



**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES  
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA  
MENCIÓN MOTORES**

**TEMA: “INSPECCIÓN BOROSCOPICA EN EL MOTOR  
CONTINENTAL 0-200-A DE LA AERONAVE CESSNA 150  
MEDIANTE MANUALES TÉCNICOS PARA LA VERIFICACIÓN  
INTERNA DEL MOTOR PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE  
GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”**

**AUTOR:  
GUALOTUÑA MORALES ROLANDO SANTIAGO**

**DIRECTOR:  
TLGO: DARWIN ESTEBAN PANTOJA MONTENEGRO**

**LATACUNGA – ECUADOR**

**2019**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES  
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, **“INSPECCIÓN BOROSCOPICA EN EL MOTOR CONTINENTAL 0-200-A DE LA AERONAVE CESSNA 150 MEDIANTE MANUALES TÉCNICOS PARA LA VERIFICACIÓN INTERNA DEL MOTOR PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto, me permito acreditarlo y autorizar al señor **GUALOTUÑA MORALES ROLANDO SANTIAGO** para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, julio del 2019**

---

Tlgo. Darwin Esteban Pantoja Montenegro  
**DIRECTOR DEL TRABAJO**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES  
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

**AUTORIA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **GUALOTUÑA MORALES ROLANDO SANTIAGO**, con cedula de identidad N° 1718643297, declaro que este trabajo de titulación **“INSPECCIÓN BOROSCOPICA EN EL MOTOR CONTINENTAL 0-200-A DE LA AERONAVE CESSNA 150 MEDIANTE MANUALES TÉCNICOS PARA LA VERIFICACIÓN INTERNA DEL MOTOR PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

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

**Latacunga, julio del 2019**

---

**GUALOTUÑA MORALES ROLANDO SANTIAGO**

**C.I.: 1718643297**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**  
**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **GUALOTUÑA MORALES ROLANDO SANTIAGO** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación, **“INSPECCIÓN BOROSCOPICA EN EL MOTOR CONTINENTAL 0-200-A DE LA AERONAVE CESSNA 150 MEDIANTE MANUALES TÉCNICOS PARA LA VERIFICACIÓN INTERNA DEL MOTOR PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

**Latacunga, julio del 2019**

---

**GUALOTUÑA MORALES ROLANDO SANTIAGO**

**C.I.: 1718643297**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado al divino niño por darme sabiduría y salud para seguir adelante por terminar este trabajo.

A mi madre por su sabiduría y apoyo incondicional en los momentos más duros y darme esa tranquilidad para levantarme el ánimo y su apoyo para seguir adelante.

A mi padre por el apoyo que me ha brindado.

A mis hermanos Jaime y Patricia por brindarme la confianza de seguir adelante para culminar una etapa más en mi vida

A mi sobrina Adriana por la ayuda en los momentos difíciles.

Este trabajo dedicado a todos que siempre me supieron apoyar y nunca perdieron la fe, y siempre me dieron ánimos de seguir adelante para alcanzar esta meta que ha sido muy importante para mí.

**GUALOTUÑA MORALES ROLANDO SANTIAGO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Es trabajo lo agradezco a dios por darme sabiduría para seguir adelante y no dejarme caer por el mal camino siempre me supo llevar por el bien.

A la Unidad de Gestión de Tecnologías por haberme abierto las puertas para seguir esta hermosa carrera de aviación.

A mis profesores, a toda esta larga vida de estudiante el cual me brindaran sus conocimientos en las aulas de clases que con su sabiduría supieron guiarme para alcanzar esta meta.

A mi tutor Tlgo. Estaban Pantoja por la ayuda incondicional que me dio al momento de realizar este trabajo.

A todos mis compañeros y compañeras que estuvieron en este momento dándome ánimos para concluir esta etapa de mi vida.

Especialmente a mi familia que ha sido el pila para seguir adelante ya que me vieron caer y me levantaron con cada una de las palabras de ánimo para seguir adelante sin ellos no sería posible terminar una etapa más de mi vida los quiero mucho

**GUALOTUÑA MORALES ROLANDO SANTIAGO**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT .....	xv

### CAPÍTULO I

#### TEMA

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Justificación e importancia.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 General .....	4
1.4.2 Específicos.....	4
1.5 Alcance .....	4

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1 Historia aeronave CESSNA 150 .....	5
2.1.1 Especificaciones técnicas aeronave CESSNA 150.....	7
2.1.1.1 Características generales .....	7
2.1.1.2 Rendimiento de la Aeronave.....	7
2.1.3 Características de vuelo CESSNA 150.....	9
2.1.4 Variantes aeronave CESSNA 150 .....	10
2.2 Historia motor Teledyne Continental O-200.....	15
2.2.1 Rendimientos motor Continental O-200-A .....	16

2.3 Componentes del motor Continental O-200-A .....	16
2.3.1 Cigüeñal.....	16
2.3.2 Conjunto de biela .....	17
2.3.3 Árbol de levas .....	17
2.3.4 Pistón.....	18
2.3.5 Cilindro y culata .....	19
2.4 Motores aeronáuticos .....	20
2.4.1 Motor reciproco o alternativo.....	20
2.4.2 Tipos de motores recíprocos o alternativos .....	21
2.4.2.1 Motor radial .....	21
2.4.2.2 Motores en línea .....	22
2.4.2.3 Motor en V .....	23
2.4.2.4 Motor de cilindros opuestos .....	24
2.4.2.5 Motor Wankel.....	25
2.5 Tipos de Motores Propulsión Jet.....	25
2.5.1 Tipo Cohete .....	25
2.5.2 Motor tipo Ramjet.....	26
2.5.3 Motor tipo Pulsejet .....	27
2.5.4 Motores de turbina de gas .....	28
2.5.4.1 Motor Turborreactor .....	28
2.5.4.2 Motor turbo hélice .....	29
2.5.4.3 Motor turbo eje.....	30
2.5.4.4 Motor turbo fan.....	31
2.6 Métodos de inspección .....	31
2.6.1 Líquidos penetrantes .....	31
2.6.2 Partículas magnéticas.....	32
2.6.3 Corriente de Foucault .....	33
2.6.4 Ultrasonido.....	34
2.6.5 Inspección visual.....	35
2.7 Inspección visual directa e indirecta .....	35
2.7.1 Inspección visual directa.....	35
2.7.2 Inspección visual indirecta .....	36
2.8 Inspección por boroscopio .....	36
2.8.1 Tipos de borscopio.....	37



2.8.1.1 Boroscopio rígido .....	37
2.8.1.2 Boroscopio flexible .....	39
2.8.1.3 Video boroscopio .....	40

### **CAPÍTULO III DESARROJO DEL TEMA**

3.1 Preliminares .....	41
3.2 Medidas de seguridad.....	41
3.3 Herramientas y equipos utilizados para la inspección .....	41
3.4 Procedimientos para la inspección de la cámaras de los cilindro del motor.....	42
3.4.1 Inspección boroscópica del cilindro .....	42
3.4.2 Propósito de la inspección boroscópica .....	42
3.4.3 Frecuencia o motivos para la inspección .....	43
3.4.4 Proceso para la inspección del cilindro No. 1 .....	45
3.5 Objetivos de inspección y acciones correctivas.....	48
3.5.1 Inspección cámara de combustión cilindro No 1 .....	49
3.5.2 Inspección de la cara de la válvula de escape cilindro No 1 .....	50
3.5.3 Inspección de la cara de la válvula de admisión cilindro No 1 .....	51
3.5.4 Inspección del diámetro interno del cilindro No 1.....	52
3.5.5 Inspección cabeza del pistón No 1 .....	52
3.6 Inspección cámara de combustión cilindro No 2.....	53
3.6.1 Inspección de la cara de la válvula de escape cilindro No 2.....	54
3.6.2 Inspección de la cara de la válvula de admisión cilindro No 2 .....	54
3.6.3 Inspección del diámetro interno del cilindro No 2.....	55
3.6.4 Inspección cabeza del pistón No 2 .....	56
3.7 Inspección cámara de combustión cilindro No 3.....	56
3.7.1 Inspección de la cara de la válvula de escape cilindro No 3.....	57
3.7.2 Inspección de la cara de la válvula de admisión cilindro No 3 .....	58
3.7.3 Inspección del diámetro interno del cilindro No 3.....	58
3.7.4 Inspección cabeza del pistón No 3 .....	59
3.8 Inspección cámara de combustión cilindro No 4.....	60
3.8.1 Inspección de la cara de la válvula de escape cilindro No 4.....	61
3.8.2 Inspección de la cara de la válvula de admisión cilindro No 4 .....	61

3.8.3 Inspección del diámetro interno del cilindro No 4.....	62
3.8.4 Inspección cabeza del pistón No 4 .....	63
3.9 Simbología en diagramas de flujo de análisis.....	63
3.10 Presupuesto.....	63
3.10.1 Análisis de costos .....	64
3.10.2 Costos primarios .....	64
3.10.3 Costos secundarios .....	64
3.10.4 Costo total del proyecto de grado .....	65

## **CAPÍTULO IV**

4.1 Conclusiones.....	66
4.2 Recomendaciones .....	66
GLOSARIO .....	67
ABREVIATURA.....	69
INDICE DE ANEXOS.....	10

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Aeronave Cessna 150M .....	6
<b>Figura 2</b> Longitudes Cessna 150M .....	9
<b>Figura 3</b> Motor Teledyne Continental O-200 .....	16
<b>Figura 4</b> Componentes externos del continental O-200-A .....	20
<b>Figura 5</b> Motor radial .....	21
<b>Figura 6</b> Motor en linea .....	22
<b>Figura 7</b> Motor en V .....	23
<b>Figura 8</b> Motor cilindros opuestos .....	24
<b>Figura 9</b> Motor Wankel .....	25
<b>Figura 10</b> Motor tipo cohete .....	26
<b>Figura 11</b> Motor Ramjet.....	27
<b>Figura 12</b> Motor Pulsejet .....	28
<b>Figura 13</b> Motor turborreactor .....	29
<b>Figura 14</b> Motor Turbo helice .....	29
<b>Figura 15</b> Motor turbo eje .....	30
<b>Figura 16</b> Motor turbo eje .....	31
<b>Figura 17</b> Inspección por líquidos penetrantes.....	32
<b>Figura 18</b> Inspección por partículas magnéticas .....	33
<b>Figura 19</b> Inspección por corrientes Foucault. ....	34
<b>Figura 20</b> Inspección por ultrasonido. ....	34
<b>Figura 21</b> Inspección visual.....	35
<b>Figura 22</b> Inspección visual de un motor.....	36
<b>Figura 23</b> Componentes ópticos .....	37
<b>Figura 24</b> Boroscopio rigido .....	38
<b>Figura 25</b> Boroscopio flexible .....	39
<b>Figura 26</b> Boroscopio flexible .....	40
<b>Figura 27</b> Interruptor de encendido en off .....	43
<b>Figura 28</b> Remoción cubierta inferior .....	44
<b>Figura 29</b> Alimentación eléctrica al motor desconectada .....	44
<b>Figura 30</b> Remoción cubierta superior .....	45
<b>Figura 31</b> Plug cable magneto .....	45
<b>Figura 32</b> Remoción de la bujía .....	46
<b>Figura 33</b> Válvula de escape abierta .....	46

<b>Figura 34</b>	Ensayo del boroscopio.....	47
<b>Figura 35</b>	Inserción de la sonda en la cámara .....	47
<b>Figura 36</b>	Inspección asiento de válvula de admisión .....	48
<b>Figura 37</b>	Asiento de válvula No 1 .....	50
<b>Figura 38</b>	Cabeza de la bujía No 1 .....	50
<b>Figura 39</b>	Cara válvula de escape No 1 .....	51
<b>Figura 40</b>	Cara de la válvula de admisión No 1 .....	51
<b>Figura 41</b>	Superficie interna del cilindro No 1.....	52
<b>Figura 42</b>	Cabeza pistón No 1.....	52
<b>Figura 43</b>	Asiento de válvula No 2 .....	53
<b>Figura 44</b>	Cabeza de la bujía No 2.....	53
<b>Figura 45</b>	Cara válvula de escape No 2 .....	54
<b>Figura 46</b>	Cara de la válvula de admisión No 2.....	55
<b>Figura 47</b>	Superficie interna del cilindro No 2.....	55
<b>Figura 48</b>	Cabeza pistón No 2.....	56
<b>Figura 49</b>	Asiento de válvula No 3 .....	57
<b>Figura 50</b>	Cabeza de la bujía No 3.....	57
<b>Figura 51</b>	Cara válvula de escape No 3 .....	58
<b>Figura 52</b>	Cara de la válvula de admisión No 3.....	58
<b>Figura 53</b>	Superficie interna del cilindro No 3.....	59
<b>Figura 54</b>	Cabeza pistón No 3.....	59
<b>Figura 55</b>	Asiento de válvula No 4 .....	60
<b>Figura 56</b>	Cabeza de la bujía No 4.....	60
<b>Figura 57</b>	Cara válvula de escape No 3 .....	61
<b>Figura 58</b>	Cara de la válvula de admisión No 4.....	62
<b>Figura 59</b>	Superficie interna del cilindro No 4.....	62
<b>Figura 60</b>	Cabeza pistón No 4.....	63

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> Especificaciones de rendimiento Continental O-200-A.....	16
<b>Tabla 2</b> Componentes a inspeccionar .....	48
<b>Tabla 3</b> Total de costos primarios.....	64
<b>Tabla 4</b> Total de costos secundarios .....	64
<b>Tabla 5</b> Total costo del proyecto.....	65

## RESUMEN

El objetivo de este proyecto es realizar una inspección indirecta de las cámaras de los cilindros para determinar el estado de sus elementos internos como la cabeza del pistón, la camisa o cilindro, topes de las bujías y las caras de las válvulas de entrada y escape del motor TELEDYNE CONTINENTAL O-200-A de la aeronave Cessna 150M perteneciente a la Carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías (ESPE), de acuerdo al Manual de Practicas Estándar del motor continental en la sección de inspección y servicio para la respectiva boroscopia que se ejecuta cada 100 horas.

El ATS "VOYAGER" video boroscopio de vanguardia presenta una punta articulada que gira 240 grados para alcanzar cada punto de inspección de un avión. Cuenta con una cubierta de acero inoxidable de lado a lado para mirar hacia la izquierda, hacia la derecha e incluso hacia atrás, lo que le brinda acceso sin precedentes a áreas que simplemente no se pueden alcanzar con una sonda recta, presenta una innovación notable que coloca un conjunto adicional de luces LED en el lado de la sonda, que cuando se activa, elimina con éxito el brillo y los puntos que a veces están presentes cuando se mira a través de un espejo.

En este trabajo se ejecutaron tareas básicas de mantenimiento en la plataforma de aviones de la UGT para aplicar la boroscopia, como conectar el avión a tierra, colocar el switch de encendido en off, retirar la energía eléctrica del motor y retirar las cubiertas o carenados de los mismos, ejecutando los procedimientos de seguridad necesarios para no afectar la integridad de la aeronave.

### **PALABRAS CLAVE:**

- Inspección
- Aeronave
- Boroscopio

## ABSTRACT

The present research is to perform an indirect inspection of the cylinder chambers to determine the condition of their internal elements such as the piston head, cylinder liner or cylinder, spark plug stops and the faces of the inlet and exhaust valves of the TELEDYNE CONTINENTAL O-200-A engine of the Cessna 150M aircraft belonging to the Aeronautical Mechanics Career of the Unidad de Gestión de Tecnologías (ESPE), according to the Manual of Standard Practices of the continental engine in the inspection and service section for the respective borescopy that is executed every 100 hours.

The ATS "VOYAGER" video borescope features an articulated tip that rotates 240 degrees to reach each point of inspection of an aircraft. It features a side-to-side stainless steel cover to look left, right and even back, giving you unprecedented access to areas that simply cannot be reached with a straight probe, features a remarkable innovation that places an additional set of LED lights on the side of the probe, which when activated, successfully eliminates the glare and dots that are sometimes present when looking through a mirror.

In this research, basic maintenance tasks were performed on the aircraft platform of the UGT to apply borescopy, such as connecting the aircraft to the ground, placing the ignition switch to off, removing the electrical power from the engine and removing the covers or fairings from them, executing the necessary safety procedures so as not to affect the integrity of the aircraft.

### KEYWORDS:

- Inspection
- Aircraft
- Borescope

**CHECKED BY:**  
**LIC. MARIA ELISA COQUE**  
**DOCENTE UGT**

## **CAPÍTULO I**

### **TEMA**

#### **“INSPECCIÓN BOROSCOPICA EN EL MOTOR CONTINENTAL 0-200-A DE LA AERONAVE CESSNA 150 MEDIANTE MANUALES TÉCNICOS PARA LA VERIFICACIÓN INTERNA DEL MOTOR PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”**

##### **1.1 Antecedentes**

La Unidad de Gestión de Tecnologías (UGT) es la única institución de educación superior del país que forma profesionales en el ámbito tecnológico aeronáutico, otorgado títulos académicos a nivel técnico superior en las carreras: Mecánica Aeronáutica mención Motores y Aviones, Telemática, Electrónica mención Instrumentación y Aviónica, Logística y Transporte y, Ciencias de la Seguridad Aérea y Terrestre.”

A partir del 4 de junio de 1954, la Fuerza Aérea Ecuatoriana a través de la escuela de especialidades en su comienzo, escuela Técnica Aeronáutica después Escuela Técnica de la Fuerza Aérea posteriormente, ha venido cumpliendo con la noble tarea de formar, capacitar y profesionalizar al personal de aerotécnicos en las diferentes especialidades de la aviación militar.

