizar las tareas rutinarias y la inspección debida para la corrección de las fugas presenciadas durante el encendido del motor.

Con el uso adecuado de los manuales se establece que se procederá a la realizar las tareas de inspección del sistema de lubricación y los demás sistemas que complementa el correcto funcionamiento del motor, evitando así posibles fallas durante los encendidos de la aeronave y la respectiva corrida de motores. Entre las inspecciones a realizar destacan:

- Inspección del sumidero de aceite.
- Inspección de los cilindros 2 y 4.
- Corrección de los segmentos de los pistones número 2y 4.
- Inspección del filtro de aceite.

Figura 27.

Motor Continental O-200-A.



Nota: En la siguiente imagen se puede observar al motor y la presencia de las fugas en el mismo antes de empezar su inspección.

3.4.1 Remoción e Instalación del Sumidero de Aceite

Con el objetivo de iniciar el proceso de inspección de sumidero de aceite, se procede a interpretar el manual de Overhaul, el mismo que de acuerdo a su sección XI, página 68, literal 11-12, indica que. **(ANEXO A)**

- Remover el tapón ubicado en la parte inferior del sumidero, mediante el uso de una llave número $\frac{3}{4}$, posterior drenar todo el líquido lubricante presente en el sumidero y colocarlo en recipientes para no ocasionar desperdicios o futuros accidentes.

Figura 28.

Sumidero de Aceite del Motor Continental O-200-A



- Una vez terminado con el drenaje, desconectar las líneas del suministro de aceite, entrada y salida de aceite precisamente.
- Retirar todas las piezas de fijación que sujetan al sumidero con el cárter, siendo estos un total de seis pernos y seis arandelas, que se encuentran ubicados alrededor del cuello del sumidero, para esto es necesario el uso de un juego de llaves y copas de racha con una medida de $\frac{1}{2}$.
- Proceder a extraer la tuerca ranurada o elástica que sujeta el cuello de llenado de aceite al brazo del montaje inferior de caja, esto se lo debe de realizar con sumo cuidado para evitar daños en la estructura del sumidero.

Figura 29.

Extracción de los pernos de sujeción.



- Retirar el sumidero de su lugar junto al motor, con precaución de no golpear el tubo de succión que se encuentra en el interior del sumidero del motor, por demás se debe de tener precaución de no comprometer ningún componente al momento de proceder a retirar el sumidero por completo de su lugar.
- Con el sumidero fuera de su lugar, es necesario retirar y desechar la junta de protección que se encuentra presente en el sumidero, tener cuidado al momento de almacenar los pernios y las arandelas debido a su tamaño pueden comprometerse a pérdidas o caer en el interior del motor provocando daños posteriormente.
 - a. Limpieza e inspección del sumidero.**
- Con el sumidero fuera de su lugar se procede a realizar una inspección visual, la misma que consiste en visualizar toda la estructura del sumidero, buscando posibles rajaduras o principios de corrosión en el interior del sumidero.

- Durante la inspección se observa que el sumidero se encuentra en perfectas condiciones tan solo con pequeñas acumulaciones de aceite en las partes más profundas y menos accesibles de su estructura.
- Se realiza la limpieza del componente mediante el uso de diferentes disolventes, y desengrasantes en este caso es necesario utilizar WD-40 y algo de combustible, para la remoción de las acumulaciones de sedimentos.

Figura 30.

Limpieza del sumidero de aceite.



- Terminada la limpieza y la verificación de que el sumidero no posea daños se procede a limpiar el lugar donde será instalado nuevamente el sumidero preparar los elementos adecuados para su posterior instalación.

b. Instalación del sumidero de aceite.

