



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**“Preservación del Motor JT8D de acuerdo a información técnica,  
perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga”**

Chuqui Llamba, Wilmer Omar

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica

Mención Motores

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

Tlgo. Arévalo Rodríguez, Esteban Andrés

16 de febrero del 2022

Latacunga



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

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que la monografía, "**Preservación del motor JT8D de acuerdo a información técnica, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga**" fue realizada por el señor **Chuqui Llamba, Wilmer Omar**, el cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 16 de febrero de 2022



ESTEBAN ANDRÉS  
ARÉVALO RODRÍGUEZ

.....  
Tigo. Arévalo Rodríguez, Esteban Andrés

C. C.: 060424806-2

## Reporte de verificación de contenido



Identical Words	991
Words with Minor Changes	199
Fingertyped Words	91
Deleted Words	0



ESTEBAN ANDRÉS  
ARÉVALO RODRÍGUEZ

Tigo. Arévalo Rodríguez, Esteban Andrés

C. C.: 060424806-2



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

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, **Chuqui Llamba, Wilmer Omar**, con cédula de ciudadanía **N° 0503641532**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **"Preservación del motor jt8d de acuerdo a información técnica, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga"**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 16 de febrero de 2022

Firma

.....  
Chuqui Llamba, Wilmer Omar

C. C.: 0503641532



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

**Autorización de publicación**

Yo, **Chuqui Llamba, Wilmer Omar**, con cédula de ciudadanía N° 0503641532, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Preservación del Motor JT8D de acuerdo a información técnica, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 11 de febrero del 2022

.....  
Chuqui Llamba, Wilmer Omar

C. C.: 0503641531

## **Dedicatoria**

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos. Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

A mis padres Enrique Chuqui y Blanca Llamba quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi familia por apoyarme cuando más lo necesitaba, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día de verdad mil gracias familia y dios, siempre los llevo en mi corazón.

**Chuqui Llamba, Wilmer Omar**

## **Agradecimiento**

A Dios por darnos la sabiduría y la fuerza para culminar esta etapa académica. A nuestro Director de proyecto de graduación, Tlgo. Esteban Andrés Arévalo Rodríguez. Por su guía, comprensión, paciencia, entrega y valiosos consejos a lo largo del proceso de investigación.

Primeramente doy gracias a Dios por permitirme tener buena experiencia dentro de la universidad, gracias a la universidad por permitirme convertirme en ser un profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a cada Docente que hizo parte de este proceso integral de formación, que deja como producto terminado este grupo de graduados, y como recuerdo y prueba viviente en la historia; esta tesis, que perdurará dentro de los conocimientos y desarrollo de los demás generaciones que están por llegar.

Finalmente agradezco a quien lee este apartado y más de mi tesis, por permitir a mis experiencias, investigaciones y conocimiento, incurrir dentro de su repertorio de información mental.

**Chuqui Llamba, Wilmer Omar**

## Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido .....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento .....	7
Tabla de contenidos.....	8
Índice de figuras.....	11
Índice de tablas .....	13
Resumen .....	14
Abstract.....	15
Planteamiento del problema de investigación .....	16
Antecedentes .....	16
Planteamiento del problema .....	17
Justificación e Importancia.....	17
Objetivos .....	18
<i>Objetivo general</i> .....	18
<i>Objetivos específicos</i> .....	18
<i>Alcance</i> .....	18
Marco teórico.....	20
Aeronave Boeing 727-100 .....	20
<i>Características generales de la aeronave Boeing 727-100</i> .....	21
<i>Especificaciones técnicas de la Aeronave Boeing 727-100</i> .....	21
<i>Descripción de la aeronave</i> .....	21
Tipos de motores de aviación .....	23
<i>Motores recíprocos o alternativos</i> .....	23

