



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Chequeo de 100 horas del sistema de ignición del motor lycoming O-540-A4E5
de acuerdo al manual del fabricante, perteneciente a la Universidad de las
Fuerzas Armadas ESPE-L.**

Ramírez Palate, Jessica Alexandra

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

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

Ing. Bautista Zurita, Rodrigo Cristóbal

Latacunga, 2021



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

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de monografía, **“Chequeo de 100 horas del sistema de ignición del motor Lycoming O-540-A4E5 de acuerdo al manual del fabricante, perteneciente a la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”** fue realizado por la señorita **Ramírez Palate, Jessica Alexandra** el cual ha sido revisado y analizado 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, 28 Agosto del 2021

Firma:



Firmado electrónicamente por:
**RODRIGO
CRISTOBAL
BAUTISTA ZURITA**

1/1



Ing. Bautista Zurita, Rodrigo Cristóbal
C.C.: 1720240991

REPORTE DE VERIFICACIÓN



Document Information

Analyzed document	TESIS JESSICA RAMIREZ FIN.pdf (D111762867)
Submitted	8/27/2021 9:34:00 PM
Submitted by	Lorena Ibarra
Submitter email	loretaibarra@yahoo.es
Similarity	10%
Analysis address	lorenadibarra.uta@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	TESIS KEVIN LOACHAMIN.pdf Document TESIS KEVIN LOACHAMIN.pdf (D50380230)	 36
SA	certificacion tesis 16-01.pdf Document certificacion tesis 16-01.pdf (D46880778)	 1



Firmado electrónicamente por:
RODRIGO
CRISTOBAL
BAUTISTA EURIYA



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

MENCIÓN MOTORES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Ramírez Palate, Jessica Alexandra**, con cédula de ciudadanía N° 1804423133, declaro que este trabajo de monografía **“Chequeo de 100 horas del sistema de ignición del motor Lycoming O-540-A4E5 de acuerdo al manual del fabricante, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe-L”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Latacunga, 28 agosto del 2021



RAMÍREZ PALATE, JESSICA ALEXANDRA

C.C. 1804423133



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

MENCIÓN MOTORES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Ramírez Palate, Jessica Alexandra**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca virtual de la Institución el presente trabajo de monografía **“Chequeo de 100 horas del sistema de ignición del motor Lycoming O-540-A4E5 de acuerdo al manual del fabricante, perteneciente a la universidad de las fuerzas armadas ESPE”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga. 28 Agosto del 2021

RAMÍREZ PALATE, JESSICA ALEXANDRA

C.C. 1804423133

DEDICATORIA

Mi proyecto de titulación va dedicado principalmente a Dios ya que él me ha cuidado a lo largo de este trayecto, ha sido mi compañero en los momentos de soledad y mi roca en los momentos de debilidad.

De una manera muy especial a mis padres Luis Ramírez y Myrian Palate que han realizado todo el esfuerzo que ha estado a su alcance para que yo logre culminar mis estudios.

A mi esposo Jefferson Quilca y a mi hija Lía Arleth que siempre me han apoyado cuando más lo he necesitado ya que han sido mi fortaleza para poder seguir adelante.

A mi familia que de una u otra manera me han dado su apoyo moral, a mi hermano por su apoyo incondicional que me ha brindado.

RAMÍREZ PALATE, JESSICA ALEXANDRA

AGRADECIMIENTO

En estas líneas quiero agradecer principalmente a mi Padre celestial DIOS por lo bueno y lo malo que he aprendido a lo largo de este trayecto por que gracias a él he logrado culminar con mi carrera.

A mi esposo por ser el apoyo incondicional en mi vida, que, con su amor y respaldo, me ayuda alcanzar mis objetivos.

A mi hija que ha sido mi luz en los días oscuros y se ha convertido en el motor para que yo pueda lograr todo lo que me propongo

A mis padres por el apoyo que me han brindado y por el esfuerzo que han realizado para que logre llegar a mi meta.

A mi hermano por sus consejos, su apoyo y los buenos y malos momentos que hemos compartido.

A mi tía Norma Palate por ese apoyo incondicional que siempre me ha brindado.

Y por supuesto a mi querida Universidad y a todas las autoridades, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación.

Un Dios le pague a cada una de las personas mencionadas por el apoyo brindado.

RAMÍREZ PALATE, JESSICA ALEXANDRA

Tabla de contenido

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de verificación	3
Autoría de responsabilidad	4
Autorización.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Tabla de contenido.....	8
Indice de figuras	11
Indice de tablas.....	13
Resumen.....	14
Abstract	15
Planteamiento del problema de investigación	16
Antecedentes.....	16
Planteamiento del problema.....	16
Justificación	17
Objetivos.....	18
<i>General</i>	18
<i>Objetivos específicos</i>	18
Alcance	18
Características de los motores recíprocos	19
Ciclo Otto	21
Descripción del ciclo de Otto	22
<i>Admisión</i>	22
<i>Compresión</i>	23
<i>Expansión</i>	23
<i>Escape</i>	24
Historia del motor lycoming.....	26
Sistema de encendido del motor	29
<i>Requisitos del sistema de encendido</i>	30
<i>Componentes del sistema de encendido</i>	31
<i>Tipos de sistemas de encendido</i>	31

Sistema de encendido por batería	32
Sistema de encendido de magnetos	32
Sistema de magneto de alta tensión	33
Distribuidor del magneto.....	36
<i>Parte rotativa</i>	36
<i>Parte fija</i>	36
Cables de distribución de los magnetos.....	37
Sistema de magnetos de baja tensión.....	38
Sistemas reforzadores de chispa.....	39
Sistema de salto.....	39
Sistema de vibración o lluvia de chispas.....	40
Unidades auxiliares de ignición.....	40
Bobinas reforzadas.....	41
Acoplamiento de impulso.....	43
Vibradores de arranque.....	44
<i>Vibrador de interruptor de retardo de alta tensión</i>	44
<i>Vibrador de interruptor de retardo de baja tensión</i>	45
Arnés de ignición.....	45
Mantenimiento del arnés de encendido.....	46
Reemplazo del arnés de ignición.....	46
Sistemas de montaje magneto.....	48
Funcionamiento del magneto bendix.....	49
Bujías.....	50
<i>Partes de una bujía</i>	51
<i>Funcionamiento de las bujías</i>	51
<i>Incrustaciones de carbón de bujías</i>	52
<i>Incrustaciones de aceite de bujías</i>	53
<i>Contaminación de plomo de bujías</i>	54
<i>Suciedad de grafito en las bujías</i>	56
<i>Erosión de la cobertura de cerámica de las bujías</i>	57
<i>Mantenimiento e inspección de las bujías</i>	58
Tipos de mantenimiento.....	59
Operación de encendido de un motor reciproco.....	59
<i>Desarrollo del tema</i>	61
Preliminares.....	61
Medidas de seguridad.....	61
Inspección de pre-vuelo diario.....	61
<i>Herramientas utilizadas en la inspección de pre-vuelo diario</i>	61
<i>Desarrollo</i>	62

Inspección de 50 horas del motor	67
<i>Herramientas utilizadas en la inspección de 50 horas del motor en el</i>	
<i>Sistema de encendido</i>	67
<i>Sistema de encendido- remoción de las bujías</i>	68
<i>Arnés de encendido</i>	69
<i>Desarrollo</i>	69
Sistema de lubricación	71
<i>Desarrollo</i>	72
Sistema de escape	73
Sistema de enfriamiento.....	73
Cilindros	73
Desarrollo.....	74
Inspección de 100 horas (motor).....	74
Magnetos	74
Sistema eléctrico.....	75
Verificación de conexiones.....	75
<i>Desarrollo</i>	75
Sistema de lubricación	78
<i>Desarrollo</i>	78
Magnetos	78
Accesorios del motor	79
Cilindros	79
Montajes del motor	80
Desarrollo.....	80
Boquillas de cebado	80
Boquillas y líneas del inyector de combustible	80
Carburador	80
Conclusiones y Recomendaciones	81
Conclusiones	81
Recomendaciones	82
Abreviaturas	83
Glosario	84
Bibliografía	85
Anexos.....	88

Índice de figuras

Figura 1 <i>Motor Reciproco</i>	19
Figura 2 <i>Motor Combustión Interna</i>	20
Figura 3 <i>Admisión-Ciclo Otto</i>	22
Figura 4 <i>Compresión-ciclo otto</i>	23
Figura 5 <i>Expansión-ciclo otto</i>	24
Figura 6 <i>Expansión-ciclo otto</i>	25
Figura 7 <i>Ciclo otto</i>	25
Figura 8 <i>Motor lycoming</i>	29
Figura 9 <i>Sistema de encendido</i>	30
Figura 10 <i>Componentes sistema encendido</i>	31
Figura 11 <i>Encendido por batería</i>	32
Figura 12 <i>Circuito magnético</i>	33
Figura 13 <i>Circuito primario</i>	34
Figura 14 <i>Circuito secundario</i>	35
Figura 15 <i>Bloque distribuidor</i>	37
Figura 16 <i>Cables de distribución</i>	38
Figura 17 <i>Sistema de magnetos</i>	39
Figura 18 <i>Sistema de salto</i>	40
Figura 19 <i>Acoplamiento de impulso</i>	43
Figura 20 <i>Arnés de ignición</i>	45
Figura 21 <i>Magneto</i>	49
Figura 22 <i>Bujía</i>	50
Figura 23 <i>Partes de una bujía</i>	51
Figura 24 <i>Bujía sucia</i>	57
Figura 25 <i>Switch de encendido</i>	60
Figura 26 <i>Switch del panel de control del motor</i>	62

Figura 27 <i>Magnetos en el motor</i>	63
Figura 28 <i>Motor lycoming</i>	63
Figura 29 <i>Tanque de combustible</i>	64
Figura 30 <i>Conexione aceite y combustible</i>	65
Figura 31 <i>Tanque de combustible para drenar</i>	65
Figura 32 <i>Controles del motor</i>	66
Figura 33 <i>Filtro de aire</i>	67
Figura 34 <i>Incrustación de bujías</i>	68
Figura 35 <i>Arnés de encendido</i>	69
Figura 36 <i>Extracción de bujías</i>	70
Figura 37 <i>Limpieza de bujía en el banco</i>	70
Figura 38 <i>Limpieza de bujía terminada</i>	71
Figura 39 <i>Cables de encendido del motor</i>	76
Figura 40 <i>Remoción de la bujía</i>	76
Figura 41 <i>Retiro de bujías</i>	77
Figura 42 <i>Limpieza de bujías y comprobación</i>	77
Figura 43 <i>Magnetos del motor</i>	79

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Historia motor lycoming</i>	26
Tabla 2 <i>Inspección pre-vuelo</i>	62
Tabla 3 <i>Inspección de 50 horas</i>	67
Tabla 4 <i>Inspección de 100 horas</i>	75

RESUMEN

El proyecto presentado a continuación está descrito claramente todos los pasos y procedimientos para realizar una inspección de 100 horas al motor Lycoming O-540-A4E5, cabe mencionar que este motor es de instrucción y pertenece a la Universidad de las Fuerzas Armadas. dicha inspección señala y detalla toda verificación dicha por el manual del fabricante ya sea inspecciones visuales e inspecciones requeridas con algún material especial conjuntamente con las correcciones menores que se aplica a dicho motor. Empezando por el capítulo I donde encontraremos los objetivos y planteamiento del problema donde surgió la necesidad de esta inspección y se señaló correctamente el tema, a continuación, nos encontraremos con el marco teórico donde señalamos la historia de Lycoming enfatizando en el funcionamiento u operación del motor como es el ciclo otto y tipos de mantenimiento, esto señalado último basadas en el Manual del Operador Part No. 60297-10 emitido por la casa fabricante que es Lycoming. En el capítulo III encontramos el desarrollo del tema donde especificamos claramente cada una de las inspecciones con sus respectivos procedimientos, herramientas y materiales de apoyo necesarias para la realización de cada inspección. Esta inspección menor está basada y seguida en el manual de la casa fabricante antes mencionada. Terminando con las conclusiones y recomendaciones obtenidas en toda la realización del proyecto, la cual servirá como una guía práctica y plasmada en papel la inspección de 100 horas del motor para que así sirva como material de apoyo para docentes y estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías "ESPE".

Palabras Clave

- **INSPECCIÓN DEL MOTOR**
- **CHEQUEO DEL SISTEMA DE IGNICIÓN**
- **MANUAL OPERACIONAL**
- **CICLO OTTO**

ABSTRACT

The following project clearly describes all the steps and procedures to perform a 100-hour inspection of the Lycoming O-540-A4E5 engine. It is worth mentioning that this is an instructional engine and belongs to the Armed Forces University. This inspection points out and details any verification that the manufacturer's manual says, whether visual inspections and inspections required with any special material, along with minor corrections that apply to the engine. Starting with chapter I where we will find the objectives and problem statement where the need for this inspection arose and the subject was correctly pointed out, then we will find the theoretical framework where the history of Lycoming is pointed out highlighting the operation or operation of the engine as is the otto cycle and the types of maintenance, this indicated lastly based on the Operator's Manual Part No. 60297-10 issued by the manufacturer which is Lycoming. In chapter III we find the development of the subject where each of the inspections is clearly specified with their respective procedures, tools and support materials needed to perform each inspection. This minor inspection is based and followed in the manufacturer's manual mentioned above. The conclusions and recommendations obtained throughout the project will serve as a practical guide and will put on paper the 100-hour inspection of the engine so that it can serve as support material for the professors and students of the Aeronautical Mechanics course at the Technological Management Unit "ESPE".

Key words:

- **ENGINE INSPECTION**
- **CHECKING THE IGNITION SYSTEM**
- **OPERATIONAL MANUAL**
- **OTTO CYCLE**

Capítulo I

1. Planteamiento del problema de investigación

1.1 Antecedentes

La Carrera de Mecánica Aeronáutica mención “Motores” de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE campus Guillermo Rodríguez Lara, tiene el propósito de formar Tecnólogos en mantenimiento aeronáutico que brindan los servicios de mantenimiento preventivo a las empresas aeronáuticas, considerando que la aviación es muy importante empezando con el conocimiento en motores recíprocos.

La universidad cuenta con dos motores alternativos, un Continental IO-360-D y un motor Lycoming O-540-A4E5, los cuales son perfectos para complementar la enseñanza teórica-práctica en el aprendizaje de la carrera.

Además, la Universidad cuenta con varios laboratorios prácticos y bien equipados, adquiriendo un ambiente de familiarización al campo de trabajo en un hangar de mantenimiento, complementando con varios motores tanto como recíprocos y de turbina, los cuales deberían tener un mantenimiento preventivo para prevenir el deterioro de partes y componentes.