- Se prepara los bordes del sumidero con la instalación de una nueva junta protectora de cobre o asbesto, adicional el uso de silicona antes de volver a ser sujetado a la bancada del

bloque del motor. Todo de acuerdo al uso del Manual de Overhaul del Motor Continental O-200, Sección XVI, pagina 104, literal 16-13 (**ANEXO B**)

- Colocar el tubo de succión de aceite de forma adecuada en el sumidero, acomodando el orificio en el círculo de la almohadilla del montaje del cárter y apretarlo de forma adecuada.
- Colocar el sumidero en él .su lugar junto al cárter y colocar todos los pernos y arandelas en cada uno de sus lugares con mucho cuidado para no involucrar ningún componente.
- Verificar si el cuello del sumidero se encuentra instalado de forma correcta para que pueda adaptarse a la aeronave en caso de no hacerlo se lo debe de acomodar hacia su lado izquierdo o derecho hasta encontrar su posición.
- Ajustar cada uno de los pernos hasta que estos hagan juego junto con las juntas para prevenir posibles fugas por este lugar.

3.4.2 Remoción e Instalación de los Cilindros y Pistones del Motor.

a. Inspección del Cilindro del Motor.

Con el objetivo de realizar esta inspección procedemos a ir en búsqueda de información en el Manual de Overhaul del Motor Continental O-200, precisamente a su sección XI, pág. 68, literal 11-15 (**ANEXO C**). el cual nos manda a:

- Realizar como primer paso la remoción de los baffles, que se encuentran instalados en el motor para la redirección del viento y para el enfriamiento de cada uno de los cilindros. Esto se lo realizo mediante el uso de los destornilladores plano y estrella de acuerdo a su necesidad. Es necesario la remoción de las bujías y sus respectivos arneses, estas se encuentran ubicadas en la parte superior e inferior de cada cilindro, siendo retiradas un total de ocho bujías, mediante el uso de un juego de llaves de $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{8}$ para la remoción de arnés de la bujía y para la remoción de la bujía del cilindro una copa de racha de $\frac{3}{8}$.

Figura 31.

Remoción de los baffles y los ductos de escape del motor.



- Remover los pernos y las arandelas de la brida de las varillas propulsoras ubicadas en la parte inferior del cilindro, para después proceder a retire las abrazaderas de la manguera de la carcasa de la barra de empuje y empujar los conectores de goma hacia afuera en las carcasas.
- Retirar los ductos de escape, ubicados en la parte inferior del cilindro y proceder a marcarlos, mediante el uso de una cinta adhesiva, esto nos permite identificar a que cilindro pertenece cada ducto, se utilizó una llave 7/16 para la remoción de las tuercas de sujeción.
- Posterior e necesario realizar el giro del cigüeñal hasta lograr que el pistón del primer cilindro que se va a retirar se encuentre en la posición T.D.C. en su carrera de compresión. El orden de remoción no es importante, excepto para evitar el sobre equilibrio del soporte de trabajo. Para minimizar el giro del cigüeñal, se sugiere el orden de 4, 1, 3, 2. Para una mayor accesibilidad, el cigüeñal debe estar vertical y su extremo delantero hacia arriba.

Figura 32.

Posición del cigüeñal mediante el uso de la hélice.



- Para finalizar con el retiro del cilindro aflojamos y retiramos los pernos y arandelas de la base del cilindro junto al cárter; utilizando un juego de llaves (3/8 y 7/16) evitando ocasionar daños a la tuerca y a su respectivo alojamiento, luego halamos del cilindro hacia la parte de afuera, y se debe asegurar que la biela no golpee el cárter.

Figura 33.

Remoción del cilindro.



- El cilindro al momento de retirarlo se lo debe realizar agarrándolo de su cuerpo y no de las barrillas de empuje que se encuentran en la parte inferior del mismo, esto para no provocar el aflojamiento de las varillas en la parte de la culata del cilindro, además es necesaria almacenar al cilindro en un lugar segura para que no sufra daños en su estructura.

b. Inspección del Pistón

Una vez retirados los cilindros precedemos al Manual de Overhaul del Motor Continental O-200 sección XI, pag 68, literal 11-16 (**ANEXO D**), la cual nos manda:

- Ubicar los pistones de manera correcta de tal forma que no golpeen con el cárter del motor, para luego tomarlos y retirarlos.
- Los pistones deben ser retirados extrayendo los pasadores que sujetan al pistón junto con la biela, esto mediante el uso de un martillo de goma un elemento de punta, utilizado para extraer al pasador.
- Retirar los anillos para no provocar daños en las paredes del cilindro y almacenarlos de forma adecuada para que estos no sufran daños.