<b>Motor en línea</b> .....	<b>23</b>
<b>Motor rotativo</b> .....	<b>24</b>
<b>Motor radial</b> .....	<b>25</b>
<b>Motores a reacción</b> .....	<b>26</b>
<i>Turborreactores</i> .....	<b>26</b>
<i>Turbo hélice y turbo eje</i> .....	<b>27</b>
<i>Turbofán</i> .....	<b>28</b>
<b>Características generales del Motor JT8D</b> .....	<b>29</b>
<b>Componentes</b> .....	<b>30</b>
<i>Cowlings</i> .....	<b>30</b>
<i>Fan</i> .....	<b>30</b>
<i>Compresores</i> .....	<b>32</b>
Compresor de Baja (low pressure).....	<b>32</b>
Compresor de Alta (high pressure) .....	<b>33</b>
<i>Ducto del Fan</i> .....	<b>33</b>
<i>Cámaras de combustión</i> .....	<b>34</b>
<i>Turbina</i> .....	<b>35</b>
<i>Sección de Escape</i> .....	<b>35</b>
<i>Caja de accesorios</i> .....	<b>36</b>
<b>Descripción del motor JT8D y sus sistemas</b> .....	<b>36</b>
<b>Funcionamiento del motor</b> .....	<b>39</b>
<i>Sistema de ignición y de arranque</i> .....	<b>39</b>
<i>Sistema de combustible</i> .....	<b>40</b>
Control de combustible .....	<b>42</b>
Descripción .....	<b>43</b>
Bomba .....	<b>43</b>
Unidad de control de combustible (FCU).....	<b>44</b>
Sistema anti-ice del combustible.....	<b>45</b>

<i>Sistema de lubricación .....</i>	<b>45</b>
Componentes.....	<b>46</b>
Funcionamiento .....	<b>47</b>
<i>Sistema de controles del motor .....</i>	<b>48</b>
<i>Sistema de indicación.....</i>	<b>49</b>
<i>Preservación de una aeronave.....</i>	<b>50</b>
<b>Desarrollo del tema .....</b>	<b>52</b>
Descripción general.....	<b>52</b>
Preservación del sistema de combustible del motor JT8D.....	<b>53</b>
Preservación del sistema de aceite del motor JT8D .....	<b>55</b>
Tareas de mantenimiento adicionales.....	<b>58</b>
<i>Traslado del motor .....</i>	<b>58</b>
<i>Limpieza general .....</i>	<b>59</b>
<i>Reemplazo de ruedas del soporte del motor.....</i>	<b>60</b>
<i>Proceso de pintura del soporte y del motor.....</i>	<b>61</b>
<i>Rotulado de componentes principales .....</i>	<b>63</b>
Análisis de costos .....	<b>64</b>
<i>Costos primarios.....</i>	<b>65</b>
<i>Costos secundarios .....</i>	<b>65</b>
<i>Costo total del proyecto .....</i>	<b>66</b>
<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>67</b>
Conclusiones .....	<b>67</b>
Recomendaciones .....	<b>67</b>
<b>Glosario de términos.....</b>	<b>68</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>69</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>71</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Aeronave Boeing 727-100</i> .....	<b>20</b>
<b>Figura 2</b> <i>Tren de aterrizaje tipo triciclo</i> .....	<b>22</b>
<b>Figura 3</b> <i>Motor recíproco en línea</i> .....	<b>24</b>
<b>Figura 4</b> <i>Motor Recíproco Rotativo</i> .....	<b>25</b>
<b>Figura 4</b> <i>Motor recíproco radial</i> .....	<b>26</b>
<b>Figura 5</b> <i>Motor turborreactor</i> .....	<b>27</b>
<b>Figura 6</b> <i>Motor turbo hélice</i> .....	<b>28</b>
<b>Figura 7</b> <i>Motor turbofán</i> .....	<b>29</b>
<b>Figura 8</b> <i>Cowlings del motor JT8D</i> .....	<b>30</b>
<b>Figura 9</b> <i>Flujos de aire del Motor JT8D</i> .....	<b>31</b>
<b>Figura 10</b> <i>Líneas de sangrado del motor JT8D</i> .....	<b>32</b>
<b>Figura 11</b> <i>Compresores del motor JT8D</i> .....	<b>32</b>
<b>Figura 12</b> <i>Compresor de baja del Motor JT8D</i> .....	<b>33</b>
<b>Figura 13</b> <i>Compresor de alta del Motor JT8D</i> .....	<b>33</b>
<b>Figura 14</b> <i>Ducto del fan del Motor JT8D</i> .....	<b>34</b>
<b>Figura 15</b> <i>Cámaras de combustión del motor JT8D</i> .....	<b>34</b>
<b>Figura 16</b> <i>Sección de escape</i> .....	<b>35</b>
<b>Figura 17</b> <i>Caja de accesorios</i> .....	<b>36</b>
<b>Figura 18</b> <i>Motor JT8D</i> .....	<b>36</b>
<b>Figura 19</b> <i>Bomba de combustible</i> .....	<b>37</b>
<b>Figura 20</b> <i>Sistema de Ignición</i> .....	<b>38</b>
<b>Figura 21</b> <i>Drenajes del motor JT8D</i> .....	<b>38</b>
<b>Figura 22</b> <i>Palancas de control del motor JT8D</i> .....	<b>39</b>
<b>Figura 23</b> <i>Bujías del motor JT8D</i> .....	<b>40</b>
<b>Figura 24</b> <i>Diagrama esquemático del sistema de combustible</i> .....	<b>41</b>