El 8 de noviembre de 1999, mediante acuerdo No.- 3237, documento que es publicado en la OGFAE No.- 032 del 15 de noviembre de 1999; en el Ministerio de Educación Pública Cultura y Deportes, la escuela Técnica de la Fuerza Aérea, (ETFA) se transforma en Instituto Tecnológico Superior (ITSA) con registro No 05-003 en el CONESUP, constituyéndose de esta manera en un Centro académico de instrucción superior, regido por las Leyes y Reglamentos correspondientes, abriendo sus puertas a la población estudiantil civil a quienes oferta profesionales técnicos en el campo aeronáutico civil.



Con fecha 13 de enero de 2014, el Honorable Concejo Universitario provisional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, aprueba la creación de la UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS, consolidando así a la integración del ITSA a la UFFAA-ESPE.

Ya que posee la UNIDAD DE GESTION DE TECNOLÓGICA tiene una aeronave Cessna 150 con motor CONTINENTAL O-200-A el cual permite dar instrucción y reconocimientos de partes de una aeronave el cual es muy importante que los nuevos técnicos estén familiarizados y conocer algunos equipos que se utiliza en las diferentes inspecciones que se lo realiza a la aeronave, como en este equipó se podrá ver las parte interior del motor , así que se familiarice el alumno con el equipo y ende vea las parte internas como se encuentra.

Con el incrementó de este equipo ayudara a los alumnos a mejorar su preparación y familiarizar el manejo de equipo, ya que las mayoría son casi similares, sin estos equipos especiales el conocimiento de los alumnos no se mejorara en su formación.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El avance científico y tecnológico en la aviación ha dado como resultado el mejoramiento de la seguridad ya que este transporte ha sido catalogado como uno de los mejores, ya que este medio de transporte aeronáutico se ha catalogado como el que menos accidentes ha tenido en comparación de los vehículos. En nuestro país no existe talleres autorizados para realizar mantenimiento profundo de una aeronave en general como es el overhaul ya que los fabricantes solo lo permiten realizar en un taller acreditado por ellos.

Pero en el país si existe talleres autorizados con personal calificado en las distintas áreas que se requiere, como es en motores, estructuras y aviónica para realiza mantenimiento que nos especifica en el manual de mantenimiento de cada aeronave, que en estos casos no es necesario llevar la aeronave a la

casa fabricante o talleres acreditados por las fábricas de las aeronaves, para que lo realice el trabajo de mantenimiento. Al no poseer equipos especiales para visualizar su función y operatividad de las unidades y sistemas de aeronaves, los alumnos de la Carrera de Mecánica Aeronáutica, no desarrollaran conocimientos teóricos y prácticos correspondientes que les permitan desenvolverse en la aviación civil.

**LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - ESPE** se ve con el objetivo de fortalecer el conocimiento de sus estudiantes para formar profesionales con un alto nivel de conocimiento y valores humanísticos, se ve en la necesidad de tener en sus talleres y laboratorios equipos básicos y actualizados de aviones que se encuentre operativos en el país.

### **1.3 Justificación e importancia**

Evidenciado que la **UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - ESPE** posee varias aeronaves y una de ellas la aeronave CESSNA 150 la cual permite impartir clases prácticas y teóricas en la misma y fomentar el conocimiento de manejo de nuevos equipos existentes en la aviación a sus alumnos.

La innovación de nuevos materiales didácticos o equipos a las diferentes áreas de la Carrera de Mecánica Aeronáutica nos permitirá el mejoramiento de talleres y laboratorios, para impartir clases y la mejor comprensión de los estudiantes, el cual cuenta con características muy reales en el funcionamiento de un sistema o unidad de una aeronave en funcionamiento.

El cual presento este proyecto para brindar el mejoramiento de sus laboratorios el cual no cuenta con un equipo de esto para dictar clases, así también se verá reflejado el conocimiento que adquieren sus alumnos al momento de recibir clases y ende una ayuda a los catedráticos al momento de dar sus temas.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 General**

Inspeccionar con el equipo de boroscopia mediante el manual técnico, la verificación del estado de los componentes internos del motor continental O-200-A de la aeronave CESSNA 150, perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías - ESPE.

### **1.4.2 Específicos**

- Recopilar información sobre el estado actual del equipo de boroscopia que se encuentra existente en los laboratorios de Mecánica Aeronáutica.
- Analizar el estado actual de los equipos de boroscopia y de acuerdo a las necesidades realizar la adquisición de un equipo de boroscopia.
- Desarrollar la inspección boroscopica para realizar chequeos internos del motor continental O-200-A de la aeronave CESSNA 150.

## **1.5 Alcance**

El presente proyecto aportara como ayuda a los docentes y estudiantes en la cathedra técnica como en las clases teóricas a los alumnos de la Carrera de Mecánica Aeronáutica, y así emprender con nuevos equipos el desarrollo y la vanguardia de la tecnología aeronáutica en la Unidad de Gestión de Tecnologías, el cual permite el mejoramiento de los métodos de inspección indirecta en componentes de las aeronaves del parque aeronáutico de la Carrera de Mecánica Aeronáutica.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Historia aeronave CESSNA 150

El Modelo 150 se comenzó a desarrollar a mediados de la década de 1950 con la decisión de Cessna Aircraft para producir un sucesor del popular Cessna 140, que terminó la producción en 1951. Las principales modificaciones hechas en el diseño de 150 fueron el uso del tren de aterrizaje triciclo, que es más fácil aprender a usar que el tren de aterrizaje de la rueda de cola Cessna 140, y la sustitución de los extremos redondeados de las alas, estabilizadores horizontales y verticales con perfiles más modernas, cuadrado-off.

Además, las estrechas, bisagras ala solapas de la 140 fueron sustituidos por más grandes, aletas Fowler mucho más eficaces. El prototipo del Cessna 150, voló por primera vez el 12 de septiembre de 1957, y su producción que comenzó en septiembre de 1958 en la Cessna Wichita, planta Kansas. (ECURED, 2012)

También fueron producidos 216 aviones por Reims Aviation bajo licencia en Francia. Estos 150s manufacturados franceses fueron designados Reims F-150, la "F", que indica que fueron construidos en Francia. Los fabricados en Estados Unidos fueron producidos con la A-200 O-motor Continental 100 CV, pero el avión Reims son alimentados por un Rolls Royce de Piedra O-200-As, con un poco de Continental O-240-A versiones alimentadas Continental, todos los Cessna 150s tienen aletas muy eficaces que se extienden 40 grados.

Los aviones con mejor comportamiento de la flota de 150 son de 1962 Cessna 150B y el 1963 Cessna 150C. Gracias a su luz 1,500 libras de peso bruto y el fuselaje trasero más aerodinámico, que suba el más rápido, tienen los más altos techos, y exigir a las pistas de aterrizaje más cortas. Tienen una velocidad de crucero de 109 nudos, más rápido que cualquier otro modelo

del año de cualquiera de los 150 o 152. Todos los modelos de 1966 en adelante tienen puertas más grandes y mayor espacio de equipaje. Con los Modelos 150G de 1967, las puertas se inclinaron hacia el exterior 1.5 pulgadas a cada lado para proporcionar más espacio para moverse cabina. (ECURED, 2012)

Este avión se fabricó en cuatro versiones diferentes: Modelo 150 Standard, Commuter, Commuter II y Aerobat. Las tres primeras diferían por el equipo instalado, y disponían por otra parte de una amplia gama de aviónica y equipos opcionales. El Aerobat introducía cambios estructurales que lo situaban en la categoría acrobática para factores de carga +6 g y -3 g con máximo peso bruto, con completa capacidad acrobática.

Esta es una de las aeronaves más populares para vuelos de entrenamiento. Muchas escuelas de vuelo poseen al menos un aparato disponible para instrucción o alquiler. Además, los Cessna 150 usados son aviones privados bastante asequibles. Este avión está muy bien considerado entre los pilotos por su facilidad para volar con él sin tener que afrontar dificultades especiales. Todos los Cessna 150 cuentan con unos flaps muy seguros que se despliegan hasta 40 grados, haciendo del aterrizaje con éstos totalmente desplegados un agradable desafío tanto para los novatos como para los pilotos más experimentados. (ECURED, 2012)



**Figura 1** Aeronave Cessna 150  
**Fuente:** (ECURED, 2012)

## **2.1.1 Especificaciones técnicas aeronave CESSNA 150**

### **2.1.1.1 Características generales**

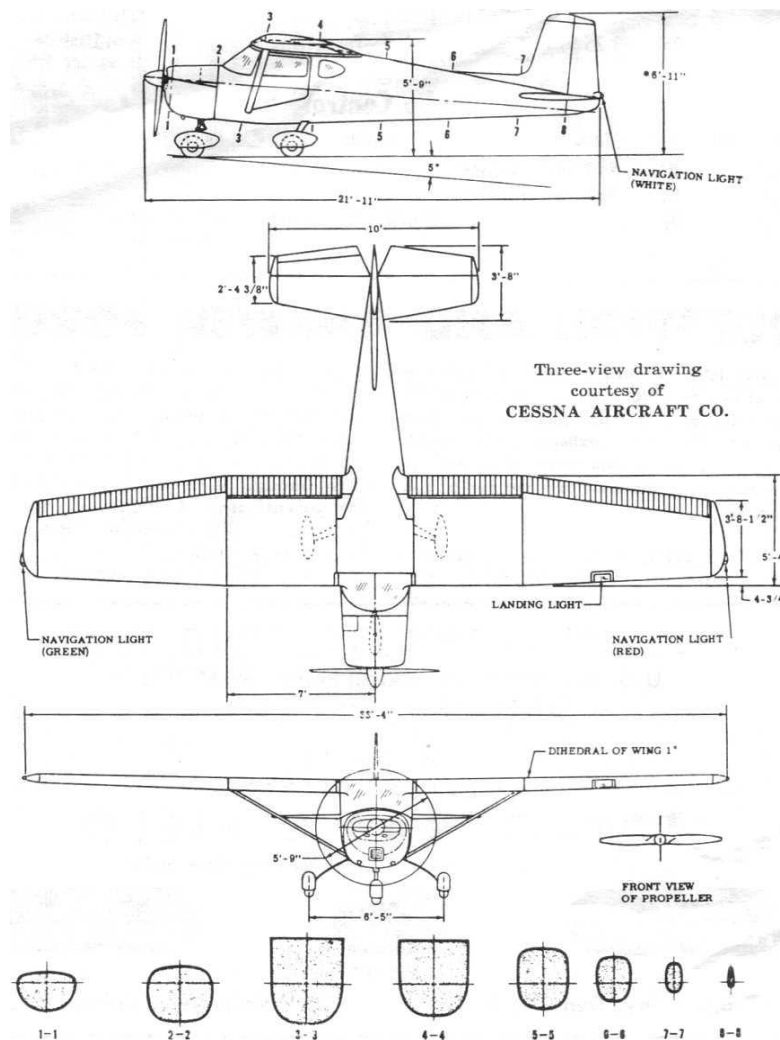
- Tripulación: 1
- Capacidad: 1 pasajero
- Longitud: 7,5 m (24,8 ft)
- Envergadura: 10,2 m (33,3 ft)
- Altura: 2,6 m (8,5 ft)
- Superficie alar: 15 m<sup>2</sup>
- Peso vacío: 504 kg (1.111 lb)
- Peso máximo al despegue: 730 kg 1.600 lb
- Máximo peso bruto 1600 libras
- Carga útil 489 libras
- Carga w/ combustible lleno 354 libras
- Capacidad de combustible, std 26 galones (22,5 gal utilizable)
- Capacidad de 120 libras de equipaje
- Planta motriz: 1x motor de cuatro cilindros opuestos enfriados por aire Continental O-200A.
- Potencia: 75 kW (100 HP; 101 CV)
- Hélices: 1x bipala de paso fijo por motor.
- Carga de potencia 16 lb / hp
- Ala de carga 10kg / m<sup>2</sup>

### **2.1.1.2 Rendimiento de la Aeronave**

- Velocidad máxima operativa (Vno): 261 km/h (141 kt).
- Alcance: 589 km (; 366 mi)
- Techo de servicio: 4 267 m (14 000 ft)
- Régimen de ascenso: 3,40 m/s (670 ft/min)
- Velocidad de crucero: 107 nudos
- Velocidad de pérdida: 42 nudos

- Levante para arrastrar: 7
- Consumo de combustible: 6 EE.UU. gal/h de avgas
- Max. carga alar: 10 libras/pie
- Mínima potencia/masa: 0.063 CV/lb
- Distancia de despegue, rollo de tierra 735 pies
- Distancia de despegue de más de 50 pies de obstáculos 1385ft
- Máxima demostrado componente de viento cruzado de 12kt
- Tasa de ascenso, el nivel del mar de 670pies por minuto
- Velocidad de crucero / resistencia w RSV / 45 min, combustible std (consumo de combustible) a 75% de potencia, mejor economía, 7.000 pies 106 kt / 3 horas (36 ppc / 6 gph)
- Distancia de aterrizaje de más de 50 pies de obstáculos 1075 ft
- Distancia de aterrizaje, rollo de tierra 445 pies
- Limitación y recomendados Velocidades aerodinámicas
- VX (mejor ángulo de ascenso) 60 KIAS
- VY (mejor régimen de ascenso) 67 KIAS
- VA (diseño de maniobras) 94 KIAS
- VFE (máxcolgajo extendido) 87 KIAS
- Velocidad máxima operativa (Vno): (máx estructural de crucero) 104 KIAS
- VNE (nuncaexceder) 140 KIAS
- VR (rotación) 48 KIAS
- VS1 (establo, limpio) 47 KIAS
- VSO (establo, en configuración de aterrizaje) 42 KIAS
- Velocidad crucero (Vc): 145 nudos a 7.000 ft
- Velocidad stall (Vs): 54 nudos (100 km/hora)
- Alcance en vuelo: 773 mn (1.432 km) @ 80% de potencia y 7.000 ft
- Alcance en ferry: 930 mn (1.722 km) @ 55% de potencia y 10.000 ft

Todas las especificaciones se basan en cálculos del fabricante. Todas las cifras de rendimiento se basan en día estándar, atmósfera estándar, el nivel del mar, las condiciones de peso bruto menos que se indique lo contrario



**Figura 2** Longitudes cessna 150  
**Fuente:** (ECURED, 2012)

### 2.1.3 Características de vuelo CESSNA 150

El Cessna 150 es simple, robusto y fácil de volar. Por estas razones, se ha convertido en uno de los entrenadores básicos más populares del mundo. La visibilidad en cabina es generalmente buena, excepto en la parte superior donde la vista es bloqueada por las alas. Esta obstrucción es particularmente preocupante puesto que, al igual que ocurre en la mayoría de aviones de ala



alta, la visibilidad de la zona hacia la cual se vira es escasa por culpa del ala de dicho lado. (Como remedio parcial en algunos 150, incluyendo todos los Aerobats, se incluyeron un par de ventanas superiores). Debido a su peso ligero y la luz carga alar, el avión es sensible a la turbulencia y el timón no es tan efectivo como en otras aeronaves. (ECURED, 2012)

Algunos pilotos se quejan de que los Cessna 150 con flaps de 40 grados de despliegue máximo ascienden peor con éstos completamente abajo. Sin embargo, la FAA certificó estos aviones como capaces de ascender con los flaps desplegados en peso máximo al despegue.

#### **2.1.4 Variantes aeronave CESSNA 150**

- **150:** El primer año del modelo del Cessna 150 no llevaba ningún sufijo. Estaba disponible como el "150" o la "Commuter" actualizado. El motor era de 100 caballos de fuerza Continental O-200, el peso bruto fue de 1,500 libras y las aletas se acciona manualmente con una palanca entre los asientos. La producción comenzó a finales de 1958 como el año modelo 1959.

El modelo 1960 presenta un generador de 35 amperios en el Cercanías. El "patrullero" también se introdujo en 1960. Este era un estándar 150 con ventanas de vidrio acrílico en las puertas inferiores 35, los tanques de combustible de largo alcance galones estadounidenses y un mensaje de tobogán para dejar caer los paquetes en el suelo.

Su producción fue de 122 en 1958, 648 en 1959 y 354 en 1960. (ECURED, 2012)

- **150A** Este modelo de 1961 incorpora cambios suficientes para justificar un sufijo y por lo tanto fue designado el "150A".

La "A" tuvo su tren de aterrizaje principal movido hacia atrás por dos pulgadas para eliminar el problema de la aeronave de acabar en la cola

durante la carga y el equipaje de las personas y también para mejorar la autoridad del volante nariz. La "A" también tenía ventanas laterales traseras 15% más grandes y nuevos asientos ajustables. 344 fueron construidos.

- **150B** es el modelo de 1962. Tenía una nueva hélice que aumenta la velocidad de crucero de 2 nudos y la opción de un asiento para niños de dos pasajeros para el compartimiento de equipaje. 331 modelos "B" fueron construidos. La versión Commuter costó USD \$ 8.995.
- **150C** Este modelo de 1963 con el sufijo "C", introdujo la posibilidad de grandes neumáticos 6.00X6 pulgadas para reemplazar los neumáticos 5.00X5 estándar y combustible trena rápido. 472 fueron terminados.
- **150D** de 1964. El modelo "D" trajo el primer cambio dramático a la 150 - la introducción de una ventana trasera bajo el nombre comercial Omni-Vision. La ventana trasera cambió el aspecto de la 150 y un costo de 3 millas por hora en velocidad de crucero. También resultó en un compartimiento de equipajes más grande y un mayor límite de peso estructural para el equipaje de 80 a 120 lb. (ECURED, 2012)

Se mantuvo la aleta de la cola sin barrer de años anteriores por otros dos años. Balances de masa elevador y el timón se incrementaron a reducir el potencial de alboroto causado por la parte trasera del fuselaje menos aerodinámico. El peso bruto de la aeronave también se incrementó en 1964 a 1.600 libras, donde permanecería hasta el advenimiento de la Cessna 152. Fueron construidos 804. Muchas personas encuentran que la nueva cabina más "aireado" y agradables, debido al aumento de la luz. (ECURED, 2012)

- **150E** fabricado en 1965 el Cessna 150E sólo vio la adición de nuevos asientos, aunque el peso en vacío estándar subió 40 libras ese año a 1010 La "E" modelo vio aumentar la producción de 1.637 aviones.