Figura 34.

Pistón fuera del cilindro.



- Realizar la inspección del pistón se observa que los segmentos se encontraban colocados de forma inadecuada, siendo esto la causa principal de la fuga de aceite que se hacía presente en la cabeza del cilindro y su parte inferior.

Figura 35.

Inspección del pistón.



c. Instalación del Pistón.

Antes de la instalación, se procedió al Manual Overhaul del Motor Continental O-200 , sección XVI, pag 102, literal 16-8 (**ANEXO E**) que nos envía a:

Se debe lubricar el pistón y la biela con aceite mineral esto para evitar corrosión, colocar el pasador entre la biela y el pistón y verificar la posición correcta de los segmentos, estos deben de quedar posicionados hacia la cabeza del pistón

d. Instalación del Cilindro y el Pistón.

Previamente a la instalación del cilindro y de los pistones, se procede al Manual Overhaul del Motor Continental O-200 , sección XVI, pag 102-103, literal 16-9 (**ANEXO F**) el cual nos envía a:

- Realizar la limpieza de la parte interior del cilindro, para eliminar todas las partículas de suciedad que se hayan incrustado en el proceso de remoción y almacenaje del mismo.
- Lubricar la parte interior del cilindro para que el pistón pueda realizar su ingreso sin dificultad y no provocar daños en la camisa del cilindro. Limpieza y engrase del interior del cilindro.

Figura 36.

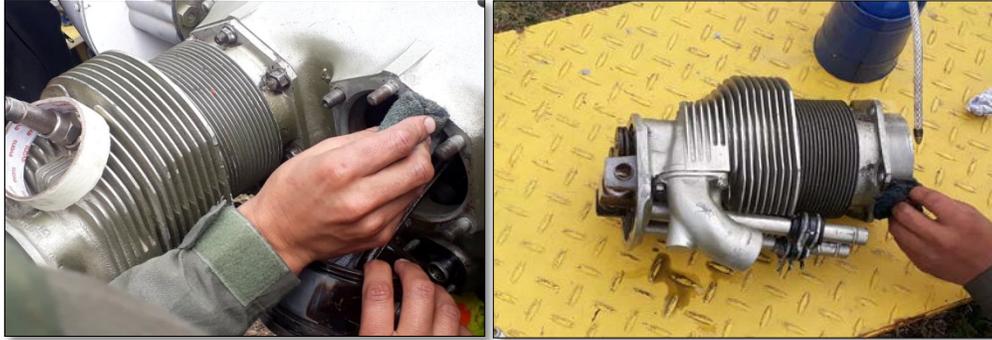
Limpieza y engrase del interior del cilindro.



- Se realizó una limpieza del asentamiento del cilindro en la parte del motor, y a su vez se proporcionó una nueva junta de protección, la misma que será colocada para evitar fugas de líquido lubricante, adicional se coloca una capa de silicona de alta temperatura entre la junta y el asentamiento del motor para mayor seguridad.

Figura 37.

Limpieza del cilindro antes de su instalación.



- Se coloca la brida de las barrillas propulsoras, realizando la instalación de una junta nueva y con el uso de silicona líquida de alta temperatura para evitar fugas de líquido lubricante por este sector, se utiliza una llave de ¼ pulg, para realizar el ajuste de las tuercas.

Figura 38.