<b>Figura 25</b> <i>Funcionamiento del sistema de combustible</i> .....	<b>42</b>
<b>Figura 26</b> <i>Bomba del sistema de combustible</i> .....	<b>43</b>
<b>Figura 27</b> <i>Unidad de control de combustible</i> .....	<b>44</b>
<b>Figura 28</b> <i>Válvula de aire de sangrado del sistema de anti-ice</i> .....	<b>45</b>
<b>Figura 29</b> <i>Sistema de lubricación</i> .....	<b>46</b>
<b>Figura 30</b> <i>Funcionamiento del sistema de lubricación</i> .....	<b>47</b>
<b>Figura 31</b> <i>Palancas de control de potencia</i> .....	<b>48</b>
<b>Figura 32</b> <i>Sistema de control de potencia de los motores</i> .....	<b>49</b>
<b>Figura 33</b> <i>Sistema de indicación de los motores – P2</i> .....	<b>50</b>
<b>Figura 34</b> <i>Línea de suministro de combustible a la bomba</i> .....	<b>53</b>
<b>Figura 35</b> <i>Línea del filtro de la válvula de presurización y descarga de combustible</i>	<b>54</b>
<b>Figura 36</b> <i>Drenaje del reservorio del sistema de aceite LD1</i> .....	<b>55</b>
<b>Figura 37</b> <i>Conector LD7</i> .....	<b>56</b>
<b>Figura 38</b> <i>Filtro de aceite principal LD13</i> .....	<b>57</b>
<b>Figura 39</b> <i>Izaje del motor</i> .....	<b>58</b>
<b>Figura 40</b> <i>Traslado del motor</i> .....	<b>59</b>
<b>Figura 41</b> <i>Limpieza exterior del motor</i> .....	<b>59</b>
<b>Figura 42</b> <i>Reemplazo de ruedas del soporte del motor</i> .....	<b>60</b>
<b>Figura 43</b> <i>Ruedas industriales de goma</i> .....	<b>60</b>
<b>Figura 44</b> <i>Proceso de pintura del soporte del motor</i> .....	<b>61</b>
<b>Figura 45</b> <i>Proceso de pintura del motor</i> .....	<b>61</b>
<b>Figura 46</b> <i>Pintura sintética autoglare</i> .....	<b>62</b>
<b>Figura 47</b> <i>Limpieza final exterior e interior</i> .....	<b>62</b>
<b>Figura 48</b> <i>Rotulado</i> .....	<b>63</b>
<b>Figura 49</b> <i>Filtro de combustible</i> .....	<b>64</b>
<b>Figura 49</b> <i>Rotulado de normas de seguridad</i> .....	<b>64</b>

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Características generales de la aeronave Boeing 727-100</i> .....	<b>21</b>
<b>Tabla 2</b> <i>Especificaciones técnicas de la aeronave Boeing 727-100</i> .....	<b>21</b>
<b>Tabla 3</b> <i>Características generales del motor JT8D</i> .....	<b>29</b>
<b>Tabla 4</b> <i>Tipos de preservación del motor del JT8D</i> .....	<b>51</b>
<b>Tabla 5</b> <i>Costos primarios</i> .....	<b>65</b>
<b>Tabla 6</b> <i>Costos secundarios</i> .....	<b>66</b>
<b>Tabla 7</b> <i>Costo total del proyecto</i> .....	<b>66</b>

## Resumen

El presente proyecto se enfoca netamente en preservación del motor JT8D y sus respectivos sistemas perteneciente a la carrera de Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga, para que puedan permanecer en un estado óptimo durante los intervalos de tiempo que estén fuera de servicio. Al mismo tiempo analiza todos los procesos que deben ser realizados para la preservación del motor, como por ejemplo: preservación del sistema de combustible del motor, preservación del sistema de aceite del motor, protección de todas cavidades del motor, drenajes de aceite, combustible y traslado, ubicación del motor en un laboratorio de la carrera. Ejecución de varias inspecciones de los componentes que se ven comprometidos a sufrir daños por estar expuestos a un ambiente húmedo o salino, por consiguiente, analiza que instrucciones seguir para su respectivo almacenaje y que el mismo cumpla con todas las medidas de seguridad bajo los requisitos de almacenamiento. Por último, se examina las respectivas tareas de mantenimiento realizadas en el Motor JT8D al ser considerado como material de instrucción de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga y procesos ejecutados para el traslado del motor hacia el nuevo laboratorio de la carrera.

