



**Ajuste del sistema de inyección de combustible de flujo continuo por
inspección 100horas/anual en el motor continental IO-360-D de acuerdo al boletín
de información de servicio SID97-3 perteneciente a la Unidad de Gestión de
Tecnologías-Espe**

Montero Puentes, Bryan Joseph

Departamento de Ciencias de la
Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología en Mecánica
Aeronáutica Mención Motores

Monografía, previo a la obtención del Título de Tecnólogo en

Mecánica Aeronáutica Mención Motores

Tlgo. Granda Gualpa, Edison Mauricio

23 de septiembre del 2020



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y

MECANICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA

AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, “AJUSTE DEL SISTEMA DE INYECCION DE COMBUSTIBLE DE FLUJO CONTINUO POR INSPECCION 100HORAS/ANUAL EN EL MOTOR CONTINENTAL IO-360-D DE ACUERDO AL BOLETIN DE INFORMACION DE SERVICIO SID97-3 PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTION DE TECNOLOGIAS-ESPE”, fue realizado por el señor **Montero Puentes Bryan Joseph**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad ,analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 23 de septiembre de 2020

TLGO. GRANDA GUALPA, EDISON MAURICIO
C.C.: 0502736648

REPORTE DE VERIFICACIÓN

URKUND

Document Information

Analyzed document TRABAJO DE TITULACION - BRYAN JOSEPH MONTERO PUENTES MECANICA AERONAUTICA.pdf (D80982178)

Submitted 10/7/2020 10:40:00 PM

Submitted by

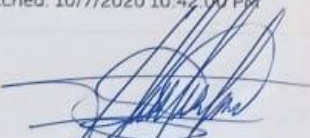
Submitter email bjmontero1@espe.edu.ec


Similarity 6%

Analysis address maarellano3.espe@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / ANTEPROYECTO.1 - TESIS.pdf Document ANTEPROYECTO.1 - TESIS.pdf (D40317276) Submitted by: jorgvillagomez@gmail.com Receiver: jfvalencia2.espe@analysis.arkund.com	2
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS BORRADOR 4.doc Document TESIS BORRADOR 4.doc (D54127413) Submitted by: erikjaramillo3@gmail.com Receiver: eaarevalo1.espe@analysis.arkund.com	1
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS KEVIN LOACHAMIN.pdf Document TESIS KEVIN LOACHAMIN.pdf (D50380230) Submitted by: cediaz5@espe.edu.ec Receiver: maarellano3.espe@analysis.arkund.com	1
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS FINAL ALEX PERALTA.docx Document TESIS FINAL ALEX PERALTA.docx (D47195677) Submitted by: Alex_PatricioPC@hotmail.com Receiver: eaarevalo1.espe@analysis.arkund.com	1
W	URL: http://www.takeoffbriefing.com/diferencias-entre-motores-de-carburacion-y-los-moto ... Fetched: 10/7/2020 10:42:00 PM	2
W	URL: https://www.fac.mil.co/aviones-de-entrenamiento-0 Fetched: 10/7/2020 10:42:00 PM	1
W	URL: https://www.alamy.es/una-fotografia-detallada-de-la-merlin-montado-en-un-supermari ... Fetched: 10/7/2020 10:42:00 PM	1


Tigo Edison Granda G
Tutor


Ing. Rodrigo Bautista Z.
Director de la Carrera de Tecnología
en Mecánica Aeronautica.



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y

MECANICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA

AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Montero Puentes, Bryan Montero**, con cedula de ciudadanía nº **1805459441**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Ajuste del sistema de inyección de combustible de flujo continuo por inspección 100horas/anual en el motor Continental IO-360-D de acuerdo al boletín de información de servicio SID97-3 perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 23 de septiembre de 2020



Montero Puentes, Bryan Joseph

C.C.: 1805459441



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y

MECANICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA

AERONÁUTICA MENCION MOTORES

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Montero Puentes, Bryan Joseph**, con cedula de ciudadanía nº 1805459441, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la presente monografía: **“Ajuste del sistema de inyección de combustible de flujo continuo por inspección 100horas/anual en el motor Continental IO-360-D de acuerdo al boletín de información de servicio SID97-3 perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 23 de septiembre de 2020

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Bryan Joseph Montero Puentes', is written over a horizontal line.

Montero Puentes, Bryan Joseph

C.C.: 1805459441

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado a Dios por su infinita misericordia conmigo, porque es por su voluntad que he llegado hasta el día de hoy son salud, inteligencia y esfuerzo a alcanzar los estudios profesionales.

A mis padres Luis Montero y Ximena Puentes, por su ejemplo de constancia, esfuerzo, consejos, anécdotas y principalmente por apoyar a seguir mis sueños, además de enseñarme los caminos de Dios y ser un hijo de bien.

A mis hermanas Sinaí Montero y Andrea Montero por creer en mí, así como tener el apoyo incondicional de su parte, para sentirme amado por mi familia y lograr este escalón en mi vida profesional.

**Montero Puentes Bryan
Joseph**

AGRADECIMIENTO

A Dios por abrir puertas para ir cumpliendo mis sueños paso a paso, por escuchar mis oraciones y concederlas mediante su voluntad con los planes que tiene para mi vida, por darles salud y trabajo a mis padres, Luis Alfonso Montero Mariño y María Ximena Puentes Pérez, a quienes quiero entregar el fruto de su esfuerzo y dedicación para sacarme adelante, logrando que yo sea un profesional, además de ser un buen hijo de Dios y de ellos, por enseñarme desde pequeño el camino correcto bajo los mandamientos de Dios, por enseñarme a luchar por mis sueños y creer en mí mismo, por sus consejos y apoyo continuo.

A mis hermanas por estar conmigo en las buenas y en las malas, por su paciencia, por quererme así como apoyarme, ya que han sido un pilar fundamental en mi vida para dedicarme en los estudios, a mi hermana Sinaí Montero por sus ocurrencias que alegran cada día a nuestra familia, a mi hermana Andrea Montero por sus consejos buscando siempre el bienestar para mí y por darme un hermoso sobrino que lo amo con mi corazón, agradezco también a toda la familia por parte de mi padre y madre, en especial a mis tíos, Elva Montero y José López quienes me han brindado más que su apoyo, su amistad, porque he compartido con ellos mucho tiempo, por la confianza que me tienen y por siempre desear que cumpla mis sueños.

A mi abuelita Dioselina Mariño, que siempre quiso verme triunfar y hoy sé que desde el cielo también disfrutara de este logro, así como a mi

tío Jorge Montero quien desde cuando era pequeño me llevaba a ver los aviones y generó esa pasión que la llevo hasta hoy en día.

A mis amigos Sebastián Muñoz, Fabián Varela, Luis Flores y Gilson Vargas, con quienes he compartido mi juventud, experiencias, anécdotas y consejos mutuos, deseando que sus sueños también se cumplan así como yo lo estoy haciendo, a Jennifer Morales por su amor, buenos momentos y todo lo que hemos disfrutado juntos así como su apoyo incondicional.

A la institución, por impartir los conocimientos mediante los tecnólogos que nos han guiado durante toda la etapa estudiantil permitiendo que adquiriera los conocimientos necesarios en el campo aeronáutico.

A la empresa Alas de Socorro del Ecuador, por permitir que adquiriera mucho conocimiento en las pasantías durante mi etapa de estudiante, en especial a Don Oscar Guerrero quien me asesoro para este proyecto, así como a Samuel Riofrio, Mateo Chimbo, y Juan Guzmán por su paciencia e impartir sus conocimientos conmigo.

**Montero Puentes Bryan
Joseph**

INDICE DE CONTENIDOS.

CARÁTULA.....	1
CERTIFICACIÓN.....	2
REPORTE DE VERIFICACIÓN	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	5
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTO	7
INDICE DE CONTENIDOS.....	9
INDICE DE TABLAS	12
INDICE DE FIGURAS.....	13
RESUMEN.....	15
ABSTRACT	16
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17
1.1 Tema de investigación.....	17
1.2 Antecedentes	17
1.3 Planteamiento del problema.....	18
1.4 Justificación.....	19
1.5 Objetivos.....	20
1.5.1 Objetivo General	20
1.5.2 Objetivos Específicos	21
1.6 Alcance	21
2. Marco Teórico	23
2.1 Historia de los motores recíprocos.....	23
2.2 Funcionamiento de los motores recíprocos	24
2.3 Clasificación de los motores recíprocos de aviación.....	25
2.3.1 Motores en línea.....	25
2.3.2 Motor Radial.....	27
2.3.3 Motor en V.....	27

	10
2.3.4 Motor de cilindros opuestos.....	28
2.4 Componentes principales del motor reciproco	29
2.4.1 Cilindros.....	29
2.4.2 Válvulas	30
2.4.3 Pistones	30
2.4.4 Biela	30
2.4.5 Cigüeñal.....	31
2.4.6 Cáster	31
2.5 Motores recíprocos a inyección.....	31
2.6 Eficiencia del motor recíproco a inyección.....	32
2.7 Características básicas del motor Continental IO-360-D	33
2.7.1 Descripción del código del motor	34
2.8 Sistemas del motor Continental IO-360-D	35
2.8.1 Sistema de Lubricación.....	35
2.8.2 Sistema de inducción.	38
2.8.3 Sistema de ignición.....	39
2.8.4 Sistema de combustible.....	40
2.8.5 Componentes del sistema de inyección.....	43
2.9 Funcionamiento del motor continental IO-360-D	48
2.9.1 Prestarting.....	50
2.9.2 Starting.....	50
2.9.3 Control de potencia.....	52
2.9.4 Despegue	52
2.9.5 Ascenso	54
2.9.6 Crucero	54
2.9.7 Descenso.....	56
2.9.8 Aterrizaje	57
2.9.9 Engine Shutdown	58
2.10 Aplicaciones.....	58
2.11 Equipo para la calibración de presiones	60

	11
2.11.1 Manómetro CAPSUHELIC	60
2.11.2 Manómetro Mc Daniel	61
2.11.3 Accesorios.....	61
3. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	63
3.1. Introducción al capítulo	63
3.2. Desarrollo.....	63
3.3. Motor continental IO-360-D	63
3.4. Procedimientos de ajuste	64
3.4.1 Requerimientos previos al ajuste.	65
3.4.2 Procedimientos de Ajuste en el sistema de combustible.....	70
3.4.3 Post Inspection	76
3.5. Presupuesto.....	79
4. Conclusiones y recomendaciones.	82
4.1 CONCLUSIONES	82
4.2 RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS.....	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones del motor CONTINENTAL	64
Tabla 2. Herramientas y equipo requerido	65
Tabla 3. IO-360 Engine Operating Limits	78
Tabla 4. Materiales para la implementacion del equipo	80
Tabla 5. Costos por la tarea	81
Tabla 6. Costos totales	81

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Motor Continental A70.....	24
Figura 2. Ciclo de Otto	25
Figura 3. Motor Aeronáutico en línea.....	26
Figura 4. Motor de tipo radial	27
Figura 5. Motor en “V” Rolls Royce Merlin.....	28
Figura 6. Motor de cilindros opuestos.....	29
Figura 7. Componentes del motor reciproco.....	31
Figura 8. Motor de inyección IO-360-AF.....	32
Figura 9. Descripción del código del motor.....	35
Figura 10. Diagrama del sistema de lubricación.....	38
Figura 11. Sistema de ignición	40
Figura 12. Esquemático del sistema de combustible.....	41
Figura 13. Bomba de combustible con control de mezcla.....	44
Figura 14. Acelerador de aire y unidad de medición.....	46
Figura 15. Colector distribuidor de combustible.....	47
Figura 16. Boquilla de Inyección de combustible.....	48
Figura 17. Cessna T41-D de la Fuerza Aérea Colombiana	59
Figura 18. Área del motor despejada	66
Figura 19. Verificación de combustible limpio.....	67
Figura 20. Revisión de cañerías.....	68
Figura 21. Revisión de filtro de aire	69
Figura 22. Revisión de movimiento de controles	69
Figura 23. Área libre para fácil acceso a los componentes.....	71