1.2 Planteamiento del problema

La Unidad de Gestión de Tecnologías, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, desde siempre se ha manejado con un trabajo práctico y analítico.

Estas razones dan como consecuencia realizar el chequeo con las pericias respectivas para encontrar las fallas que se presentan en los diferentes sistemas que tienen los motores alternativos que más utilizados son en aviación menor, uno de los sistemas importantes en estos motores es el de ignición, considerando que la falla en este sistema llegaría a causar muchos daños en la aeronave.

El motor mencionado anteriormente se encuentra actualmente en un espacio inadecuado por lo que su estructura y sistemas eléctricos se han visto afectados por la corrosión ya que se encuentran a la intemperie del ambiente sin ninguna clase de protección que los cubra del agua, polvo y sol.

Estos problemas mencionados se deben también a la falta de un programa de mantenimiento preventivo por parte de los encargados del mismo y de los estudiantes de la Universidad de las fuerzas Armadas- ESPE.

1.3 Justificación

La Unidad de Gestión de Tecnologías perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas, considera importante realizar familiarizaciones de todos los sistemas y subsistemas de las aeronaves, para ello es necesario centrarse con la misma importancia de estudio.

Los estudiantes tendrán conocimientos sólidos consolidados con la práctica que recibirán por parte de los docentes instructores y a su vez incentivaría la creación de nuevos proyectos dentro del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, tanto como construcciones de aeronaves, manuales técnicos, estudios analíticos del funcionamiento, entre otros.

Con la finalidad, el chequeo se realizará para que los estudiantes y docentes puedan observar o realizar prácticas en el motor y obtengan conocimientos del funcionamiento del sistema de ignición, también para que las aeronaves no se deterioren tanto en su estructura como en sus sistemas ya que este ocasionaría costos de reparación innecesarios y evitables para la carrera, ya que mantener las aeronaves en condiciones aceptables es un requisito para mantener el permiso de operación como centro de instrucción ya que es el único Instituto de Educación

Superior avalado por el CES y la Dirección General de Aviación Civil bajo RDAC 147
“ Centros de Instrucción de Aeronáutica Civil “

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Realizar el chequeo de 100 horas del sistema de ignición del MOTOR LYCOMING O-540-A4E5 de acuerdo al manual del fabricante, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

1.4.2 Objetivos específicos

- Recopilar información pertinente, necesaria y técnica sobre el funcionamiento del sistema de ignición.
- Identificar y analizar las herramientas y materiales a utilizar para realizar el chequeo del sistema de ignición del motor LYCOMING O-540-A4E5
- Ejecutar la inspección y chequeo del sistema de ignición según el manual del operador.

1.5 Alcance

Este proyecto interactúa directamente con todos los miembros del laboratorio de Mecánica Aeronáutica perteneciente al Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica para realizar chequeo de bujías, cambio de ellas, chequeo y cambio del arnés de ignición, conocimiento profundo de los magnetos y todo lo que implica del sistema de ignición de un motor alternativo.

Este proceso de conocimiento teórico con el conocimiento práctico, permite que los estudiantes de la carrera de mecánica aeronáutica adquieran conocimientos básicos y profundos acerca del funcionamiento de todos los sistemas del motor recíproco los cuales se los utiliza en aviación menor.

Capítulo II

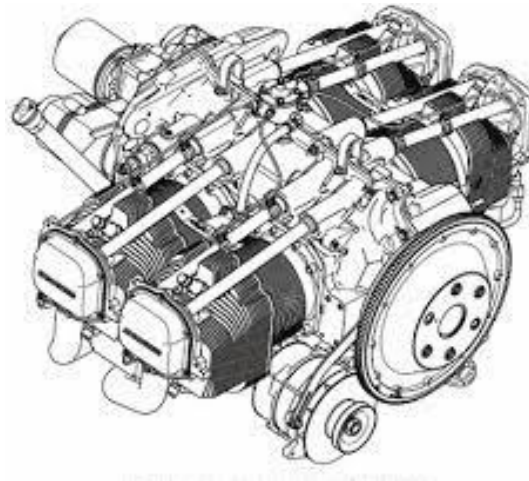
2. Marco Teórico

2.1 Características de los motores recíprocos

El motor aeronáutico y motor de avión es el que utiliza para generar propulsión en las diferentes aeronaves la generación de una fuerza de empuje que permita que el avión avance, estos motores recíprocos tienen una gran aplicación en lo que es en la industria aeronáutica ya que estos motores se utilizan en lo que son aeronaves pequeñas las cuales no requieren ni exigen un mayor uso de potencia y estos motores son ideales para que las aeronaves tengan vuelos a bajas alturas.

Figura 1

Motor reciproco



Nota. El gráfico representa un motor recíproco. Tomado de: (Aircraft C. R.,2003)

Los motores de combustión interna son considerados tipos de máquinas que obtienen energía mecánica la cual es transformada directamente de la energía

química de un combustible, se le da este nombre debido a que dicha combustión se produce dentro de la maquina en si misma a diferencia de otras máquinas que no se dan como por ejemplo las máquinas de vapor. (Giacosa M. , 2004)

Figura 2

Motor combustión interna



Nota. El gráfico representa un motor de combustión interna o reciproco

En el estudio de los motores endotérmicos la energía calórica se obtiene de lo que es la combustión de los combustibles líquidos o más raramente gaseosos, la energía química que fue es transformada proviene de lo que es una combustión que se realiza en el interior del motor la cual se da por un fluido que es activo o por la mezcla de combustible ya sea estos gaseosos o líquidos con el comburente o el aire.

Los movimientos que se realizan en el motor se efectúan siempre a partir del fluido que está activo, gracias a este movimiento se origina la reacción química violenta del mismo, para que el fluido este activo el combustible es suministrado directamente en un depósito el cual la maquina transporta consigo, mientras que el comburente que

es el aire que proviene de la atmosfera este ingresa a la cámara interna la cual produce la combustión.

Después el aire se encarga de absorber gran parte del calor que es propagado por la misma después de todo este proceso es desechado al exterior conjuntamente con los gases de escape a una temperatura que es menor, esto basta para que el fluido activo también realice la función como compuesto por el cual se realiza una transferencia de calor ya que es proporcionada o bien es descargado en los distintos puntos de ciclo operativo del motor.

El arranque de los motores de combustión interna o también llamados motores recíprocos se realizan en su cámara interna y donde se forma el fluido activo y todo esto sucede al momento de ser incendiado, la misma cámara interna forma parte de un cilindro dentro donde se mueve un pistón en forma rectilínea, expresando el concepto del motor mediante un diagrama de bloques de entrada y salida en el cual se puede tener como entrada al fluido activo y como resultado la salida de una energía mecánica que es directamente utilizable.

2.2 Ciclo Otto

El ciclo Otto demuestra lo que es el comportamiento de un motor de explosión o conocido como motor reciproco.

Todo este proceso comienza con una mezcla que es homogénea entre la gasolina y el aire que se da fuera de la cámara de combustión en un elemento que se le conoce como carburador, una vez realizada la dicha mezcla se hace llegar a la cámara de combustión donde esta mezcla es comprimida.

Para dar inicio a la combustión esta se realiza mediante un sistema de encendido del motor que es externo al motor que es la bujía de control temporizado, en el interior del cilindro del motor se inflama y se quema lo que es la mezcla de aire y combustible,

el calor que se genera por la combustión es el que provoca un incremento en lo que tiene que ver en la presión de los gases que son previamente comprimido y así originando un trabajo mecánico a través de lo que es la biela, el pistón y el cigüeñal.

Una vez realizado todo esto los gases quemados son expulsados por el escape y son sustituidos por una nueva mezcla de aire y combustible, esta carrera de combustión todo se produce por el principio de cuatro tiempos, llamado Ciclo Otto. (Motor de cuatro tiempos, 2015).

2.3 Descripción del ciclo de Otto

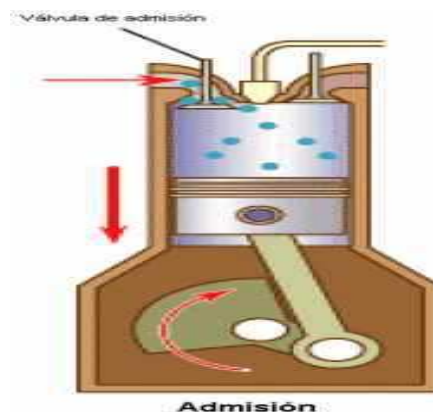
Este ciclo es una aproximación teórica del comportamiento del motor reciproco las cuales sus fases son las siguientes:

2.3.1 Admisión

La admisión se da porque el pistón baja cuando la válvula de admisión está abierta esto permite que se aumenta la cantidad de mezcla de aire más combustible en la cámara, esto se expresa como una expansión a una presión constante ya que al tener la válvula abierta la presión sería igual a la del exterior.

Figura 3

Admisión-ciclo Otto



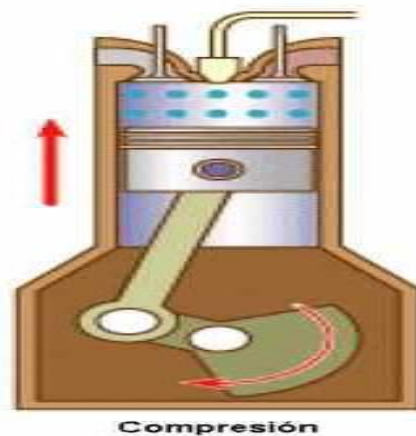
Nota. El gráfico representa la primera etapa del ciclo otto, admisión.

2.3.2 Compresión

Aquí ya el pistón sube y comprime la mezcla que hay en el cilindro, dada a la velocidad que hay en este proceso no permite la posibilidad de intercambiar calor con el ambiente, una vez el pistón está en su punto más alto salta la chispa de la bujía, una vez el calor generado en la cámara de combustión calienta bruscamente el aire que está adentro este incrementa su temperatura a un volumen constante esto debido a que el pistón no ha tenido tiempo de bajar.

Figura 4

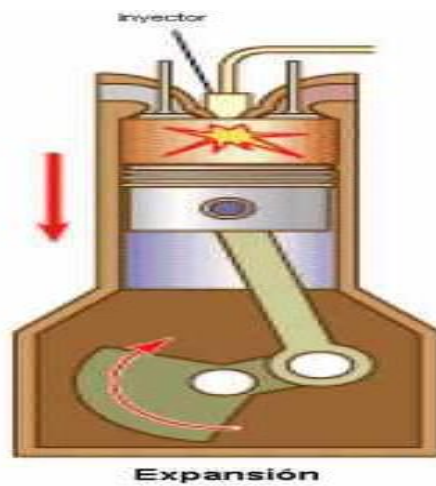
Compresión-ciclo Otto



Nota. El gráfico representa la segunda etapa del ciclo Otto, compresión.

2.3.3. Expansión

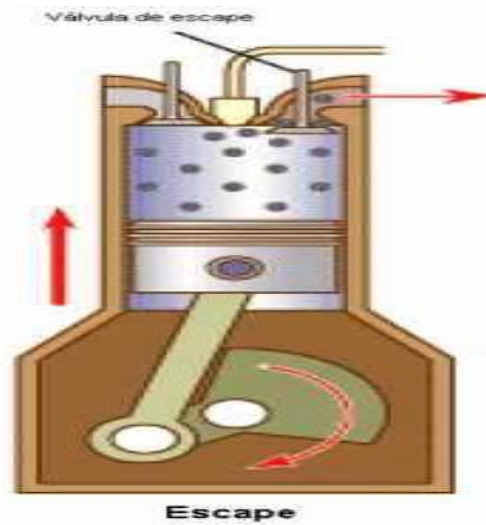
Este proceso se realiza debido a la alta temperatura que hay en el gas este empuja al pistón hacia abajo en donde realiza un trabajo sobre él.

Figura 5*Expansión-ciclo Otto*

Nota. El gráfico representa la tercera etapa del ciclo, expansión o explosión.

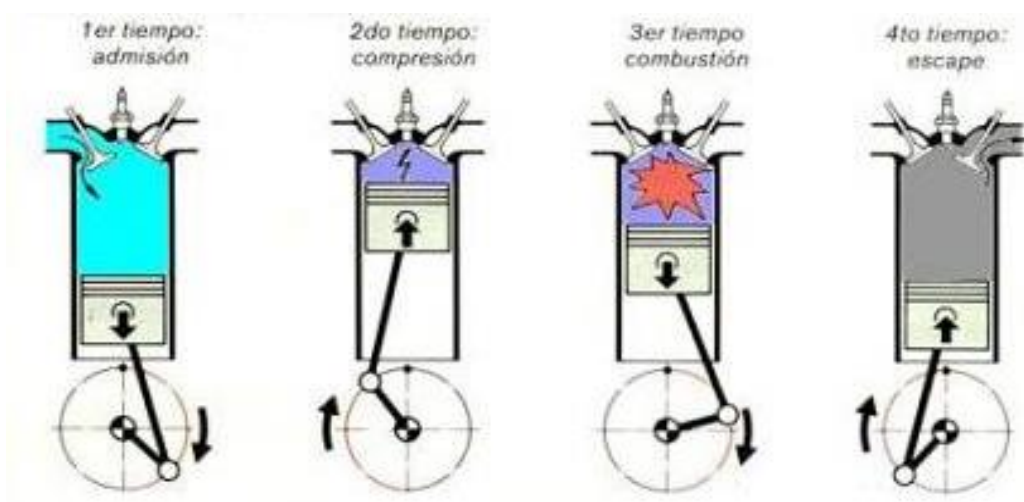
2.3.4 Escape

Aquí se abre la válvula de escape y esto hace que el gas salga al exterior que es empujado por el pistón a una temperatura que es mayor que a la inicial, a su vez siendo sustituido por la misma cantidad de mezcla fría que se da en la siguiente admisión, este sistema es realmente abierto pues hace que intercambie masa con el exterior, pero como se sabe la cantidad de aire que sale es la misma cantidad que entra, se puede asimilar que es el mismo aire que se ha enfriado, en el cual el enfriamiento se da en dos fases que es cuando el pistón está en su punto más bajo el volumen permanece constante.

Figura 6*Expansión-ciclo Otto*

Nota. El gráfico representa la última etapa del ciclo de Otto llamada escape.

En total todo este ciclo está formado por dos subidas y dos bajadas del pistón por la cual se le conoce como motor de cuatro tiempos, en lo que es un motor real de explosión de varios cilindros actúan simultáneamente de forma que mientras unos hacen expansión otros hacen compresión.

Figura 7*Ciclo otto*

Nota. El gráfico representa el ciclo otto completo con los cuatro tiempos y funcionamiento.