Palabras clave:

- **MOTOR JT8D**
- **PRESERVACIÓN**
- **SISTEMA DE COMBUSTIBLE**
- **SISTEMA DE ACEITE**

## **Abstract**

The present project focuses clearly on the preservation of the JT8D engine and its respective systems belonging to the Aeronautical Mechanics career of the University of the Armed Forces ESPE Latacunga Headquarters, so that they can remain in an optimal state during the time intervals that are out of service. Service. At the same time, it analyzes all the processes that must be carried out for the preservation of the engine, such as: preservation of the engine fuel system, preservation of the engine oil system, protection of all engine cavities, oil drains, fuel and transfer, location of the engine in a race laboratory. Execution of several inspections of the components that are compromised to suffer damages due to being exposed to a humid or saline environment, therefore, it analyzes what instructions to follow for their respective storage and that it complies with all the security measures under the requirements of storage. Finally, the respective maintenance tasks carried out on the JT8D Engine are examined as it is considered as instructional material of the University of the Armed Forces ESPE Latacunga Headquarters and processes executed for the transfer of the engine to the new laboratory of the race.

Key words

- **JT8D ENGINE**
- **PRESERVATION**
- **FUEL SYSTEM**
- **OIL SYSTEM**

## CAPÍTULO I

### 1. Planteamiento del problema de investigación

#### 1.1 Antecedentes

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga por medio de su Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores, y ahora Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica, de acuerdo a la regulación RDAC 147 de la Dirección General de Aviación Civil se certifica como la única institución en el país en ser un Centro de Instrucción de Aviación Civil (CIAC) aprobado.

La carrera como tal forma Tecnólogos en Mecánica Aeronáutica los cuales efectúan diferentes tipos de mantenimiento como preventivo, correctivo y reparaciones estructurales a las aeronaves de las empresas aeronáuticas del país, las mismas que ofrecen plazas de trabajo en áreas como Sistema Moto propulsor, Célula y Sistemas Técnicos Aeronáuticos y Aviónica.

El motor JT8D es un motor de flujo axial, tipo Turbo Fan de doble eje, consta de dos compresores uno de baja presión, y otra de alta presión. La quema de la mezcla aire-combustible la realiza en una cámara de combustión.

El compresor de alta presión está conectado a la turbina delantera, que tiene una sola etapa; mientras que el compresor de baja está conectado a la turbina de baja. El ducto anular descarga para el ventilador y recorre todo el motor, permitiendo que el aire que pasa por el ventilador salga junto a los gases de combustión por la misma tobera.

En el sistema de combustión las cámaras se encuentran dispuestas de manera radial, con la presencia de dos bujías en las cámaras 4 y 7. Las bujías tienen como propósito proporcionar la chispa necesaria para iniciar la mezcla aire –combustible. Los motores Pratt & Whitney JT8D comprende ocho modelos estándar, cubriendo el rango de potencia desde 12.250 a 17.400 libras de empuje unitario (62 a 77 kW) y motoriza a los aviones 727, 737-100/200, y DC- 9.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El motor Pratt & Whitney JT8D se encuentra localizado en el CAMPUS GRAL GUILLERMO RODRIGUEZ LARA en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga. El motor está prácticamente a la intemperie y sin una cubierta que brinde el cuidado respectivo a los componentes, por tal razón están sujetos a posibles daños, como son:

- Daños por objetos extraños.
- Partes móviles y fijas corrosivas.
- Discrepancias imprevistas.
- Desgaste material del motor.

Entre los diferentes procedimientos involucrados, se requieren dar un buen mantenimiento, cuidado y protección lo cual nos permitirá conservar al motor por más tiempo de vida útil para el aprendizaje y enseñanza de los estudiantes, por lo que es necesario complementar la preservación del motor JT8D de acuerdo a los procedimientos técnicos de los manuales.

### **1.3 Justificación e Importancia**

En la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Sede Latacunga es importante que exista una fuente de consulta basada en experiencias reales de cómo preservar un motor con su respectiva información técnica para realizar su debido cuidado, y protección del motor JT8D.

Al ser el único Centro de Instrucción de Aviación Civil que forma técnicos en la carrera de aviación cuenta con sus propias aviones escuelas para ellos es necesario el cuidado y protección del Motor JT8D. La preservación tiene un papel importante dentro del campo aeronáutico la cual permite evaluar los daños, la discrepancia del motor y sus componentes y partes móviles como fijas.