- **150F** El modelo de 1966 veía grandes cambios en el diseño 150. La aleta fue peinando hacia atrás 35 grados para que coincida con el estilo de la Cessna 172 y otros modelos. Las puertas de la cabina se realizaron 23% más amplia, nuevos frenos se trajeron y los neumáticos 6.00X6 se hicieron estándar. Las solapas previamente manuales estaban ahora accionan eléctricamente a través de un interruptor de lengüeta para montaje en panel. El sistema de aviso de pérdida eléctrica de edad fue reemplazado con un tipo de neumático. El compartimiento de equipaje se amplió en un 50%. Se produjeron un total de 3.087 de los modelos "F" nuevo estilo. 1966 fue también la primera producción de la francesa Reims-construida F-150, con 67 construido como el F150F. (ECURED, 2012)
- **150G** Es el modelo de 1967, el cuadro de instrumentos se ha rediseñado. Las puertas estaban "inclinada" para dar otras tres pulgadas de los hombros y las caderas que se necesitan en la pequeña cabina. El modelo "G", también vio una nueva nariz de carrera corta oleo adoptadas para reducir la resistencia creada por el conjunto de la rueda nariz. El generador previamente equipado fue sustituido por un amplificador de alternador 60, lo que refleja el aumento de la aviónica que los aviones se estaban equipadas con.

El modelo "G" fue también el primer Cessna 150 variante certificada para carrozas. Se construyeron un total de 2.114 modelos "G", además de 152 construido por Reims como F150G.

- **150H** En 1968 al modelo 150 le fue designada la "H". Introdujo una mesa de centro de estilo nuevo, diseñado para mejorar el espacio para las piernas. Un nuevo interruptor de lengüeta eléctrico también fue equipado que permite "hands-off" retracción de los flaps, pero no la extensión. 2007 150Hs fueron construidos en Wichita, con 170 construidos por Reims como F150H.

- **150I** No hubo 150 "India" modelo como Cessna no quería que se viera como un Cessna 1501 - Esto no impidió la designación de un Cessna de "La India" modelo Cessna 172 sin embargo. (ECURED, 2012)
- **150J**, en 1969, trajo un nuevo arranque de llave que sustituyó a la antigua starter "pull-estilo". El nuevo plato era más "tipo coche", pero no tan fiable como el anterior y más caro de reparar, también.
- Un conector de alimentación auxiliar se hizo disponible como opción en 1969, también, junto con el "rocker" interruptores eléctricos de estilo. Se construyeron modelos de 1714 "J", además de 140 construidos por Reims como F150J.
- **150K** En 1970 fue el año que Cessna presentó el Aerobat A150K, un Cessna 150 K con capacidades acrobáticas limitadas. Se mantuvo el 100 caballos de fuerza O-200 continental todas 150s usado, pero difiere de la línea de base en 150K con una resistencia más estructural, está clasificado 3 "g". Otras características de "acrobacia" incluyen arneses de cuatro puntos para los dos ocupantes, dos claraboyas de visibilidad hacia arriba puertas desprendibles, un esquema de pintura de tablero de ajedrez más deportivo y asiento desmontable Cojines para que los paracaídas se podían usar. En 1970, un Aerobat costó \$ 12,000 en comparación con el precio de \$ 11,450 para un modelo Commuter 150K.

Tanto el nuevo Aerobat y los 150K no acrobáticas también lucían nuevas puntas de las alas curvadas cónicas en 1970. Se construyeron un total de 832 modelos "K", incluyendo A150Ks. Reims construido 129 como F150K y 81 según los FA150K. (ECURED, 2012)

- **150L** esta variante tenía el más largo ciclo de producción de cualquier 150 sub-modelo, que se produce desde 1971 hasta 1974. Nuevo en 1971 fue tubulares patas del tren de aterrizaje con un 16% más de ancho. 1.080 150s fueron producidos en 1974. La producción total de "L" era 4519, más el 485 construido por Reims como F150L y 39 Aerobats

FA150L. Un adicional de 39 fueron construidos en Argentina por DINFIA como la A-150L.

- **Aerobat FRA150L Reims** produce una variante de la Aerobat FA150L con un-240-A O motor Rolls-Royce Continental, 141 construido.
- **150 millones** Este fue el modelo final del Cessna 150. Se introdujo el paquete de actualización "Commuter II", que incluía a muchas aviónicas opcionales y elementos de equipamiento de serie. La "M" también trajo consigo un aumento de la altura de la aleta, por 6 pulgadas. Esto aumentó el timón y el área de la aleta en un 15% para mejorar el manejo de viento cruzado. La "M" se produjo durante tres años: 1975-1977.

Restricciones enrolladoras estuvieron disponibles de forma opcional con los modelos del año 1975. En 1976, la "M" ganó un conjunto de interruptores eléctricos para reemplazar los fusibles previos utilizados. También fue equipado con un asiento de piloto totalmente articulado como equipo estándar. 1399 se construyeron. (ECURED, 2012)

El modelo del año 1977 fue el último para el Cessna 150. Se añadió sólo solapas "pre-selección", que permite al piloto de que la solapa a cualquier ajuste y luego dejar la aeronave para mover las aletas a esa posición, sin que el piloto manteniendo pulsado el interruptor. En 1977 del modelo 150ms, sólo 427 se construyeron como la producción se movió a la mejora de Cessna 152 en la primera parte de 1977.

Los muchos refinamientos incorporados en el 150 en los últimos años habían costado la aeronave mucha carga útil. El primer 150 pesaba 962 libras vacío, mientras que el último "M Commuter II" tenía un peso en vacío de 1129 Este aumento de peso en vacío de 167 libras fue compensado solamente por un aumento de peso bruto de 100 libras en 1964. Las 152 traería un aumento del 70 libra muy necesario en el peso bruto de 1,670 libras.

Un total de 3.097 modelos "M" se construyeron durante su carrera de tres años. Unos 285 adicionales fueron construidos por Reims como F150M y 141 Aerobats FA150M. Reims también construyó 75 A150Ls con modificaciones F150M.

- **FRA150M Reims** produce una variante de la Rolls Royce Continental O-240-A Aerobat FRA150L potencia con las mismas mejoras como la F150M, 75 fueron construidos. (ECURED, 2012)

## 2.2 Historia motor Teledyne Continental O-200

Continental ha estado produciendo motores de aviones desde la década de 1930. La compañía originalmente construyó el motor A40, un motor enfriado por aire de 38 cilindros y 38 cilindros opuestos horizontalmente utilizado en el Piper Cub. El motor original evolucionó a varios modelos a lo largo de los años, incluido el A65, A75, C75, C85 y C90, y finalmente evolucionó al motor O-200 utilizado en el popular Cessna 150. A lo largo de los años, se han producido miles de pequeños continentales. (Continental producía más de 10,000 motores por año a fines de los setenta). Hoy en día, el motor O-200 todavía está disponible de fábrica de Continental, y los usados están disponibles de muchas fuentes.

Los motores continental ofrecen un historial de rendimiento y confiabilidad, con repuestos y servicio técnico disponibles en todo el mundo. Muchos fabricantes de kits han instalado motores Continental usados y / o reacondicionados. Existe un gran mercado para los motores de aviones Continental usados, con numerosas fuentes de motores usados, repuestos y actualizaciones y mejoras posteriores al mercado. Si utiliza un motor Continental más antiguo, recomendamos que el motor se actualice con un sistema eléctrico más ligero (y más moderno). (Zenith Aircraft Company , 2010)



**Figura 3** Motor Teledyne Continental O-200  
**Fuente :** (Zenith Aircraft Company , 2010)

### 2.2.1 Rendimientos motor Continental O-200-A

**Tabla 1**  
**Especificaciones de rendimiento Continental O-200-A**

Modelo	# CYL	Potencia nominal	Diámetro x carrera	Desplazamiento	Peso típico
					Accesorios
O-200-A		75 kW a 2750	103.2 x 98.4 mm	3292 cm <sup>3</sup>	97.0 kg
		100 HP a 2750	4.062 x 3.875 in	201 in <sup>3</sup>	214 libras
		<b>Grado de combustible certificado</b>	<b>Índice de compresión</b>	<b>Tiempo entre reacondicionamiento (TBO)</b>	<b>FAA</b>
		80/87	7.0: 1	Hasta las 2200 hrs o 12 años.	<b>TCDS</b>
					E-252

**Fuente:** (Continental Motors, 2019)

### 2.3 Componentes del motor Continental O-200-A

#### 2.3.1 Cigüeñal

Cada tipo de cigüeñal se mecaniza a partir de una sola forja. Los cuatro codos están separados. Comenzando en la parte trasera y avanzando, los

números de la biela son 1, 2, 3 y 4, de acuerdo con los cilindros que sirven. Cada codo del cigueñal tiene tres guías principales, la delantera está inmediatamente por delante de la biela delantera N°4. La mejilla está aplanada alrededor del muñón y entra en contacto con la arandela de empuje del cárter trasero para transferir el empuje de la hélice. Un pequeño reborde anti-empuje en la parte delantera actúa como un retenedor de aceite. (Continental Aircraft Engine, 2011)

### **2.3.2 Conjunto de biela**

Los conjuntos de bielas de conexión de los modelos C90 y 0-200 difieren en las dimensiones de los modelos C7S y C8S, pero los dos tipos son de diseño similar. El conjunto de la varilla y la tapa del cojinete están hechos de una sola forja de aleación de acero, que se corta a través del centro del cojinete para ser lubricado. Cada mitad del orificio del extremo grande dividido tiene muescas para aceptar la espiga del inserto de cojinete semicircular que encaja en él.

Las inserciones de cojinete de biela reemplazables son delgadas carcasa de respaldo de acero, revestidas con una aleación especial de metal. La tapa del cojinete está sujeta a la varilla mediante dos pernos especiales y tuercas hexagonales. El número del cilindro está estampado en la superficie superior del perno de la varilla y la tapa. Una viga en "I" cónica conecta el extremo grande y el saliente del pasador del pistón. El buje del pasador del pistón es un pin de bronce liso, presionado a la salida de la varilla y emparejado en paralelo al cojinete del extremo grande. El buje de pasador de pistón sólido de tipo original ha sido reemplazado por un buje de tipo dividido de una sola pieza en las varillas de tipo C7S, C8S, C90 y 0-200. (Continental Aircraft Engine, 2011)

### **2.3.3 Árbol de levas**

Todos los árboles de levas instalados en los modelos C7S y C8S son piezas fundidas de hierro endurecido por llama. El mismo material se empleó en los árboles de levas C90 de producción temprana. Presente tipo C90 y los árboles



de levas originales 0-200 son piezas forjadas de aleación de acero. Estos se identifican, cuando son nuevos, por un recubrimiento total de Parko-Lubrite negro y una placa de cobre subyacente en superficies sin terminar. Todos los árboles de levas C90 y 0-200 tienen un diámetro reducido entre los lóbulos de la leva para proporcionar espacio para la biela.

Los árboles de levas estándar para los motores de carburador de la serie C tienen un excéntrico mecanizado en la palanca de la bomba de combustible delantera. Un árbol de levas especial con dos excéntricos está disponible para instalaciones que requieren una segunda bomba de combustible. Los árboles de levas instalados con equipos de bomba de vacío en motores C90-16 y 0-200 no tienen excéntrica de impulsión de bomba. El extremo frontal de este tipo tiene seis orificios roscados para los tornillos que sujetan la bomba de vacío de engranaje cónico de accionamiento.

También está disponible un engranaje de combinación especial y excéntrico para la bomba de vacío y la bomba de combustible de montaje lateral. El C90-16 y el 0-200 también tienen un árbol de levas para una bomba de combustible de montaje lateral sin provisión para un engranaje de accionamiento de vacío. El engranaje está separado del extremo del eje, para un juego correcto con el engranaje de la bomba de vacío, por una o más cuñas. Algunos de los primeros motores de producción 0-200 tienen estas calzas instaladas. (Continental Aircraft Engine, 2011)

#### **2.3.4 Pistón**

Los pistones de cabeza plana son piezas de fundición de aleación de aluminio mecanizadas. Aquellos en los modelos C7S y C8S tienen cuatro ranuras de anillo por encima del pasador, mientras que los pistones C90 y 0-200 tienen tres anillos por encima del pasador y uno por debajo. Los tres anillos de compresión superiores son similares en ambos tipos de pistón. El anillo superior está revestido con cromo duro para soportar el calor. El segundo y el tercero son anillos de hierro fundido. Las caras de todos estos están

estrechadas hacia adentro hacia la parte superior, de modo que el desgaste y el asiento comienzan en la parte inferior, lo que proporciona una buena acción de raspado y un sellado rápido.

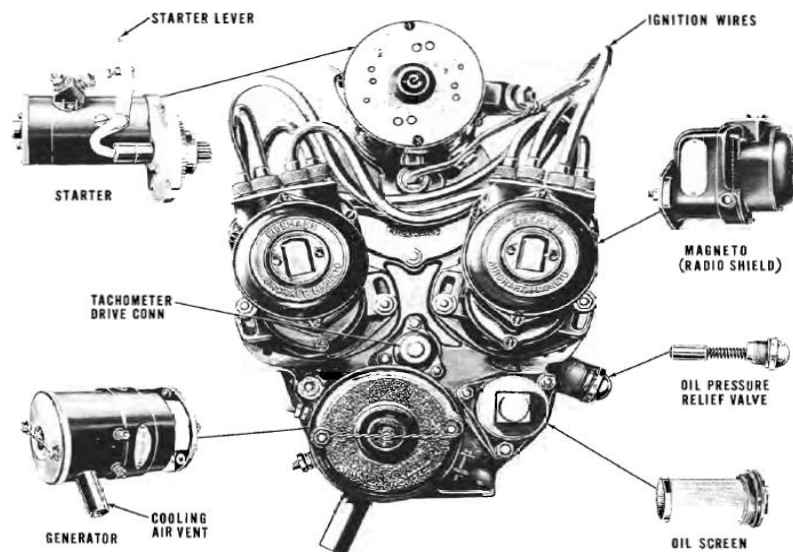
Los anillos de control de aceite ranura dos en el centro en las ranuras inferiores son ligeramente diferentes en los dos tipos de ensamblaje de pistón. Los pasadores de pistón son tubos de acero sin costura, rectificadas en el exterior y equipados con tapones de aluminio para separarlos de las paredes del cilindro. Los ensamblajes de pasadores de tipo original tenían tapones de extremo extraíbles. Los tapones finales de los pasadores de producción actuales se presionan antes del esmerilado final y no son reemplazables. Este tipo de conjunto de pasador debe utilizarse para todos los reemplazos. Los pasadores son un ajuste a presión en los orificios del pistón. (Continental Aircraft Engine, 2011)

### **2.3.5 Cilindro y culata**

Las piezas fundidas de la culata son de aleación de aluminio con aletas externas que se atornillan y se contraen permanentemente en los barriles de acero con aletas externas. La caja de balancín fundida en el extremo exterior de la cabeza tiene una brida circundante que está mecanizada en plano. La cubierta del balancín de acero prensado está sellada a la brida por una junta suave y retenida por seis tornillos de cabeza de llenado.

Tres protuberancias en la caja de balancines están emparejadas en una línea horizontal en ángulo recto con el eje del cilindro para formar soportes de eje de balancines. Los puertos de las válvulas en la cabeza se abren hacia abajo en dos bridas, cada una provista con dos pernos. Las guías de bronce para las válvulas de admisión y escape se presionan en los orificios perforados desde la parte inferior de la caja de balancines hacia las cámaras de las válvulas en línea con los asientos de las válvulas.

Las inserciones de los asientos de las válvulas de escape de acero aleado y las inserciones de los asientos de las válvulas de admisión de bronce y aluminio se contraen en el contra buje de la superficie de la cámara de combustión. Los primeros cilindros de producción tenían inserciones roscadas de bujías atornilladas y fijadas en orificios roscados por encima y por debajo de los asientos de las válvulas. (Continental Aircraft Engine, 2011)



**Figura 4** Componentes externos del continental O-200-A  
**Fuente:** (Continental Aircraft Engine, 2011)

## 2.4 Motores aeronáuticos

### 2.4.1 Motor recíproco o alternativo

Los motores térmicos convierten la energía térmica en energía mecánica. Un volumen específico de aire se comprime y luego se calienta a través de la combustión de un combustible. En un motor alternativo, el aire caliente se expande, creando una fuerza que mueve un pistón y a su vez, el vástago del pistón, el cigueñal y la hélice o rotor. Los motores recíprocos obtienen su nombre del movimiento de ida y vuelta (o recíproco) de sus pistones. Es el movimiento hacia abajo de los pistones, causado por la expansión de los gases,

lo que genera la energía mecánica necesaria para realizar el trabajo. (Jappesen a Boeing Company, 2011)

## 2.4.2 Tipos de motores recíprocos o alternativos

Muchos tipos de motores recíprocos han sido diseñados para aviones desde que los hermanos Wright hicieron historia en la aviación utilizando un motor de cuatro cilindros en línea. Los motores recíprocos se clasifican comúnmente por disposición de cilindros (radial, en línea, tipo V u opuesto) y por tipo de combustible (gasolina o diésel). (Jappesen a Boeing Company, 2011)

### 2.4.2.1 Motor radial

Un motor radial consiste en una fila o filas de cilindros dispuestos alrededor de un cárter. Los dos tipos básicos de motores radiales son el tipo rotativo y el tipo estático. Durante la Primera Guerra Mundial, de tipo rotativo radial.