2.4 Historia del motor Lycoming

En los últimos 65 años, Lycoming ha fabricado más de 260,000 motores a pistón para aeronaves. Actualmente, la fábrica Lycoming de Williamsport, Pennsylvania, EE.UU. produce una línea completa de motores de cuatro, seis y ocho cilindros con potencias de 100 HP hasta 400 HP, equipados con carburadores o inyectores de combustible, de aspiración normal o con turbo alimentadores. Contando con una reputación en cuanto a performance y confiabilidad, los motores Lycoming a pistón impulsan más de 85% de las aeronaves nuevas de la aviación general mundial. (Cárdenas, 2014)

Lycoming es una compañía dedicada a la manufactura de motores aeronáuticos y 89 años en la industria aeronáutica, dentro de su línea histórica ha marcado momentos importantes como los siguientes:

Tabla 1

Historia del motor lycoming

AÑO	DESCRIPCIÓN
1845	La empresa fue fundada por Ellen Curtis Demorest. La empresa Demorest, fue creadora de bicicletas, imprentas y duplicadoras.
1907	Se creó la compañía Lycoming que diseñaba sus motores.
1910	Incorporaron sus motores a vehículos de la época.

AÑO	DESCRIPCIÓN
1917	Lycoming produjo 15 000 motores de potencia militar para camiones y ambulancias, durante la primera guerra mundial.
1927	Se expandió el mercado de sus motores adaptados a motores de la marina y se aventuraron en el mundo de la aviación.
1929	Lanza su primer motor aeronáutico, el motor radial R-680 de nueve cilindros.
1933	Empezó con la venta de partes para aviación, luego conocida como AVCO.
1938	Desarrolla el motor O-145, de cilindros opuestos. Fue el primer motor utilizado para la propulsión de un helicóptero, con una fuerza de 65 hp.
1845	Creó el Sentinel, el cual fue el primer avión aliado autorizado para aterrizar en Iwo Jima.
1967	Desarrolla su primer motor acrobático y fue el único certificado por la FAA.
1982	Habría construido más de 250 000 motores a pistón.
1987	Textron compró AVCO incluida Lycoming.
1997	Los motores Lycoming eran usados en más del 85% de las aeronaves utilizadas para la aviación general producidas a nivel mundial.
2001	Construyó el motor número 300 000 horizontal opuesto de pistón, para aviación en general.

AÑO	DESCRIPCIÓN
2007	Recibe la certificación AS 9100.
2010	Incorpora la robótica y la automatización en las líneas de producción de motores a pistón para aviación.
2012	Lanza el nuevo Firebird.
2013	Lycoming propulsa el nuevo zeppelin de Goodyear. En el mismo año fue elegido para propulsar a las aeronaves participantes en el Red Bull Air Race World Championship.
2014	Celebró sus 85 años de trayectoria e innovación en los motores aeronáuticos

Nota. En la tabla detalla toda la historia de la casa fabricante del motor.

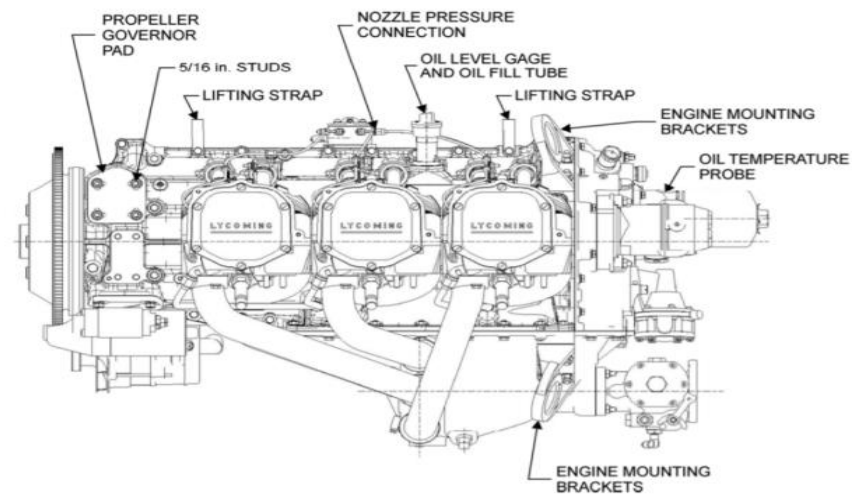
Toda esta reseña histórica proviene de una familia de motores de montaje horizontal opuesto de seis cilindros para el montaje en aviones menores y helicópteros, está construida por Lycoming Engine. Este motor tiene una versión de seis cilindros el cual se deriva del motor de cuatro cilindros Lycoming O-360.

Posee un desplazamiento de 8874 cm³. Tienen de 235 a 350 caballos de fuerza. Estos se encuentran instalados en un significativo número de aeronaves distintas.

El motor Lycoming O-540-A4E5 Series es un motor de seis cilindros de transmisión directa, horizontalmente opuestos, refrigerado por aire con un escape descendente, este motor tiene un alternador2w de tipo automotriz y un motor de arranque, dos accionamientos para una bomba de combustible de tipo diafragma y un regulador de hélice. (Maintenace Operator's, 2016)

Figura 8

Motor lycoming

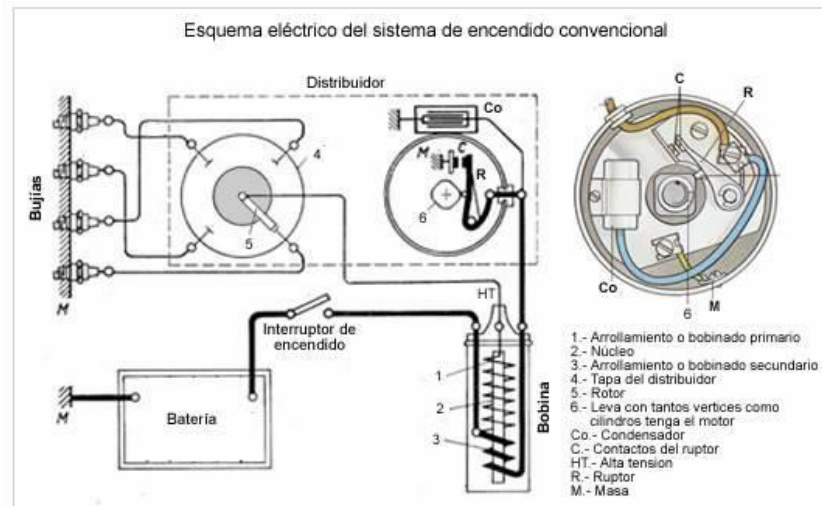


Nota. El gráfico representa el motor Lycoming con algunos de sus componentes.

Tomado de: (Aircraft C. R.,2003)

2.5 Sistema de encendido del motor

Su función del sistema de encendido es la de inflamar la mezcla aire combustible en el interior del cilindro en los motores recíprocos, el encendido debe darse en un instante determinado y preciso dentro del ciclo de funcionamiento del motor, la forma de realizar el encendido es hacer pasar una corriente eléctrica de muy alta tensión a través de un dispositivo llamado bujía.

Figura 9*Sistema de encendido*

Nota. El gráfico representa el esquema donde se muestra el sistema de encendido del motor. Tomado de: (Aircraft C. R.,2003)

2.5.1 Requisitos del sistema de encendido

- Deben tener dos bujías por cilindro
- Deben tener dos circuitos generadores de energía eléctrica independientes, una para cada bujía.
- Del sistema debe producir una corriente de alta tensión para poder provocar la chispa eléctrica.
- El sistema debe distribuir la corriente de alta tensión a los puntos receptores que la precisen.
- El sistema debe contar con un dispositivo eléctrico de aprovechamiento de la corriente producida.

2.5.2 Componentes del sistema de encendido

Los componentes del sistema de encendido son: Magneto, Bujía y los Cables de distribución.

Figura 10

Componentes sistema encendido



Nota. El gráfico representa todos los componentes del sistema de encendido

Tomado de: (Aircraft C. R.,2003)

2.5.3 Tipos de sistemas de encendido

Existen dos sistemas básicos de encendido:

1. Por batería: sistema de encendido estándar en el campo automotriz.
2. Por Magneto: Es un sistema autónomo que asegura una fuente de energía independiente del sistema eléctrico del avión.

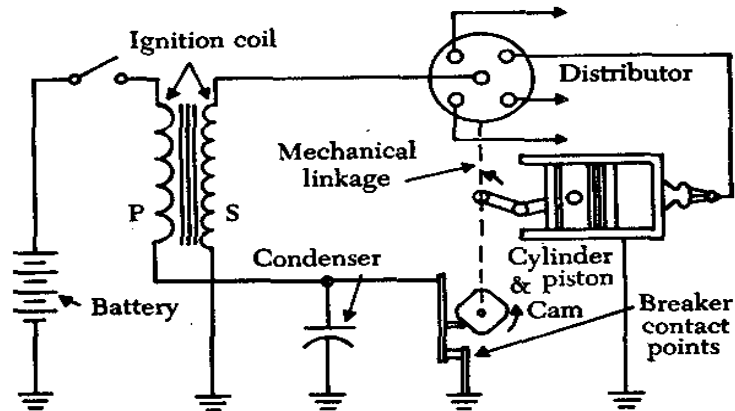
2.5.4 Sistema de encendido por batería

Es un sistema casi en desuso en aviación en este sistema, la fuente de energía está dada por la batería o un generador, es un sistema muy parecido al de los automóviles, una leva accionada por el motor abre y cierra el flujo de corriente en el circuito primario.

La interrupción abrupta del paso de corrientes genera un colapso en el campo magnético del circuito primario, lo que induce un alto voltaje en el circuito secundario, el mismo que es diseccionado a través del distribuidor hacia el cilindro que requiere del encendido.

Figura 11

Encendido por batería



Nota. El gráfico representa el sistema grafico perfectamente señalado el encendido por batería. Tomado de: (Aircraft C. R.,2003)

2.5.5 Sistema de encendido de magnetos

El magneto es un sistema de encendido que utiliza para su funcionamiento un magneto permanente como fuente de energía el magneto brinda la corriente de alto voltaje que genera una chispa en cada bujía, la operación del magneto está

sincronizada con el funcionamiento del motor, de tal manera que se genere la chispa en el cilindro y en el tiempo adecuado.

El sistema de encendido por magneto se puede clasificar en dos: Sistema de magneto de alta tensión y Sistemas de magneto de baja tensión, el sistema de alta tensión es el más antiguo y el más difundido en aviación como sistema de ignición.

2.5.6 Sistema de magneto de alta tensión

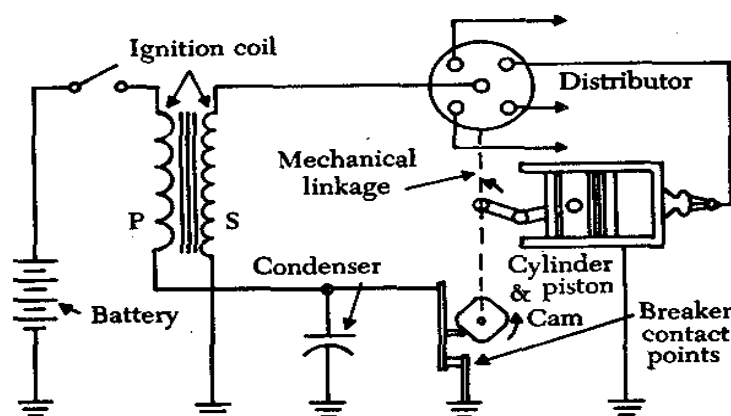
El Sistema de magneto de alta tensión se dividen en tres circuitos: magnético, primario y secundario.

1. Circuito magnético:

- Consiste en un imán rotatorio permanente multipolar.
- Junto con el imán permanente existe una bobina de núcleo de acero.
- Este imán está unido a los mecanismos activados por el movimiento del motor.
- Su movimiento giratorio es lo que ocasiona el corte del campo de fuerza magnético, lo que genera voltaje.

Figura 12

Circuito magnético



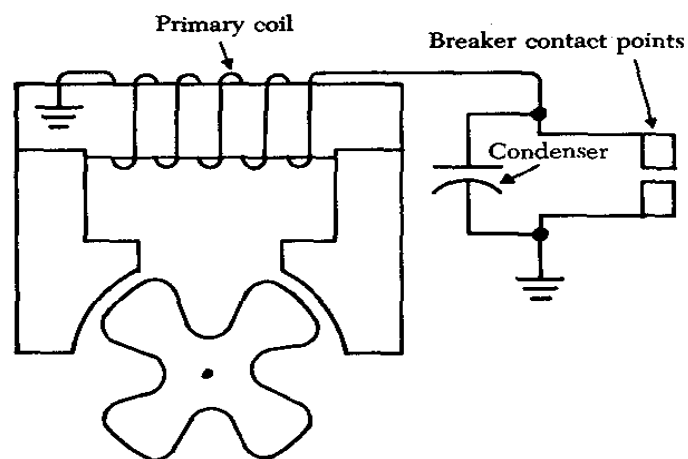
Nota. El gráfico representa el circuito magnético del motor. Tomado de: (Aircraft C. R.,2003)

2. Circuito primario:

- Este circuito consta de un condensador, un interruptor de corriente y una bobina de cable de cobre.
- La bobina consiste en un cable de cobre grueso envuelto alrededor del núcleo estático del magneto.
- Sus extremos están unidos el uno al núcleo estático del magneto y el otro al extremo del interruptor de corriente.
- El condensador está conectado en paralelo al interruptor de corriente

Figura 13

Circuito primario



Nota. El gráfico representa el esquemático del circuito primario. Tomado de: (Aircraft C. R.,2003)

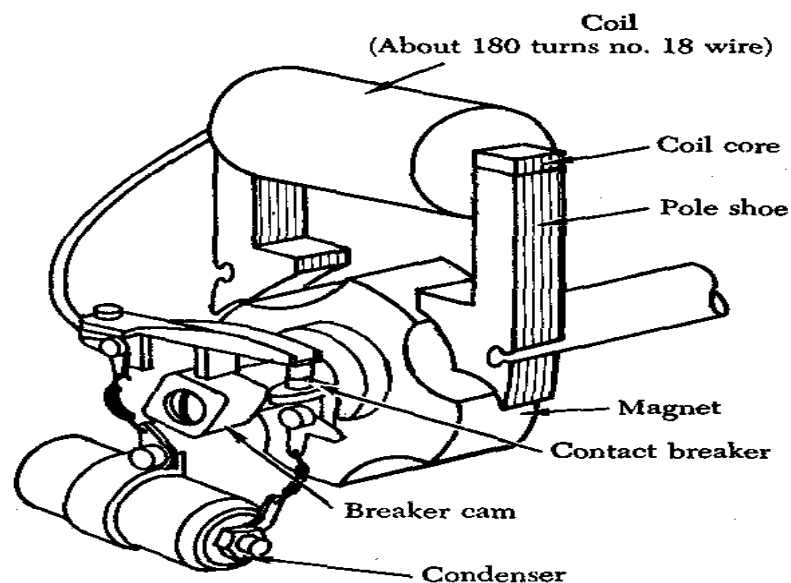
3. Circuito secundario:

- Es un bobinado de cobre compuesto de un cable muy fino que puede dar alrededor de 13000 ó más vueltas alrededor del bobinado primario.
- Ambas bobinas, primaria y secundaria están aisladas la una de la otra.