Ubicación de la brida de las varillas propulsoras

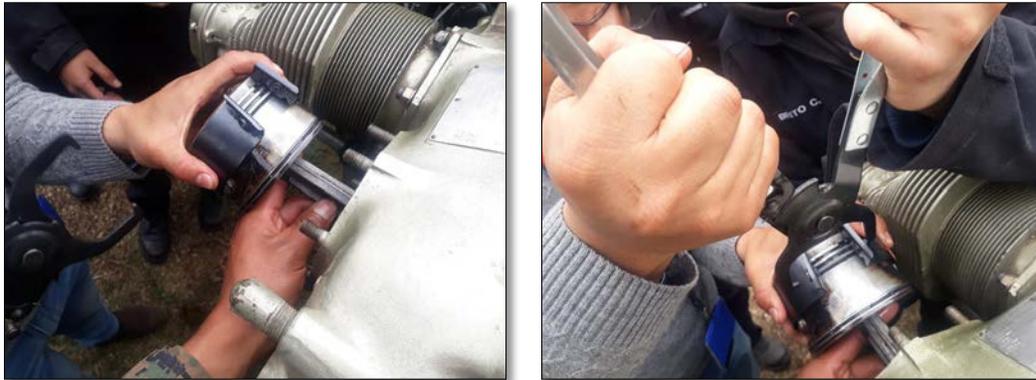


- Se hace necesario utilizar una herramienta en especial denominada Opresor de Rines, el mismo que nos permite colocar los rines de forma adecuada y oprimirlos para su ingreso en la parte interior del cilindro.

- Mediante el opresor de rines, se procede a oprimir todo el conjunto del pistón y con los rines en su interior se encuentra apto para realizar el ingreso del pistón hacia el interior del cilindro.

Figura 39.

Instalación del opresor de rines.

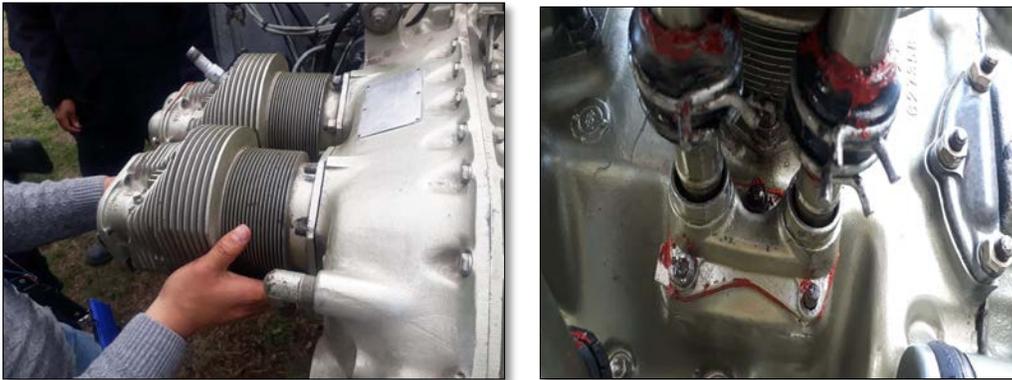


- Ubicados con la cabeza del pistón en la parte inferior del cilindro y ya con el Opresor de rines en su lugar y cada uno de los segmentos ubicados correctamente, se procede con la inserción del pistón en el interior del cilindro, este proceso se lo debe de realizar con mucho cuidado, primero ingresa la parte de la cabeza del pistón, posterior con mucha precisión se va deslizando el cilindro y la cabeza del pistón ingresa.
- Para finalizar empujamos al cilindro con algo de fuerza para el ingreso total del pistón a su interior, y a su vez los segmentos no pierdan su posición y el opresor de rines salga de su lugar después de haber cumplido con su trabajo.

- Se procede a ubicar al cilindro ya con el pistón en su interior, en su lugar adecuado junto al cárter, así mismo se debe de colocar las varillas propulsoras en su lugar adecuado y en las ranuras de los pernos correctos para terminar la instalación con el ajustamiento de las tuercas.

Figura 40.

Instalación del cilindro.



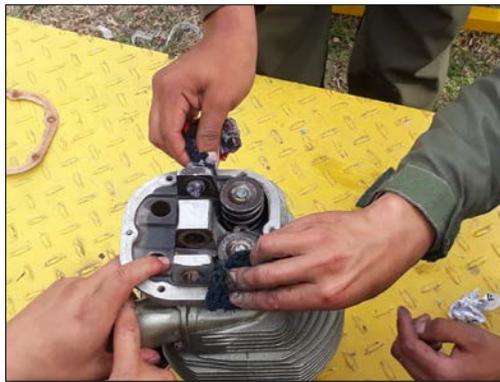
3.4.3 Reemplazo de los Sellos de la Cubierta de los Balancines.