Los motores se utilizaron ampliamente debido a su alta relación potencia-peso. Los cilindros de un motor radial de tipo rotativo están montados radialmente alrededor de un pequeño cárter y giran con la hélice, mientras que el cigueñal permanece estacionario. Algunos de los motores de tipo rotativo más populares fueron el Bentley, el Gnome y el Lerhone. (Jappesen a Boeing Company, 2011)



**Figura 5** Motor radial  
**Fuente:** (AIR.EN, 2015)

### 2.4.2.2 Motores en línea

Los motores alternativos en línea generalmente tienen un número par de cilindros alineados en una sola fila paralela al cigueñal. Los pistones están en posición vertical arriba o invertidos debajo del cigueñal. Este motor puede ser refrigerado por líquido o refrigerado por aire.

Los motores en línea tienen un área frontal relativamente pequeña, lo que les permite estar encerrados por góndolas aerodinámicas o collares de vaca. Debido a esto, los motores en línea eran populares entre los primeros aviones de carreras. Un beneficio de un motor en línea invertido es que el cigueñal está más arriba del suelo. El cigueñal más alto permitió una mayor distancia al suelo de la hélice, permitiendo el uso de un tren de aterrizaje más corto. (Jappesen a Boeing Company, 2011)



**Figura 6** Motor en línea  
**Fuente:** (AVIA.PRO, 2016)

Históricamente, los motores en línea se utilizaron en los aviones de rueda trasera; permitieron a los fabricantes utilizar engranajes principales más cortos, lo que incrementó la visibilidad hacia adelante al rodar. Los motores en línea tienen dos desventajas principales.

Tienen relaciones de potencia a peso relativamente bajas y, como los cilindros más traseros de un motor en línea enfriado por aire reciben relativamente poco aire de refrigeración, los motores en línea típicamente están

refrigerados por líquido o están limitados a solo cuatro o seis cilindros. Como resultado, la mayoría de los diseños de motores en línea se limitan a los motores de baja y media potencia utilizados en aviones ligeros. (Jappesen a Boeing Company, 2011)

### 2.4.2.3 Motor en V

Los motores en línea evolucionaron hacia motores tipo V. Dos filas de cilindros, llamadas bancos, están orientadas a 45, 60 o 90 grados de distancia de un solo cigüeñal. Dos bancos de cilindros generalmente producen más potencia que un motor en línea. Debido a que los bancos de cilindros comparten un solo cárter y un solo cigüeñal, los motores tipo V tienen una relación razonable de potencia a peso con un área frontal pequeña. Los pistones pueden ubicarse sobre el cigüeñal o debajo del cigüeñal. La mayoría de los motores tipo V tenían 8 o 12 cilindros. Los motores tipo V pueden ser líquidos o refrigerados por aire.

Los motores V-12 desarrollados durante la Segunda Guerra Mundial lograron algunas de las calificaciones más altas en caballos de fuerza de cualquier motor alternativo. Hoy en día, los motores de tipo V se encuentran típicamente en militares clásicos y experimentales o en aviones de carreras. (Jappesen a Boeing Company, 2011)



**Figura 7** Motor en V  
**Fuente:** (Engines, 2012)

#### 2.4.2.4 Motor de cilindros opuestos

Los motores de tipo opuesto son los motores alternativos más comunes que se utilizan actualmente en los aviones ligeros. Los motores opuestos pueden diseñarse para producir tan poco como 36 caballos de fuerza o tanto como 400 caballos de fuerza.

Los motores opuestos siempre tienen un número par de cilindros, con cada cilindro en un lado del cárter "opuesto" a un cilindro en el otro lado. La mayoría de los motores opuestos están refrigerados por aire y montados horizontalmente cuando se instalan en aviones de ala fija, pero pueden montarse verticalmente en helicópteros. (Jappesen a Boeing Company, 2011)

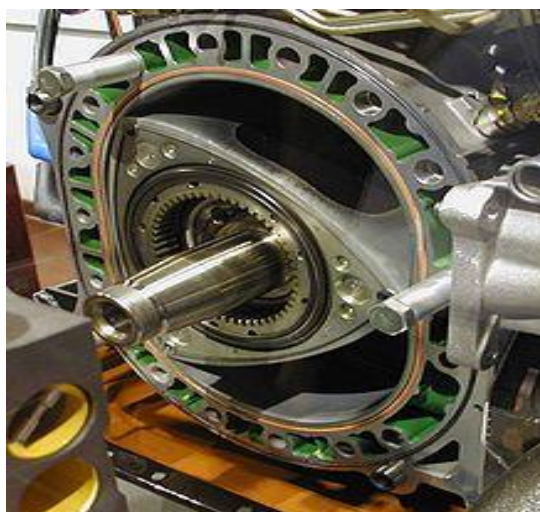


**Figura 8** Motor cilindros opuestos  
**Fuente:** (Engines, 2012)

Los motores opuestos tienen un cárter relativamente pequeño y liviano que contribuye a una alta relación potencia-peso. La disposición de los cilindros compactos proporciona un área frontal relativamente pequeña, lo que permite que el motor quede rodeado por góndolas o carenados aerodinámicos. Con cilindros opuestos, los impulsos de potencia tienden a anularse entre sí, lo que resulta en menos vibración que otros tipos de motores. (Jappesen a Boeing Company, 2011)

### 2.4.2.5 Motor Wankel

Aunque no es un motor alternativo, el motor Wankel (o rotativo) merece ser mencionado como un motor de ciclo Otto con potencial para un mayor uso en aviones propulsados. Los motores Wankel tienen un buen poder de peso, relación, y su diseño compacto puede ser encerrado por góndolas o carenados aerodinámicos. En lugar de usar un cigueñal, bielas, pistones, cilindros y un tren de válvulas convencional, el motor de Wankel usa un eje excéntrico y un rotor triangular girando en una cámara de combustión oblonga.



**Figura 9** Motor Wankel  
**Fuente:** (Engines, 2012)

## 2.5 Tipos de Motores Propulsión Jet

El principio de reacción de Newton se ha aplicado a varios dispositivos propulsores utilizados en la aviación. Todos producen empuje de la misma manera; Aceleran una masa de gases dentro del motor. Los tipos más comunes de motores propulsores son el cohete, el ram jet, el pulse jet y la turbina de gas.

### 2.5.1 Tipo Cohete

Un cohete es un motor sin aire que transporta su propio combustible y el oxígeno necesario para que el combustible se quemé. Los dos tipos de cohetes en uso son cohetes de combustible sólido y cohetes de combustible líquido. Los



cohetes de uso sólido del vehículo utilizan un combustible sólido formado en una forma específica que promueve una tasa de combustión óptima cuando se mezcla con un oxidante. Después de que se enciende el combustible, se produce una descarga de gas extremadamente alta en la ciudad a través de una boquilla en la parte trasera del cuerpo del cohete.

La reacción a la descarga rápida es el movimiento hacia delante del cuerpo del cohete. Los cohetes de combustible sólido se usan principalmente para propulsar algunas armas militares y, ocasionalmente, para proporcionar un empuje adicional para el despegue de aviones muy cargados. En este último caso, los cohetes propulsores unidos a la estructura de una aeronave proporcionan el empuje adicional necesario para despegues en condiciones especiales. (Jappesen a Boeing Company, 2011)



**Figura 10** Motor tipo cohete  
**Fuente :**(AIR.EN, 2015)

### 2.5.2 Motor tipo Ramjet

Un ramjet es un athodyd (o conducto aero-termodinámico), un motor que absorbe aire sin partes móviles. Sin un compresor giratorio para introducir aire en el motor, un ramjet debe moverse hacia adelante a alta velocidad antes de que pueda producir empuje. Después de que el aire ingresa al motor, el combustible se inyecta y se enciende para proporcionar el calor necesario para acelerar el aire y producir empuje. Porque los ramjets deben estar avanzando

hacia. Producir empuje, su uso es limitado. Los ramjets se utilizan en algunos sistemas de suministro de armas militares en los que el vehículo se acelera a una velocidad suficientemente alta para que el ramjet tome el poder para un vuelo sostenido. (Jappesen a Boeing Company, 2011)



**Figura 11** Motor Ramjet  
**Fuente:** (AVIA.PRO, 2016)

### 2.5.3 Motor tipo Pulsejet

Los motores Pulsejet son similares a los ramjets, excepto que el conducto de admisión de aire está equipado con una serie de válvulas de obturador que se cargan por resorte hasta la posición abierta. El aire aspirado a través de las válvulas abiertas ingresa a una cámara de combustión donde se calienta quemando combustible.

A medida que el aire dentro de la cámara de combustión se expande, el aumento de la presión del aire aumenta para forzar el cierre de las válvulas del obturador. Una vez que se cierra detrás de las persianas, el aire que se expande en la cámara se fuerza hacia atrás para producir empuje. Por lo general, se considera que un chorro de impulsos es más útil que un chorro de aire porque los chorros de pulso pueden producir empuje antes logrando una alta velocidad de avance. (Jappesen a Boeing Company, 2011)



**Figura 12** Motor Pulsejet  
**Fuente:** (Engines, 2012)

#### **2.5.4 Motores de turbina de gas**

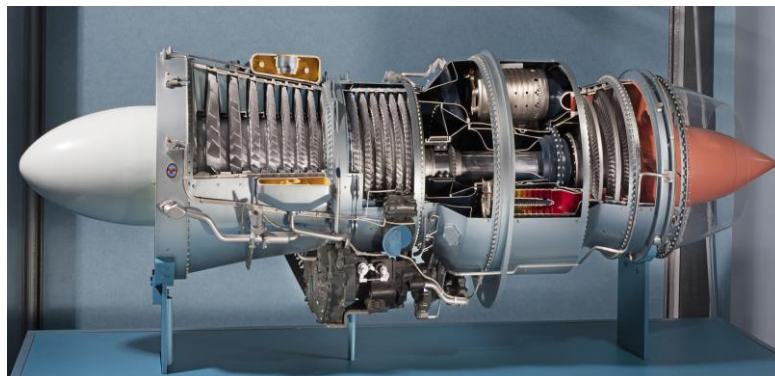
El motor de turbina de gas es la forma más práctica de un motor a reacción en uso hoy en día. De hecho, el motor de turbina se ha convertido en el estándar en casi todos los aviones comerciales (de transporte), comercial y militar. El resto de esta sección se centrará en el motor de turbina de gas. Los cuatro tipos más comunes de motores de turbina de gas son el turborreactor, el turbopropulsor (turbohélice), el turbo eje y el turbo fan. (Jappesen a Boeing Company, 2011)

##### **2.5.4.1 Motor Turborreactor**

Los principios básicos de funcionamiento de un motor turborreactor son sencillos. El aire entra a través de un conducto de entrada y procede al compresor. Después de comprimir el aire, fluye a una sección de la cámara de combustión donde se agrega y se enciende el combustible. El calor generado por el combustible quemado hace que el aire comprimido se expanda y fluya hacia la parte trasera del motor.

A medida que el aire se desplaza hacia atrás, pasa a través de un conjunto de ruedas de turbina conectadas a las palas del compresor. El aire en expansión hace girar las turbinas, que a su vez accionan el compresor. Una vez

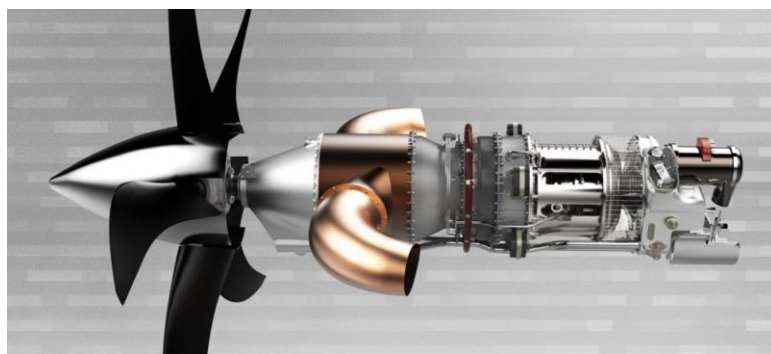
que pasa por las turbinas, el aire sale del motor a una velocidad mucho mayor que la del aire entrante. La diferencia de velocidad entre el aire que entra y el aire que sale del motor produce empuje. (Jappesen a Boeing Company, 2011)



**Figura 13** Motor turbo reactor  
**Fuente:** (AIR.EN, 2015)

#### 2.5.4.2 Motor turbo hélice

Un motor de turbina de gas que suministra energía a una hélice se conoce como un motor turbohélice. Los motores turbohélice tienen un diseño similar al de los turbo reactores, excepto que la potencia producida por un motor turbohélice se entrega a un sistema de engranajes reductores que hace girar una hélice. La reducción de engranajes es necesario porque optimiza el rendimiento de la hélice y logra velocidades mucho más lentas que la velocidad de operación del motor.



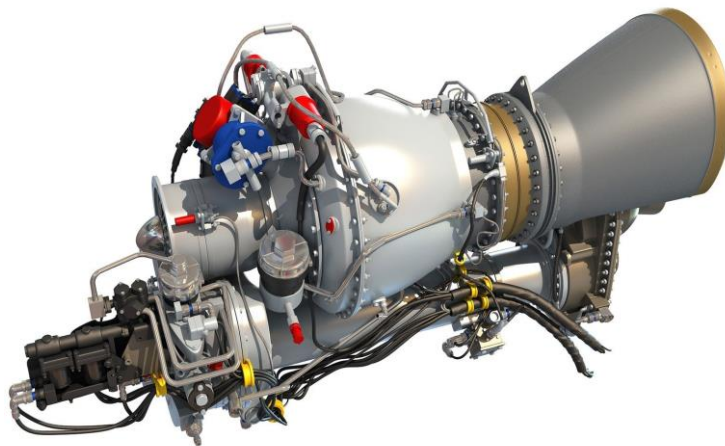
**Figura 14** Motor Turbo helice  
**Fuente:** (Kersten, 2019)

Los motores de turbohélices se utilizan ampliamente en los aviones de negocios y de cercanías porque la combinación de la potencia de los reactores y la eficiencia de la hélice proporciona buenas características de rendimiento a velocidades entre 300 y 400 millas por hora. Además, la mayoría de los motores de turbopropulsores funcionan con el mejor consumo de combustible específico de cualquier motor de turbina de gas. (Jappesen a Boeing Company, 2011)

#### 2.5.4.3 Motor turbo eje

Un motor de turbina de gas que suministra energía a un eje que puede conducir otra cosa se conoce como un motor de turbo eje. La mayor diferencia entre un turborreactor y un motor de turbo eje es que en un motor de turbo eje, la mayor parte de la energía producida por los gases en expansión se utiliza para impulsar una turbina más que para producir empuje.

Muchos helicópteros utilizan un motor de turbina de gas de turbo eje. Además, los motores de turbo eje se utilizan ampliamente como unidades de energía auxiliar y, en aplicaciones industriales, para impulsar generadores eléctricos y sistemas de transporte de superficie. La salida de un motor turbohélice o turbopropulsor se mide por la potencia del eje en lugar del empuje. (Jappesen a Boeing Company, 2011)

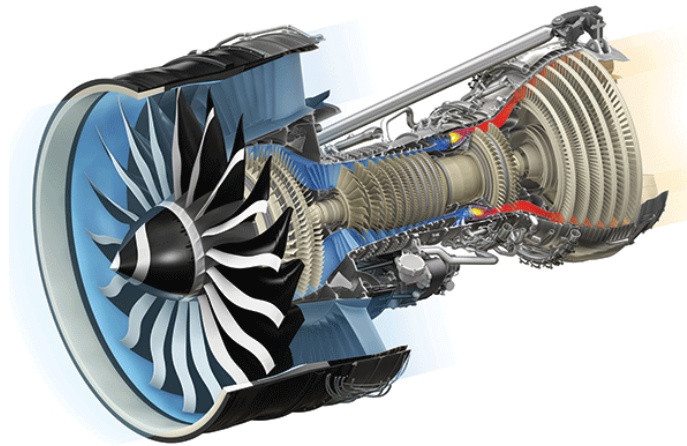


**Figura 15** Motor turbo eje  
**Fuente:** (AIR.EN, 2015)

#### 2.5.4.4 Motor turbo fan

Un motor turbo fan consiste en un propulsor de doble hoja impulsado por un motor de turbina de gas. Los motores turbo fan fueron desarrollados para proporcionar una solución entre las mejores características del turbo reactor y el turbohélice. Los motores Turbo fan tienen una capacidad de velocidad de crucero de tipo turbo reactor, pero aún conservan parte de la capacidad de despegue en campo bajo de un turbohélice. Casi todas las aeronaves actuales están impulsadas por motores turbo fan por estas razones, así como porque los turbo fan son relativamente eficientes en combustible.