- El cable del cual están compuestas las bobinas posee un recubrimiento aislante que puede ser de baquelita o de un barniz aislante.
- Lo que se busca es el efecto de inducción entre bobinas, más no una continuidad directa.
- El cambio brusco de polaridad de los campos magnéticos del imán rotativo, como del campo magnético generado en el circuito primario, inducen una corriente de alto voltaje en el circuito secundario, quien es el que da la corriente necesaria a la bujía para generar la chispa de ignición de la mezcla.
- Entre mayor sea la cantidad de vueltas que se tengan en la bobina secundaria, se alcanzará un mayor voltaje producto del cambio brusco de polaridad entre los campos magnéticos.
- Un voltaje normal producido por un sistema de magnetos puede llegar fácilmente a los 20000 voltios, el mismo que es enviado directamente a las bujías del avión.

Figura 14

Circuito secundario



Nota. El gráfico representa los componentes del circuito secundario. Tomado de:
(Aircraft C. R.,2003)

2.6 Distribuidor del magneto

Es el elemento encargado de distribuir el alto voltaje generado en la bobina secundaria entre los cilindros del motor, el distribuidor consta de dos partes:

- Una rotativa llamada distribuidor
- Una fija llamada bloque del distribuidor

2.6.1 Parte rotativa

Puede tener la forma de un tambor, disco, o de una leva, está hecha de un material no conductor, pero con terminales conductivos.

2.6.2 Parte fija

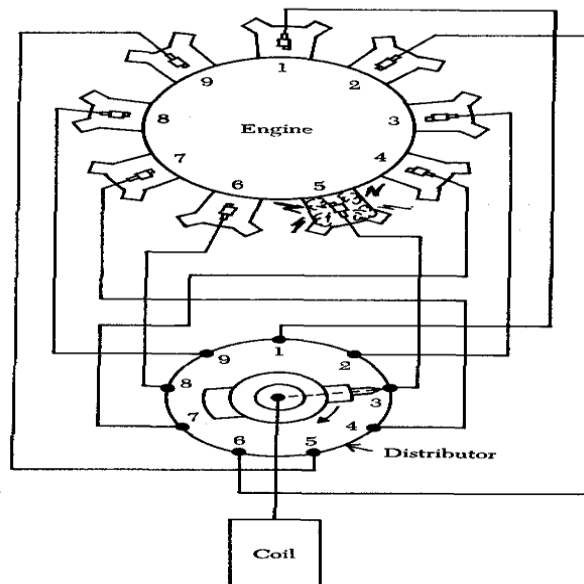
Es un pequeño elemento en forma de punta, confeccionada de un material no conductor, pero que en sus extremos posee terminales conductivos, uno de sus extremos va unido al cableado que se dirige directamente hacia las bujías en los cilindros del motor, el bloque del distribuidor tendrá tantos contactos como cilindros tenga el motor, y mientras el distribuidor gira, enviará la corriente de alto voltaje al cilindro respectivo.

Los números existentes en el distribuidor representa el orden de chispa generado por el magneto, mas no el número del cilindro al cual va la chispa, el contacto del distribuidor marcado con el No. 1 está conectado con la bujía alojada en el cilindro No.1, el contactor marcado con el No. 2 será el segundo en recibir el alto

voltaje, el No. 3 el tercero, y así sucesivamente, para un motor radial de 9 cilindros, el orden de encendido será el siguiente: 1-3-5-7-9-2-4-6-8. (Jeppessen , 2018)

Figura 15

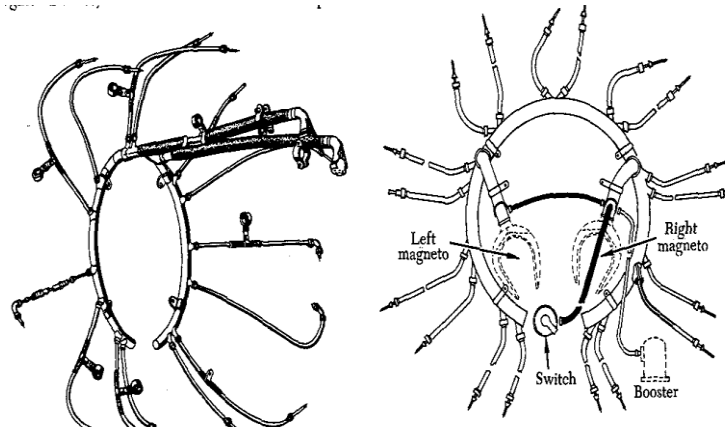
Bloque distribuidor



Nota. El gráfico representa el bloque distribuidor de un motor de 9 cilindros. Tomado de: (Aircraft C. R.,2003)

2.7 Cables de distribución de los magnetos

Son los cables que transportan el alto voltaje desde el distribuidor hacia las bujías, son cables blindados que los protegen de: vibración, temperaturas elevadas, condiciones extremas de funcionamiento, etc., este blindaje también aísla al cable de los posibles campos magnéticos generados por el mismo, que puedan interferir en el sistema de comunicaciones de radio del avión.

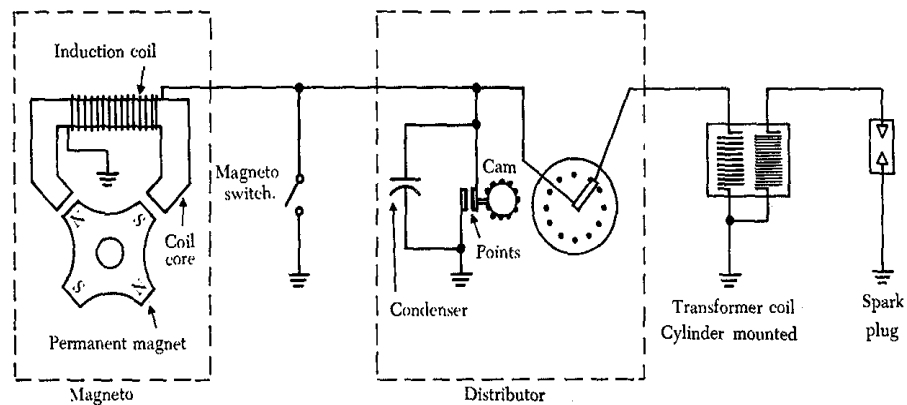
Figura 16*Cables de distribución*

Nota. El gráfico representa los cables de distribución de un magneto. Tomado de:
(Aircraft C. R.,2003)

2.8 Sistema de magnetos de baja tensión

Este sistema de magnetos trabaja en forma similar a los de alta tensión, su principal característica es que el magneto envía voltaje de baja tensión a lo largo de los cables de distribución, cerca de las bujías existe un transformador que eleva la tensión de la corriente hasta alcanzar el valor adecuado y finalmente pasa a las bujías.

Este tipo de sistema de baja tensión se ideó para solventar ciertos inconvenientes presentados por los sistemas de magnetos de alta tensión en altas alturas como: Chisporroteos, Fugas de tensión debido a la altura e Interferencia en las comunicaciones en altas alturas, los magnetos de baja tensión han quedado prácticamente en desuso, ya que la aviación en la actualidad ha desplazado a los motores recíprocos de vuelos de alta altura, y los ha reemplazado por motores a Jet.
(Handbook FAA, 2014)

Figura 17*Sistema de magnetos*

Nota. El gráfico representa el sistema de magnetos de baja tensión. Tomado de:
(Aircraft C. R.,2003)

2.9 Sistemas reforzadores de chispa

Estos sistemas se utilizan cuando el motor está siendo encendido y el magneto no ha alcanzado una velocidad de giro lo suficientemente alta como para activar el sistema de encendido, los utilizados en la actualidad en aviación son:

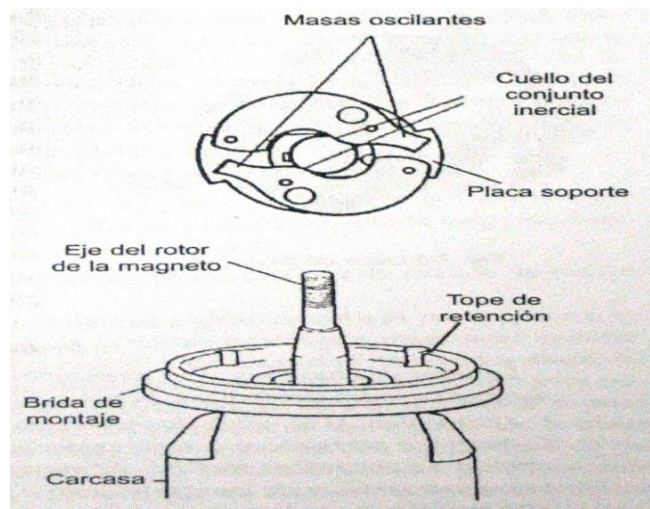
- Sistema de salto
- Sistema de vibración o lluvia de chispas

2.10 Sistema de salto

Consiste en hacer producir un giro rápido del magneto en el momento del arranque del motor, esto se logra mediante el uso de un sistema inercial mecánico que acumula la energía de los primeros giros del motor, esta energía es liberada dando una mayor velocidad al magneto en vez de la velocidad a la que en realidad gira el motor, una vez encendido el motor, éste sistema se desconecta automáticamente.

Figura 18

Sistema de salto



Nota. El gráfico representa el sistema de salto de un magneto.

2.11 Sistema de vibración o lluvia de chispas

Este sistema utiliza la energía de la batería en el momento del arranque del motor, cambia la corriente directa almacenada en la batería en una forma de corriente directa pulsante que alimenta a la bobina primaria del magneto, de ésta forma se producen un flujo de chispas intermitentes que alimentan al sistema de encendido hasta que el motor pueda abastecer directamente al magneto, este sistema se desconecta automáticamente una vez encendido el motor.

2.12 Unidades auxiliares de ignición

Como unidades auxiliares de ignición o de encendido tenemos:

- Bobinas reforzadas
- Acoplamiento de impulso
- Vibrador de arranque

2.13 Bobinas reforzadas

El conjunto de bobina de refuerzo, utilizado principalmente en sistemas de encendido del motor, consta de dos bobinas enrolladas un núcleo de hierro blando, un conjunto de puntos de contacto y un condensador, la bobina de refuerzo está separada del magneto y puede generar una serie de chispas por sí misma, durante el ciclo de arranque, estas chispas se dirigen al dedo posterior en el rotor del distribuidor y luego al cable de encendido del cilindro apropiado.

El devanado primario tiene un extremo conectado a tierra y su otro extremo conectado al punto de contacto móvil, el contacto estacionario está equipado con un terminal al que se aplica la tensión de la batería cuando el interruptor del magneto se coloca en la posición de inicio, o se aplica automáticamente cuando el arrancador está conectado.

El devanado secundario, que contiene varias veces más vueltas que la bobina primaria, tiene un extremo conectado a tierra y el otro a un terminal de alta tensión, el terminal de alta tensión está conectado a un electrodo en el distribuidor mediante un cable de encendido, dado que el terminal del distribuidor regular está conectado a tierra a través de la bobina primaria o secundaria de un magneto de alta tensión, el alto voltaje suministrado por la bobina de refuerzo se debe distribuir por un circuito separado en el rotor del distribuidor.

Esto se logra mediante el uso de dos electrodos en un rotor distribuidor, el electrodo principal, o dedo, lleva el voltaje de salida del magneto; el electrodo auxiliar o el dedo posterior, distribuye solo la salida de la bobina de refuerzo, el electrodo auxiliar siempre se ubica de manera que se encuentra en contacto con el electrodo principal, lo que retarda la chispa durante el período de inicio.

En funcionamiento, el voltaje de la batería se aplica al terminal positivo (+) de la bobina de refuerzo a través del interruptor de arranque. Esto hace que la corriente

fluya a través de los puntos de contacto cerrados a la bobina primaria y a la tierra, el flujo de corriente a través de la bobina primaria establece un campo magnético alrededor de la bobina que magnetiza el núcleo de la bobina.

A medida que el núcleo se magnetiza, atrae el punto de contacto móvil, que normalmente se sostiene contra el punto de contacto estacionario, a medida que el punto de contacto móvil se tira hacia el núcleo de hierro, el circuito primario se rompe, colapsando el campo magnético que se extiende alrededor del núcleo de la bobina, dado que el núcleo de la bobina actúa como un electroimán solo cuando la corriente fluye en la bobina primaria, pierde su magnetismo tan pronto como se rompe el circuito de la bobina primaria.

Esto permite que la acción del resorte cierre los puntos de contacto y complete nuevamente el circuito de la bobina primaria. Esto re magnetiza el núcleo de la bobina y atrae de nuevo el punto de contacto móvil, que nuevamente abre el circuito de la bobina primaria, esta acción hace que el punto de contacto móvil vibre rápidamente, siempre que el interruptor de inicio se mantenga en la posición cerrada, el resultado de esta acción es un campo magnético que se expande y colapsará continuamente que une la bobina secundaria de la bobina de refuerzo.

Con varias veces más vueltas en el secundario que en el primario, el voltaje inducido que resulta de las líneas de fuerza que unen al secundario es lo suficientemente alto como para proporcionar ignición para el motor.

El condensador, que está conectado a través de los puntos de contacto, tiene una función importante en este circuito, como el flujo de corriente en la bobina primaria se interrumpe por la apertura de los puntos de contacto, la alta tensión auto inducida que acompaña a cada colapso del campo magnético primario se activa en el condensador, sin un condensador, un arco saltaría a través de los puntos con cada colapso del campo magnético.