Figura 24. Instalación del Equipo	72
Figura 25. Datos obtenidos en IDLE y Full Rpm antes del ajuste	73
Figura 26. Ajuste del perno para presión baja	73
Figura 27. Ajuste del perno para presión alta	74
Figura 28. Datos obtenidos en IDLE y Full Rpm después del ajuste	75
Figura 29. Ajuste del tornillo en el cuerpo de aceleración.....	75
Figura 30. Ajuste del tornillo para Idle Rpm.....	76
Figura 31. Remoción de conexiones	77

RESUMEN

En el presente proyecto de titulación se detallan los procedimientos prescritos por el fabricante en el Boletín de Información de Servicio SID97-3(última revisión), para realizar el ajuste en el sistema de combustible de los motores de inyección de la marca Teledyne Continental Motors, específicamente en el motor IO-360-D, perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE, mismo que sirve como motor escuela para impartir asignaturas que permitan capacitar a los estudiantes de la institución. El ajuste en el sistema de inyección de combustible es una tarea de mantenimiento que se puede cumplir en la instalación del motor, a las 100 horas de funcionamiento/Inspección anual, reemplazo de componentes en el sistema de combustible, o si el sistema presenta inconvenientes en su operación, permitiendo que el motor opere en los parámetros de funcionamiento establecidos y obtener su máximo rendimiento. El presente proyecto de titulación empieza detallando el tema, seguido de los objetivos que ayudaran a la obtención de los resultados deseados. En el Capítulo II se describe los sistemas y generalidades del motor Continental, así como los componentes que conforman el sistema de combustible y el funcionamiento del mismo, en el desarrollo se detallan los procesos realizados y herramientas utilizadas para cumplir con el ajuste en el sistema de combustible, permitiendo con ello mantener los parámetros en IDLE y FULL POWER, lo cual también asegura el funcionamiento del motor en Despegue, Ascenso, y Crucero, todos los procedimientos se llevó a cabo con ayuda de la información brindada por el fabricante y siguiendo los procesos técnicos para cumplir con éxito esta monografía.

- **BOLETIN DE INFORMACION DE SERVICIO**
- **RALENTÍ**
- **ASCENSO**

ABSTRACT

This present research details the procedures prescribed by the manufacturer in the Service Information Bulletin SID97-3 (last revision), to make the adjustment in the fuel system of the injection engines of the brand Teledyne Continental Motors, specifically in the engine IO-360-D, belonging to the Unidad de Tecnologías de la ESPE, which serves as a school engine to teach subjects that allow training the students of the institution. The adjustment in the fuel injection system is a maintenance task that can be accomplished in the installation of the engine, at 100 hours of operation/annual inspection, replacement of components in the fuel system, or if the system presents inconveniences in its operation, allowing the engine to operate in the established parameters of operation and to obtain its maximum performance. The present project of qualification begins detailing the subject, followed by the objectives that will help to obtain the desired results. Chapter II describes the systems and generalities of the Continental engine, as well as the components that make up the fuel system and its operation. During the development, the processes and tools used to comply with the adjustment in the fuel system are detailed, thus allowing the parameters to be maintained in IDLE and FULL POWER, which also ensures the operation of the engine during Take-Off, Rise and Cruise.

- **SERVICE INFORMATION BOLLETTIN**
- **IDLE**
- **CLIMB**

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Tema de investigación

Ajuste del sistema de inyección de combustible de flujo continuo por inspección 100horas/anual en el motor continental IO-360-D de acuerdo al boletín de información de servicio SID97-3 perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías-Espe.

1.2 Antecedentes

El 08 de noviembre de 1999 fue creado El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico–ITSA como una Institución de Educación Superior, y fue reconocida por el CONESUP el 22 de septiembre del año 2000, a partir de ese año el Instituto ha brindado sus servicios educativos superiores a los jóvenes bachilleres del país con carreras innovadoras, promoviendo nuevos campos laborales en la industria aeronáutica y en la industria en general.

El 13 de enero de 2014, el Honorable Consejo Universitario Provisional de la Universidad de las Fuerzas Armadas–ESPE, concede la aprobación y la creación de la Unidad de Gestión de Tecnologías–UGT, fortaleciendo así la unificación del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico–ITSA a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

La Unidad de Gestión de Tecnologías–ESPE en la actualidad posee amplia variedad de laboratorios, talleres equipados, y además posee aviones

escuela, que están apropiados para realizar tareas de inspección, mantenimiento, remoción e instalación de componentes, permitiendo de esta manera a los estudiantes de Mecánica Aeronáutica adquirir conocimientos de calidad, en base a la teoría y junto con la práctica, es por ello que el ajuste del sistema de inyección de combustible de flujo continuo del motor Continental IO-360-D permitirá a los estudiantes tener conocimientos teóricos y prácticos con el cumplimiento de esta tarea, que a futuro les servirá de guía en la realización de sus prácticas pre profesionales, así como en su ámbito laboral.

1.3 Planteamiento del problema

La carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías, cuenta con el motor Continental IO-360-D de tipo recíproco a inyección para el adiestramiento de la comunidad educativa. Con el pasar del tiempo se ha visto el uso importante de este motor por los estudiantes, ya que en él se realizan trabajos de limpieza, inspección, y mantenimiento, pero el mismo, carece de cierta información y equipos para realizar las tareas que se cumplen en el motor mencionado, además por las horas de servicio que posee el motor en muchas ocasiones se han presentado problemas en el sistema de inyección del motor lo cual disminuye su funcionamiento, mismo que es fuente fundamental para el desarrollo teórico práctico de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica.

Al verse limitado los equipos de inspección y mantenimiento, se ve afectado el conocimiento de los estudiantes en el sistema de combustible de los

motores recíprocos a inyección ya que los parámetros emitidos por el fabricante son necesarios para el correcto funcionamiento del motor, además ayuda a los estudiantes en los contenidos de ciertas materias que tienen como guía el Motor Continental IO-360-D de la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE.

En aviación es de vital importancia las inspecciones y el mantenimiento que se realizan en los motores de las aeronaves, en vista de que el estudiante no puede verificar los parámetros del sistema y comprobar el funcionamiento es necesaria la implementación del equipo de ajuste de presiones y con ello tener óptimas condiciones de desempeño en el motor; por lo que, el ajuste del sistema de inyección de combustible de flujo continuo por inspección 100horas/anual, contribuirá a mantener al motor en condiciones operables y a su correcto funcionamiento en los parámetros establecidos por el fabricante e incrementará el conocimiento en motores de tipo recíprocos a inyección en los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE.

1.4 Justificación

Por muchos años La Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE ha sido calificada con un alto nivel de prestigio en el Ecuador, con respecto a los centros de educación superior, y dentro de la acreditada Universidad se encuentra la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE, misma que oferta la carrera de Mecánica Aeronáutica; única en el país, por tener la aprobación de las entidades aeronáuticas correspondientes, es por ello que su historia y oferta permite formar profesionales de excelencia, la carrera antes mencionada cuenta con numerosos

materiales de instrucción, mismos que deben estar en perfectas condiciones para la formación de tecnólogos en mecánica aeronáutica, con lo cual se optimiza al máximo las tareas de inspección y mantenimiento.

Tanto docentes como estudiantes se verán beneficiados al tener un equipo que permita el ajuste del flujo de combustible en el motor CONTIENTAL IO-360-D y permitiendo que sus componentes estén en buenas condiciones, garantizando así su funcionamiento, además contribuirá al desarrollo y aprendizaje de los estudiantes en motores recíprocos a inyección mediante la realización de la tarea en base a la teoría y junto con la practica en el sistema de inyección de combustible de flujo continuo.

Este proyecto es favorable ya que garantiza la preservación de los componentes y su operatividad; además permitirá lograr mejores resultados de aprendizaje en los estudiantes al tener componentes servibles, ya que aporta de manera teórica así como en la práctica, permitiéndoles acceder al conocimiento preciso de ajuste del sistema de inyección de combustible de flujo continuo del motor Continental IO-360-D que es de tipo recíproco ya que en la actualidad muchas aeronaves aún mantienen el uso de este tipo de motores, lo cual ayuda a mejorar el desenvolvimiento del estudiante en las prácticas pre-profesionales y en su posterior vida profesional.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Realizar el ajuste del sistema de inyección de combustible de flujo continuo por inspección 100horas/anual de acuerdo al Boletín de Información de Servicio SID97-3(última revisión) y manual de mantenimiento del motor Continental IO-360-D perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Recopilar información del Motor Continental IO-360-D de acuerdo al Boletín de Información de Servicio y manual de mantenimiento, facilitando y mejorando su estudio, además de las tareas de inspección y mantenimiento.
- Implementar un equipo para la calibración de la presión en el sistema de combustible del motor.
- Brindar información específica para el ajuste en el sistema para que los estudiantes tengan una guía de la tarea a realizarse en el motor.

1.6 Alcance

El presente proyecto pretende ampliar el conocimiento de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica-Mención Motores de la Unidad de Gestión

de Tecnologías–ESPE con el ajuste del sistema de inyección de combustible de flujo continuo por inspección 100horas/anual del motor recíproco a inyección, así como mantenerlo en óptimas condiciones, ya que es utilizado con frecuencia para tareas de inspección y mantenimiento en ciertas asignaturas, aportando al desarrollo de conocimientos teóricos-prácticos impartidos por los docentes a los estudiantes, lo cual ayudará a su ámbito laboral y contribuirá a obtener tecnólogos de alto nivel, con mayor conocimiento en las tareas establecidas por el manual y boletines de servicio de los motores recíprocos de la marca fabricante CONTINENTAL, utilizados en un sinnúmero de aeronaves que vuelan día a día en el mundo.

2. Marco Teórico

2.1 Historia de los motores recíprocos

Desde los inicios de la aviación se utilizaron motores recíprocos, ya que estos motores tienen similitud a los motores que se utilizan comúnmente en automóviles o motocicletas, debido a su similitud de funcionamiento e incluso los componentes que lo conforman como tal, pero por normativas aeronáuticas deben cumplir un régimen estricto para ser montados en las aeronaves.

El primer avión creado por los hermanos Wright utilizaba un motor de cuatro cilindros y generaba una potencia de 12 caballos de vapor (CV), y a partir de ello con los años se han ido perfeccionando e incrementando la eficiencia de los motores recíprocos, ya que son los encargados de transmitir la potencia por medio del cigüeñal hacia la hélice para generar el avance del avión.

La compañía Continental suministro motores a muchos fabricantes independientes de automóviles, tractores y camiones. La Continental Aircraft Engine Company fue formada en 1929 para desarrollar y producir sus motores aeronáuticos y se convirtieron en el núcleo de la compañía Continental Motors, Inc. (Cardenas, 2016)

Figura 1

Motor continental A70



Nota. Motor A-70 radial, seven cylinder engine is introduced, (Continental, 1929).

2.2 Funcionamiento de los motores recíprocos

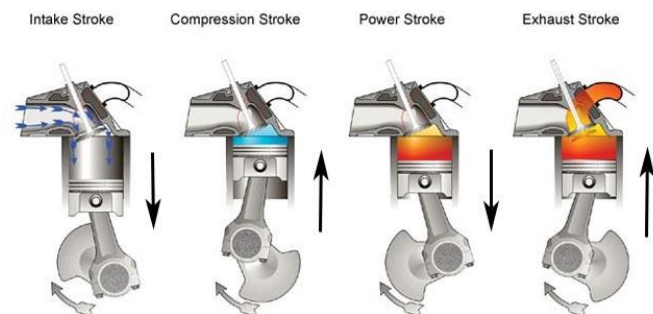
El motor recíproco se basa en la combustión de la mezcla aire combustible, lo cual hace que su funcionamiento cumpla con el ciclo de Otto, el cual establece cuatro tiempos; admisión, tiempo en el que ingresa la mezcla aire combustible, compresión al subir el pistón y comprimir la masa, combustión con la ayuda de la chispa generada por la bujía y el escape que es la expulsión de los gases generados dentro del cilindro.

El funcionamiento del motor se da por la transformación de energía térmica en energía mecánica para lo cual es necesaria una válvula de admisión que permita el ingreso de la mezcla aire combustible al cilindro, el pistón con la parte superior sella el espacio con la cámara de combustión, ya que la cámara de

combustión está situada dentro del cilindro, además el pistón cuenta con anillos para evitar la pérdida de potencia.