Un motor turbo fan puede tener el ventilador montado ya sea en la parte delantera o trasera del motor. Los motores que tienen el ventilador montado frente al compresor se denominan motores de ventilador delantero, y los motores turbo fan que tienen el ventilador montado en la sección de la turbina se denominan motores de popa. (Jappesen a Boeing Company, 2011)



**Figura 16** Motor turbo eje  
Fuente: (AIR.EN, 2015)

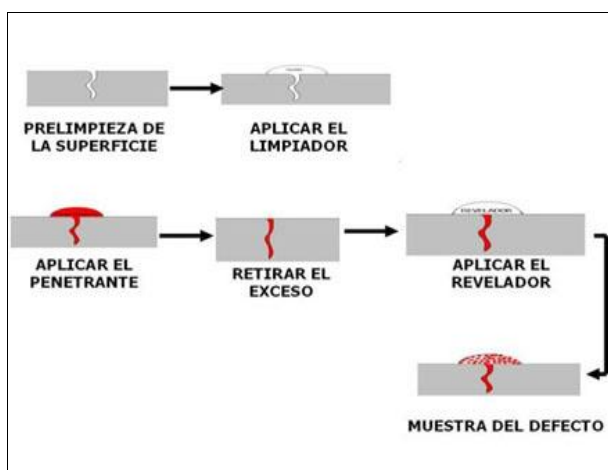
## 2.6 Métodos de inspección

### 2.6.1 Líquidos penetrantes

La prueba de líquidos penetrantes es uno de los más antiguos y modernos métodos de prueba no destructiva y se usa ampliamente en el mantenimiento

de aeronaves. La prueba de penetración de líquidos puede definirse como un procedimiento físico y químico no destructivo diseñado para detectar y exponer discontinuidades conectadas a la superficie en materiales de ingeniería "no porosos". El propósito fundamental de las pruebas de penetrante es aumentar el contraste visible entre una discontinuidad y su fondo.

Se aplica el líquido penetrante a la superficie de la pieza a ser examinada, permitiendo que penetre en las aberturas del material, después de lo cual el exceso del líquido es removido. Se aplica entonces el revelador, el cual es humedecido o afectado por el penetrante atrapado en las discontinuidades de esta manera se incrementa la evidencia de las discontinuidades, tal que puedan ser vistas ya sea directamente o por medio de una lámpara o luz negra. (ECNDT, 2015)



**Figura 17** Inspección por líquidos penetrantes

**Fuente:** (ECNDT, 2015)

### 2.6.2 Partículas magnéticas

La prueba de partículas magnéticas es un método sensitivo de pruebas no destructivas para la ruptura de la superficie y alguna discontinuación debajo de la superficie en materiales 'ferro-magnéticos'. El método de prueba se basa en el principio de que el flujo magnético en un objeto magnetizado está distorsionado localmente por la presencia de discontinuidad. Esta distorsión

hace que parte del campo magnético salga y vuelva a entrar en el objeto de prueba en la discontinuidad. Este fenómeno se llama fuga de flujo magnético. La fuga de flujo es capaz de atraer partículas finamente divididas de materiales magnéticos que a su vez forman una "indicación" de la discontinuidad. (ECNDT, 2015)



**Figura 18** Inspección por partículas magnéticas  
**Fuente:** (ECNDT, 2015)

### 2.6.3 Corriente de Foucault

Las pruebas de corrientes de Foucault son pruebas importantes y métodos ampliamente utilizados en el amplio campo de la evaluación de materiales no destructivos. Este método es particularmente adecuado para la detección de grietas inducidas por el servicio generalmente causadas por fatiga o por corrosión por tensión.

La inspección por corrientes de Foucault se puede realizar con un mínimo de preparación de piezas y un alto grado de sensibilidad. Las corrientes de Foucault son corrientes eléctricas inducidas en un conductor de electricidad por reacción con un campo magnético alterno. Las corrientes de Foucault son circulares y orientadas perpendiculares a la dirección del campo magnético aplicado. (ECNDT, 2015)



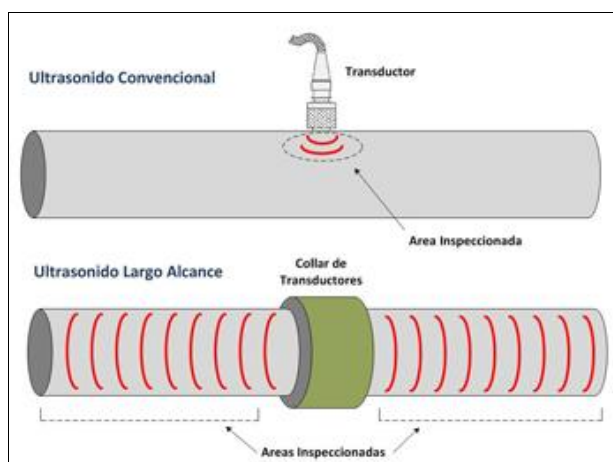


**Figura 19** Inspección por corrientes Foucault.

**Fuente:** (ECNDT, 2015)

#### 2.6.4 Ultrasonido

El sonido con una frecuencia por encima del límite de audibilidad se llama "ultrasonido". Se extiende con una frecuencia de 0.2 MHz a 800 MHz. La inspección ultrasónica proporciona un método sensible de pruebas no destructivas en la mayoría de los materiales, metálicos, no metálicos, magnéticos o no magnéticos. Permite la detección de pequeños defectos con un solo acceso a la superficie y es capaz de estimar la ubicación y el tamaño del defecto. Siempre que ambas superficies sean paralelas, los ultrasonidos se pueden usar para medir el espesor, donde solo se puede acceder a una superficie. (ECNDT, 2015)



**Figura 20** Inspección por ultrasonido.

**Fuente:** (ECNDT, 2015)

### 2.6.5 Inspección visual

La inspección visual es probablemente la más utilizada de todas las pruebas no destructivas. Es simple, fácil de aplicar, rápido y generalmente de bajo costo. El principio básico utilizado en la inspección visual es iluminar la muestra de prueba con luz y examinar la muestra con el ojo. En muchos casos, las ayudas se utilizan para ayudar en el examen.

Este método se utiliza principalmente para magnificar defectos que no pueden ser detectados a simple vista, para ayudar en la inspección de defectos y para permitir verificaciones visuales de áreas a las que no se puede acceder. (ECNDT, 2015)



**Figura 21** Inspección visual  
Fuente: (AVIACOL, 2015)

## 2.7 Inspección visual directa e indirecta

### 2.7.1 Inspección visual directa

Una inspección directa, son pruebas, análisis y evaluaciones que se realiza a un componente, esta inspección puede ser realizada por una sola persona. La inspección visual directa puede llevarse a cabo con herramientas como los magnificadores ya que son de fácil uso y más cotidianos, la forma de inspección directa refiere al contacto directo del elemento o componente con el ojo humano para determinar los tres daños más comunes en la aeronave corrosión, rajaduras y de laminaciones. (Scholly, 2013)



**Figura 22** Inspección visual de un motor  
**Fuente:** (Aerodecals, 2015)

### 2.7.2 Inspección visual indirecta

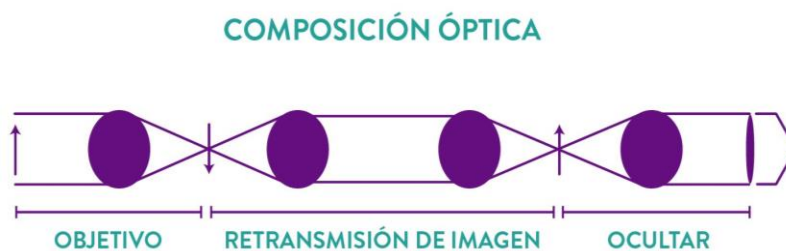
La inspección visual indirecta es aquella que se lleva a cabo, por ejemplo. Por medio de videoscopios o soluciones de inspección estacionarias. En industrias con altos requisitos de calidad, se utilizan soluciones de inspección que proporcionan imágenes de alta resolución. En la inspección visual indirecta, el área a inspeccionar es capturada por una cámara y se muestra en un monitor. La imagen de prueba puede ser sometida a otros pasos de trabajo. Por ejemplo, la imagen se puede ampliar, los detalles se pueden resaltar visualmente por razones de análisis o la imagen se puede guardar con fines de documentación. Al mostrar en una pantalla, varias personas pueden juzgar. (Scholly, 2013)

### 2.8 Inspección por boroscopio

Un boroscopio (o boróscopo) es un endoscopio que cumple la misma función que los correspondientes dispositivos médicos, pero que se aplica especialmente en talleres y en la industria automotriz, naval y aeronáutica para inspeccionar zonas inaccesibles, como el interior de motores, turbinas, máquinas e instalaciones. De hecho, el principio básico de un boroscopio y un endoscopio son idénticos, ya que se trata de dirigir a través del instrumento una luz clara y fría hasta cavidades internas de difícil acceso para posibilitar una

visión nítida y, al mismo tiempo, una documentación objetiva mediante la transferencia de imágenes. En la Segunda Guerra Mundial se usaron boroscopios primitivos para examinar los orificios interiores de las grandes armas de fuego en busca de defectos. Con el tiempo, la tecnología fue perfeccionando el instrumento tal como lo conocemos hoy. (De maquinas y herramientas, 2018)

En el sentido general, el boroscopio es un instrumento óptico de bajo aumento (3x a 4x), normalmente de diámetro pequeño (< 20 mm) y relativamente grande en términos de longitud total, a menudo de 50 a 100 veces su diámetro. El diseño óptico de un boroscopio está influenciado por estas limitaciones dimensionales, por los requisitos de precisión de los componentes ópticos y por el alto nivel de calidad de imagen que generalmente es necesario. Tradicionalmente, un boroscopio consiste en tres grandes componentes ópticos: la lente del objetivo, un sistema óptico de retransmisión de la imagen (conocido como “relay”) y el ocular, como vemos en la figura de abajo. La lente del objetivo forma una imagen interna del objeto iluminado y el ocular magnifica esa imagen que presenta ante los ojos del observador.



**Figura 23** Componentes ópticos  
**Fuente:** (De maquinas y herramientas, 2018)

## 2.8.1 Tipos de boroscopio

### 2.8.1.1 Boroscopio rígido

Son comparables a un periscopio, con un vástago o vaina y una punta de cristal especial que además de dotar al boroscopio de gran resistencia a los

desperfectos y el desgaste, garantiza una gran protección del sistema óptico. Dependiendo de la forma en que transmiten la imagen, los boroscopios rígidos se subdividen en dos tipos:

- **Boroscopios con prisma oscilante:** utilizan un sistema de lentes para la transferencia de imágenes y constan de un prisma oscilante en la punta del vástago. Con la ayuda de un mango de direccionamiento, la dirección visual puede ajustarse progresivamente entre  $0^\circ$  y  $140^\circ$  y el vástago puede girarse  $400^\circ$ .
- **Boroscopios semirrígidos:** utilizan un haz de fibra óptica alojado en un vástago rígido y, por lo tanto, su diámetro es menor que el de los boroscopios con prisma oscilante. La ventaja es que, a diferencia del anterior, permiten la inspección de zonas sinuosas.

Los boroscopios rígidos con prisma oscilante tienen la limitación de que el acceso a lo que se desea observar debe estar en línea recta, por lo tanto, son más adecuados para ciertas tareas como la inspección de cilindros de automóviles, inyectores de combustible, cuerpos de múltiples hidráulicos y fabricación de armas. Los criterios para la selección de un boroscopio son generalmente la claridad de imagen y el acceso. Si tenemos dos instrumentos de calidad similar, el boroscopio rígido de mayor diámetro y menor longitud brindará la mejor imagen.



**Figura 24** Boroscopio rígido  
**Fuente:** (De maquinas y herramientas, 2018)

### 2.8.1.2 Boroscopio flexible

Un boroscopio flexible incluye un haz de fibras ópticas alojado en una vaina flexible que dividen la imagen en pixeles. La diferencia con el boroscopio semirrígido que citamos más arriba es que carece de vástago rígido. También se conoce como fibroscopio y se puede utilizar para acceder a cavidades que rodean una curva, tal como una cámara de combustión, con el fin de observar el estado de entradas de aire comprimido, aspas de turbinas y sellos sin necesidad de desmontar el motor.

Los boroscopios flexibles experimentan pixelación y diafonía debido a la guía de imagen de fibra óptica. Dependiendo del número de fibras y de la construcción usada en la guía de imagen de fibra, la calidad de imagen varía ampliamente entre los distintos modelos de boroscopios flexibles. (De maquinas y herramientas, 2018)



**Figura 25** Boroscopio flexible

**Fuente:** (De maquinas y herramientas, 2018)

Los componentes del mecanismo de articulación, la amplitud de la articulación, el campo de visión y los ángulos de visión del lente objetivo son parámetros importantes en un boroscopio flexible, como también lo es el sistema flexible de retransmisión de la imagen para ofrecer la mejor resolución posible al observador. La cantidad mínima para ello son haces de 10.000

pixeles, mientras que en los boroscopios de mayor diámetro se obtienen las mejores imágenes con un mayor número de fibras en haces de 15.000 a 50.000 pixeles. La capacidad de controlar la luz en el extremo del tubo de inserción permite que el usuario efectúe ajustes que pueden mejorar considerablemente la claridad del video o de las imágenes fijas. (De maquinas y herramientas, 2018)

### 2.8.1.3 Video boroscopio

Un video boroscopio es similar al boroscopio flexible, pero en el extremo del tubo flexible utiliza una cámara de video en miniatura que hace posible la captura de video o imágenes fijas en la profundidad de equipos, motores y otros espacios oscuros.

Como herramienta de inspección visual remota, la posibilidad de capturar video o imágenes fijas para una inspección posterior es un gran beneficio. Una pantalla en el mango muestra la visualización de la cámara y la posición de visualización se puede cambiar a través de una palanca de mando o controles similares. Puesto que el complejo de guía óptica se sustituye con un cable eléctrico de bajo costo, los videos boroscopios pueden ser mucho menos costosos y, dependiendo de las especificaciones de la cámara, pueden tener mejor resolución. (De maquinas y herramientas, 2018)



**Figura 26** Boroscopio flexible  
**Fuente:** (De maquinas y herramientas, 2018)

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1 Preliminares**

En el presente capítulo se detallan los procedimientos que se realizaron para la inspección del motor Teledyne Continental O-200A de la aeronave Cessna 150, por método de inspección indirecta con ayuda de video boroscopio de sus componentes de acuerdo al manual de mantenimiento del motor con las medidas de precaución y seguridad necesarias para evitar daños. Se aplicó todo el conocimiento y entrenamiento adquiridos en la Unidad de Gestión de Tecnologías y con la tutoría del Tlgo. Esteban Pantoja encargado de este proyecto para el correcto desenvolvimiento en la tarea de mantenimiento. Este proyecto de graduación se plasmó con la finalidad de proporcionar un video boroscopio de 4 lentes de diferentes grados de visualización con capacidad de tomar imágenes y grabar la situación interna e inaccesible del motor como identificación del estado de sus componentes brindando una preservación de sus componentes mecánicos internos como beneficio para la institución, aporte para el aprendizaje teórico y práctico de los docentes y estudiantes.

#### **3.2 Medidas de seguridad**

- Utilizar EPP
- Señal ética de precaución e identificación
- Uso de herramientas y equipos especiales
- Uso del video boroscopio adecuado

#### **3.3 Herramientas y equipos utilizados para la inspección**

- Juego de desarmadores punta estrella y plano
- Corta picos
- Entorchador
- Juego de llaves mixtas en pulgadas
- Juego de llaves hexagonales



- Pinza
- Playo
- Magnificador
- Linterna
- Video boroscopio

### **3.4 Procedimientos para la inspección de las cámaras de los cilindro del motor**

#### **3.4.1 Inspección boroscópica del cilindro**

El funcionamiento regular del motor proporciona un recubrimiento de aceite para el cilindro y minimiza la formación de óxido. Los cilindros nuevos son particularmente sensibles a la formación de óxido si el motor se usa con poca frecuencia o no se conserva adecuadamente durante el almacenamiento.  
**(ANEXO A)**

**NOTA:** La operación en tierra del motor es un sustituto inaceptable para la operación del motor en vuelo. El funcionamiento en tierra no proporciona un enfriamiento adecuado del cilindro e introduce agua y ácidos en el sistema de lubricación.

#### **3.4.2 Propósito de la inspección boroscópica**

La inspección de boroscopio al cilindro proporciona un método no destructivo para examinar visualmente los componentes internos del cilindro y se debe utilizar junto con la "Prueba de presión diferencial" para evaluar el estado de la válvula, la parte superior del pistón, los depósitos y el patrón de afilado en el cilindro e identificar patrones de desgaste anormales que pueden contribuir a lecturas de presión diferencial bajas o a un mayor consumo de aceite.

El patrón de afilado de la pared del cilindro consiste en "rasguños" de la superficie de ingeniería que ayudan al asiento del anillo al permitir que la superficie del anillo y la pared se desgasten uniformemente y proporciona un

depósito de aceite para lubricación durante el recorrido del anillo. Las paredes y los anillos del cilindro están diseñados para desgastarse durante la vida útil del motor, especialmente en el área de la carrera de potencia. El patrón de afilado visible en la parte superior del orificio puede desaparecer durante el funcionamiento normal y no es causa de reemplazo del cilindro.

### 3.4.3 Frecuencia o motivos para la inspección

- Durante 100 horas / Inspección anual.
- Si el consumo de aceite es excesivo.
- Después de un incidente de exceso de velocidad del motor
- Siempre que se sospeche una anomalía.

**ADVERTENCIA:** Apague el interruptor de encendido y desconecte la alimentación eléctrica del motor antes de comenzar el mantenimiento o las inspecciones. Confirme la continuidad entre el condensador magneto y la tierra de la aeronave para evitar el arranque accidental del motor durante el mantenimiento. No se pare ni coloque equipos dentro del arco de la hélice. Tome medidas preventivas para evitar quemaduras al realizar una inspección con boroscopio de cilindro en un motor caliente.