Esto podría quemar y obstruir los puntos de contacto y reducir en gran medida la salida de voltaje de la bobina de refuerzo, la bobina de refuerzo genera una

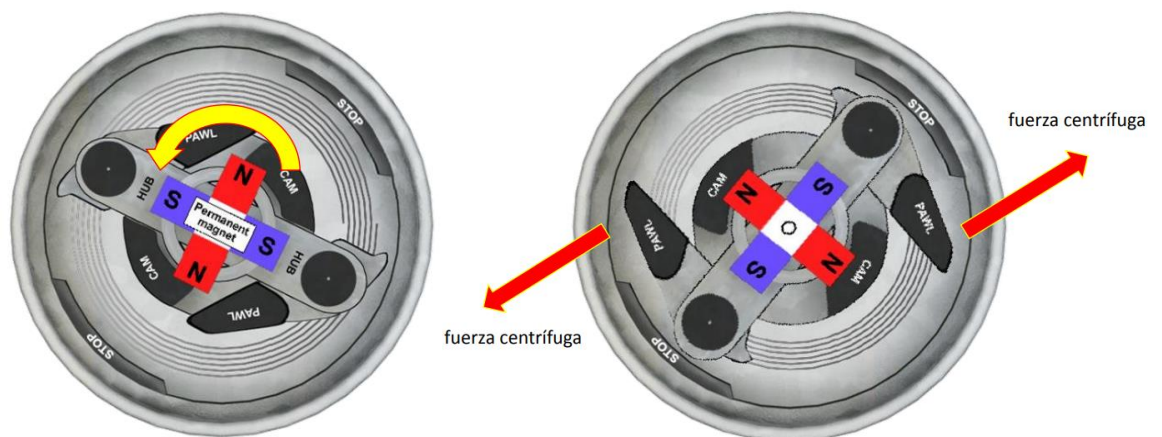
corriente continua pulsante en el devanado primario que induce una chispa de alta tensión en los devanados secundarios de la bobina de refuerzo. (Slick, , 2012)

2.14 Acoplamiento de impulso

Es un dispositivo mecánico que usa un resorte para incrementar temporalmente la velocidad de rotación del magneto y retrasar el tiempo de la chispa, la leva acciona el cuerpo a través del resorte y es accionado por el cigüeñal, a través de engranajes a mitad de la velocidad del cigüeñal, una vez que el motor ha arrancado, la fuerza centrífuga mantiene los trinquetes fuera a un ángulo el cual previene de contactar con los topes.

Figura 19

Acoplamiento de impulso



Nota. El gráfico representa el acoplamiento de Impulso de un magneto en función.

2.15 Vibradores de arranque

2.15.1 *Vibrador de interruptor de retardo de alta tensión*

Para proporcionar más potencia de chispa durante el ciclo de arranque, se desarrolló el sistema de ducha de chispas, que proporciona varias chispas en los electrodos de la bujía durante el arranque, el vibrador de arranque, o ducha de chispas, consiste esencialmente en un vibrador operado eléctricamente, un condensador y un relé, estas unidades están montadas en una placa base y encerradas en una caja de metal.

El vibrador de arranque, a diferencia de la bobina de refuerzo, no produce el alto voltaje de encendido dentro de sí mismo, la función de este vibrador de arranque es cambiar la corriente continua de la batería en una corriente continua pulsante y entregarla a la bobina primaria del magneto.

Cada vez que los puntos del vibrador se cierran, la corriente fluye al magneto como un DC pulsante, como esta corriente se está interrumpiendo muchas veces por segundo, el campo magnético resultante se está acumulando y colapsando a través de las bobinas primaria y secundaria del magneto muchas veces por segundo.

Las sucesiones rápidas de voltajes separados inducidos en la bobina secundaria producen una lluvia de chispas a través del espacio de aire de la bujía seleccionado, el magneto interruptor de retardo y el sistema vibrador de arranque se usan como parte del sistema de arranque de alta tensión en muchos tipos de aeronaves.

Diseñado para sistemas de encendido de cuatro y seis cilindros, el magneto de corte retardado elimina la necesidad del acoplamiento de impulso en aviones ligeros, este sistema usa un interruptor adicional para obtener chispas retardadas para el arranque, el vibrador de arranque también se puede adaptar a muchos sistemas de encendido de helicópteros. (Jeppesen I. , 2018)

2.15.2 Vibrador de interruptor de retardo de baja tensión

Este sistema, que tiene un uso limitado, está diseñado para motores recíprocos de aviones ligeros, un sistema típico consiste en un magneto de corte retardado, un magneto de interruptor único, un vibrador de arranque, bobinas de transformador y un interruptor de arranque y encendido.

2.16 Arnés de ignición

El cable de encendido dirige la energía eléctrica del magneto a la bujía, el arnés de encendido contiene un cable aislado para cada cilindro que el magneto sirve en el motor. Un extremo de cada cable está conectado al bloque distribuidor del magneto y el otro extremo está conectado a la bujía adecuada, los cables del arnés de encendido tienen un doble propósito.

Proporciona la ruta del conductor para el voltaje de la tensión de elevación a la bujía, también sirve como escudo para los campos magnéticos dispersos que rodean a los cables ya que momentáneamente llevan corriente de alto voltaje, al conducir estas líneas de fuerza magnética al suelo, el arnés de ignición reduce la interferencia eléctrica con la radio de la aeronave y otros equipos eléctricamente sensibles. (AC 4313-2B, 2015)

Figura 20

Arnés de ignición.



Nota. El gráfico representa un cable del arnés de ignición con sus partes internas y externas. Tomado de: (Aircraft C. R.,2003)

2.17 Mantenimiento del arnés de encendido

Aunque el arnés de encendido es simple, es un vínculo vital entre el magneto y la bujía, debido a que el arnés está montado en el motor y expuesto a la atmósfera, es vulnerable al calor, la humedad y los efectos del cambio de altitud., estos factores, además del aislamiento de envejecimiento y la erosión del espacio normal, funcionan en contra del funcionamiento eficiente del motor.

El aislamiento puede romperse en un cable dentro del arnés y permitir que el alto voltaje se filtre a través del aislamiento hacia el blindaje del arnés en lugar de pasar a la bujía, los circuitos abiertos pueden ser el resultado de cables rotos o malas conexiones., un cable desnudo puede estar en contacto físico con el blindaje, o dos cables pueden estar en cortocircuito.

Cualquier defecto grave en un cable individual impide que el impulso de la alta tensión llegue a la bujía a la que está conectado el cable, como resultado, este enchufe no se disparará, cuando solo una bujía está disparando en un cilindro, la carga no se consume tan rápido como lo sería si ambos enchufes estuvieran encendidos, este factor hace que la presión máxima de combustión ocurra más adelante en la carrera de potencia, si la presión máxima en el cilindro ocurre más tarde, se produce una pérdida de potencia en ese cilindro.

Sin embargo, la pérdida de potencia de un solo cilindro se convierte en un factor menor cuando se consideran los efectos de un mayor tiempo de combustión., un tiempo de combustión más prolongado sobrecalienta el cilindro afectado, causando detonación, posible pre ignición y quizás daño permanente al cilindro. (AC 4313-2B, 2015)

2.18 Reemplazo del arnés de ignición

El reemplazo del arnés de encendido completo se lo realiza solo cuando el blindaje del colector esté dañado o cuando la cantidad de cables defectuosos haga

que sea más práctico reemplazar el arnés que reemplazar los cables individuales, antes de reemplazar cualquier arnés para corregir el mal funcionamiento del motor, se realiza extensas pruebas de arnés de encendido, los procedimientos típicos para instalar un arnés de encendido se detallan en los siguientes párrafos.

Instalar el arnés de encendido en el motor, apretar y asegurar las tuercas y pernos de sujeción e instalar y apretar los soportes de plomo individuales de acuerdo con las instrucciones, el arnés de encendido está listo para la conexión de los cables individuales al bloque distribuidor, una banda está unida a cada cable en el extremo del distribuidor del arnés para identificar el cilindro del cable, sin embargo, cada cable debe revisarse individualmente con una luz de continuidad o de sincronización antes de conectarlo.

Además, se debe verificar la continuidad poniendo a tierra el cable en el cilindro y luego verificando en el extremo del bloque distribuidor para establecer que el cable con conexión a tierra está designado en la banda para el cable.

Después de verificar todos los cables para una identificación adecuada, cortar a la longitud adecuada para la instalación en el bloque distribuidor, sin embargo, antes de cortar los cables, se debe volver a introducirlos en el distribuidor lo más posible para proporcionar un cable sobrante en el colector de encendido, este cable adicional puede ser necesario en una fecha posterior en el caso de que el roce de un cable en el codo de la bujía requiera cortar una sección corta del cable desde el extremo de la bujía del arnés.

Después de cortar cada cable a su longitud, retire aproximadamente 3/8 de pulgada de aislamiento del extremo y prepare el cable para su inserción en el bloque distribuidor. Antes de instalar el cable, vuelva a colocar el tornillo de ajuste en el bloque distribuidor lo suficiente para permitir deslizar el extremo del cable en el orificio sin forzarlo.

Inserte el cable en el bloque y apriete el tornillo de ajuste, conecte los cables en orden de disparo (el primer cilindro dispara la ubicación No. 1 en el bloque, el segundo en el orden de encendido en la ubicación No. 2, etc.).

Después de conectar cada cable, compruebe la continuidad entre el cable y su electrodo de bloque distribuidor con luz de continuidad o luz de sincronización, para realizar un cable de prueba, toque el otro cable de prueba con el electrodo de bloque distribuidor correcto, si la luz no indica un circuito completo, el tornillo de ajuste no está haciendo contacto con el cable de encendido o el cable está conectado a la ubicación incorrecta del bloque, corrija cualquier conexión defectuosa antes de instalar el bloque distribuidor. (Practices Standar , 2014)

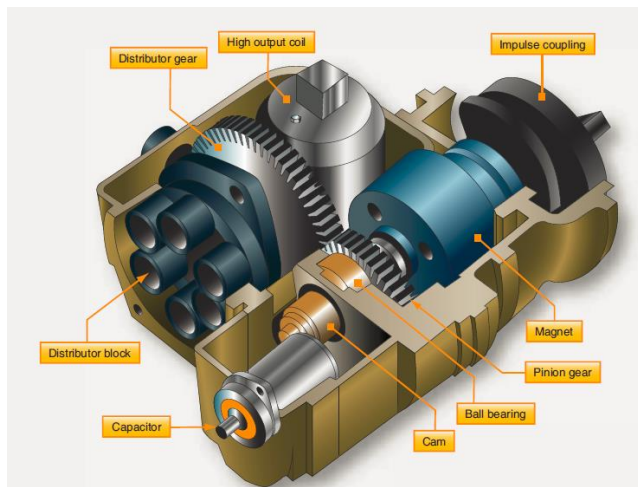
2.19 Sistemas de montaje magneto

Los magnetos montados en bridas se unen al motor mediante una brida alrededor del extremo accionado del eje giratorio del magneto, las ranuras alargadas en la brida de montaje permiten el ajuste a través de un rango limitado para ayudar a sincronizar el magneto con el motor.

Algunos magnetos se montan por la brida y usan abrazaderas en cada lado para asegurar el magneto al motor. Este diseño también permite ajustes de tiempo, los magnetos montados en la base solo se utilizan en motores de aviones antiguos o antiguos.

Figura 21

Magneto



Nota. El gráfico representa el magneto y sus componentes internos.

2.20 Funcionamiento del magneto Bendix

El sistema Bendix posee el piñón de tracción del motor eléctrico de arranque sobre un resorte helicoidal. Cuando el motor eléctrico de arranque comienza a girar, la inercia del conjunto del piñón comprime un resorte y se usa una bobina eléctrica para empujar un solenoide que mueve longitudinalmente el piñón del motor de arranque para que engrane con el disco dentado en el volante del motor; de esta forma el movimiento del motor eléctrico de arranque es transmitido al motor de combustión para que se ponga en funcionamiento.

Una vez que cesa la corriente que pasa por la bobina, la bobina se desenergiza y gracias al resorte el piñón retorna a su posición inicial desengranándose del motor y evitando así que el motor de arranque se quemara.

Cuando se da la vuelta a la llave del encendido del motor, la energía de la batería hace que el piñón que está dentro del motor de arranque engrane haciendo girar el volante dentado que comienza el movimiento del cigüeñal y permite que el motor de combustión comience a funcionar, las fallas comunes del Bendix son que se le desgasten los dientes al engranaje que posee en su extremo, no se pueda encender el motor, y solo se escucha el encendido, pero no el arranque; ante esto es necesario

cambiarlo, otra falla común es que por dentro se "astille" y se quede pegado. (Operator's Manual, 2011)

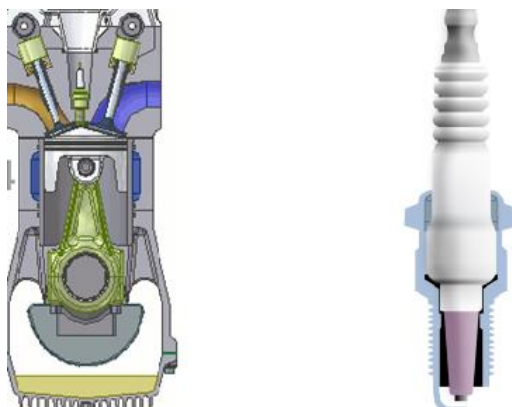
2.21 Bujías

La función de la bujía en un sistema de encendido es conducir un impulso corto de corriente de alto voltaje a través de la pared de la cámara de combustión, dentro de la cámara de combustión, proporciona un espacio de aire a través del cual el impulso puede producir una chispa eléctrica para encender la carga de combustible / aire.

Si bien la bujía de la aeronave es simple en la construcción y operación, puede ser la causa de fallas en los motores de los aviones. A pesar de este hecho, las bujías proporcionan una gran cantidad de funcionamiento sin problemas cuando se mantienen adecuadamente y cuando se practican los procedimientos correctos de operación del motor. (AC 4313-2B, 2015)

Figura 22

Bujía



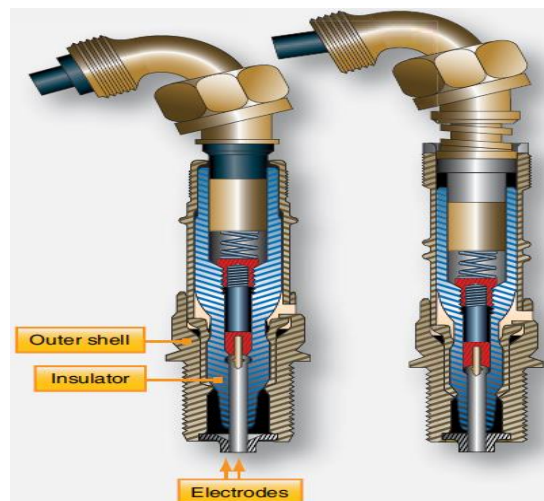
Nota. El gráfico representa las bujías en un cilindro.

2.21.1 Partes de una bujía

Los tres componentes principales de una bujía son el electrodo, el aislador y la cubierta exterior, la carcasa exterior es roscada para encajar en el cilindro, por lo general está hecha de acero finamente mecanizado está es blindada para evitar la corrosión de los gases del motor.