Figura 2

Ciclo de Otto



Nota. Los cuatro tiempos que cumple internamente el motor son; Admisión, Compresión, Combustión y Escape. Motor de combustión interna 4 tiempos, (Corto, 2012).

El Pistón se une con el cigüeñal por medio de una biela, estos dos últimos cambian el movimiento lineal en movimiento rotacional, y a su vez el cigüeñal también recibe el movimiento de los demás cilindros y permite el movimiento de la hélice, y la válvula de escape se abre permitiendo que sean expulsados los gases generados por la combustión.

2.3 Clasificación de los motores recíprocos de aviación

2.3.1 Motores en línea

Los motores en línea son los motores en los que los cilindros se ubican uno de tras de otro formando así una fila, estos motores por lo general tienen cilindros en números pares, aunque en ciertos casos se tienen en números impares, estos motores se usaron en los inicios de la aviación incluso de este tipo, era el motor del avión de los hermanos Wright.

Estos motores incluso podían modificar la ubicación del cigüeñal, ubicándolo por encima de los cilindros y con ello permitiendo que la hélice sea ubicada un poco más alta para no tener problemas con los trenes de aterrizaje que eran muy bajos, pero debido a su peso se fueron extinguiendo y ahora en la actualidad ya no se utilizan estos motores.

La principal ventaja de un motor en línea es que permite que el avión pueda ser diseñado con un área frontal reducida que ofrece menor resistencia aerodinámica. (Ramón, 2013)

Figura 3

Motor aeronáutico en línea.



Nota. Motor de cilindros con ubicación lineal, (Ramón, 2013).

2.3.2 Motor Radial

Los motores radiales son característicos por tener a los cilindros ubicados alrededor del cigüeñal formando una circunferencia, el número de cilindros varía entre tres y nueve, pero por lo general en números impares, a pesar de que en los inicios de la aviación fueron muy utilizados hoy en día no lo son, debido a su peso y a las excesivas vibraciones que producían.

Figura 4

Motor de tipo radial.



Nota. Motor con cilindros alrededor de su cigüeñal, FAA, 2012, Aviation Maintenance Technician handbook- Power plant Vol 1.

2.3.3 Motor en V

Los motores en V fueron utilizados en algunas aeronaves de la segunda guerra mundial, en estos motores se hace difícil la refrigeración por aire, por ende es necesario una refrigeración por líquido que permita disminuir la temperatura que se genera dentro del mismo, son denominados en V por la abertura que poseen, ya que puede ser entre 30 y 60 grados.

Figura 5

Motor en "V" Rolls Royce Merlin.



Nota. Merlin montado en un Supermarine Spitfire. Un Británico refrigerado por líquido de pistón motor V-12 aero de 27 litros de capacidad, (Tunncliffe, 2018).

2.3.4 Motor de cilindros opuestos

Los motores de cilindros opuestos son los más comunes hoy en día en el mundo de la aviación menor, debido a que su peso, economía y tamaño, los hace ser compatibles con las aeronaves pequeñas, estos motores llevan montados los cilindros en forma horizontal, de allí su nombre, por lo general estos motores están diseñados para desempeñar una potencia de hasta 400 Hp.

Figura 6

Motor de cilindros opuestos.



Nota. Motor de cilindros opuestos Continental IO-360, de 195-210 HP, (Vidal, 2019).

2.4 Componentes principales del motor reciproco

2.4.1 Cilindros

El cilindro alberga en su interior a la cámara de combustión, es por ello que dentro del cilindro se realizan los cuatro tiempos del motor, obteniendo así la potencia del motor, además poseen aletas de refrigeración para reducir la temperatura del motor.

El cilindro del motor debe ser construido con materiales óptimos que permitan soportar las presiones que se generan por la potencia producida dentro del mismo, además sus materiales de fabricación deben ser ligeros para disminuir el peso del motor, así como cumplir con características que permitan una buena refrigeración.

2.4.2 Válvulas

Las válvulas están ubicadas en la parte superior del cilindro, generalmente una de admisión y una de escape, estas por medio de su mecanismo se abren o se cierran para poder permitir el ingreso de la mezcla de aire/combustible en el caso de la válvula de admisión, o permitir la salida de los gases, en el caso de la válvula de escape.

2.4.3 Pistones

El pistón es un componente cilíndrico que se desplaza hacia el punto muerto superior (PMS), y hacia el punto muerto inferior (PMI) dentro del cilindro, al ingresar la mezcla el cilindro baja, al subir comprime la mezcla hacia la cámara de combustión, vuelve a bajar por la fuerza de la explosión, y finalmente sube para acarrear los gases de escape.

El pistón en sus paredes, también llamadas faldas, alberga ranuras en donde se instalan los anillos de compresión y lubricación, que permiten el sello entre el pistón y la camisa del cilindro.

2.4.4 Biela

La biela es el componente que une al cigüeñal y al pistón, permitiendo que se genere el movimiento rotatorio, las bielas se fabrican de acuerdo al desempeño que cumplen en los motores; radiales, de cilindros opuestos, o en V.

2.4.5 Cigüeñal

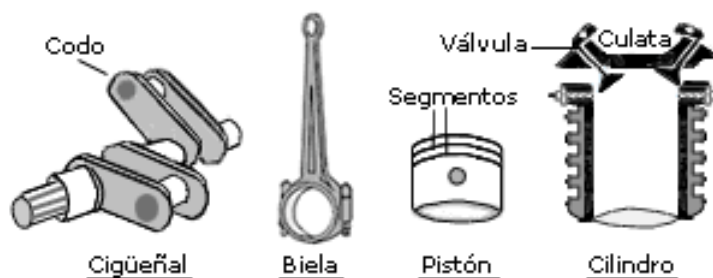
El cigüeñal es el componente encargado de transmitir el movimiento rotatorio hacia la hélice, este componente se encuentra instalado dentro del cárter por medio de rodamientos, y se sitúa paralelamente al eje longitudinal del motor.

2.4.6 Cárter

El Carter es el componente mayor, ya que internamente como externamente se acoplan los demás componentes del motor sean estos; cilindros, motor de arranque, rodamientos, entre otros, además en motores de cárter húmedo alberga el aceite del motor.

Figura 7

Componentes del motor recíproco.



Nota. Componentes de un motor de pistón, (Construimos, 2013).

2.5 Motores recíprocos a inyección

Los motores recíprocos a inyección son característicos por su sistema de combustible, los motores de sistema de inyección tienen ciertas ventajas ante los motores de carburador, debido a que el motor opera a las diversas altitudes que

el piloto quiera llevar a la aeronave, y esto conlleva el control de la mezcla aire/combustible durante las etapas del vuelo.

El combustible puede ser administrado de manera directa o indirecta, si el combustible es dosificado en los ductos y cerca de la válvula de admisión se lo llama indirecta, y si el combustible se dosifica directamente en los cilindros, son de manera directa, además en su mayoría los motores recíprocos de inyección cuentan con dos bombas; una de accionamiento mecánico y una bomba eléctrica.

Figura 8

Motor de inyección IO-360-AF.



Nota. Motor recíproco de nueva generación Continental IO-360-AF, (Pope, 2015).

2.6 Eficiencia del motor recíproco a inyección

El motor recíproco a inyección tiene mayor eficiencia frente a motores con sistemas de combustible con carburador.

- **Ausencia de formación de hielo:** Ya que no tiene un Venturi donde cae la temperatura debido a la aceleración de la corriente del aire.
- **Insensibilidad a la gravedad o a las actuaciones del vuelo:** Debido a que no tiene un sistema de flotador que se pueda ver afectado.
- **Funcionamiento muy suave y regular del motor:** Debido a la mejor distribución de la mezcla en el cilindro.
- **Consumo muy exacto del combustible:** Ya que la cantidad de combustible inyectado es muy precisa, no como en el sistema de carburador.
- **Menor consumo de combustible:** Debido al mejor aprovechamiento y mayor precisión en el sistema.
- **Mayor fiabilidad general del sistema.** (ToB, 2012)

2.7 Características básicas del motor Continental IO-360-D

Los motores de la serie IO-360 están refrigerados por aire, con seis cilindros horizontalmente opuestos. El desplazamiento del cilindro de 360 pulgadas cúbicas se logra con un diámetro de 4.44 pulgadas y una carrera de 3.88 pulgadas. Los motores de la serie IO-360 tienen una relación de compresión de 8.5 a 1. Los motores de la serie IO-360 tienen inyección de combustible y aspiración natural.

El cigüeñal está equipado con un amortiguador de vibraciones tipo péndulo que suprime las vibraciones torsionales. Los motores IO-360 tienen una brida de hélice con configuración de orificio de seis tornillos. Se proporciona una almohadilla de montaje para un gobernador que proporciona control para una hélice de velocidad constante operada hidráulicamente.

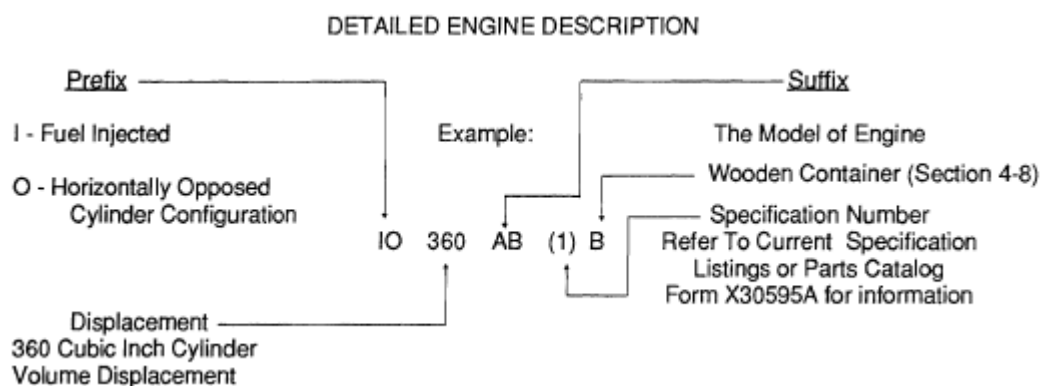
2.7.1 Descripción del código del motor

Cada motor tiene un código que lo diferencia del resto, a pesar de que sean de la misma familia el código los hace únicos y diferentes, los fabricantes utilizan la variante de números y letras para codificar al motor fabricado, es por ello que el Prefijo (I) significa que es un motor a inyección y el prefijo (O) que tiene la configuración de cilindros horizontalmente opuestos.

A continuación de los prefijos se tiene una numeración, la cual indica el volumen de desplazamiento del cilindro en pulgadas cubicas, en este caso del motor en cuestión son 360 pulgadas cubicas, un sufijo para indicar el tipo de motor, a continuación se indica el número de especificación según sea el caso para el catálogo de partes y la letra B que indica si el transporte en un contenedor de madera.

Figura 9

Descripción del código del motor.



Nota. Cada fabricante emite una descripción para el tipo de motor, (CONTINENTAL MOTORS, INC., 2011, pág. 18).

2.8 Sistemas del motor Continental IO-360-D

Los motores recíprocos así como los demás tipos de motores que se utilizan en las aeronaves, contienen sistemas que permiten un trabajo óptimo, ya que cada sistema cumple una función importante, además la información que se obtiene de los sistemas se presentan en diversos instrumentos que muestran las condiciones y límites de operación, logrando mantener monitoreo del motor.

2.8.1 Sistema de Lubricación

El sistema de lubricación del motor IO-360-D es de cárter húmedo, contiene una varilla medidora convencional para determinar la cantidad de aceite, cuando el cigüeñal está girando, se extrae aceite a través de una pantalla y un tubo de recogida que se extiende desde el sumidero hasta un puerto en el cárter. Debido a la modificación del cárter de aceite y la caja de accesorios de algunas

aplicaciones específicas del modelo de motor, el aceite puede recogerse de dos ubicaciones separadas dependiendo de la posición del motor y la actitud de vuelo.

Un conjunto de válvula deflectora y de aleta ubicada en el sumidero de aceite retiene el aceite alrededor del tubo de recogida durante las operaciones de vuelo variable a larga distancia para evitar el hambre de aceite.) El aceite luego pasa a la entrada de la bomba de aceite accionada por motor de tipo engranaje y se fuerza bajo presión a través de la salida de la bomba.