**Figura 27** Interruptor de encendido en off

- Para retirar la energía eléctrica del encendido del motor se removió las cubiertas o carenados para obtener mayor acceso a los componentes internos, por medio de un desarmador de punta estrella se desacoplo los tornillos de media vuelta de los carenados que se sujetan a la estructura de la aeronave.



**Figura 28** Remoción cubierta inferior



**Figura 29** Alimentación eléctrica al motor desconectada

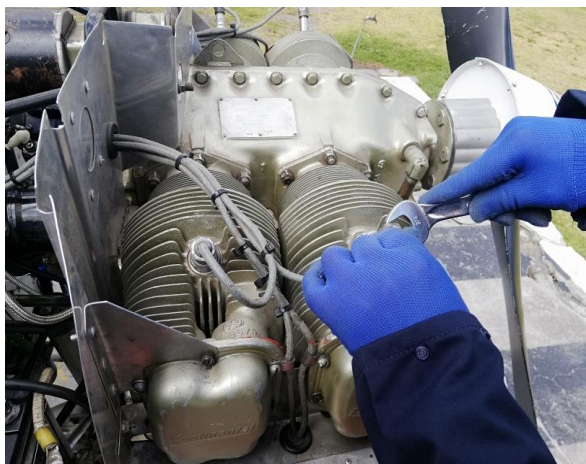
### 3.4.4 Proceso para la inspección del cilindro No. 1

1. Se retira la cubierta del motor según sea necesario con un método estándar de remoción de acuerdo manual de prácticas estándar del motor para obtener acceso a las bujías superiores sin ningún tipo de obstrucción para poder remover y realizar la inspección de las cámaras por medio del agujero de las bujías.



**Figura 30** Remoción cubierta superior

2. Retiramos la bujía superior del cilindro No. 1, con una llave mixta de 3/4 se remueve el plug superior del cable del magneto y con una racha con un cuadro de 1/2 por 7/8 de forma horario se retira la bujía.



**Figura 31** Plug cable magneto



**Figura 32** Remoción de la bujía

3. Se coloca el pistón en el punto muerto inferior en la carrera de potencia girando de forma horaria la hélice con las debidas precauciones. La válvula de escape se abrirá con el pistón en esta posición.



**Figura 33** Válvula de escape abierta

4. Antes de insertar la sonda del boroscopio se realiza una prueba al equipo para determinar el tipo de lente que se va a usar, que se encuentre cargado el equipo y un ensayo de movilidad de la sonda.
5. Se inserta la sonda de boroscopio a través del orificio aplicando la luz adecuada para una mejor visualización y aumentar la calidad del lente con la opción que contiene el boroscopio superior de la bujía e inspeccione las superficies internas de cada cilindro, incluida la válvula de escape y el asiento de la válvula de escape.



**Figura 34** Ensayo del boroscopio



**Figura 35** Inserción de la sonda en la cámara

6. La colocación del pistón en el punto muerto inferior al final de la carrera de admisión nos permite observar la bujía de admisión.
7. La inserción del boroscopio a través del orificio superior de la bujía se inspecciona la válvula de admisión y el asiento de la válvula. La inspección debe determinar las condiciones internas por herrumbre generada por el desgaste y la contaminación de la cámara, desgaste del material causado por altas temperaturas generado por una mala mezcla o arranques calientes y probables rajaduras por fatiga del material.



**Figura 36** Inspección asiento de válvula de admisión

8. Se usa la Tabla de objetivos de inspección de boroscopio y acciones correctivas y la Figura de cámara de combustión normal a través de la Figura de cilindro para interpretar los hallazgos de la inspección.

### 3.5 Objetivos de inspección y acciones correctivas

**Tabla 2** Componentes a inspeccionar

Componente de inspección	Objetivo	Acción correctiva
Cámara de combustión	<p><b>Inspeccionar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>·El asiento de válvula por erosión o quemado</li> <li>·Bujías Heli-bobinas para saliente en la cámara de combustión</li> <li>·Depósitos de carbón / presencia de un exceso de aceite</li> </ul>	Retire el cilindro para su reparación
Cara de la válvula de escape	<p><b>Inspeccionar para detectar signos de fugas o daños indicados por:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>·Decoloración localizada en la cara de la circunferencia de la válvula</li> <li>·Grietas diminutas</li> <li>·Erosión (falta de material)</li> </ul>	Reparar o reemplazar los cilindros
Cara de la válvula de admisión	<p><b>Inspeccionar para detectar signos de fugas o daños indicados por:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>·Decoloración localizada en la cara de la circunferencia de la válvula</li> </ul>	Reparar o reemplazar los cilindros

	.Erosión (falta de material)	
Diámetro interior del cilindro	<b>Inspeccionar superficie expuesta del orificio para:</b> .Fricción excesiva / pistón .Fricción del bulón del pistón (patrón de banda ancha en el plano horizontal a 3 y / o 9 en punto)	Reparar o reemplazar los cilindros
	<b>Corrosión</b> Un exceso de aceite en el cilindro / depósito con carbono en la cámara de combustión	Retire el cilindro para su reparación
	La parte superior del orificio del cilindro no tiene un patrón de afilado visible	Indicación normal en cilindros de servicios
Cabeza de pistón	<b>Inspeccionar para:</b> .Erosión en la cabeza del pistón, la falta de material .Daños visibles de residuos extraños	Retire el cilindro para su reparación

**Fuente:** (Continental Motors, 2019)

### 3.5.1 Inspección cámara de combustión cilindro No 1

1. El asiento de la válvula se encuentra quemado por efectos de alta temperatura y evidencias del paso de aceite a la cámara por fugas en los sellos del pistón.
2. La bujía evidencia protrusión y ralladuras cerca del enroscado por efectos de mala instalación, así como evidencia de desgaste de material del cilindro y evidencia de aceite.



3. Se evidencia excesiva formación de depósitos de carbón al igual que zonas con presencia de aceite causadas por el estado de los sellos del pistón.



**Figura 37** Asiento de válvula No 1



**Figura 38** Cabeza de la bujía No 1

### **3.5.2 Inspección de la cara de la válvula de escape cilindro No 1**

1. En la cara de la válvula de escape se evidencia decoloraciones no habituales por motivos de la presencia de aceite al momento combustionar la mezcla.

2. En los rebordes de la válvula se encuentran muescas o desgaste de la misma por arranques calientes o colgados.
3. Por efecto al existir desgaste del material se erosiones producidas por el trabajo del material.



**Figura 39** Cara válvula de escape No 1

### 3.5.3 Inspección de la cara de la válvula de admisión cilindro No 1

1. La cara de la válvula de admisión se encuentra dentro de los parámetros del fabricante sin presentar daños por efecto de trabajo y desgaste, así no hay corrosión generada por esfuerzo.
2. De la misma manera o existe ningún tipo de erosión o desgaste de material generando muescas, las cuales no son denotadas.



**Figura 40** Cara de la válvula de admisión No 1

### 3.5.4 Inspección del diámetro interno del cilindro No 1

1. El recorrido del diámetro de la camisa del cilindro se nota ralladuras visibles de gran forma que se evidencia que los rines o sellos se encuentran desgastados o no son los adecuados.
2. Por falta de funcionamiento del motor como programa de conservación del mismo han generado la formación de corrosión en el cilindro o camisa, de forma superficial que a futuro puede generar daños.



**Figura 41** Superficie interna del cilindro No 1

### 3.5.5 Inspección cabeza del pistón No 1

1. La cabeza del pistón corrobora las condiciones de mal estado del cilindro número uno con lo más crítico de desgaste de la cabeza del pistón al ser estándar aun los hace más susceptibles al desgaste y herrumbre.



**Figura 42** Cabeza pistón No 1

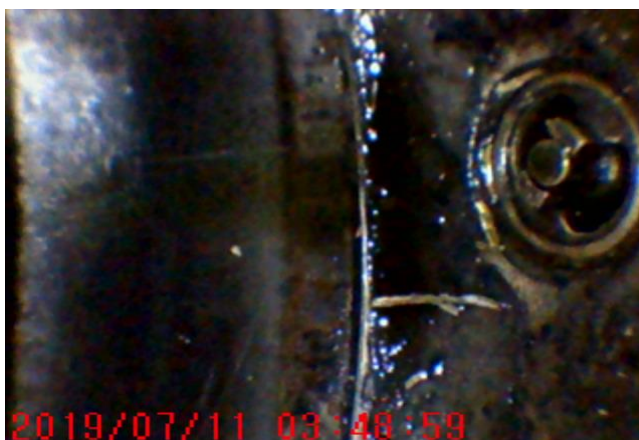
2. Al igual que las válvulas se encuentra con coloraciones extrañas y formaciones de carbón causadas por arranques calientes y el paso de aceite a la cámara.

### 3.6 Inspección cámara de combustión cilindro No 2

1. El asiento de la válvula se encuentra quemado por efectos de alta temperatura y evidencias del paso de aceite a la cámara por fugas en los sellos del pistón.
2. La bujía evidencia protrusión y ralladuras cerca del en roscado por efectos de mala instalación, así como evidencia de desgaste de material del cilindro y evidencia de aceite.



**Figura 43** Asiento de válvula No 2



**Figura 44** Cabeza de la bujía No 2

3. Se evidencia excesiva formación de depósitos de carbón al igual que zonas con presencia de aceite causadas por el estado de los sellos del pistón.

### 3.6.1 Inspección de la cara de la válvula de escape cilindro No 2

1. En la cara de la válvula de escape se evidencia decoloraciones no habituales por motivos de la presencia de aceite al momento combustionar la mezcla.



**Figura 45** Cara válvula de escape No 2

2. En los rebordes de la válvula se encuentran muescas o desgaste de la misma por arranques calientes o colgados.
3. Por efecto al existir desgaste del material se erosiones producidas por el desgaste del material.

### 3.6.2 Inspección de la cara de la válvula de admisión cilindro No 2

1. La cara de la válvula de admisión se encuentra dentro de los parámetros del fabricante sin presentar daños por efecto de trabajo y desgaste, así si corrosión generada por esfuerzo.

2. De la misma manera existe ningún tipo de erosión o desgaste de material generando muescas, las cuales no son denotadas.



**Figura 46** Cara de la válvula de admisión No 2

### 3.6.3 Inspección del diámetro interno del cilindro No 2

1. El recorrido del diámetro de la camisa del cilindro se nota ralladuras visibles de gran forma que se evidencia que los rines o sellos se encuentran desgastados o no son los adecuados.
2. Por falta de funcionamiento del motor como programa de conservación del mismo han generado la formación de presencia de humedad en el cilindro o camisa, de forma superficial que a futuro puede generar daños.



**Figura 47** Superficie interna del cilindro No 2

### 3.6.4 Inspección cabeza del pistón No 2

1. La cabeza del pistón corrobora las condiciones de mal estado del cilindro número uno con lo más crítico de desgaste de la cabeza del pistón al ser estándar aun los hace más susceptibles al desgaste y herrumbre.
2. Al igual que las válvulas se encuentra con coloraciones extrañas y formaciones de carbón causadas por arranques calientes y el paso de aceite a la cámara.



Figura 48 Cabeza pistón No 2

### 3.7 Inspección cámara de combustión cilindro No 3

1. El asiento de la válvula se encuentra quemado por efectos de alta temperatura y evidencias del paso de aceite a la cámara por fugas en los sellos del pistón.
2. La bujía evidencia protrusión y ralladuras cerca del enroscado por efectos de mala instalación, así como evidencia de desgaste de material del cilindro y evidencia de aceite.
3. Se evidencia excesiva formación de depósitos de carbón al igual que zonas con presencia de aceite causadas por el estado de los sellos del pistón.



**Figura 49** Asiento de válvula No 3



**Figura 50** Cabeza de la bujía No 3

### **3.7.1 Inspección de la cara de la válvula de escape cilindro No 3**

1. En la cara de la válvula de escape se evidencia decoloraciones no habituales por motivos de la presencia de aceite al momento de combustionar la mezcla.
2. En los rebordes de la válvula se encuentran muescas o desgaste de la misma por arranques calientes o colgados.
3. Por efecto al existir desgaste del material se erosiones producidas por el desgaste del material.





**Figura 51** Cara válvula de escape No 3

### **3.7.2 Inspección de la cara de la válvula de admisión cilindro No 3**

1. La cara de la válvula de admisión se encuentra dentro de los parámetros del fabricante sin presentar daños por efecto de trabajo y desgaste, no existe corrosión generada por esfuerzo.
2. De la misma manera no existe ningún tipo de erosión o desgaste de material generando muescas, las cuales no son denotadas.



**Figura 52** Cara de la válvula de admisión No 3

### **3.7.3 Inspección del diámetro interno del cilindro No 3**

1. El recorrido del diámetro de la camisa del cilindro denota ralladuras visibles de gran forma que se evidencia que los rines o sellos se encuentran desgastados o no son los adecuados.

2. Por falta de funcionamiento del motor como programa de conservación del mismo han generado la formación de corrosión en el cilindro o camisa, de forma superficial que a futuro puede generar daños.



**Figura 53** Superficie interna del cilindro No 3

#### **3.7.4 Inspección cabeza del pistón No 3**

1. La cabeza del pistón corrobora las condiciones de mal estado del cilindro número uno con lo más crítico de desgaste de la cabeza del pistón al ser estándar aun los hace más susceptibles al desgaste y herrumbre.
2. Al igual que las válvulas se encuentra con coloraciones extrañas y formaciones de carbón causadas por arranques calientes y el paso de aceite a la cámara.



**Figura 54** Cabeza pistón No 3

### 3.8 Inspección cámara de combustión cilindro No 4

1. El asiento de la válvula se encuentra quemado por efectos de alta temperatura y evidencias del paso de aceite a la cámara por fugas en los sellos del pistón.
2. La bujía evidencia protrusión y ralladuras cerca del en roscado por efectos de mala instalación, así como evidencia de desgaste de material del cilindro y evidencia de aceite.
3. Se evidencia excesiva formación de depósitos de carbón al igual que zonas con presencia de aceite causadas por el estado de los sellos del pistón.



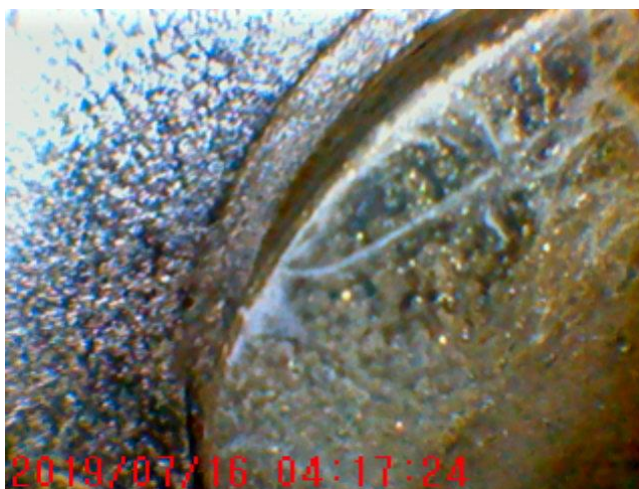
**Figura 55** Asiento de válvula No 4



**Figura 56** Cabeza de la bujía No 4

### 3.8.1 Inspección de la cara de la válvula de escape cilindro No 4

1. En la cara de la válvula de escape se evidencia decoloraciones no habituales por motivos de la presencia de aceite al momento combustionar la mezcla.
2. En los rebordes de la válvula se encuentran muescas o desgaste de la misma por arranques calientes o colgados.
3. Por efecto al existir desgaste del material se erosiones producidas por el trabajo del material.



**Figura 57** Cara válvula de escape No 3

### 3.8.2 Inspección de la cara de la válvula de admisión cilindro No 4

1. La cara de la válvula de admisión se encuentra dentro de los parámetros del fabricante sin presentar daños por efecto de trabajo y desgaste, así no existe corrosión generada por esfuerzo.
2. De la misma manera o existe ningún tipo de erosión o desgaste de material generando muescas, las cuales no son denotadas.



**Figura 58** Cara de la válvula de admisión No 4

### **3.8.3 Inspección del diámetro interno del cilindro No 4**

1. El recorrido del diámetro de la camisa del cilindro denota ralladuras visibles de gran forma que se evidencia que los rines o sellos se encuentran desgastados o no son los adecuados.
2. Por falta de funcionamiento del motor como programa de conservación del mismo han generado la formación de corrosión en el cilindro o camisa, de forma superficial que a futuro puede generar danos.



**Figura 59** Superficie interna del cilindro No 4

### 3.8.4 Inspección cabeza del pistón No 4

1. La cabeza del pistón corrobora las condiciones de mal estado del cilindro número uno con lo más crítico de desgaste de la cabeza del pistón al ser estándar aun los hace más susceptibles al desgaste y herrumbre.
2. Al igual que las válvulas se encuentra con coloraciones extrañas y formaciones de carbón causadas por arranques calientes y el paso de aceite a la cámara.



Figura 60 Cabeza pistón No 4

### 3.9 Simbología en diagramas de flujo de análisis

Los diagramas de flujo usan formas especiales para representar diferentes tipos de acciones o pasos en un proceso. Las líneas y flechas muestran la secuencia de los pasos y las relaciones entre ellos. Estos son conocidos como símbolos de diagrama de flujo (**ANEXO B**). (SMARTDRAW, 2017)

### 3.10 Presupuesto

El presupuesto presentado en el anteproyecto era un presupuesto con valores promedios que rodeaba 2760 USD y no eran valores fijos, pero durante todo el tiempo en el que se desarrolló el proyecto se llegó al valor total.

### 3.10.1 Análisis de costos

Para la adquisición del boroscopio, desaduanización y el traslado del equipo hasta la Unidad de Gestión de Tecnologías, compra de componentes faltantes y adicionales, ejecución de la tarea de mantenimiento, se dividió en dos costos para su análisis.