Figura 23

Partes de una bujía



Nota. El gráfico representa la bujía de una aeronave dentro de un cilindro con sus partes. Tomado de: (Aircraft C. R.,2003)

2.21.2 Funcionamiento de las bujías

Las bujías funcionan a temperaturas extremas, presiones eléctricas y presiones de cilindro muy altas, el cilindro de un motor que opera a 2.100 rpm. Esto aparecería como una chispa continua a través de los electrodos de la bujía a temperaturas de más de 3,000 ° F. Al mismo tiempo, la bujía está sujeta a presiones de gas de hasta 2,000 libras por pulgada cuadrada (psi) y una presión eléctrica de hasta 20,000 voltios. (Handbook, FAA, 2014)

- La bujía es el órgano que produce la chispa eléctrica en el interior de la cámara de combustión del cilindro la conexión de magneto a bujía se efectúa mediante los cables de encendido
- Las bujías se sitúan a un lado y a otro de cada cilindro así pues en términos descriptivos se puede decir que hay una bujía superior y otra inferior
- La chispa salta entre dos terminales eléctricos de la bujía que están separados por una distancia pequeña y precisa. los terminales de la bujía se denominan electrodos
- Los electrodos se encuentran situados en uno de los extremos de la bujía, el extremo que se introduce en el interior del cilindro. por tanto, la chispa que salta en los electrodos está rodeada por la mezcla de aire y combustible previamente preparada.
- Nótese que cada magneto alimenta con corriente eléctrica de alta tensión a dos bujías superiores y a dos inferiores

Ejemplo

Motor de 4 cilindros

El magneto izquierdo dispara las bujías superiores de los cilindros 2 y 4 y las dos bujías inferiores de los cilindros 1 y 3.

Mientras que el magneto derecho disparara las bujías superiores de los cilindros 1 y 3 y las inferiores de los cilindros números 2 y 4.

2.21.3 Incrustaciones de carbón de bujías

Las incrustaciones de carbón provenientes del combustible están asociadas con mezclas que son demasiado ricas para quemarse o mezclas que son tan delgadas que provocan un encendido intermitente, cada vez que una bujía no se dispara, el combustible crudo y el aceite se acumulan en los electrodos que no se disparan y en el aislador de la nariz, estas dificultades casi invariablemente se asocian con un ajuste

incorrecto de la mezcla inactiva, una imprimación con fugas o un funcionamiento incorrecto del carburador que causa una mezcla demasiado rica en el rango de inactividad.

Una mezcla rica de combustible y aire se detecta por el hollín o el humo negro que sale del escape y por un aumento en las rpm cuando la mezcla de combustible y aire al ralentí se inclina a la mejor potencia, el hollín que se forma como resultado de mezclas demasiado ricas de combustible y aire inactivo se instala en el interior de la cámara de combustión porque el calor del motor y la turbulencia en la cámara de combustión son pequeños. Sin embargo, a mayores velocidades y potencias del motor, el hollín se elimina y no se condensa fuera de la carga en la cámara de combustión. (Handbook, FAA, 2014)

2.21.4 Incrustaciones de aceite de bujías

A pesar de que la mezcla de combustible y aire al ralentí es correcta, hay una tendencia a que el aceite ingrese al cilindro más allá de los anillos de pistón, las guías de válvula y los anillos de sello de aceite del eje del impulsor, a bajas velocidades del motor, el aceite se combina con el hollín en el cilindro para formar un sólido que es capaz de cortocircuitar la bujía.

Las bujías que están mojadas o cubiertas con aceite lubricante generalmente se conectan a tierra durante el arranque del motor, en algunos casos, estos enchufes pueden limpiarse y funcionar correctamente después de un corto período de funcionamiento del motor.

El aceite del motor que ha estado en servicio durante un tiempo prolongado contiene en suspensión partículas diminutas de carbón que son capaces de conducir una corriente eléctrica, por lo tanto, una bujía no formará el espacio entre los

electrodos cuando el tapón está lleno de aceite, en cambio, el impulso de alto voltaje fluye a través del aceite de un electrodo al otro sin una chispa, como si un conductor de cable fuera colocado entre los dos electrodos.

La combustión en el cilindro afectado no ocurre hasta que, a una velocidad mayor, el flujo de aire incrementado haya llevado el exceso de aceite, luego, cuando comienza el fuego intermitente, la combustión ayuda a emitir el aceite restante. En unos pocos segundos, el motor está funcionando limpio con vapores blancos de aceite que se evapora y se quema saliendo del escape. (Handbook, FAA, 2014)

2.21.5 Contaminación de plomo de bujías

El ensuciamiento con plomo de las bujías de encendido de la aviación es una condición que puede ocurrir en cualquier motor que use combustibles con plomo, enchufe de bujía con suciedad de plomo al combustible de aviación para mejorar sus cualidades antidetonantes, el plomo, sin embargo, tiene el efecto indeseable de formar óxido de plomo durante la combustión., este óxido de plomo se forma como un sólido con diversos grados de dureza y consistencia.

Los depósitos de plomo en las superficies de la cámara de combustión son buenos conductores eléctricos a altas temperaturas y provocan fallas de encendido, a bajas temperaturas, los mismos depósitos pueden ser buenos aislantes, en cualquier caso, las formaciones de plomo en las bujías de las aeronaves impiden su funcionamiento normal, para minimizar la formación de depósitos de plomo, se agrega di-bromuro de etileno al combustible como agente eliminador que se combina con el plomo durante la combustión.

El ensuciamiento del plomo puede ocurrir en cualquier ajuste de potencia, pero tal vez la configuración de potencia más propicia para el ensuciamiento del plomo está cruzando con mezclas pobres, con esta potencia, la temperatura de la culata es

relativamente baja y hay más oxígeno de lo necesario para consumir todo el combustible en la mezcla de combustible y aire, el oxígeno, cuando está caliente, es muy activo y agresivo.

Cuando todo el combustible se ha consumido, parte del exceso de oxígeno se une con parte del plomo y parte del agente captador para formar compuestos de oxígeno de plomo o bromo, o ambos, algunos de estos compuestos indeseables se solidifican y se acumulan en capas a medida que entran en contacto con las paredes del cilindro y las bujías de encendido relativamente frías, aunque el ensuciamiento de plomo puede ocurrir en cualquier ajuste de potencia, la experiencia indica que la acumulación de plomo generalmente se limita a un rango de temperatura de combustión específico.

Las temperaturas de combustión fuera de este rango específico minimizan la tendencia al ensuciamiento del plomo, si se detecta una incrustación de plomo antes de que las bujías se ensucien completamente, el plomo generalmente puede eliminarse o reducirse mediante un aumento brusco o una disminución brusca de la temperatura de combustión. Esto impone un choque térmico en las partes del cilindro, lo que hace que se expandan o contraigan.

Dado que existe una tasa de expansión diferente entre los depósitos y las partes metálicas sobre las que se forman, los depósitos se desprenden o se aflojan y luego se eliminan de la cámara de combustión por el escape o se queman en el proceso de combustión.

Se usan varios métodos para producir choque térmico en las partes del cilindro, el método utilizado depende del equipo accesorio instalado en el motor. Se puede obtener un aumento brusco de las temperaturas de combustión en todos los motores al operarlos a plena potencia de despegue durante aproximadamente 1 minuto.

Al usar este método para eliminar el ensuciamiento, el control de la hélice debe colocarse en paso bajo o altas rpm, y el acelerador avanza lentamente para producir rpm de despegue y presión en el colector, el movimiento lento del control del acelerador proporciona una libertad razonable de contra flujo en los cilindros afectados durante la aplicación de potencia.

Otro método para producir choque térmico es el uso de mezclas excesivamente ricas de combustible y aire, este método enfría repentinamente la cámara de combustión porque el exceso de combustible no contribuye a la combustión; en cambio, absorbe calor del área de combustión, algunas instalaciones de carburador utilizan controles de mezcla manual de dos posiciones que proporcionan una configuración de mezcla pobre para una economía de crucero y una configuración de mezcla más rica para todas las potencias anteriores al crucero.

Ninguna configuración manual de control de mezcla en este tipo de configuración es capaz de producir una mezcla excesivamente rica de combustible y aire. Incluso cuando el motor funciona con auto-riqueza a potencias donde una configuración de auto-limpieza sería completamente satisfactoria, la mezcla no es lo suficientemente rica. (Service Bulletin, 2015)

2.21.6 Suciedad de grafito en las bujías

Como resultado de la aplicación descuidada y excesiva de lubricante para roscas, llamado compuesto antiadherente, a la bujía, el lubricante fluye sobre los electrodos y provoca un cortocircuito, el cortocircuito ocurre porque el grafito es un buen conductor eléctrico, la eliminación de las dificultades de servicio causadas por el grafito depende del técnico de la aeronave.

Se debe tener cuidado al aplicar el lubricante para asegurarse de que los dedos manchados, las toallas o las escobillas no entren en contacto con los electrodos ni con ninguna parte del sistema de encendido, excepto las roscas de las bujías, nunca se aplique al primer conjunto de hilos.

Figura 24

Bujía sucia



Nota. El gráfico representa una bujía sucia con grafito.

2.21.7 Erosión de la cobertura de cerámica de las bujías

La erosión de los electrodos tiene lugar en todas las bujías de las aeronaves cuando la chispa salta el espacio de aire entre los electrodos, la chispa lleva consigo una parte del electrodo, parte del cual se deposita en el otro electrodo, el resto es expulsado en la cámara de combustión. A medida que el espacio de aire se agranda por la erosión, la resistencia que la chispa debe superar al saltar el espacio de aire también aumenta.

Esto significa que el magneto debe producir un voltaje más alto para superar la mayor resistencia, con voltajes más altos en el sistema de ignición, existe una mayor tendencia a que la chispa se descargue en algún punto de aislamiento débil en el sistema de ignición, dado que la resistencia de un espacio de aire también aumenta a medida que aumenta la presión en el cilindro del motor, existe un doble peligro en el despegue y durante la aceleración repentina con bolsas de aire agrandadas.

La falla del aislamiento, el flashover prematuro y el seguimiento del carbón provocan un fallo en el encendido de la bujía y van de la mano con un espacio excesivo en la bujía. Los ajustes de brecha amplia también aumentan la velocidad de entrada de un magneto y, por lo tanto, provocan un arranque difícil.

Los fabricantes de bujías han superado parcialmente el problema de la erosión del hueco al usar una resistencia sellada herméticamente en el electrodo central de las bujías, esta resistencia adicional en el circuito de alta tensión reduce la corriente máxima en el instante de disparar, este flujo de corriente reducido ayuda a prevenir la desintegración del metal en los electrodos.

Además, debido a la alta tasa de erosión del acero o cualquiera de sus aleaciones conocidas, los fabricantes de bujías utilizan tungsteno o una aleación de níquel para sus enchufes masivos de electrodos y chapado de iridio / platino para sus enchufes de electrodos de alambre fino. (Maintenance Manual)

2.21.8 Mantenimiento e inspección de las bujías

La operación de la bujía a menudo puede ser una fuente importante de mal funcionamiento del motor debido a la erosión del plomo, aceite, grafito, carbón y erosión de la bujía, la mayoría de estas fallas, que generalmente acompañan a la operación normal de la bujía, se pueden minimizar mediante buenas prácticas de operación y mantenimiento, se considera que una bujía está sucia si ha dejado de

permitir que la chispa salve la brecha completamente de forma intermitente.
(Maintenance Manual, 2018)

2.22 Tipos de mantenimiento

- A. Mantenimiento Programado. - Tareas de inspección y/o mantenimiento en intervalos precisos.
- B. Mantenimiento No Programado. - Procedimientos, normas e instrucciones para el cumplimiento de tareas generadas por informe de fallas de los pilotos u otra necesidad.
- C. Mantenimiento Cero Horas. - Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva.

2.23 Operación de encendido de un motor reciproco

En el panel de instrumentos, hay un interruptor de encendido/starter accionado por llave, el cual tiene cinco posiciones:

- OFF (Apagado).
- R (Right=Derecha) en la cual solo un magneto suministra corriente a su juego de bujías.
- L (Left=Izquierda) lo mismo con el otro magneto y su juego de bujías.
- BOTH (Ambos), ambos magnetos suministran corriente, cada una a su juego de bujías, y
- START (Arranque) que acciona el starter que arranca el motor.

Para generar electricidad los magnetos deben girar, así que para poner en marcha el motor el piloto acciona el arranque (llave en START), alimentado por la batería, con lo cual se hace girar al cigüeñal y este a su vez los magnetos. Una vez que comienzan a girar, los magnetos producen corriente y hacen saltar en las bujías la chispa que inflama la mezcla de aire y combustible en los cilindros. En el momento en que el motor comienza a girar por sus propios medios (explosiones en los cilindros), el piloto suelta la llave, la cual vuelve automáticamente a su posición de BOTH quedando desactivado el sistema de arranque.

Figura 25

Switch de encendido



Nota. El gráfico representa el switch de encendido de una aeronave. Tomado de:
(Aircraft C. R.,2003)

Capítulo III

3. Desarrollo del Tema

3.1 Preliminares

El presente capítulo describe todos los procedimientos a realizarse en la inspección de 100 horas al motor Lycoming O-540-A4E5, donde también se realizara las inspecciones periódicas del motor, comenzando desde las inspecciones con el pre-vuelo hasta llegar a la inspección de 100 horas, como especifica el Manual del Operador.

Es de añadir que, con estas prácticas basadas en el mantenimiento programado del motor, fortalece el estudio con la práctica y el incitamiento a realizar todos los tipos de mantenimiento que están escrito en el manual para así tener a la aeronave con una aeronavegabilidad óptima.

3.2 Medidas de seguridad

Todas las medidas de seguridad en esta tarea de inspección se lo van a realizar en el motor con los correctos procedimientos designados y escritos por el fabricante, garantizando la seguridad integra del técnico que los realizan.

Se cita todas las medidas de seguridad utilizadas para la inspección:

- El técnico que realizará la inspección debe basarse en los procedimientos técnicos en el manual emitido por el fabricante.
- Las herramientas necesarias para realizar la inspección deben estar calibradas y en un óptimo estado de operación.
- El técnico debe utilizar los equipos de protección personal (EPP) en todo momento de inspección del motor.

3.3 Inspección de pre-vuelo diario

3.3.1 *Herramientas utilizadas en la inspección de pre-vuelo diario*

Tabla 2

Inspección de pre-vuelo

Actividad	Herramientas	Materiales
Inspección visual componentes del motor y niveles de líquidos	Linterna	Franela Guantes

Nota. En esta tabla describe claramente la actividad, herramientas y materiales a utilizar en el prevuelo.