Una válvula de alivio de presión evita una presión de aceite excesiva al permitir que el exceso de aceite regrese al sumidero. Después de salir de la bomba, el aceite (ahora bajo presión), ingresa a un filtro de flujo y se pasa al enfriador de aceite. Si el elemento del filtro se bloquea, se abrirá una válvula de alivio de derivación para permitir que el aceite sin filtrar fluya hacia el motor.

A medida que el aceite ingresa al enfriador de aceite, fluirá en una de dos direcciones:

- a. Cuando el aceite está frío, se abrirá una unidad de control de temperatura del aceite y la mayor parte del aceite pasará por alto el enfriador. Algo de aceite siempre fluye a través del enfriador para ayudar a prevenir la congelación en climas fríos.

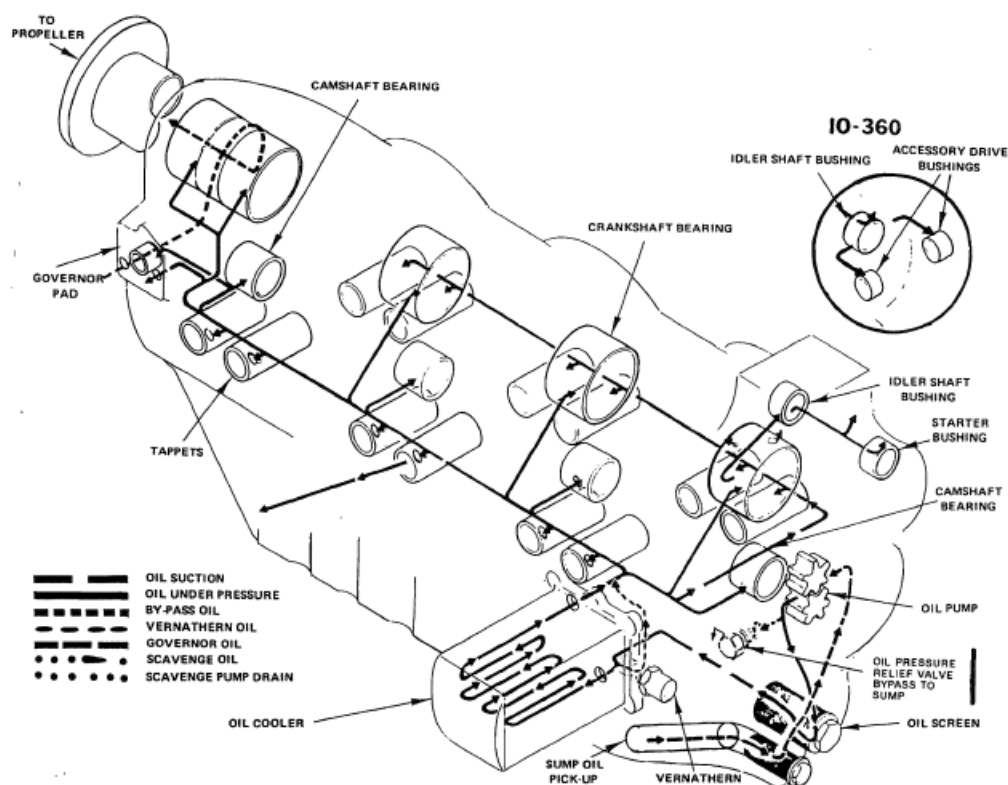
- b. A medida que el aceite se calienta, la unidad de control de temperatura del aceite se activa para cerrar el bypass del enfriador forzando el flujo de aceite a través del núcleo del enfriador. En funcionamiento, la unidad de control de temperatura del aceite se modula para mantener la temperatura del aceite en el rango normal de aproximadamente 170 ° F.

Después de salir del enfriador, el aceite ingresa al cárter donde los diversos canales y pasillos lo dirigen a las superficies de los cojinetes y otras áreas que requieren lubricación y enfriamiento. El gobernador de la hélice aumenta la presión de aceite del motor para el funcionamiento de la hélice. Controla la presión de aceite que va al cubo de la hélice para mantener o cambiar los ángulos de la pala de la hélice. Este aceite fluye a través del eje de la hélice para llegar al cubo.

Otras áreas dentro del motor que reciben aceite incluyen los levanta válvulas, los domos internos y las paredes inferiores del cilindro. El aceite dentro del motor drena, por gravedad, de vuelta al sumidero.

Figura 10

Diagrama del sistema de lubricación.



Nota. Lugares por los que se recorre el aceite en el sistema de lubricación, (CONTINENTAL MOTORS, INC, 2011, pág. 19).

2.8.2 Sistema de inducción.

Los componentes del sistema de inducción incluyen el filtro/alternativo de la aeronave, la puerta de aire, el acelerador, el múltiple y los puertos de admisión del cilindro. El aire fluye a través de estos componentes en el orden en que se enumeran.

Consulte el Manual de Operación de la Aeronave para la operación alternativa de la puerta de aire. El sistema del colector de admisión es un sistema de distribución de aire de seis tubos montado sobre el motor. Sirve para transportar aire de inducción a los puertos de admisión del cilindro individual.

Los puertos de admisión del cilindro están fundidos en el conjunto de la culata. El aire del colector se lleva a los puertos de admisión, se mezcla con el combustible de las boquillas del inyector, y luego ingresa al cilindro como una mezcla combustible cuando se abre la válvula de admisión.

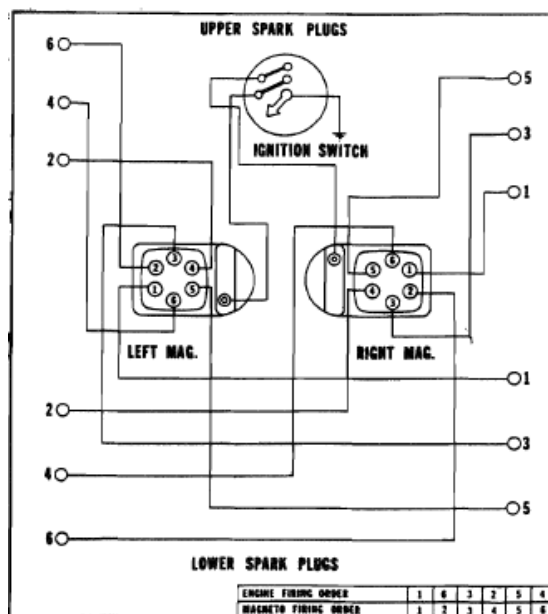
2.8.3 Sistema de ignición

El orden de encendido del motor es 1-6-3-2-5-4. Como se ve desde el extremo del distribuidor, el rotor magneto gira en sentido anti horario, pasando sucesivamente los terminales de los cables de las bujías en orden de encendido del motor. Los cables están conectados a los magnetos para que el magneto derecho dispare los enchufes superiores 1-3-5 en el lado derecho y 2-4-6 enchufes inferiores a la izquierda.

El magneto izquierdo dispara los enchufes superiores 2-4-6 a la izquierda y los enchufes inferiores 1-3-5 a la derecha. Las cajas de magneto, bujías, cables y conexiones están protegidas para evitar interferencias de radio. El giro del cigüeñal del motor se transmite a través del engranaje del árbol de levas al engranaje de accionamiento del magneto, el magneto y el interruptor se retrasan a través de un ángulo de retraso de 30 grados de rotación del engranaje impulsor durante el período de arranque del motor.

Figura 11

Sistema de ignición.



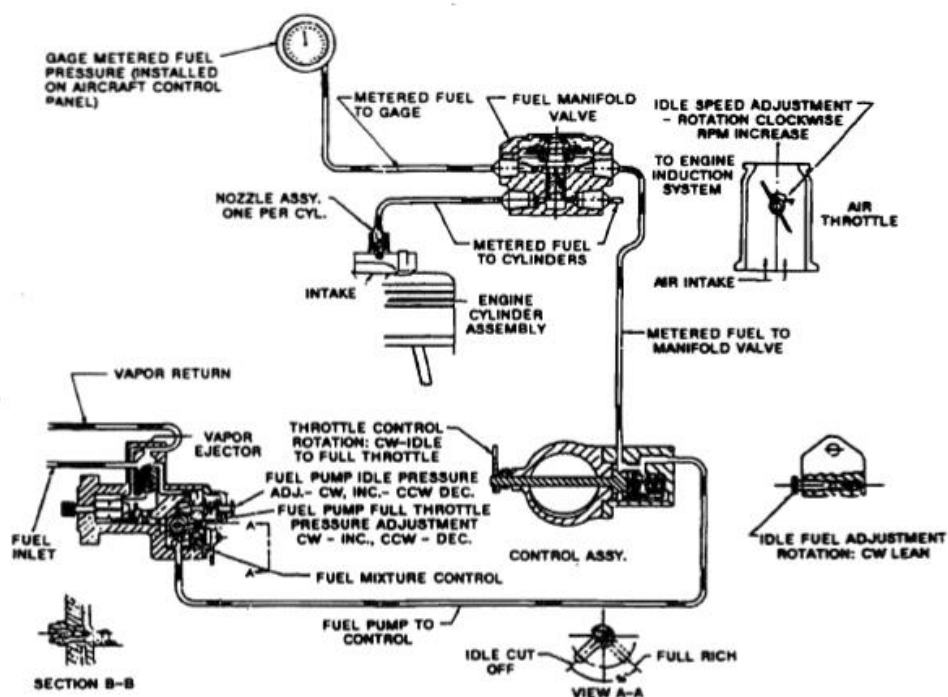
Nota. Diagrama con el arnés del sistema de ignición del motor Continental IO-360-D, (CONTINENTAL MOTORS, INC, 2011, pág. 20).

2.8.4 Sistema de combustible.

El sistema de inyección de combustible es del tipo de boquilla múltiple y flujo continuo, que controla el flujo de combustible para que coincida con el flujo de aire del motor. Cualquier cambio en la posición del acelerador de aire, la velocidad del motor o una combinación de estos causan cambios en el flujo de combustible en la relación correcta con el flujo de aire del motor. Se proporciona un control de mezcla manual para inclinarse en cualquier combinación de altitud y ajuste de potencia.

Figura 12

Esquemático del sistema de combustible.



Nota. Diagrama de los componentes del sistema de combustible, (CONTIENTAL MOTORS, INC, 2011, pág. 21).

El sistema de flujo continuo permite el uso de una bomba de paletas rotativa típica con válvula de alivio integral.

El combustible es extraído de los tanques de suministro por la bomba accionada por el motor, donde el vapor se separa del combustible líquido por acción de remolino. El vapor se devuelve al tanque de combustible.

El fabricante de la célula suministra una bomba auxiliar para su uso en el arranque o como bomba de emergencia para suministrar combustible en vuelo si falla la bomba accionada por el motor.

Cuando el combustible líquido sale de la cámara de presión de la bomba, se dirige a la válvula de control de la mezcla, que es una parte integral del conjunto de la bomba de combustible. El eje de la válvula de control de la mezcla está vinculado al control de la mezcla de la cabina.

Desde la válvula de control de mezcla, el combustible se dirige a la válvula dosificadora de combustible, que está montada en el lado del cuerpo del acelerador de aire. El eje que posiciona la válvula de mariposa del cuerpo rotativo de aire también posiciona la válvula dosificadora. El acelerador del cuerpo del acelerador de aire y el eje de medición están vinculados al control del acelerador de la cabina. La válvula del múltiple de combustible contiene una cámara de diafragma y puertos de salida necesarios que se conectan a las líneas del inyector de combustible.

El diafragma con resorte funciona con un émbolo con puerto que permite que el combustible, a través de las líneas del inyector de combustible, llegue a las boquillas del inyector de combustible, en los cilindros.

2.8.5 Componentes del sistema de inyección.

El sistema de combustible del motor Continental IO-360-D tiene cuatro componentes principales; Bomba de combustible, Unidad de control de aire combustible, Colector distribuidor de combustible e inyectores.

a. Bomba de combustible

La bomba de combustible del motor es una bomba de paletas, la cual tiene integrada una unidad reguladora de mezcla, esta bomba utiliza las paletas para generar la presión del sistema de combustible, es por ello que tiene integrado la regulación de la presión, ya que con el control de mezcla, se selecciona la cantidad necesaria de combustible para su operación.