- Este proceso se lo realizo de acuerdo a las instrucciones del manual, puesto que, al momento del retiro del cilindro del cárter del motor, se realizó una inspección en la cabeza del cilindro la cual consistía en el desmontaje de la cubierta del balancín de las válvulas, para poder revisar el buen estado de los balancines, sus resortes y las válvulas, además verificar que no exista fugas de aceite por este sector, debido al desgaste de algún de sus componentes.

- Antes de su instalación se procedió a realizar una limpieza de los componentes para eliminar todo tipo de sedimentos que podrían haberse incrustados durante el proceso de la inspección, así mismo se realizó la sustitución de la junta que se encontraba presente ya que esta presentaba desgaste debido al trabajo realizado, Todo esto bajo el manual de overhaul, sección XV, pág. 96, literal 15-13 (**ANEXO G**).

Figura 41.

Limpieza de la sección de válvulas.



- Después de la limpieza y la correcta colocación del conjunto de los balancines y las válvulas se procede a verificar su funcionamiento mediante el giro de la hélice la cual permite que el cigüeñal trabaje y simule el funcionamiento del motor, teniendo como resultado que estas realizaban de forma correcta su función en los ciclos adecuados para las cuales fueron diseñadas.

Figura 42.

Funcionamiento de las válvulas y balancines.



Nota: En esta imagen se puede observar al conjunto de válvulas y su funcionamiento.

- Finalmente se procede a colocar la cubierta del balancín en su lugar adecuado, mediante el uso de una nueva junta y el uso de la silicona de alta temperatura, en la parte inferior se coloca dos abrazaderas y un nuevo conector de goma de la carcasa de la varilla de empuje, empujando el conector hasta que quede a ras con el extremo de la carcasa.

Figura 43.

Ubicación de la cubierta de balancines



3.4.4 Limpieza e Instalación de los Accesorios del Motor.

- Para culminar con todo el proceso de inspección se procedió con la limpieza total del motor y alguno de los componentes del cilindro que fueron removidos en este caso se realizó la limpieza de las bujías, las cuales presentaban una acumulación de ferrosa debido a las descargas eléctricas en sus respectivas estructuras.
- Se procede a la instalación de cada una de las bujías en sus respectivos cilindros siendo estos un total de 2 por cada cilindro uno en la parte posterior y otro en la parte inferior, además se colocó los respectivos arneses en sus respectivos lugares.
- Además, se instaló en su lugar a los ductos de escape que fueron removidos y de tal forma los bafles son colocados y se los asegura de forma que no presenten problemas para un correcto funcionamiento.

Figura 44.

Motor con sus respectivos componentes.



- Adicional se realizó el cambio de la junta del filtro de aceite y el respectivo ajuste del mismo debido a que se presentaba una leve fuga al momento del encendido del motor, además se procedió a realizar su respectivo frenado con alambre número 32 específicamente y el uso de un entorchado para que el filtro no sea aflojado mediante el funcionamiento del motor.

CAPITULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- En esta práctica se Inspecciono el sistema de lubricación del motor Continental O-200-A, basados en información de los manuales técnicos de overhaul, para la protección del motor y sus sistemas, siendo necesario la búsqueda de manuales de soporte técnico.
- Se encontró información técnica y específica de los manuales para la inspección del motor y el respectivo mantenimiento de sus sistemas, siendo estos actualizados y refrendados por las casas fabricantes quienes son las encargadas de validar toda esta información para su respectivo uso en el campo laboral.
- Se logró definir la condición del sistema de lubricación del motor Continental O-200-A mediante una inspección general de rutina, llegando a visualizar que este poseía varias daños y averías, las mismas que deben ser reparadas.
- Se restauró los daños presentes en el Motor Continental O-200-A, por medio de la información técnica del manual de overhaul y adicional el uso de otros manuales aeronáuticos, los mismos que sirvieron de guía para realizar de forma correcta las tareas estipuladas en los mismos para prevenir todo tipo de fuga o daño presente en el sistema del motor.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda desarrollar inspecciones más constantes en los diferentes sistemas del motor debido a que la condición del motor no es muy óptima y es necesario que este reciba un mantenimiento muy frecuente.
- Se recomienda utilizar información técnica actualizada y enfocada en el desarrollo del tema para evitar complicaciones al momento de futuras prácticas dentro del motor y el mantenimiento de sus sistemas.
- Se recomienda identificar las fallas de todos los sistemas a profundidad para la correcta reparación de las mismas y así el motor siga en su funcionamiento correcto.
- Se recomienda utilizar las herramientas necesarias y adecuadas para poder realizar un trabajo eficaz dentro de las tareas de mantenimiento y a su vez que la universidad facilite el uso de las mismas para el desarrollo de futuras prácticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Conocimientos Automotrices*. (6 de Mayo de 2016). Recuperado el 5 de Junio de 2020, de <http://motores2308.blogspot.com/2016/>.
- CASCON. (3 de Abril de 2020). Recuperado el 2 de Julio de 2020, de Tecnología Gerotor e IGR: <https://www.casconpump.com/gerotors/>
- Administration, F. A. (1971). *AIRFRAME AND POWER PLANT MECHANICS POWER PLANT*. Washington: U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION.
- Administration, F. A. (2018). *Aviation Maintenance Technician Handbook-Power Plant Volumen 2*. Oklahoma: U.S. Department Of Transportation.
- Administration, F. A. (2018). *Aviation Maintenance Technician Handbook-Power Plant Volumen 2*. Oklahoma: U.S. Department Of Transportation.
- Administration, F. A. (2018). *Aviation Maintenance Technician Handbook-Power Plant Volumen 2*. Oklahoma: U.S. Department Of Transportation.
- Administration, F. A. (2018). *Aviation Maintenance Technician Handbook–Powerplant Volume 1*. Oklahoma: U.S. Department of Transportation.
- Aguero Alva, h. (2005). *Introduccion la Ingenieria Automotirz*. Lima: Imprenta Grupo Diat.
- Company, Cessna Aircraft. (1977). *Model 150 Series 1977 Service Manual*. Kansas: Cessna Aircraft Company.
- Crane, D. (1996). *Aviation Maintenance Technician Series Power Plant*. NEWCASTLE: Aviation Supplies & Academics, Inc.
- EcuRed contributors. (6 de Junio de 2019). *Cessna 150*. Recuperado el 26 de Marzo de 2020, de EcuRed contributors: https://www.ecured.cu/index.php?title=Cessna_150&oldid=3402586
- Engine, C. A. (2017). *Installation and operation manual* . Enero: Continental Motors.
- Gonzales Cruz, F. J. (2014). *Teoria de los Motores Reciprocos y Desmpeño*. Colombia: ISSN.
- Jeppesen. (2004). *A&P TECHNICIAN POWERPLANT TEXTBOOK*. Englewood, Colorado: 55 Inverness Drive East.
- Jeppesen. (s.f.). *Power Plant Jaa ATPL Training*. Neu-Isenburg: Atlantic Flight Training LTD.
- Kroes, M., & Wild, T. (1995). *Aircraft Power Plant Seventh Edition*. Columbus: Glencoe.
- Muños Navarro, M. (16 de Abril de 2012). *Sistema Propulsor*. Recuperado el 7 de Abril de 2020, de Manual de vuelo:

https://www.manualvuelo.es/3sifn/31_motor.html?fbclid=IwAR3TxxGLMOSTcHWyR_XMUkaAWnWIAdiro2A7Znjas9x8mil6fYn8riYK8wA

Oñate, E. (2005). *Conocimientos del Avion*. Madrid: Paraninfo.

Oñate, E. (2005.). *Conocimientos del Avion*. Madrid: Paraninfo.

Oñate, E. (2019). *Conocimientos del Avion*. Madrid: Paraninfo.

ANEXOS