3.3.2 Desarrollo

- a. Asegúrese de que todos los switches estén en la posición OFF.

Figura 26

Switch del panel de control del motor



Nota. En el gráfico se identifica el panel de control

- Si en la inspección visual se encuentra un switch (navegación, comunicación, taxiing, luces, batería, alternador, etc.) en la posición ON, el técnico inmediatamente se debe colocar en la posición OFF.
- b. Asegúrese de que los cables a tierra de los magnetos estén conectados.

Figura 27

Magnetos en el motor



Nota. En el gráfico se identifica el magneto del motor

- Ilustración de los cables de los magnetos bien conectados, se debe observar y verificar con la linterna su correcto ajuste y conexión del cable a tierra del magneto contra la pared de fuego.
- c. Chequee el nivel de aceite.

Figura 28

Motor lycoming



Nota. En el gráfico se observa el motor

- El técnico debe observar según el manual del motor el correcto nivel de aceite que debe tener cada motor según su modelo, en este caso su nivel de aceite es de 12 lit. y la varilla de medición está claramente señalada para su fácil verificación.

d. Chequee el nivel de combustible.

Figura 29

Tanque de combustible



Nota. En el gráfico se identifica el tanque de combustible.

- Tanque de combustible abierto para medir el cantidad de combustible del tanque del motor Lycoming
- e. Chequee las conexiones de las líneas de aceite y combustible, observe las indicaciones menores para la reparación a las 50 horas de inspección. Repare cualquier fuga antes de volar el avión.

Figura 30

Conexiones de aceite y combustible



Nota. En el gráfico se identifica las conexiones de aceite y combustible.

- Siguiendo el manual se debe chequear visualmente todas las conexiones de aceite y combustible en caso de fuga, de encontrar una fuga deberá reparar dicha fuga encontrada, se debe revisar las cañerías por la identificación de sus códigos que posee cada uno.

f. Abra el drenaje de combustible para eliminar cualquier acumulación de agua y sedimentos.

Figura 31

Tanque de combustible para drenar



Nota. En la imagen se identifica el tanque de combustible

- Por lo general el tanque de combustible de una avión se encuentra en las alas, cuyo tanque en su parte inferior tiene un drenaje que por medio de una herramienta especial se inserta y baja todas las impurezas y agua si se encuentran dentro del tanque, este procedimiento deberá realizar el técnico cada vez que el avión va de vuelo.
- g. Asegúrese de que las capotas y cubiertas estén en su lugar y seguros. Si falta alguno o está dañado, se debe reparar o reemplazar antes de volar la aeronave.
- h. Verifique los controles de forma general su desplazamiento y libertad de operación.

Figura 32

Controles del motor



Nota. En la imagen se identifica los controles del motor

- Los controles de este motor son dos, el de potencia que es de color negro y el de mezcla que es de color rojo, deben estar en la posición correcta antes de prender el motor, además en el caso de una aeronave el técnico debe verificar los controles de vuelo tanto primarios como secundarios.
- i. El filtro de aire del sistema de inducción debe inspeccionarse y repararse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de la estructura del avión.

Figura 33

Filtro de aire



Nota. En la imagen se identifica el filtro de aire

- De acuerdo con el fabricante el filtro de aire del motor se debe cambiar cada 50h o cuando el fabricante demande el cambio, en caso del pre-vuelo este filtro de aire el técnico debe inspeccionar que no esté obstruido.

3.4 Inspección de 50 horas del motor

Además de los elementos enumerados para la inspección diaria previa al vuelo, se deben realizar las siguientes revisiones de mantenimiento después de cada 50 horas de operación.

3.4.1 Herramientas utilizadas en la inspección de 50 horas del motor en el sistema de encendido

Tabla 3

Inspección de 50 horas

Actividades	Herramientas	Materiales
Remoción de bujías	Llave 7/8 in	EPP
	Racha larga 15/16 in Palanca de fuerza	
Inspección de bujías, cables de bujías y limpieza de electrodos	Cuchilla	Tela pañal
		Lija
		Acetona de metí-etilo
		Guantes
		EPP

Actividades	Herramientas	Materiales
Limpeza de bujías	Compresor Disco de alambre Entenalla	EPP

Nota. En esta tabla describe claramente la actividad, herramientas y materiales a utilizar en la inspección de 50 horas.

3.4.2 Sistema de encendido- remoción de las bujías

Figura 34

Incrustación de bujías



Nota. En la imagen se identifica las bujías

- Si se detectan incrustaciones en las bujías, el técnico debe verificar como especifica el manual, la separación del electrodo, el estado de la cerámica en busca de corrosión y depósitos para evidencia de roturas en las bujías, la limpieza adecuada de las paredes de las bujías y los extremos de los conectores, limpie los extremos de los cables, las paredes de las bujías y la cerámica con un paño limpio y seco o con un paño limpio humedecido con metil-etil-cetona. Todas las piezas deben estar limpias y secas antes de volver a montarlas, para luego intercambiarlas.

3.4.3 Arnés de encendido

Figura 35

Arnés de encendido



Nota. En la imagen se identifica el arnés de encendido

- El técnico debe revisar el arnés de encendido para garantizar la seguridad de las abrazaderas de montaje y asegúrese de que las conexiones estén bien apretadas en la bujía y en los terminales del magneto.

3.4.4 Desarrollo

- a. El primer paso para realizar la limpieza de las bujías, se debe utilizar una pistola neumática acoplada a un disco de alambre el cual removerá las impurezas exteriores de la bujía, esto debe realizar el técnico antes de sacar las bujías del motor.
- b. Se procede a extraer las bujías del motor con la llave 7/8 in y se coloca en la mesa de trabajo a fin de que no se caigan y puedan dañarse la cerámica.

Figura 36

Extracción de bujías



Nota. En la imagen se identifica las bujías extraídas del motor

- Extracción de bujías del motor con las herramientas de manda el manual del fabricante.
- c. Una vez colocada la bujía en el torillo de banco, se procede a la limpieza.

Figura 37

Limpieza de bujía en el tornillo de banco



Nota. En la imagen se identifica el tornillo de banco

- Se debe guiarse siempre en el manual para la correcta limpieza de la bujía, para la limpieza de bujía en el tornillo de banco se debe utilizar una pistola neumática con una presión de 40 psi, este proceso se lo aplica a todas las bujías (12) para luego colocarlas en el motor como se mencionó anteriormente, las bujías de arriba en la parte de abajo del motor y viceversa.

Figura 38

Limpieza de bujía terminada



Nota. En la imagen se identifica las bujías limpias

- Bujías limpias luego de la limpieza con la herramienta sugerida por el fabricante.

3.4.5 Línea de combustible y sistema de inducción

Compruebe las líneas de imprimación para detectar fugas y la seguridad de las pinzas. Retire y limpie los filtros de entrada de combustible. Revise el control de la mezcla y la articulación del acelerador para verificar el desplazamiento, la libertad de movimiento, la seguridad de las abrazaderas y lubricar si es necesario. Revise los conductos de admisión de aire para detectar fugas, daños en el filtro; la evidencia de polvo u otro material sólido en los conductos es indicativo de un cuidado inadecuado del filtro o del filtro dañado. Revise las líneas de ventilación en busca de evidencia de combustible o filtración de aceite.

3.4.6 Sistema de lubricación

- (1) se debe revisar las líneas de aceite en busca de fugas, particularmente en las conexiones; Para la seguridad del anclaje y para el desgaste debido al roce o vibración, para abolladuras, grietas y perforaciones que puedan estar existentes.
- (2) se debe reemplazar los elementos en los filtros de aceite de flujo completo externos. Antes de desechar el elemento usado, revise los pliegues interiores en

busca de rastros de partículas metálicas que puedan ser evidencia de daños internos en el motor. Escurrir y renovar el aceite lubricante. (Consulte la última revisión de la Instrucción de servicio No. 1014 para obtener el aceite adecuado.)

3.4.6.1 Desarrollo

- a. Durante la inspección visual del motor en busca de fugas de aceite, se encuentra una fuga en la unión del cárter al motor, lo que indica que el empaque ya no cumple su función de estanqueidad, se procede a reemplazarlo.
- b. Se debe reemplazar el empaque del cárter, desmontarlo, lavarlo, realizar el empaque y volver a colocarlo.
- c. Como primer paso a seguir en el desmontaje del cárter, se suspende el motor con el tecele dejando libre los soportes inferiores del motor los cuales forman parte del cárter.
- d. Una vez suspendido el motor se procede al desajuste de los pernos y tuercas que sujetan el cárter al motor.
- e. También se debe aflojar los pernos que sujetan las entradas de admisión al motor con una llave 12 mm.
- f. Se afloja los pernos y tuercas con la llave 7/16 in y una racha, media vuelta y aumento con mando de 3/8 in.
- g. Una vez aflojados todos los pernos se remueve por último las tuercas que sujetan los espárragos, provocando que el cárter descienda.
- h. Se remueve con mucho cuidado el cárter con el carburador acoplado, y lo colocamos en la mesa de trabajo para su limpieza.
- i. En la remoción del cárter también se desacoplan las entradas de admisión.
- j. Se empieza removiendo el carburador para su posterior limpieza.
- k. Se sigue con la limpieza del cárter, el cual no presenta junta, removemos el silicón y la suciedad de su periferia con una espátula y cuchilla.
- l. En el interior este presenta suciedad acumulada la cual se remueve con una brocha y gasolina, la cual es pulverizada dentro del cárter.
- m. Una vez limpio el cárter se procede a realizar el empaque del material de "amianto" el cual proporciona una junta adecuada para el aceite lubricante.
- n. La limpieza y realización del empaque está completa y se puede comenzar el ensamblaje del cárter al motor.
- o. Se puede comenzar con la limpieza de la locación del cárter en el motor, se retira el silicón con una espátula, cuchilla, lija y gasolina.

- p. Se juntan las entradas de admisión al cárter, las cuales ya fueron limpiadas y con empaque nuevo.
- q. Se ubica el cárter debajo del motor y se levanta lentamente, teniendo en cuenta las entradas de admisión ya que tienen posición.
- r. Se ubica el cárter y se colocan los pernos y tuercas de sujeción, las cuales constan de una rodela de presión y una plana.
- s. Se ajusta los pernos y tuercas con un torquímetro.
- t. La medida de apriete fue de 16 lbs-in.
- u. Los pernos que sujetan las entradas de admisión llevan el mismo apriete.

3.4.7 Sistema de escape

Se debe comprobar que no haya fugas en las bridas de los puertos de escape de los cilindros. Si están sueltos, deben retirarse y maquinarse en plano antes de volver a montarlos y apretarlos. Examine los colectores de escape para el estado general.

3.4.8 Sistema de enfriamiento

Revise la cubierta, los deflectores y los sellos deflectores para detectar daños y asegurar el anclaje. Cualquier parte dañada o faltante del sistema de enfriamiento debe repararse o reemplazarse antes de que la aeronave reanude la operación.

3.4.9 Cilindros

Revise las cubiertas de las cajas de balancines para detectar evidencia de fugas de aceite. Si lo encuentra, reemplace la junta y apriete los tornillos al par especificado (50 in.-lbs.).

Revise los cilindros en busca de evidencia de calor excesivo que se indica con pintura quemada en el cilindro. Esta condición es indicativa de daño interno al cilindro y, si se encuentra, su causa debe determinarse y corregirse antes de que la aeronave reanude la operación.

La decoloración intensa y el aspecto de la filtración en la culata del cilindro y el área de fijación del barril se deben generalmente a la emisión de lubricante para roscas que se usa durante el ensamblaje del barril en la fábrica, o por una leve fuga de gas que se detiene después de que el cilindro haya estado en servicio por un

tiempo. Esta condición no es dañina ni perjudicial para el funcionamiento del motor. Si se puede demostrar que las fugas superan estas condiciones, se debe reemplazar el cilindro.

3.4.9.1 Desarrollo

- a. En la remoción de las tapas válvulas verificamos que no poseían empaques, éstas tenían un recubrimiento de silicón.
- b. Por esta razón procedimos a retirarlas todas, limpiarlas y realizar empaques nuevos.
- c. El primer paso es remover los pernos que sujetan las tapas, los cuales son de cabeza para desarmador plano.
- d. Retiramos los pernos y con ayuda de la espátula vamos despegando la tapa ya que el silicón está muy reseco.
- e. Una vez fuera procedemos a su limpieza, con una cuchilla y espátula.
- f. La limpieza también la realizamos en la parte donde se sienta la tapa en el motor, utilizamos cepillos de alambre y lija.
- g. Cuando ya removimos todas y las limpiamos, se procede a la realización del empaque del material "asbesto".
- h. El empaque es colocado en las tapas y así quedan listas para el montaje en el motor.
- i. El proceso de instalación es muy sencillo ya que se debe colocarlas en la posición correcta, ubicar los pernos y ajustarlos con el torque adecuado.

3.5 Inspección de 100 horas (motor)

Además de los elementos enumerados para la inspección diaria previa al vuelo y de 50 horas, se deben realizar las siguientes revisiones de mantenimiento después de cada cien horas de operación.

3.5.1 Herramientas utilizadas en la inspección de 100 horas sistema eléctrico y magnetos

Tabla 4*Inspección de 100 horas*

Actividades	Herramientas	Materiales
Limpieza cables de bujías	Llave 7/8 in	Acetona de meti-etilo EPP
Remoción de bujías	Llave 7/8 in Racha larga 15/16 in Palanca de fuerza	EPP
Medición de punto de ruptura magneto	Calibrador	Paños limpios Lija #180

Nota. En esta tabla describe claramente la actividad, herramientas y materiales a utilizar en la inspección de 100 horas.

3.5.2 Sistema eléctrico

3.5.2.1 Verificación de conexiones

Se debe verificar todos los cables conectados al motor o accesorios, cualquier cable blindado que esté dañado debe ser reemplazado, además se debe reemplazar si es necesario las abrazaderas o cables sueltos y revisar los terminales para verificar su seguridad y limpieza.

3.5.2.2 Bujías

Retirar las bujías; probar, limpiar, volver a ajustar, y rotarlos, el técnico en esta inspección debe verificar o si es necesario reemplazar.

3.5.2.3 Desarrollo

- a. Se procedió a la revisión de los cables de encendido que vienen de los magnetos hacia las bujías.