La bomba de combustible está acoplada al motor, en el lado inferior derecho y por medio de un cable al control de mezcla ubicado en la cabina de la aeronave, el sistema de inyección del motor continental IO-360-D, no mide la cantidad de combustible que necesita el sistema, más bien la presión de combustible del sistema se ajusta de acuerdo a las revoluciones por minuto del motor.

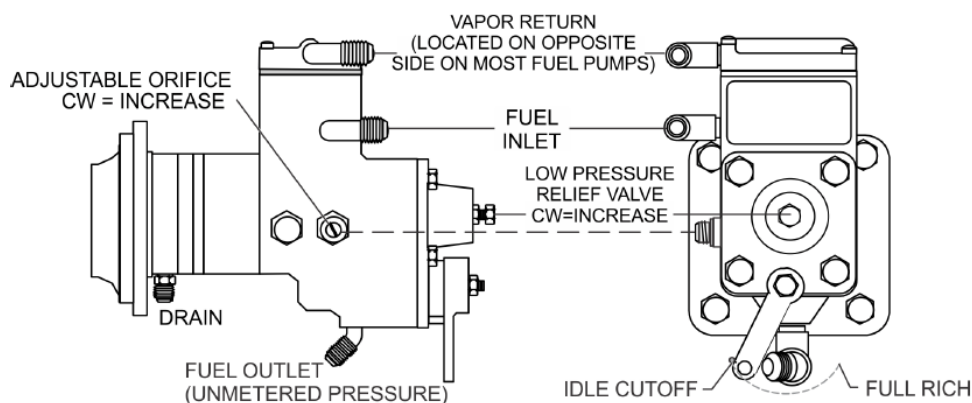
La bomba de combustible está conformada por cuatro 4 componentes principales;

- **Orificio calibrado de derivación de combustible.-** Se encarga del ajuste de presión de combustible a la salida de la bomba.

- **Válvula de derivación de ralentí.-** Envía la presión necesaria de combustible para que el motor se mantenga en ralentí (régimen mínimo de rpm).
- **Torreta de separación de vapor.-** Separa los vapores que puedan existir en el sistema, antes que ingrese a las paletas de la bomba.
- **Válvula de derivación anti retorno.-** Evita el retorno del combustible por medio de un resorte, mismo que se vence con la presión de combustible enviada por la bomba auxiliar de combustible utilizada en el arranque del motor.

Figura 13

Bomba de combustible con control de mezcla.



Nota. Partes de la bomba de combustible del motor Continental IO-360-D, (CONTIENTAL MOTORS, INC, 2015, pág. 21).

b. Unidad de control aire combustible.

La unidad de control aire combustible se encarga de regular la cantidad de aire que entra al motor, la aceleración, y suministra el combustible a la unidad

colectora del sistema, los componentes principales son; válvula mariposa y válvula medidora de combustible.

b.1 La válvula mariposa

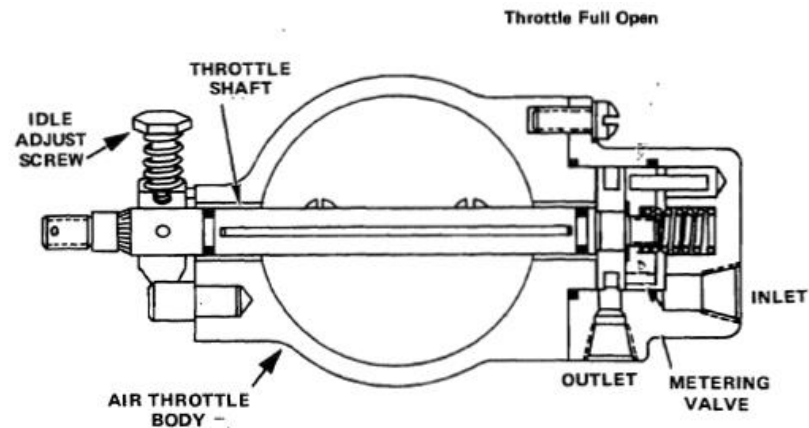
La válvula mariposa y el mando de gases, son dos mecanismos que están mecánicamente acoplados; ambos se mueven mediante la misma palanca, desde la cabina de mando. La conexión entre estos elementos refleja el enlace mecánico de ambas válvulas. El movimiento de las dos válvulas es armónico, de manera que cuando aumenta el consumo de aire del motor-y se abre la válvula mariposa- aumenta también el flujo de combustible en la válvula medidora. Por esta razón, el flujo de combustible es proporcional al régimen del motor, siguiendo la misma ley de derivación.

b.2 Válvula medidora de combustible

Válvula medidora de combustible está conectada mecánicamente con la válvula mariposa de aire, de manera que ambas se mueven de manera proporcional. Cuando se desplaza la palanca de gases del motor, las posiciones que cada una de las válvulas adoptan en sus líneas respectivas son proporcionales. Así, el flujo de gasolina que pasa por la válvula medidora es proporcional al régimen del motor, salvo que lo impida o modifique la válvula de la mezcla. La variación proporcional proviene de la relación que existe entre el gasto de aire en la válvula mariposa y el régimen del motor. (ISRAEL, 2013).

Figura 14

Acelerador de aire y unidad de medición.



Nota. Detalle de los componentes del acelerador de aire y unidad de medición, (CONTINENTAL MOTORS, INC, 2011, pág. 22).

c. Colector distribuidor de combustible.

El combustible luego de pasar por la válvula medidora llega al colector distribuidor, el cual se encarga de la dosificación por medio de tuberías en cantidades exactas a los inyectores de cada cilindro, y también se encarga del corte de combustible cuando el motor se apaga.

Internamente el colector distribuidor se divide en una parte superior y una inferior, la parte superior es una cámara de aire la cual tiene un orificio para su ventilación, y la parte inferior es la cámara que se llena de combustible, estas dos cámaras están separadas por una membrana flexible reforzada por la acción de un resorte, con el ingreso del combustible esta membrana se eleva junto con el resorte, además el colector distribuidor tiene una válvula de corte de combustible y una válvula de tulipa.

c.1 Válvula de corte de combustible

Esta válvula se encarga del cierre del paso de combustible hacia los inyectores para el apagado del motor.

c.2 Válvula de tulipa

Está ubicada justo después de la válvula de corte, ya que la válvula de tulipa permite el paso de combustible hacia los inyectores.

Figura 15

Colector distribuidor de combustible.



Nota. Parte interna del dosificador de combustible, (FAA, 2012, pág. 101).

d. Inyectores

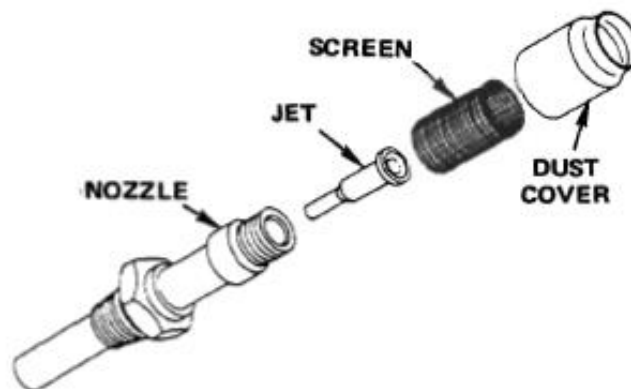
Los inyectores están ubicados en la culata de los cilindros, lo cual permite descargar el combustible en la puerta de entrada de la válvula de admisión, estos inyectores tienen un orificio central para el ingreso del combustible, y a su

alrededor en forma radial se tiene aire, lo que permite que de esta junta salgan gotitas pequeñas de combustible para su rápida evaporación.

Luego de que el combustible para por el colector distribuidor de combustible, se dirige por medio de tuberías a los inyectores, Cada inyector en su interior contiene una rejilla que actúa como filtro, para evitar que lleguen impurezas al agujero calibrado del inyector, esta rejilla cubierta tiene una cubierta protectora.

Figura 16

Boquilla de inyección de combustible.



Nota. Partes del inyector de combustible, (CONTINENTAL MOTORS, INC., 2011, pág. 22).

2.9 Funcionamiento del motor continental IO-360-D

PRECAUCIÓN... Esta sección se refiere a la operación en condiciones ambientales estándar. El piloto debe familiarizarse completamente con el Capítulo 7, Condiciones ambientales anormales. Siempre que se encuentren o se

anticipen tales condiciones anormales, los procedimientos y técnicas para el funcionamiento normal deben adaptarse en consecuencia.

ADVERTENCIA... Algunas especificaciones del modelo. Están disponibles con disposiciones para su uso con un sistema de aceite de vuelo invertido provisto por un fabricante de fuselaje. La instalación y calificación del sistema de aceite de vuelo invertido es responsabilidad del fabricante del fuselaje.

El motor recibió una operación de arranque antes de salir de la fábrica. Por lo tanto, no se requiere un horario de rodaje. El aceite mineral recto o el aceite preventivo contra la corrosión MIL-C-6529 Tipo II según el párrafo 3-3 se deben usar durante el primer período de cambio de aceite (25 horas). La vida útil de su motor está determinada por el cuidado que recibe. Siga las instrucciones contenidas en este manual cuidadosamente.

El combustible de aviación de grado mínimo para este motor es 100LL (Azul) o 100 (Verde). Si se requiere la calificación mínima. No está disponible, use una calificación más alta. Nunca use un combustible de menor calificación.

ADVERTENCIA... El uso de un combustible de menor octanaje puede causar pre-encendido y/o detonación, lo que puede dañar el motor la primera vez que se aplica alta potencia, posiblemente causando fallas en el motor. Esto probablemente ocurra en el despegue. Si la aeronave recibe servicio inadvertidamente con el grado de combustible incorrecto, entonces el

combustible debe drenarse completamente y el tanque debe recibir el servicio adecuado, antes de la operación del motor.

2.9.1 Prestarting

Antes de cada vuelo, se debe examinar el motor y la hélice en busca de daños, fugas de aceite o combustible, seguridad y servicio adecuado.

- Asegúrese de que los tanques de combustible contengan el tipo y la cantidad de combustible adecuados. (100LL-Azul o 100 Verde).
- Drene todos los sumideros y filtros de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes del fuselaje. Si se observa agua o materia extraña, continúe drenando hasta que solo aparezca combustible limpio.
- Verifique el nivel de aceite adecuado en el sumidero.

2.9.2 Starting

Arranque el motor de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

1. Selector de combustible: en el tanque adecuado.
2. Mezcla - Completamente rico.
3. Acelerador – 1/4 abierto.
4. Control de hélice: Avance completo.
5. Master Switch- Encendido.
6. Gire el interruptor de encendido a "AMBOS".

ADVERTENCIA... La sobreimpresión puede causar un bloqueo hidrostático y la posterior falla del motor.

7. Ajuste el interruptor de la bomba auxiliar en "ON" (o según las instrucciones del fabricante de la aeronave).

PRECAUCIÓN... Si el motor está caliente, presione primero el botón de arranque y luego "ENCIENDA" el interruptor de la bomba de combustible auxiliar (o según las instrucciones del fabricante de la aeronave).

8. Cuando el medidor de presión de combustible muestra una presión de ralentí normal (2 a 2.5 psi), active el arrancador.

PRECAUCIÓN... Vuelva a encender el interruptor de arranque tan pronto como el motor arranque. Nunca enganche el motor de arranque mientras la hélice sigue girando. Si el motor de arranque ha estado activado durante 30 segundos y el motor no se ha arrancado, suelte el interruptor de arranque y permita que el motor de arranque se enfríe de 3 a 5 minutos antes de realizar otro intento de arranque.

9. Después de que el motor funcione suavemente, apague la bomba auxiliar (o según las instrucciones del fabricante de la aeronave).
10. Verifique la presión de aceite con frecuencia. La indicación de presión de aceite debe observarse dentro de los 30 segundos en

condiciones normales Si no se observa presión dentro del tiempo especificado, pare el motor e investigue la causa.