#### Costos primarios

- Materiales y herramientas

#### Costos secundarios

- Trámites de solicitudes de graduación
- Elaboración de textos
- Protocolización de documentos de legalización del motor
- Varios

### 3.10.2 Costos primarios

**Tabla 3 Total de costos primarios**

Descripción	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Boroscopio	1	\$ 1500	\$ 1500
Tramites de aduana	1	\$ 300	\$ 300
Manuales del equipo	2	\$ 100	\$ 200
Compra de lente extra 180°	1	\$ 200	\$ 200
<b>TOTAL</b>			<b>\$2200,00</b>

Elaborado por: Gualotuña Morales Rolando Santiago

### 3.10.3 Costos secundarios

**Tabla 4 Total de costos secundarios**

N°	Detalle	Valor total (USD)
1	Trámites de solicitudes de graduación	\$ 40
2	Elaboración de textos	\$ 120

<b>3</b>	Varios (Transporte, alimentación)	\$ 400
	<b>TOTAL</b>	\$560,00

Elaborado por: Gualotuña Morales Rolando Santiago

### 3.10.4 Costo total del proyecto de grado

**Tabla 5 Total costo del proyecto**

<b>N°</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor total (USD)</b>
<b>1</b>	Gastos primarios	\$ 2200
<b>2</b>	Gastos secundarios	\$ 560
	<b>TOTAL</b>	\$2760,00

Elaborado por: Gualotuña Morales Rolando Santiago



## CAPÍTULO IV

### 4.1 Conclusiones

- Con la ayuda de información y las especificaciones técnicas del boroscopio flexible de la Carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE se logró con satisfacción determinar que el boroscopio no era el adecuado para realizar la tarea de inspección en los motores de la aeronave Cessna 150M
- Después de un análisis del boroscopio flexible y la necesidad de realizar la inspección de acuerdo al manual de prácticas estándar del motor, se determinó la opción de una compra de un video boroscopio ATS “VOYAGER” con lente flexible de 240°.
- Aplicada la inspección indirecta en el motor Teledyne Continental O-200-A se evidencio el mal estado de sus componentes internos en los cuatro cilindros que lo constituyen, dejando como referencia y de acuerdo del manual un cambio de los componentes por desgaste, corrosión y probables rajaduras.

### 4.2 Recomendaciones

- Es importante que el uso adecuado y una buena interpretación de los manuales de mantenimiento y operación del motor para no cometer errores en una inspección indirecta por boroscopia.
- Para el correcto desarrollo del proyecto se utilizó las herramientas adecuadas y los conocimientos adquiridos en la Unidad, pero no está por demás mencionar la dificultad de realizar tareas de mantenimiento en un motor funcional sin ayuda de un técnico certificado.
- La seguridad en este proyecto fue uno de los procesos más cuidadoso al remover las bujías por el voltaje que usa y para no alterar el enroscado, sin embargo por la inexperiencia se ejecutó la inspección por medio del boroscopio sin experiencia de mantenimiento por lo cual se debe tener conocimiento sobre el uso del equipo e interpretación de las imágenes.

## GLOSARIO

### A

**Avión:** Aerodino propulsado por motor que debe su sustentación en vuelo principalmente a reacciones aerodinámicas ejercidas sobre superficies que permanecen fijas en determinadas condiciones de vuelo.

### B

**Boroscopio:** Un boroscopio (o boróscopo) es un endoscopio que cumple la misma función que los correspondientes dispositivos médicos, pero que se aplica especialmente en talleres y en la industria automotriz, naval y aeronáutica para inspeccionar zonas inaccesibles, como el interior de motores, turbinas, máquinas e instalaciones.

### C

**Conservación:** La conservación es la acción y efecto de conservar (mantener, cuidar o guardar algo, continuar una práctica de costumbres). El término tiene aplicaciones en el ámbito de la naturaleza, la alimentación y la biología, entre otros.

### E

**Erosión:** La corrosión por erosión es el efecto producido cuando el movimiento de un agente corrosivo sobre una superficie de metal acelera sus efectos destructivos a causa del desgaste mecánico.

### H

**Herrumbre:** Capa de color rojizo que se forma en la superficie del hierro y otros metales a causa de la oxidación provocada por la humedad o el agua.

### I

**Inspección:** Inspección procede del latín inspección y hace referencia a la acción y efecto de inspeccionar (examinar, investigar, revisar). Se trata de una exploración física que se realiza principalmente a través de la vista.

**M**

**Motor alternativo:** Los motores de combustión interna alternativos, también a menudo llamados motor de pistón o motor de émbolo y vulgarmente conocidos como motores de explosión o motores diésel, son motores térmicos en los que los gases generados en la reacción exotérmica resultante de un proceso de combustión empujan un émbolo o pistón en un movimiento alternativo, desplazándolo en el interior de un cilindro y haciendo girar un cigüeñal, obteniendo finalmente un movimiento de rotación.

**Muñón:** cada uno de los cilindros o conos truncados que sirven de eje, para facilitar el giro a cualquier cuerpo pesado, como un cañón.

**Muesca:** Hueco que se hace en una cosa para encajar otra.

**Melladuras:** Mella, rotura o hendidura en el borde de un objeto.

**P**

**Pistón:** Un pistón es una pieza que forma parte del mecanismo de funcionamiento de un motor. También conocido como émbolo, se trata de un elemento que se mueve de forma alternativa dentro de un cilindro para interactuar con un fluido.

**V**

**Válvula de escape:** Válvula que da salida a los gases de la combustión. Cosa o acción que permite a una persona librarse o desahogarse de una tensión, trabajo excesivo o aburrido, de la monotonía de la vida diaria o de un problema.

## ABREVIATURA

**ATS:** Aircraft Tool Special

**PMS:** Punto Muerto Superior

**PMI:** Punto Muerto Inferior

**ATM:** Aircraft Training Manual

**FWD:** Forward Mounted Gear Driven Alternator

**AFT:** Aft Mounted Gear Driven Alternator

**EZR:** Energizer Starter

**SKY:** SkyTec Starter

**PMA:** Parts Manufacture Approval

# ANEXOS

## **INDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** “Manual de prácticas estándar/ Servicio e inspección del motor”

**ANEXO B:** “Diagrama de análisis de flujo”

**ANEXO C:** “Manual de operación ATS “VOYAGER”


**ANEXO D:** “Manual de seguridad ATS “VOYAGER”

**ANEXO D:** “Manual de seguridad ATS “VOYAGER”

**ANEXO E:** “Manual de mantenimiento ATS “VOYAGER”

## ANEXO A

“Manual de prácticas estándar/ Servicio e inspección del motor”



**Engine Inspection and Service**

---

c. Acceleration ..... Smooth from IDLE to Wide Open  
If acceleration is rough or the Idle RPM or Idle Mixture Rise are outside the normal operating parameters specified in the primary ICA (Ref: Section 1-1.1), perform an “Engine Operational Check” according to the instructions in Section 6-4.7.

3. Establish and oil analysis profile by collecting an oil sample according to the instructions in Section 6-4.8.4, “Oil Sample Collection” and Section 6-4.8.5, “Oil Trend Monitoring and Spectrographic Oil Analysis.”
4. Change the engine oil and filter according to the Section 6-4.8.2, “Oil Change.” Fill the oil sump to the proper capacity for the engine model (Ref: Section 1-1.1) with fresh, ashless dispersant aviation engine oil conforming to SAE J1899 (Section 3-1).
5. Perform an “Induction System Inspection” according to Section 6-4.14.
6. For applicable turbocharged engines, lubricate the wastegate butterfly valve and clean the oil supply check valve according to the instructions in Section 6-4.21 and Section 6-4.21.1, respectively.
7. Inspect the cylinder drains according to the instructions in Section 6-4.20.
8. If a battery serves as the FADEC secondary power source, perform the “FADEC Backup Battery Inspection” according to instructions in the primary ICA.
9. For any other optional engine accessories, refer to the accessory manufacturer’s maintenance instructions for inspection criteria.

**6-4.4. 100-Hour (Annual) Engine Inspection**

**Frequency**

The 100-Hour Inspection is accomplished under two circumstances:

- After every 100 hours of accumulated engine operation
- Annually, if the engine did not accumulate 100 hours of operation during the calendar year since the last 100-Hour Engine Inspection.

**WARNING**

**Turn the Ignition Switch OFF and disconnect engine electrical power before commencing maintenance or inspections. Confirm continuity between the magneto capacitor and aircraft ground to prevent accidental engine start during maintenance. Do not stand or place equipment within the arc of the propeller.**

**Procedure**

**WARNING**

**Correct all fuel or oil leaks. Flammable petroleum products may ignite if exposed to an ignition source.**

NOTE: The fuel injector nozzles must be cleaned after the first 100-Hour Inspection after installation of a new, rebuilt or overhauled engine. Thereafter, clean the nozzles every 300 hours or annually.

1. Perform a “Visual Inspection” according to instructions in Section 6-4.6; correct any discrepancies.

---

Standard Practice Maintenance Manual 6-9  
15 Jan 2017 CHANGE 3



## Engine Inspection and Service

NOTE: For FADEC engines, perform an "Engine Operational Check" according to instructions in the primary ICA rather than Section 6-4.7.

2. Perform an "Engine Operational Check" according to instructions in Section 6-4.7.
3. Collect an engine oil sample according to the instructions in Section 6-4.8.4, "Oil Sample Collection" and submit it for analysis according to Section 6-4.8.5, "Oil Trend Monitoring and Spectrographic Oil Analysis."
4. Perform the "Cylinder Inspections" according to instructions in Section 6-4.11. The cylinder inspections consist of multiple inspections and checks including Cylinder Power Stroke Area, Differential Pressure, Borescope, Baffle, Cowling, and Cylinder Mounting Deck Inspections.
5. Perform a "Crankcase Inspection" according to Section 6-4.12.
6. Perform an "Engine Mount Inspection" according to Section 6-4.13.
7. Perform an "Induction System Inspection" according to Section 6-4.14.
8. Perform an "Ignition System Inspection" according to Section 6-4.15.
9. For the IOF-240-B engine only, perform a "Throttle Position Switch Inspection" according to instructions in the primary ICA.
10. For FADEC engines only, perform a "Ground Strap Continuity Test" according to instructions in the primary ICA.
11. For FADEC engines only, perform a "FADEC Backup Battery Inspection" according to instructions in the primary ICA.
12. Perform an "Engine Gauge Inspection" according to Section 6-4.16.
13. Perform a "Fuel System Inspection" according to Section 6-4.17.
14. Perform an "Engine Control Linkage Inspection" according to Section 6-4.19.
15. Perform an "Induction System Drain Inspection" according to Section 6-4.20.
16. Inspect the Exhaust system according Section 6-4.21.
17. Change the engine oil and filter according to the Section 6-4.8.2, "Oil Change." Fill the oil sump to the proper capacity for the engine model (Ref: Section 1-1.1) with fresh, ashless dispersant aviation engine oil conforming to SAE J1899 (Section 3-1).
18. Inspect installed accessories for mounting security, condition, and proper operation according to the aircraft maintenance manual or accessory manufacturer's instructions. Inspect Hartzell alternator brush holders for soot accumulation. If large amount of soot is present, inspect brushes (Section 6-4.22) according to the alternator manufacturer's ICA.

NOTE: For FADEC engines, perform an "Engine Operational Check" according to instructions in the primary ICA rather than Section 6-4.7.

19. Perform an "Engine Operational Check" according to instructions in Section 6-4.7.
20. For any other optional engine accessories, refer to the accessory manufacturer's maintenance instructions for inspection criteria.





## Engine Inspection and Service

### 6-4.11.3. Cylinder Borescope Inspection

Regular engine operation provides an oil coating for the cylinder and minimizes rust formation. New cylinders are particularly sensitive to rust formation if the engine is infrequently used or not properly preserved during storage.

**NOTE:** Ground operation of the engine is an unacceptable substitute for in-flight engine operation. Ground operation does not provide adequate cylinder cooling and introduces water and acids into the lubrication system.

#### **Purpose**

The cylinder borescope inspection provides a non-destructive method of visually examining the internal cylinder components and must be used in conjunction with the "Differential Pressure Test" to assess the condition of the valve, piston top, deposits, and the hone pattern on the cylinder barrel and identify abnormal wear patterns which can contribute to low differential pressure readings or increased oil consumption.

The cylinder wall hone pattern consists of engineered surface "scratches" which aid in ring seating by allowing the ring and wall surface to wear uniformly and provides a reservoir of oil for lubrication during ring travel. The cylinder walls and rings are designed to wear over the life of the engine, particularly in the power stroke area. The visible hone pattern in the upper portion of the bore may disappear during normal operation; and is not cause for cylinder replacement.

#### **Required Equipment**

- Mechanics tools
- Borescope

#### **Frequency**

- During 100-hour/Annual inspection
- If oil consumption is excessive
- After an engine overspeed incident
- Whenever an anomaly is suspected

#### **WARNING**

**Turn the Ignition Switch OFF and disconnect engine electrical power before commencing maintenance or inspections. Confirm continuity between the magneto capacitor and aircraft ground to prevent accidental engine start during maintenance. Do not stand or place equipment within the arc of the propeller.**

**Take preventive measures to avoid burns when performing a Cylinder Borescope Inspection on a hot engine.**

#### **Procedure**

1. Remove the engine cowling as necessary to gain access to the top spark plugs.
2. Remove the top spark plug from each cylinder.



3. Position the piston at bottom dead center on the power stroke. The exhaust valve will be open with the piston in this position.
4. Insert the borescope probe through the upper spark plug hole and inspect the internal surfaces of each cylinder, including the exhaust valve and exhaust valve seat.
5. Position the piston at bottom dead center at the end of the intake stroke.
6. Insert the borescope through the upper spark plug hole and inspect the intake valve and valve seat. Use Table 6-22 and Figure 6-67 through Figure 6-70 to interpret inspection findings.

**Table 6-22. Borecope Inspection Objectives and Corrective Actions**

Inspection Item	Objective	If Abnormality Noted
Combustion Chamber	Inspect: <ul style="list-style-type: none"> <li>•Valve seat inserts for erosion, burning</li> <li>•Spark plug heli-coils for protrusion into combustion chamber</li> <li>•Heavy carbon deposits/presence of excessive oil</li> </ul>	Remove cylinder for repair
Exhaust Valve Face	Inspect for signs of leakage or damage indicated by: <ul style="list-style-type: none"> <li>•Localized discoloration on the valve face circumference (Figure 6-68)</li> <li>•Minute cracks</li> <li>•Erosion (missing material)</li> </ul>	Repair or replace cylinder
Intake Valve Face	Inspect for signs of leakage or damage indicated by: <ul style="list-style-type: none"> <li>•Localized discoloration on the valve face circumference</li> <li>•Erosion (missing material)</li> </ul>	Repair or replace cylinder
Cylinder Bore	Inspect exposed surface of bore for: <ul style="list-style-type: none"> <li>•Heavy scoring/piston rub (Figure 6-71)</li> <li>•Piston pin rub (wide band pattern in horizontal plane at 3 o'clock and/or 9 o'clock position)</li> </ul>	Repair or replace cylinder
	Corrosion (Figure 6-70) <sup>1</sup> Excessive oil in cylinder/heavy deposits of carbon in combustion chamber	Remove cylinder for repair
	Upper portion of cylinder bore has no visible hone pattern (Figure 6-72) and (Figure 6-73)	Normal indication for in service cylinders
Piston Head	Inspect for: <ul style="list-style-type: none"> <li>•Piston crown for erosion, missing material</li> <li>•Visible damage from foreign debris</li> </ul>	Remove cylinder for repair

1. Remove cylinder for repair or replacement. Perform complete inspection of connecting rod bushing for correct installation and finishing.



**Figure 6-67. Normal Combustion Chamber**

Exhaust valve has reddish deposit in center with dark outer edge. Intake valve has light brown combustion deposits. Combustion chamber has light brown deposits.



**Figure 6-68. Burned Exhaust Valve**

Note the edge of valve face has lost all combustion residue with striations moving toward center of valve.



**Figure 6-69. Phosphate-Coated Cylinder w/ Revised Hone Pattern**

Phosphate coating provides increased corrosion protection during initial hours of engine operation.



**Figure 6-70. Phosphated Cylinder Bore**

Phosphate coating in valleys of the cylinder bore hone pattern. Light corrosion at top of cylinder bore, above piston ring travel limit in this area is normal.