Figura 39

Cables de encendido del motor

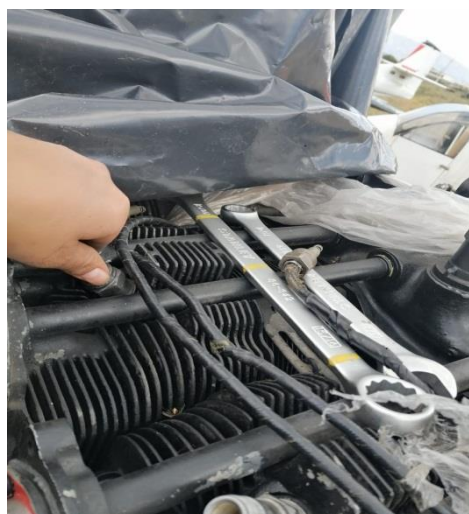


Nota: Se debe revisar uno por uno los cables de encendido que van conectadas desde los magnetos hacia las bujías que van conectadas o insertadas en cada cilindro, en total de revisión de cables son 12, si se nota suciedad en los mismos hay que proceder a limpiarlos con acetona y gasolina.

- b. El proceso de remoción de bujías empieza por retirar los capuchones con una llave 7/8 in.

Figura 40

Remoción de la bujía



Nota. En esta imagen observa la sustracción de la bujía

- Remoción de las bujías con la llave de 7/8
 - a. Se abre el capó del motor.
 - b. Se desmonta el distribuidor.
 - c. Se remueve las bujías con una llave 15/16 in.

Figura 41

Retiro de bujías



Nota. Se observa la extracción de las bujías

- Se procede a retirar las bujías con la llave 15/16 dicho por el manual del fabricante.
 - a. Se abre el capó del motor.
 - b. Se desmonta el distribuidor.
 - c. Se remueve las bujías con una llave 15/16 in.
 - d. Una vez retiradas las bujías limpiamos el electrodo con una cuchilla y lija, retirando la suciedad u óxido presente.

Figura 42

Limpieza de bujías y comprobación



Nota. En esta imagen se observa la comprobación de bujías

- Una vez limpias las bujías, retirado todo sedimento grasoso y oxido, el técnico debe comprobar las bujías en la máquina de prueba de corriente para que si existe la necesidad de cambiarlas, hacerlo.

3.5.3 Sistema de lubricación

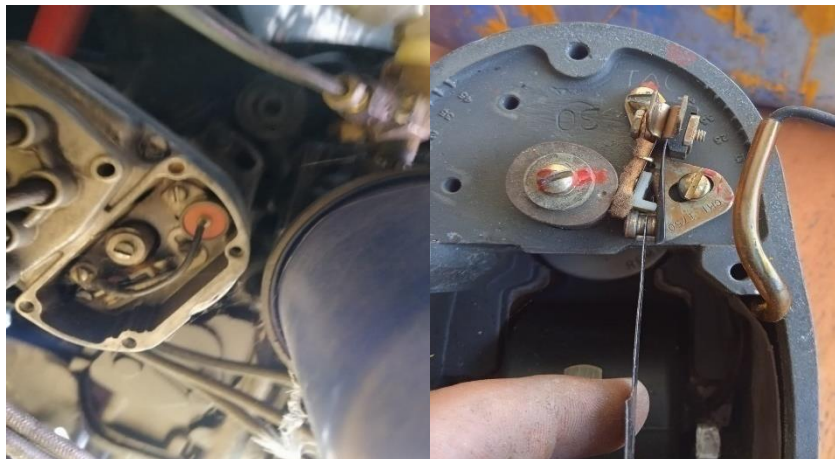
Escurrir y renovar el aceite lubricante.

3.5.3.1 Desarrollo

- a. Para cambiar el aceite del motor, se inicia removiendo el tapón del cárter con una racha de 17 mm.
- b. Se drena todo el aceite lubricante dentro de un recipiente.
- c. Se abre la tapa superior por donde colocamos el aceite.
- d. Se ubica el embudo.
- e. Una vez drenado todo el aceite lubricante, se lava el tapón de vaciado con gasolina y se debe asegurar de que tenga la rodela de cobre.
- f. Se instala nuevamente el tapón de vaciado.
- g. Se coloca el nuevo aceite lubricante en el motor 12 U.S Qts.
- h. Se instala la tapa de llenado de aceite del motor y la ajustamos, el ajuste es 1/4 de vuelta.

3.5.4 Magnetos

Los magnetos, unos de los componentes del sistema de encendido o ignición, estos son dos los que contiene un motor los cuales deben estar en completo inspección y verificación, en esta inspección de 100 horas la verificación va más allá que una inspección visual.

Figura 43*Magnetos del motor*

Nota. En esta imagen se observa la comprobación del magneto

- Se debe comprobar los puntos de ruptura para ver si hay picaduras y un espacio mínimo, se comprueba si hay exceso de aceite en el compartimiento del interruptor, si lo encuentra, séquelo con un paño limpio y sin pelusas, el filtro ubicado en los puntos de ruptura debe lubricarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante del magneto, compruebe magneto para sincronización del motor.

(Los procedimientos de sincronización para los magnetos Bendix y Slick están cubiertos en la Sección de Procedimientos de Mantenimiento en el Manual del operador Part No. 60297-10 Sección V). VER ANEXO E

3.5.5 Accesorios del motor

Los accesorios montados en el motor, como bombas, unidades de detección de temperatura y presión, se debe revisar para un montaje seguro, conexiones apretadas.

3.5.6 Cilindros

Se debe revisar visualmente los cilindros para detectar aletas rotas.

3.5.7 Montajes del motor

Se comprueba la seguridad y el desgaste excesivo de los pernos y bujes de montaje del motor. Se reemplaza cualquier desgaste excesivo. Se reemplaza cualquier buje que esté excesivamente desgastado.

3.5.7.1 Desarrollo

- a. Se debe inspeccionar visualmente los puntos de apoyo del motor para verificar su desgaste y condición.
- b. Durante la inspección se debe comprobar el ajuste de los pernos de sujeción de los montantes.
- c. Los puntos de apoyo del motor se encuentran en una condición óptima de operación.

3.5.8 Boquillas de cebado

Desconecte las boquillas de cebador del motor y verifique que el flujo sea igual.

3.5.9 Boquillas y líneas del inyector de combustible

Se debe revisar que las boquillas del inyector de combustible no estén flojas. Apriete a 60 in.-lbs. esfuerzo de torsión. Revise la línea de combustible para ver si hay manchas de tinte en las conexiones (lo que indica fugas) y la seguridad de las líneas. La reparación o el reemplazo deben realizarse antes de que la aeronave reanude la operación.

3.5.10 Carburador

Se debe comprobar que los tornillos de fijación del cuerpo del acelerador estén apretados; el torque correcto para estos tornillos es de 40-50 in.-lbs.

Capítulo IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- La compilación de información técnica correcta del motor Lycoming O-540-A4E5 es lo más importante para la realización de cualquier inspección periódica en el motor.
- Se ejecutó la inspección de 100 horas al motor Lycoming O-540-A4E5 de manera correcta, siguiendo todos los parámetros del manual del fabricante, teniendo como resultado el sistema de encendido en óptimas condiciones para el futuro encendido del motor.
- Las simulaciones de pruebas operacionales con el sistema eléctrico y de encendido nos dejan conformes ya que así los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas podrán encender en cualquier momento el motor Lycoming O-540-A4E5, sin preocuparse de los sistemas antes mencionados.

4.2 Recomendaciones

- Lo más importante para analizar y ejecutar todo tipo de trabajo en el motor para tener aeronavegable la aeronave es siempre guiarse en el manual emitido por la casa fabricante.
- La utilización de todas las medidas de seguridad y el equipo de protección personal (EPP) aseguran la integridad física y el bienestar del técnico aeronáutico.
- Es siempre necesario realizar pruebas técnicas o de simulación antes de cualquier funcionamiento u operación de un componente del motor o de él mismo así como dispone el manual del fabricante, para así convertirnos en un buen profesional.

Abreviaturas

EPP: Equipo de Protección Personal.

RPM: Revoluciones por minuto.

IN-LBS: Pulgadas- libras, medida de fuerza.

IN: Pulgadas.

Glosario

Fabricante: Titular de una aprobación de producción otorgada por la autoridad aeronáutica, sea esta un Certificado de Producción, Aprobación de Orden Técnica Estándar o Fabricación bajo certificado tipo.

Indicaciones: Señal visual o audible que nos proporcione información acerca del estado de funcionamiento de cualquier sistema o componente.

Inspección. - Tarea otorgada para la revisión de algún elemento o componente para verificar su condición.

Mantenimiento. - Trabajos requeridos para asegurar la prolongación de la aeronavegabilidad de las aeronaves, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas: reacondicionamiento, reparación, inspección, reemplazo de piezas, modificación o rectificación de defectos.

Motor. - Motor empleado o cuya intención es impulsar una aeronave. Incluye turbos sobre alimentadores, componentes y accesorios necesarios para su funcionamiento excluyendo las hélices.

Bibliografía

Aircraft, C. R. (2003). *POWER PLANT CHAPTER 71*. Wichita, Kansas, U.S.A.

Aplicada, D. d. (2015, 04 15). *Ciclo Otto*. Retrieved from Ciclo Otto. Recuperado el 02 de agosto de 2021, de http://laplace.us.es/wiki/index.php/Ciclo_Otto

Aviation, A. F. (2012). *Aviation Maintenance Technician - Powerplant*.

Bakers, D. (2008, DICIEMBRE 13). *SYSTEM AND SOFTWARE ENGINEERING* .

Retrieved MAYO 02, 2018, from SYSTEM AND SOFTWARE

ENGINEERING . Recuperado el 02 de agosto de 2021, de

<http://www.gtd.es/es/blog/como-funciona-un-motor-reaccion-i> Rec

Caedenas, L. (2014, 02 12). *Prezi*. Retrieved from Motores reciprocos. Recuperado

el 02 de agosto de 2021, de [https://prezi.com/9crotvpk-3qi/motores-](https://prezi.com/9crotvpk-3qi/motores-reciprocos/)

[reciprocos/](https://prezi.com/9crotvpk-3qi/motores-reciprocos/)

Camacho, J. (2003, FEBRERO 12). *SELEWEE AVIATION* . Retrieved MAYO 02,

2018, from SELEWEE AVIATION. Recuperado el 02 de agosto de 2021, de

<http://www.sandglasspatrol.com/IIGM->

[12oclockhigh/Motores%20a%20Reaccion.htm](http://www.sandglasspatrol.com/IIGM-12oclockhigh/Motores%20a%20Reaccion.htm)

Castellanos, J. (2014 , 04 09). *Prezi*. Retrieved from Motor radial o motor estrella.

Recuperado el 02 de agosto de 2021, de

<https://prezi.com/y2u7y2hodhq5/motor-radial-o-motor-estrella/>

Costas, J. (2009, 08 11). *La era de la aviación*. Retrieved from La era de la aviación.

Recuperado el 02 de agosto de 2021, de

[https://www.motorpasion.com/bmw/la-historia-de-bmw-parte-1-la-era-de-la-](https://www.motorpasion.com/bmw/la-historia-de-bmw-parte-1-la-era-de-la-aviacion)

[aviacion](https://www.motorpasion.com/bmw/la-historia-de-bmw-parte-1-la-era-de-la-aviacion)

Cuesta, J. G. (2003). *Terminología Aeronáutica*. Madrid: Díaz de Santos. S.A.

G.Berajano, P. (2016, 09 23). *Blogthinkbig.com*. Retrieved from Blogthinkbig.com.

Recuperado el 02 de agosto de 2021, de <https://blogthinkbig.com/el-motor-de-combustion-interna-el-rey-del-transporte-en-el-siglo-xx>

- Giacosa, D. (n.d.). *EcuRed*. Retrieved from Motor de combustion interna.
Recuperado el 15 de agosto de 2021,de
https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna
- Giacosa, M. (2004). *Motores*.
- Golpe, A. (2013). *AMILARG*. Retrieved MAYO 29, 2018, from. Recuperado el 22 de agosto de 2021,de <http://www.amilarg.com.ar/hawker-125-400.html>
- Jewell, B. (2003, Enero 24). *Power Jets*. Retrieved Abril 30, 2018, from Power Jets:.
Recuperado el 02 de agosto de 2021,de
<http://www.powerjets.co.uk/Viper%20theory.htm>
- Lycoming. (2006). *Operator´s Manual Lycoming* (Vol. Cuarta ediciom). Pensilvania: Lycoming.
- Lycoming. (2012). *O-540-A4E5 Series Engine Installation and Operation Manual* . Williamsport, PA 17701 U.S.A.
- Lycoming. (2016). *Lycoming*. Retrieved from. Recuperado el 02 de agosto de 2021,de
https://www.lycoming.com/history?fbclid=IwAR1yG0bblwSqkekGzWkTI0MI4LZ1SLUFzKbM4_KUnD2phmVkhfpvmESVnuk
- LYCOMING. (n.d.). *Lycoming*. Retrieved from Mantenimientos basicos en la Aviación. Recuperado el 05 de agosto de 2021,de
<https://www.lycoming.com/content/basics-maintenance-general-aviation>
- LYCOMING OPERATOR´S MANUAL. (2006). LYCOMING OPERATOR´S MANUAL. In LYCOMING.
- MAINTENANCE, R. -R. (1970). *IGNITION* .
- MANENE, L. M. (2011, JUNIO 28). *LUIS MIGUEL MANENE*. Retrieved from LUIS MIGUEL MANENE. Recuperado el 15 de agosto de 2021,de
<http://www.luismiguelmanene.com/2011/07/28/los-diagramas-de-flujo-su-definicion-objetivo-ventajas-elaboracion-fases-reglas-y-ejemplos-de-aplicaciones/>

Motor de cuatro tiempos,, C. (2015). *Aplicada* .

Motor de cuatro tiempos.Ciclo Otto. (n.d.). Retrieved from Motor de cuatro tiempos.Ciclo Otto. Recuperado el 22 de agosto de 2021,de http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4932/html/2_motor_de_cuatro_tiempos_ciclo_de_otto.html

Mundo Motor. (n.d.). Retrieved from Mundot Motor. Recuperado el 02 de agosto de 2021,de <https://www.mundodelmotor.net/motor-en-v/>

Nogales, M. (2017, 11 30). *Tipos de motores según la distribución de sus cilindros*. Retrieved from Tipos de motores según la distribución de sus cilindros. Recuperado el 22 de agosto de 2021,de <https://noticias.coches.com/consejos/tipos-motores-distribucion-de-cilindros/273610>

ToB. (2012, 12 21). *Motor a pistón*. Retrieved from Motor a pistón. Recuperado el 02 de agosto de 2021,de <http://www.takeoffbriefing.com/como-funciona-un-motor-alternativo-motor-a-piston/>

TakeOffBriefing - Powered. (2012, DICIEMBRE 09). Retrieved MAYO 29, 2018, from. Recuperado el 02 de agosto de 2021,de <http://www.takeoffbriefing.com/como-funciona-un-motor-a-reaccion/>

Anexos