2.9.3 Control de potencia

Al aumentar la potencia, primero aumente las RPM con el control de la hélice y luego aumente la presión del múltiple con el acelerador. Al disminuir la potencia, regrese a la presión deseada del múltiple y luego ajústelo a las RPM deseadas. Reajuste la presión del múltiple después de la configuración final de RPM.

2.9.4 Despegue

1. Establezca la mezcla en la configuración "RICO COMPLETO".
Donde esté instalado, los cowl flaps deben estar en la posición completamente abierta.

El motor "ES" está equipado con una bomba de combustible de compensación de altitud que proporciona automáticamente la mezcla rica completa adecuada a cualquier altitud dada.

NOTA... Para la operación desde campos a grandes altitudes, la operación debe realizarse con el control de mezcla inclinado para obtener el máximo rendimiento según lo definido por las cartas en el manual de la aeronave. Se requiere una mezcla más delgada para eliminar la aspereza del motor. Los motores con una bomba de combustible con compensación de altitud (modelo

ES) se inclinan automáticamente para esta condición. El control de la mezcla debe estar en la posición rica completa para estos motores.

2. Avance el acelerador hasta la presión máxima del múltiple de despegue (línea roja en el manómetro de presión del múltiple). La configuración de potencia recomendada (RPM y presión del colector) nunca debe superarse. Monitoree toda la instrumentación del motor. Los motores modelo A, AB, J y JB tienen una clasificación especial de despegue limitada a cinco minutos a la máxima potencia de despegue; entonces la potencia debe reducirse al crucero máximo.
3. Ajuste el interruptor de la bomba auxiliar según las instrucciones del fabricante de la aeronave.

NOTA... Con altas temperaturas a nivel del suelo, puede aparecer una fluctuación muy baja en la presión de combustible medida en las primeras etapas del vuelo, que es causada por un exceso de vapor.

PRECAUCIÓN... Nunca se debe permitir que las temperaturas de la culata y el aceite excedan las limitaciones especificadas. Las temperaturas cercanas al máximo deben ocurrir solo cuando se opera en condiciones adversas, como configuraciones de alta potencia, baja velocidad del aire, temperatura ambiente extrema, etc. Si se observan temperaturas excesivas y no se pueden explicar razonablemente, o si son anormales, los cowl flaps y/o las configuraciones de mezcla son necesarios para mantener las temperaturas, luego

se debe realizar una inspección para determinar la causa. Las posibles causas de altas temperaturas pueden incluir deflectores rotos o faltantes, aletas de capó inoperantes, unidad de control de temperatura de aceite atascado o chorros de toberas de combustible restringidos (que resultan en cilindros de funcionamiento pobre) Los instrumentos defectuosos o las termocluapas pueden causar indicaciones erróneas de temperatura alta (o baja). Consulte el Capítulo 9 de este manual y / o el manual de revisión de la aeronave para conocer los procedimientos de solución de problemas.

2.9.5 Ascenso

1. Todos los ascensos de alta potencia se deben realizar con la mezcla "RICO COMPLETO", colocando con los cowl flaps, si están provistas, en la posición completamente abierta.
2. Durante el ascenso (inmediatamente después del despegue), observe la presión del múltiple y retarde el acelerador para mantenerse por debajo del ajuste de presión máxima del múltiple de 28.0 pulgadas (29.5 pulgadas para ES) (línea roja).
3. En la reducción de la potencia de despegue para el ascenso, siga las recomendaciones del fabricante de la aeronave para la presión de combustible en el ajuste de potencia.

2.9.6 Crucero

1. Establezca la presión del múltiple y las RPM para la potencia de crucero seleccionada. Restablezca el control de mezcla para la

"Mejor configuración de potencia" de acuerdo con la presión de combustible aplicable o el flujo de combustible frente a la curva de potencia de freno.

2. Después de que las temperaturas del motor se hayan estabilizado en la condición de crucero (generalmente dentro de 5 minutos), la mezcla se puede restablecer para una "inclinación normal".

NOTA... Una mezcla excesivamente pobre puede conducir a altas temperaturas y detonación del cilindro, lo que dará como resultado pistones quemados, cilindros vidriados o rayados y anillos de pistón roto o atascado.

3. Cuando se usa una configuración económica (paso 2 anterior) y se va a realizar un cambio en la configuración de potencia, se recomienda que el control de la mezcla vuelva aproximadamente a la "Configuración de mejor potencia" antes de cambiar la configuración del acelerador o la hélice.
4. Si es necesario retrasar el acelerador a altitudes superiores a aproximadamente 10,000 pies, también puede ser necesario inclinar la mezcla de combustible para mantener una operación satisfactoria del motor. La mezcla debe volver a la configuración más rica antes de que el acelerador regrese a la posición de alta potencia.

NOTA... Si se utiliza un medidor de temperatura de gases de escape para monitorear la configuración de la mezcla de crucero al 75% de potencia y menos, consulte el Boletín de Servicio M89-18 o la revisión actual según corresponda.

2.9.7 Descenso

1. Establezca el control de mezcla en "Mejor configuración de potencia" o más rico, "Completamente rico" para "ES", antes de reducir la potencia para el descenso.
2. El control de la mezcla debe establecerse en la posición "RICO COMPLETO", antes de ingresar al patrón de tráfico del aeropuerto.
3. Opere la bomba auxiliar según las instrucciones del fabricante de la aeronave.
4. Ajuste la potencia como desee y controle toda la instrumentación del motor.

ADVERTENCIA... Los descensos rápidos a altas RPM y la presión del colector inactivo o los descensos largos por debajo de 18 "hg. O la presión del colector puede causar un consumo intermitente de aceite a través del sistema de inducción, desgaste excesivo del anillo del pistón o una aceleración insatisfactoria, debido a la suciedad de la bujía o enfriamiento extremo.

Si se debe reducir la potencia durante largos períodos, ajuste la hélice a las RPM mínimas de gobierno y ajuste la presión del múltiple no más baja de lo necesario para obtener el rendimiento deseado. La temperatura del aire exterior

es un factor que afecta las temperaturas de los cilindros y el aceite, y en aquellos casos de temperaturas muy frías, puede ser necesario inclinar la mezcla y / o agregar resistencia al avión, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del fuselaje, para mantener la potencia del motor. , sin aumentar la velocidad del aire en exceso para no permitir que las temperaturas de la culata y el aceite bajen de los límites operativos enumerados en las especificaciones detalladas en la Sección 1.

No permita que la temperatura del cilindro caiga por debajo de 300 °F. por períodos superiores a cinco (5) minutos.

2.9.8 Aterrizaje

1. En previsión de una vuelta y necesidad de ajustes de alta potencia, el control de la mezcla debe establecerse en la posición "RICO COMPLETO" o "MEJOR POTENCIA", dependiendo de la elevación del campo, antes del aterrizaje.

NOTA... Avance la mezcla lentamente hacia "RICO COMPLETO". Si se produce una aspereza del motor, como puede suceder con ajustes muy bajos del acelerador y altas RPM, puede ser conveniente dejar el control de la mezcla más ágil que lleno hasta que el acelerador avance por encima de 15 pulgadas de presión múltiple.

2. Opere la bomba auxiliar según las instrucciones del fabricante de la aeronave.

2.9.9 Engine Shutdown

1. Si la bomba auxiliar ha estado encendida en el aterrizaje, apague "OFF".
2. Coloque el control de mezcla en "CORTE DESACTIVADO".
3. Gire el magneto a "APAGADO".

ADVERTENCIA... No gire la hélice mientras el interruptor de encendido esté en la posición "AMBOS", "IZQUIERDA" o "DERECHA", ya que esto podría arrancar el motor y causar lesiones. No gire la hélice en un motor caliente, aunque el interruptor de encendido esté en la posición "OFF", ya que el motor podría "PATEAR" como resultado del encendido automático de una pequeña cantidad de combustible que queda en los cilindros.

2.10 Aplicaciones

El T-41D es un avión de instrucción primaria, de hecho el más usado en el mundo entero en todas las escuelas de aviación, se encuentra en la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez en la ciudad de Cali y cumple la función primordial de enseñar a volar a los alumnos de vuelo por medio de los más capacitados Instructores de la Fuerza Aérea Colombiana.

Es un avión Diseñado por la Compañía Cessna Aircraft Company, todo metálico estructuralmente balanceado, Monoplano de plano alto semicantilever, tiene un fuselaje monocoque y un tren de aterrizaje tipo triciclo, fijo combinado. Su empenaje es convencional.

Posee un Motor TELEDYNE CONTINENTAL MOTORS IO-360-D de 4 tiempos de combustión interna, 6 cilindros opuestos, inyección de combustible, refrigerado por aire, y da una potencia de 210 BHP con 2800 RPM a nivel del mar, tiene una hélice completamente metálica de paso variable y velocidad constante. Esta aeronave es multiplaza con una capacidad hasta para 4 personas incluyendo el piloto, generalmente 2 sillas delanteras y dos traseras re-movibles, La aeronave está capacitada para efectuar misiones de transporte de pasajeros, paracaidismo, aerofotografía, reconocimiento, enlace e instrucción.

Está capacitada para soportar fuertes exigencias en vuelo con un buen margen de seguridad, como lo requiere un avión de estas características.

Figura 17

Cessna T41-D de la fuerza aérea colombiana.



Nota. Aeronave colombiana monomotor de entrenamiento T-41D Mescalero, utiliza un motor Continental IO-360-D, (FAC, 2020).

2.11 Equipo para la calibración de presiones

El equipo para la calibración de presiones está basado en el método de medición que lo establece el fabricante en el Boletín De Información De Servicio SID97-3G, dado que los manómetros de presión y de presión diferencial sirven de herramienta opcional para realizar el ajuste en los motores del fabricante Continental Motors, Inc. El equipo se muestra en el anexo 1.

2.11.1 Manómetro CAPSUEHELIC

El manómetro CAPSUEHELIC es de la marca Dwyer de las series 4000, del Modelo 4060 con indicaciones de 0 a 60 psi brinda indicaciones rápidas y precisas de la presión diferencial, se utiliza para medir presiones en fluidos, caída de presión a través de filtros, niveles de líquido en tanques de almacenamientos y otras aplicaciones que involucren presión, vacío o presión diferencial.

El manómetro en su capsula integral permite medir la presión que se mantiene dentro de la misma, y transmitiendo a su indicador en la parte frontal, la capacidad de mantención permite que este manómetro se use en sistemas de hasta 500psig.

El manómetro CAPSUEHELIC esta accionado por diafragma, dado que ingresa la presión del líquido, así como la presión del aire generando la presión diferencial que se transmite por medio del diafragma hacia el mecanismo del

manómetro y por último en la escala por medio de la aguja se obtiene la indicación. Ver anexo 2.

2.11.2 Manómetro Mc Daniel

El manómetro Mc Daniel es de modelo AB 30320 Código EC y de rango 0-60 psi, este manómetro es de gran uso en las presiones que son tomadas en fluidos, es por ello que tiene una capsula en la cual tiene Glicerina, misma que actúa como amortiguador para el movimiento del tubo de Bourdon dando lubricación y evitando partículas de corrosión dentro de la capsula.

El manómetro funciona a través del tubo de Bourdon dado que es un instrumento análogo, posee una cámara elástica en forma de C, al ingresar la presión del fluido a esta cámara hace que gire y a su vez esto gira un engranaje y el conjunto del eje permitiendo que la aguja de la indicación en la escala. Ver Anexo 3.

2.11.3 Accesorios

a. Mangueras

Las mangueras que se usan junto con el equipo calibrador de presiones son de la Marca AEROQUIP AE466-4, estas mangueras son de tipo Teflón lo cual les da buena flexibilidad y mayor resistencia al calor es por ello que el fabricante CESSNA lo recomienda, la capacidad de presión que pueden soportar es de 1500 psi, el diámetro es de 1/4, la talla de las mangueras es 4, la distancia es de 2ft y de 1ft, se usan en los motores para el flujo de combustible o de aceite, la medida del Fitting de conexión es 9/16. Ver Anexo 4.

b. Conexiones

Las conexiones que se usan con el equipo son uniones AN832-4D y AN815-4D, los cuales son de aluminio, diámetro externo de 1/4, la rosca es 7/16, y su tipo de conexión es macho a macho. Ver anexo 5.

3. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

3.1. Introducción al capítulo

En el presente capítulo se ha especificado los procedimientos que se cumplieron para realizar el ajuste en el sistema de inyección de combustible del motor Continental IO-360-D, de la unidad de Gestión de Tecnologías- ESPE, con ayuda del equipo para la calibración de presiones, además el presente trabajo está dirigido al beneficio de los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica, permitiendo con ello que los estudiantes eleven sus conocimientos en motores a inyección en ámbito teórico, así como en lo práctico.

3.2. Desarrollo

El ajuste en el sistema de Inyección de combustible del Motor Continental IO-360-D se realizó en base al Boletín de Información de Servicio SID97-3(última versión) y el manual de mantenimiento del motor, bajo la tutoría del Tlgo. Paúl Arcos y guía del Mecánico Oscar Guerrero, la finalidad de este proyecto de titulación es proporcionar un correcto funcionamiento del motor, así como de los componentes del sistema en base a las indicaciones del fabricante.

3.3. Motor continental IO-360-D

El motor de 6 cilindros opuestos:

Tabla 1*Especificaciones del motor CONTINENTAL.*

Fabricante	Continental Motors Inc.
Modelo	IO-360-D
Orden de encendido	1-6-3-2-5-4
Combustible	100 o 100LL
Nº Serie	063040-R
TCDS	E1CE
HPMC	210
Rpm	2800

El sistema de combustible está compuesto por 4 componentes principales; bomba de combustible, unidad de control aire combustible, inyectores y colector distribuidor de combustible.

3.4. Procedimientos de ajuste

La información detallada a continuación ha sido obtenida del boletín de información de servicio, para cumplir con el ajuste del sistema de combustible en el motor continental IO-360-D.

Tabla 2*Herramientas y equipo requerido.*

Herramientas	Detalles	
Equipo para la calibración de presiones.	Mc Daniel	0-60 Psi.
Cañerías	4 AEROQUIP HOSE SIZE 4	
Llaves	<ul style="list-style-type: none"> • 9/16" • 3/8" • 5/16" 	
Destornillador	Plano	
Guantes	Aislantes de calor	

Las cañerías deben ser de diámetros apropiados y longitudes suficientes para permitir que el personal y el equipo proporcionen la separación adecuada del arco de la hélice, cabe recalcar que los requisitos de conexión de la manguera variarán según el modelo del motor.

3.4.1 Requerimientos previos al ajuste.

ADVERTENCIA

Manténgase alejado del arco de la hélice antes de proceder y NO se pare ni coloque el equipo dentro del arco de la hélice. No fume ni exponga el área de trabajo a fuentes de ignición mientras realiza este procedimiento.

1. Verificar que toda el área del motor esté libre de objetos extraños que puedan afectar a la inspección.

Figura 18

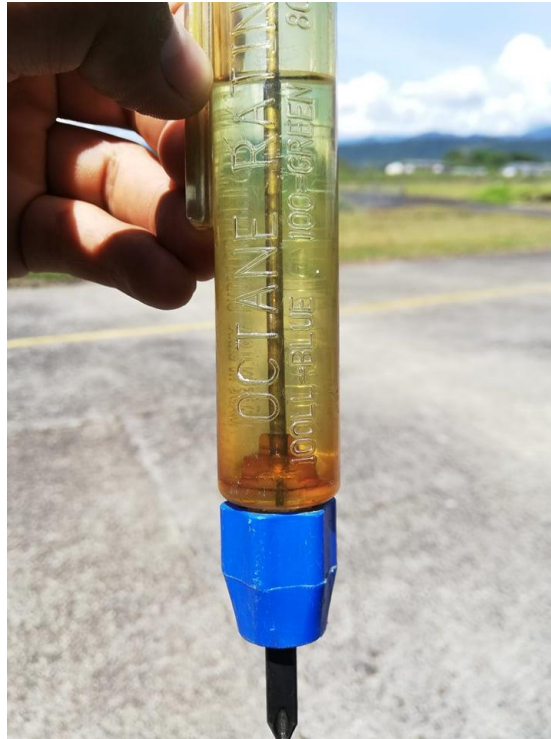
Área del motor despejada.



2. Es importante inspeccionar que el combustible a utilizarse para la inspección no presente suciedad o contaminación para evitar daños en el motor o componentes del sistema de inyección.

Figura 19

Verificación de combustible limpio.



3. Inspeccione las cañerías del sistema de combustible para detectar roces, conexiones sueltas, o fugas.

Figura 20

Revisión de cañerías.



4. Se debe verificar que los sistemas de inducción y escape tengan la instalación adecuada, de abrazaderas y uniones.
5. Inspeccione la condición, operación, y limpieza del filtro de aire de inducción del motor.

Figura 21

Revisión de filtro de aire.



6. Se debe comprobar la libertad de movimiento, instalación adecuada y seguridad de los extremos de los controles del motor.

Figura 22

Revisión de movimiento de controles.



7. Revisar la cantidad de aceite del motor.

3.4.2 Procedimientos de Ajuste en el sistema de combustible

Los procedimientos efectuados a continuación se realizaron en base a la información técnica aplicable para el motor IO-360-D, especificado en el boletín de información de servicio SID97-3G, misma que se ha sido obtenida de la información brindada por el fabricante Continental.

NOTA: Los ajustes a cualquier componente del sistema de inyección de combustible pueden afectar otras configuraciones del sistema. Verifique con doble chequeo el rendimiento de todo el sistema de inyección de combustible cada vez que se ajuste cualquier componente del sistema de inyección de combustible.

- a. Verifique que el área del motor este libre para tener fácil acceso a los componentes que se usara en el ajuste.

Figura 23

Área libre para fácil acceso a los componentes.



- b. Instalar el equipo Calibrador de presiones con el ajuste apropiado en las líneas del sistema para evitar fugas con una llave 9/16. Dado que el motor es de aspiración Natural instalamos el equipo para medir presiones, utilizando el instrumento Mc Daniel (UNMETERED), la cañería se conecta a la T en el cuerpo de aceleración del sistema de inyección, y el otro extremo en el puerto con la indicación UNMETERED del Equipo.

Figura 24

Instalación del equipo.



- c. Encender el motor y calentar en tierra a 1700 rpm durante 1 minuto, tiempo en el que el motor alcanza rangos de temperatura estables en parámetros normales de operación.
- d. Verifique y asegúrese que el motor alcanza FULL y IDLE Rpm según lo establece la Tabla 3, además verificar el aumento de Rpm con el control de mezcla durante Ralentí (25-50 RPM).
- e. Configurar el motor a IDLE (600 Rpm) y FULL (2800 Rpm), verificar en el equipo instalado los parámetros establecidos en la Tabla 3, apague el motor.

Figura 25

Datos obtenidos en idle y full rpm antes del ajuste.



- f. Para regular la presión baja (IDLE), se debe girar con una llave 3/8 el perno que se encuentra en la bomba de combustible como se muestra en la figura, en sentido horario para incrementar, girando en 1/4 de vuelta que equivale a 0.5 psi.

Figura 26

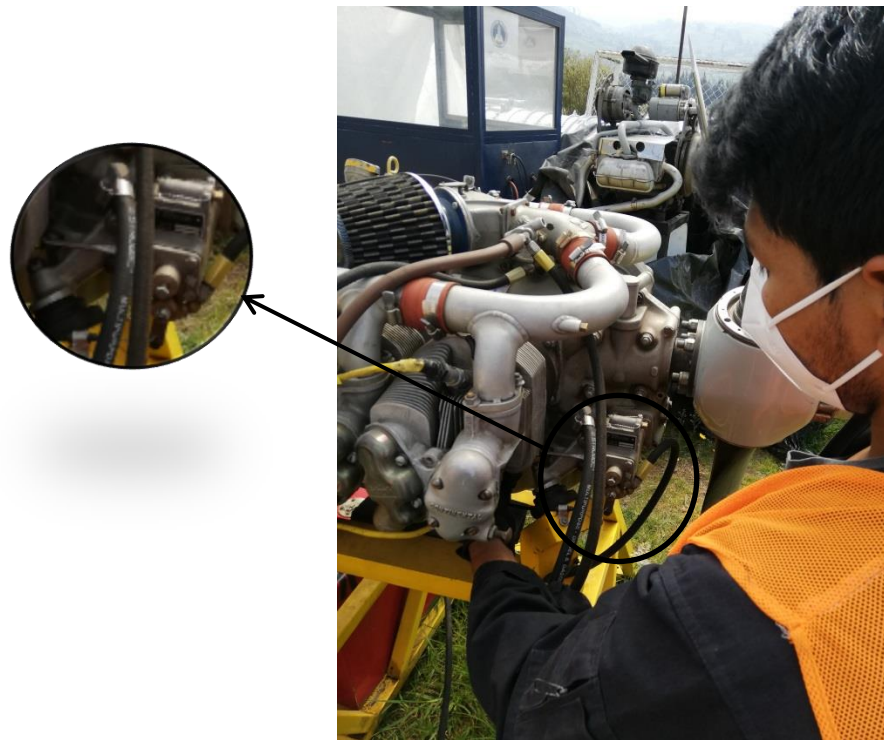
Ajuste del perno para presión baja.



- g. Para regular la presión alta (FULL), se debe girar el perno de cabeza plana que se encuentra dentro del orificio lateral en la bomba de combustible, como muestra la figura, en sentido horario para incrementar, girando en 1/4 de vuelta que equivale a 0.5 psi.

Figura 27

Ajuste del perno para presión alta.



- h. Después de haber sido calibradas las presiones de combustible, encender el motor, mantenerlo en 1700 rpm hasta que se establezcan las temperaturas y presiones, posterior establezca el motor en IDLE (600 Rpm) y FULL (2800 Rpm) y verifique que los parámetros del equipo de calibración sean los establecidos en la tabla 3.

Figura 28

Datos obtenidos en idle y full rpm después el ajuste.



- i. Una vez comprobadas las presiones dentro de los parámetros, regule la mezcla en Idle, mediante el tornillo de cabeza plana que se encuentra en el cuerpo de aceleración.
- j. Para empobrecer la mezcla en ralentí, gire el tornillo en sentido horario y para enriquecer gire el mismo tornillo en sentido anti horario. 1/8 de vuelta será suficiente para evidenciar efectos. Verificando que el aumento de RPM sea entre 25 a 50 Rpm según Manual M-0, (Sección 6-4.7.4, paso 14).

Figura 29

Ajuste del tronillo en el cuerpo de aceleración.



- k. Finalmente regular las RPM en idle, de acuerdo a lo establecido en la tabla 3, con una llave 5/16 girar el perno que se encuentra a la izquierda en el cuerpo de aceleración, en sentido horario para incrementar Rpm y anti horario para disminuir.

Figura 30

Ajuste del perno para idle rpm.

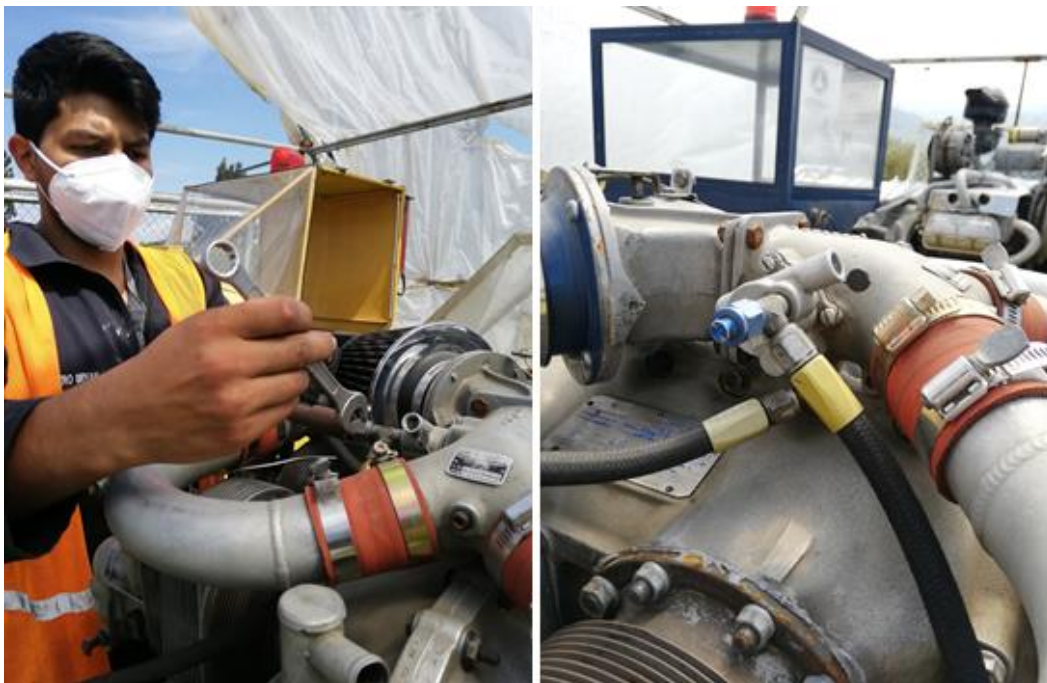


3.4.3 Post Inspection

1. Remover las conexiones del equipo, así como las líneas y uniones utilizadas en la tarea, volver a conectar las mangueras del sistema de combustible.