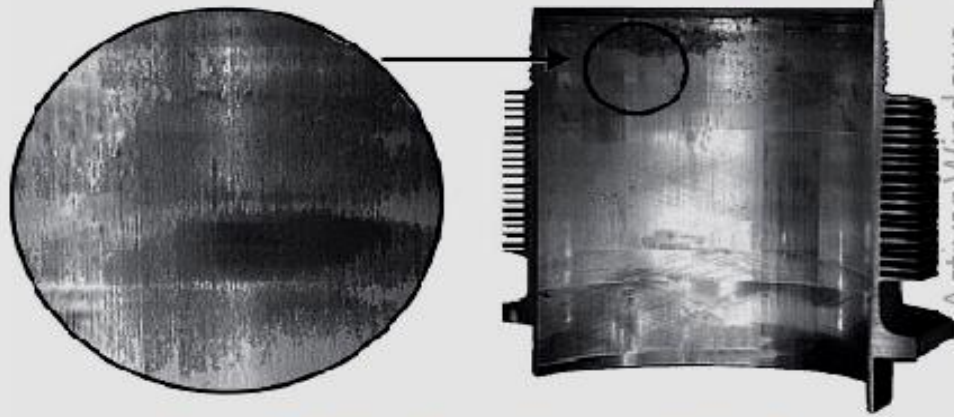


Figure 6-71. Cylinder Barrel Scoring and Piston Rub

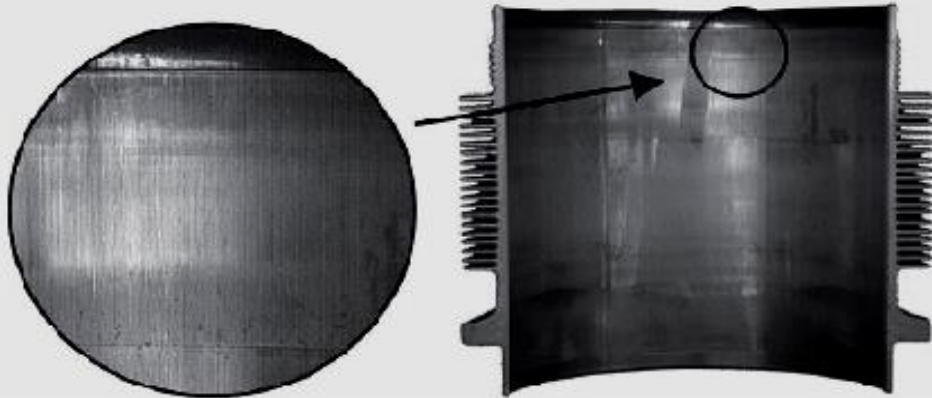


Figure 6-72. Typical Wear in Upper Ring Travel

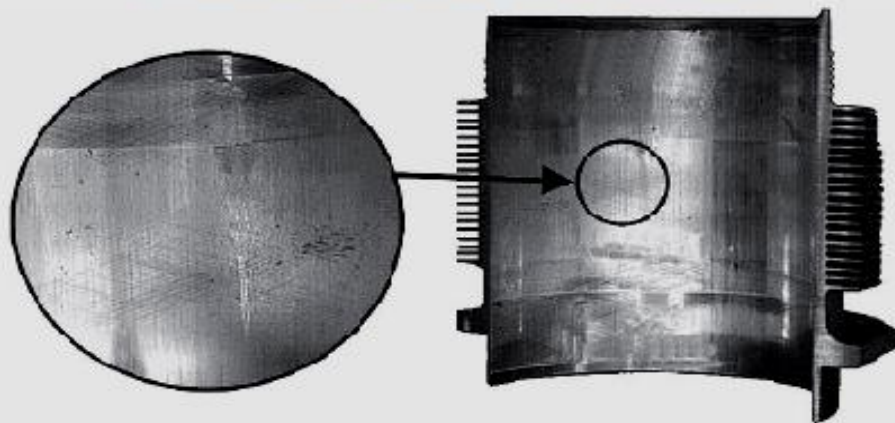
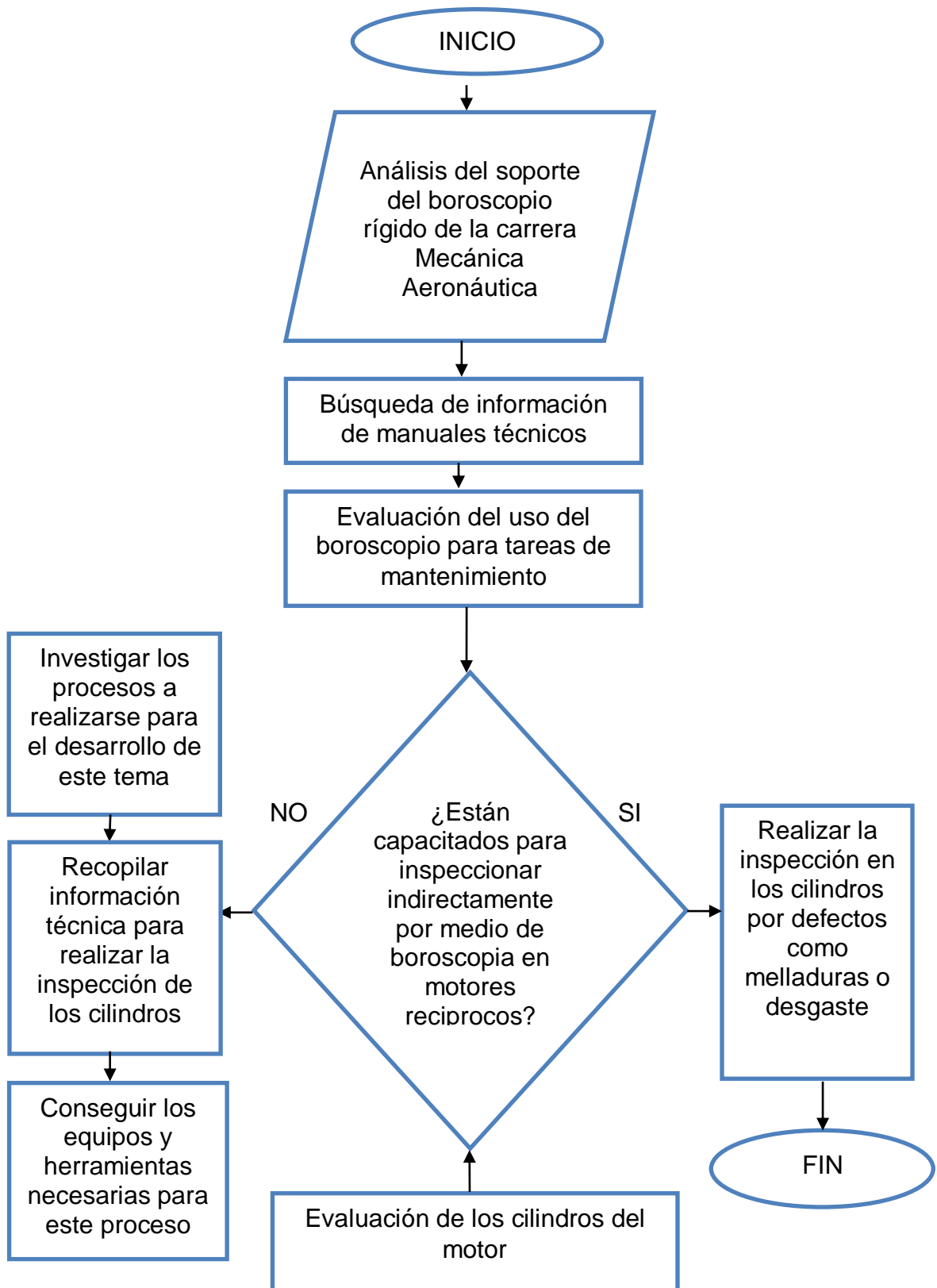


Figure 6-73. Typical Cylinder Wear


Activar Windows  
Ve a Configuración para activar W

**ANEXO B**  
Diagrama de análisis de flujo

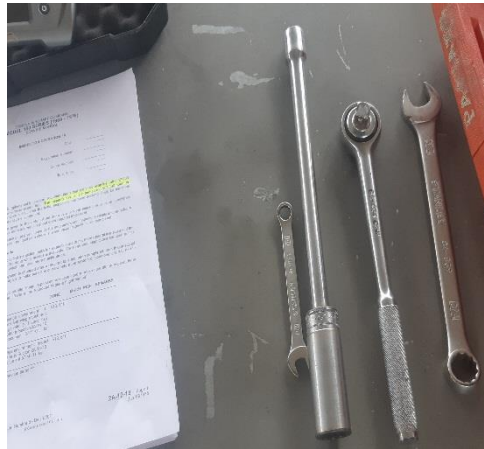


## ANEXO C

### Manual de operación ATS "VOYAGER"


	MANUAL DE OPERACIONES	PAG: 01
	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL MANEJO DEL EQUIPO DE BOROSCOPIA.	CÓDIGO LMP-EQ-19
	ELABORADO POR: GUALOTUÑA ROLANDO	REVISIÓN:0 01
	APROBADO POR: TLGO DARWIN ESTEBAN PANTOJA MONTENEGRO	FECHA: julio 2019
<b>1. OBJETIVO.</b>  Documentar el procedimiento de manejo del equipo en tierra.		
<b>2. ALCANCE.</b>  Instruir a los usuarios el manejo correcto antes de iniciar un trabajo con el respectivo equipo para su uso correcto.		
<b>3. HERRAMIENTAS Y MATERIALES.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Guantes de nylon con recubrimiento de nitro</li><li>➤ Overol</li><li>➤ Zapatos de punta de acero.</li><li>➤ Una franela.</li><li>➤ Una mesa.</li><li>➤ Equipo de boroscopia.</li><li>➤ Herramientas manuales</li></ul>		
<b>4. Procedimientos.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>A. Identificar el tipo de mantenimiento o carta de inspección que se va a realizar en la aeronave.</li><li>B. Utilizar el equipo necesario para la identificación del trabajo que se va a realizar.</li><li>C. Inspección visual del estado del equipo que se va utilizar.</li><li>D. Inspeccionar el estado de las cámaras internas del motor continental o-200-a.</li><li>E. Verificación de las camisas que no se encuentre rayadas o con rajaduras internas.</li><li>F. Verificación del estado de las bujías al momento del desmontaje.</li><li>G. Verificación de las válvulas de escape y salida si no se</li></ul>		

encuentra con rajaduras o con alguna anomalía.  
H. Asegurarse que el equipo de boroscopia se encuentre bien cargado antes de ser utilizado.



## ANEXO D

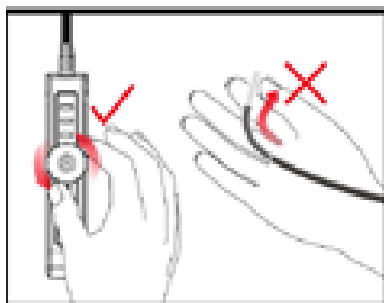
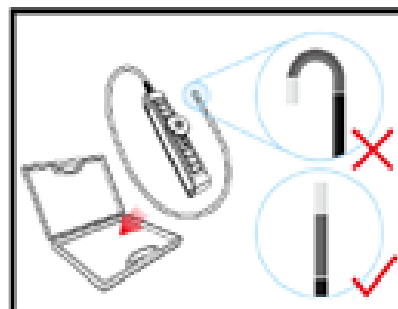
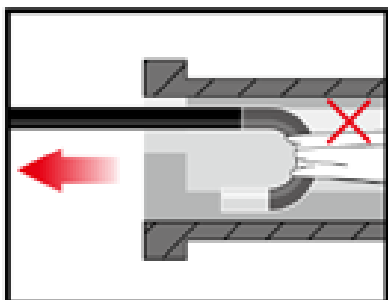
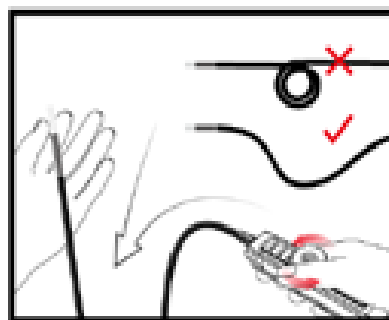
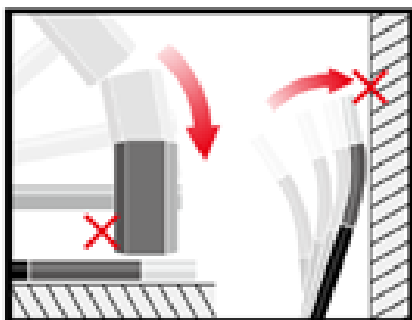
### Manual de seguridad ATS "VOYAGER"

	MANUAL DE SEGURIDAD	PAG: 01
	MANUAL DE SEGURIDAD DEL EQUIPO DE BOROSCOPIA.	CÓDIGO LMP-EQ-19
	ELABORADO POR: GUALOTUÑA ROLANDO	REVISIÓN:001
	APROBADO POR: TLGO DARWIN ESTEBAN PANTOJA MONTENEGRO	FECHA: julio de 2019
<b>1. OBJETIVO.</b> Disminuir algún riesgo al momento de manejo del equipo de boroscopia		
<b>2. ALCANCE.</b> Este producto está diseñado para uso de aeronaves.		
<b>3. HERRAMIENTAS Y MATERIALES.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Equipo de boroscopia.</li><li>➤ Guantes</li><li>➤ Zapatos de punta de acero.</li><li>➤ Una franela.</li><li>➤ overol.</li><li>➤ Rodilleras.</li><li>➤ Extensión en buen estado</li></ul>		
<b>4. Procedimientos.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>A. Ver que el cargador sea el correcto al momento de conectar con el equipo.</li><li>B. b. Ver que el cable del cargador no este cortado o cables expuestos para no sufrir cargas eléctricas.</li><li>C. Al ser cargado la batería del equipo no exceda de 3a 5 horas.</li><li>D. d. No use este producto en personas o cualquier otra inspección biológica.</li><li>E. No desmonte este producto, podría causar peligro de descarga y dañar la unidad.</li><li>F. Los accesorios y componentes no autorizados pueden causar daños a este equipo.</li><li>G. Para evitar peligros, no coloque el inserto. El Tubo en</li></ul>		




cualquier líquido o gas inflamable. Aceite aprobado: gasolina sin plomo, aceite de máquina, diésel, aceite de freno (DOT 4), Aceite De Transmisión, limpiador neutro.

- H. No use este producto en un tanque de combustible u otro ambiente peligroso tal como depósito de gasolina o alcohol.
- I. No doble el tubo de inserción sobre 180 grados durante el uso o almacenamiento.
- J. No retire la tarjeta SD mientras Capturar fotos o videos. Esto puede causar una pérdida de la imagen o video grabado y puede dañar la tarjeta SD.
- K. Evite la exposición directa a la luz solar por largos periodos de tiempo. Almacenar el sistema en un lugar fresco, seco y bien ventilado.
- L. Cargue la batería a temperatura ambiente entre 10 ° C y 40 ° C (50 ° F -104 ° F), para optimizar la capacidad de carga.



## ANEXO E

### Manual de mantenimiento ATS "VOYAGER"

	MANUAL DE MANTENIMIENTO	PAG: 01
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE BOROSCOPIA.	CÓDIGO LMP-EQ-19
	ELABORADO POR: GUALOTUÑA ROLANDO	REVISIÓN:0 01
	APROBADO POR: TLGO DARWIN ESTEBAN PANTOJA MONTENEGRO	FECHA: julio de 2019
<p><b>1. OBJETIVO.</b></p> <p>Mantener el equipo en óptimas condiciones para su uso y su durabilidad</p> <p><b>2. ALCANCE.</b></p> <p>Tener un equipo en estupendas condiciones al momento de realizar un trabajo.</p> <p><b>3. HERRAMIENTAS Y MATERIALES.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Una franela</li><li>➤ Paño de micro fibras para los lentes.</li><li>➤ liquido de limpieza de lentes.</li><li>➤ Liquido de limpieza de pantallas red.</li><li>➤ Guantes de nitro quirujircos desechables.</li></ul> <p><b>4. Procedimientos.</b></p> <p>A. Mantenimiento semestral de todo el equipo en general.</p> <p>B. Se recomienda revisar una vez al mes al equipo para verificar que no esté con humedad</p> <p>C. Si no se utiliza el quipo durante tres meses se recomienda cargar cada trimestre ya que la batería no se use va perdiendo el voltaje, así ayudara a la batería que tenga una mejor vida útil para el equipo.</p>		

## HOJA DE VIDA

### DATOS PERSONALES

**NOMBRES:** Santiago Rolando

**APELLIDOS:** Gualotuña Morales

**NACIONALIDAD:** Ecuatoriana.

**LUGAR DE NACIMIENTO:** Quito 13 de septiembre de 1985

**CÈDULA DE IDENTIDAD:** 171864329-7

**CORREO:** [santiago.orlando@hotmail.com](mailto:santiago.orlando@hotmail.com)

**TELÉFONO:** 2343-263/ 0998640613

**DIRECCIÓN:** Conocoto Calle Mariscal Sucre N1 23 y Pólit Lasso.

### ESTUDIOS REALIZADOS

**PRIMARIA:** Escuela Fiscal Amable Araúz

**SECUNDARIA:** Colegio Nacional Polivalente Juan Salinas

**ESTUDIOS SUPERIOR:** Unidad De Gestión De Tecnologías.

### TITULOS OBTENIDOS

Bachiller Técnico Industrial Especialización Electromecánica

Certificado De Egresado De La Unidad De Gestión De Tecnologías Mención Motores.

Suficiencia En El Idioma Extranjero Inglés

### EXPERENCIAS PREPROFECIONALES O PRACTICAS PRE PROFECIONALES:

Compañía Servicios Aéreos Ejecutivos: Auxiliar Técnico.



Participación en la Inspección Tipo C de la Aeronave EMBRAER 120 BRASILIA HC-CDM.

Participación en la Inspección Tipo C de la Aeronave BEECHECRAF 1900 HC-CBC

Ejército Ecuatoriano: En Paquisha En El Aérea De Mantenimiento De Motores

## **CURSOS Y SEMINARIOS**

Entrenamiento En Mercancías Peligrosas Para Personal En Rampa Y Tráfico.

Curso de seguridad de la Carga y Correo Aéreo AVSEC ECUA-79-I

Curso de Seguridad Aeroportuaria SEG-1030C

CURSO “Seguridad Industrial como parte de la Seguridad Integrada”

Curso inicial EMBRAER 120

**HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

**DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE  
RESPONSABILIZA EL AUTOR**

---

**GUALOTUÑA MORALES ROLANDO SANTIAGO**

**C.I.: 1718643297**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

---

**ING. RODRIGO BAUTISTA**

Latacunga, julio del 2019