Figura 31

Remoción de conexiones.



2. Comprobar que no exista fugas en el sistema de combustible con los siguientes pasos:
 - a. Master Swich On.
 - b. Control de mezcla Full Rich.
 - c. Control de potencia 1/4 de pulgada hacia Full Power.
 - d. Boost Pump On (3seg) y luego a apague.
 - e. Inspeccionar fugas en el sistema.
 - f. De no existir fugas, ubicar el control de mezcla y potencia a Idle/Closed.
 - g. Master Swich OFF.

Tabla 3

IO-360 Engine Operating Limits

Specification	Engine Model Limits							
	A, AB	AF	C,CB,D, DB, G, GB,H,HB	J,JB	ES,	ES CIRRU S 2,3,4 (Sea Level)	ES CIRRU S 2,3,4 (1500ft Press Alt)	K,KB
Full Throttle Speed +/- 25 RPM	2800	2800	2800	2800 2800	2800	2700	2700	2600
Idle Speed +/- 25 RPM	600	600	600	600	600	600	600	600
Unmetered Fuel Pump Pressure (Idle)(psi)	7.0- 9.0	7.0- 9.0	7.0-9.0	7.0- 9.0	7.0- 9.0	7.0-9.0	7.0-9.0	7.0- 9.0
Metered Fuel Pump Pressure (Full Power)(psi)	15.8- 18.2	14.3- 16.5	15.8-18.2	15.8- 18.2	14.3- 16.5	13.8- 15.5	13.3- 14.6	14.3- 16.3
Unmetered Fuel Pump Pressure (Full Power)(psi)(Re ference)	24.0- 27.0	23.0- 26.0	24.0-27.0	24.0- 27.0	23.0- 26.0	21.0- 24.0	19.0- 22.0	21.0- 24.0
Oil Temperature	75°- 225°F (24°- 107°C)							
Oil pressure (min.-max.)	10-100 psig							
Oil Sump Capacity (quats)	10	8	10	10	8	8	8	10
Magneto Drop/Spread	150/50							
Cylinder Head Temperature (max.)	460°F (238°C)							

Nota: Tomado de (CONTINENTAL, 2016, pág. 11).

3.5. Presupuesto

3.5.1 Estudio Económico

Para realizar el ajuste del sistema de inyección de combustible en el motor CONTINENTAL IO-360-D perteneciente a la unidad de gestión de tecnologías, mediante el equipo de calibración de presiones, se adquirió la guía del Mecánico Oscar Guerrero, además de documentación como; Boletín de información de servicio SID 97-3G, Manual de Mantenimiento del Motor, así como equipos y herramientas, ya que fueron necesarios para elaboración del proyecto de titulación, además de gastos para la elaboración de la tarea que se presentan a continuación.

3.5.2 Costos primarios

a. Costos primarios

Comprende los materiales y accesorios utilizados para la implementación del equipo de Calibración de Presiones para el ajuste en el sistema de inyección del Motor CONTINENTAL IO-360-D perteneciente a la unidad de Gestión de tecnologías- ESPE.

Tabla 4*Materiales para la implementación del Equipo.*

Nº	Material	Dimensiones	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor total
1	CAPSUHELIC 4060	N/A	1	\$ 300,00	\$ 300,00
2	Mc Daniel	N/A	1	\$ 250,00	\$ 250,00
3	Uniones	AN832-4D	3	\$ 5,00	\$ 15,00
		AN815-4D	4	\$ 4,00	\$ 16,00
4	Madera	34 cm x 25cm	2	\$ 2,50	\$ 5,00
5	Madera	36 cm x 15 cm	1	\$ 2,25	\$ 2,25
6	Madera	36 cm x 25 cm	1	\$ 2,75	\$ 2,75
7	Madera	36 cm x 34 cm	2	\$ 3,00	\$ 6,00
8	Mangueras de combustible	Size 4 2ft	5	\$ 100,00	\$ 500,00
		Size 4 1ft	3	\$ 80,00	\$ 240,00
9	Agarradera Inoxidable	14cm	1	\$ 4,50	\$ 4,50
Total					\$ 1341,50

b. Costos secundarios

A continuación se detalla los gastos que incluyen la movilización a Belisario Quevedo y alimentación, para realizar la tarea en el motor perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías.

Tabla 5*Costos por la tarea*

Nº	Descripción	Valor Total
1	Transporte	\$ 80
2	Alimentación	\$ 40
Total		\$ 120

3.5.3 Costos totales

En la siguiente tabla se muestra los costos totales para la realización del ajuste en el sistema de inyección del motor Continental IO-360-D.

Tabla 6*Costos Totales*

Nº	Descripción	Valor Total
1	Costos primarios	\$ 1341,50
2	Costos secundarios	\$ 120,00
Total		\$ 1461,50

4. Conclusiones y recomendaciones.

4.1 CONCLUSIONES

- La información obtenida del Motor Continental IO-360-D, ha permitido que la tarea se realice de manera satisfactoria, teniendo fácil entendimiento de la materia así como la práctica del ajuste en el sistema de inyección de flujo continuo, además de las tareas mencionadas para la inspección del motor.
- El equipo permite dar cumplimiento a la tarea en acuerdo a las especificaciones del fabricante emitido en el boletín de información de servicio SID97-3G, dado que cumple el método de medición para cumplir con el ajuste en el sistema de inyección de combustible de motores de aspiración natural y turboalimentados.
- La información brindada para guía del ajuste, se ha tomado de los pasos establecidos por el fabricante y para que sirvan de instructivo al personal estudiantil para la correcta y fácil realización de la tarea.

4.2 RECOMENDACIONES

- Es importante revisar que la información que se utilice para la realización de cualquier tarea en el mantenimiento este actualizada, evitando con ello cualquier error que pudiera existir, ya que el fabricante en actualizaciones de manuales puede emitir nuevas especificaciones para las tareas.
- Se debe mantener un chequeo funcional del equipo, además de que es necesario que los instrumentos del Equipo estén calibrados para no tener lecturas erróneas y de esta manera evitar tener errores en el sistema de combustible, al no tener los valores correctos emitidos por el fabricante.
- Es necesario que el personal cumpla a cabalidad con los pasos establecidos en el documento guía para el ajuste del sistema de inyección de flujo continuo en el motor Continental para evitar cualquier error o lesión durante la tarea.

4.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cardenas, A. S. (14 de Febrero de 2016). *MOTORES RECIPROCOS*. Recuperado el 14 de Marzo de 2020, de Prezi: <https://prezi.com/4vpltirhzy3/motores-reciproc/>
- Construimos. (03 de Enero de 2013). *Globedia*. Recuperado el 14 de Marzo de 2020, de <http://ec.globedia.com/motores-de-piston>
- CONTIENTAL MOTORS, INC. (2011). FUEL SYSTEM SCHEMATIC. En I. CONTIENTAL MOTORS, *IO-360 Series Engine Maintenance and Operator's Manual* (pág. 21).
- CONTIENTAL MOTORS, INC. (2015). Fuel Pump with Mixture Control, Naturally Aspirated Engine. En I. CONTIENTAL MOTORS, *SERVICE INFORMATION DIRECTIVE SID97-3G* (pág. 21).
- Continental. (1929). *A-70 radial, seven cylinder engine is introduced [fotografia]*. Recuperado el 14 de Marzo de 2020, de CONTINENTAL AEROSPACE TECHNOLOGIES: <http://www.continentalmotors.aero/company/history.aspx>
- CONTINENTAL. (2016). Engine Operating Limits. En CONTINENTAL, *IO-360 Series Engine Maintenance and Overhaul Manual* (pág. 11).
- CONTINENTAL MOTORS, INC. (2011). AIR THROTTLE & METERING UNIT. En I. CONTINENTAL MOTORS, *IO-360 Series Engine Maintenance and Operator's Manual* (pág. 22).
- CONTINENTAL MOTORS, INC. (2011). IGNITION SYSTEM. En I. CONTINENTAL MOTORS, *IO-360 Series Engine Maintenance and Operator's Manual* (pág. 20).
- CONTINENTAL MOTORS, INC. (2011). LUBRICATION DIAGRAM. En I. CONTINENTAL MOTORS, *IO-360 Series Engine Maintenance and Operator's Manual* (pág. 19).
- CONTINENTAL MOTORS, INC. (2011). DESCRIPTION OF ENGINE MODEL CODE. En I. CONTINENTAL MOTORS, *IO-360 Series Engine Maintenance and Operator's Manual* (pág. 18).
- CONTINENTAL MOTORS, INC. (2011). FUEL INJECTION NOZZLE. En I. CONTINENTAL MOTORS, *IO-360 Series Engine Maintenance and Operator's Manual* (pág. 22).
- Corto, F. (18 de Mayo de 2012). *Motor de Combustión Interna 4 Tiempos* . Recuperado el 14 de Marzo de 2020, de Final Corto: <https://finalcorto.wordpress.com/2012/05/18/motor-de-avion/>

- FAA. (2012). Flow divider cutaway. En FAA, *Aviation Maintenance Technician handbook- Power plant Vol 1* (pág. 101). Oklahoma City.
- FAC. (12 de FEBRERO de 2020). *T-41D MESCALERO* . Recuperado el 27 de MARZO de 2020, de FUERZA AEREA COLOMBIANA : <https://www.fac.mil.co/aviones-de-entrenamiento-0>
- ISRAEL, P. V. (2013). *REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE PARA EL CORRECTO DESEMPEÑO DEL MOTORTELEDYNE CONTINENTAL MODELO IO-360 D EN LA CARRERAD E MECÁNICA AERONÁUTICA DEL ITSA*[Version PDF].
- Pope, S. (26 de Febrero de 2015). *FLYING*. Recuperado el 15 de Marzo de 2020, de Continental IO-360-AF: <https://www.flyingmag.com/aircraft/pistons/continental-ul-engine-certified/>
- Ramón, J. F. (15 de Noviembre de 2013). *Motor en Linea*. Recuperado el 2020 de 03 de 14, de Academia: https://www.academia.edu/5920785/Motor_aeronautico?auto=download
- ToB. (28 de Diciembre de 2012). *Diferencias entre Motores de carburación y los motores de inyección*. Recuperado el 15 de Marzo de 2020, de takeoffbriefing: <http://www.takeoffbriefing.com/diferencias-entre-motores-de-carburacion-y-los-motores-de-inyeccion/>
- Tunncliffe, A. (13 de Octubre de 2018). *Una fotografía detallada de la Merlin montado en un Supermarine Spitfire. Un Británico refrigerado por líquido de pistón motor V-12 aero de 27 litros de capacidad*. Recuperado el 14 de Marzo de 2020, de Alamy: <https://www.alamy.es/una-fotografia-detallada-de-la-merlin-montado-en-un-supermarine-spitfire-un-britanico-refrigerado-por-liquido-de-piston-motor-v-12-aero-de-27-litros-de-capacidad-image228072906.html>
- Vidal, R. M. (23 de Febrero de 2019). *Continental IO-360, de 195-210 HP*. Recuperado el 14 de Marzo de 2020, de Blogger: <http://aerospaceengines.blogspot.com/2019/02/dccxxxviii-los-motores-pusher-tras-la.html>

ANEXOS