El contar cada vez con más recursos didácticos como lo es un Motor JT8D, servirá para el perfeccionamiento de las destrezas previamente aprendidas en las aulas y elevará el nivel de formación académica, lo cual redundará en un mejor desempeño de sus profesionales, incrementando de ésta manera el prestigio de la Universidad.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 *Objetivo general***

Preservar el Motor JT8D de acuerdo a la información técnica, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Recopilar información pertinente, necesaria y técnica sobre el funcionamiento y preservación de los componentes del motor JT8D.
- Trasladar el Motor JT8D a un laboratorio que brinde el cuidado y protección necesaria.
- Preservar el motor JT8D de acuerdo a la información técnica.

### **1.5 Alcance**

El proyecto abarca el estudio del estado de situación actual del motor motivo del presente trabajo; la selección de los procesos, equipos e instalaciones necesarias para la ejecución del proyecto; los procedimientos para la preservación del motor JT8D y sus componentes.

El trabajo de graduación ayudará en el aumento de las cualidades académicas y prácticas de la comunidad aeronáutica lo que ayudará a su perfeccionamiento laboral, lo que contribuirá a obtener nuevas generaciones con mayor conocimiento en el campo de la aviación.

## CAPÍTULO II

### 2. Marco teórico

#### 2.1 Aeronave Boeing 727-100

La aeronave Boeing 727-100 de matrícula HC-BLV, prestó servicios a la compañía "TAME LÍNEA AÉREA DEL ECUADOR". La aeronave se la utilizó para proporcionar transporte aerocomercial nacional e internacional, garantizando altos estándares de calidad, a fin de obtener rentabilidad social y financiera.

#### Figura 1

*Aeronave Boeing 727-100*



*Nota.* Se muestra la aeronave Boeing 737-100 en un vuelo chárter gubernamental a FLL. Tomada de (Fernandez, 1988)

La aeronave sobrevoló durante algún tiempo el espacio aéreo, cubriendo varias rutas en las que la tripulación disfrutaba de los paisajes y atractivos desde el cielo del Ecuador.

Luego de un tiempo fue dado de baja por nuevas adquisiciones para posteriormente ser donado a la Fuerza Aérea Ecuatoriana y finalmente fue donada al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

### 2.1.1 Características generales de la aeronave Boeing 727-100

Tabla 1

Características generales de la aeronave Boeing 727-100

CARACTERÍSTICAS			
<b>Tripulación</b>	3 personas (piloto, copiloto e ing. De vuelo)	<b>Envergadura</b>	32,9 m
<b>Capacidad</b>	70 asientos o un máximo de 131	<b>Longitud</b>	42,0 m
<b>Motor</b>	3 pratt & whitney jt8d, 62.3 kn	<b>Altura</b>	10,4 m
<b>Peso de despegue</b>	69 050 kg (152 230 lb)	<b>Aceleración máxima</b>	1010 km/h
<b>Peso en vacío</b>	38 700 kg (85 319 lb)	<b>Velocidad de crucero</b>	930 km/h

Nota. La tabla muestra las características generales de la aeronave Boeing 727-100. Tomado de (Aviastar, 1963)

### 2.1.2 Especificaciones técnicas de la Aeronave Boeing 727-100

Tabla 2

Especificaciones técnicas de la aeronave Boeing 727-100

ESPECIFICACIONES	
<b>Tipo</b>	Aeronave comercial y de transporte
<b>Fabricante</b>	Boeing Comercial Airplanes
<b>Primer vuelo</b>	2 de septiembre de 1963
<b>Usuarios principales</b>	FedEx Express, Astar Air Cargo, Capital Cargo Airlines,
<b>Producción</b>	1963 – 1984
<b>Nº construidos</b>	832

Nota. La tabla muestra las especificaciones técnicas de la aeronave Boeing 727-100. Tomado de (Wikipedia, 2022)

### 2.1.3 Descripción de la aeronave

El Boeing 727-100 es un monoplano que es impulsado por tres motores JT8D turbofán, montados en el área posterior del fuselaje. Dos motores son montados, en las nacelas convencionales, una a cada lado del fuselaje. Un motor

central es montado en la estructura del fuselaje posterior. Cada motor es asegurado a las conexiones de los montantes en tres puntos. Dos cone bolts delanteros y un cone bolt posterior.

El acceso a los componentes laterales exteriores del motor es proporcionado a través de bisagras superiores removibles y paneles inferiores las cuales pueden ser abiertas por cualquier lado. Los accesorios más importantes instalados a cada motor incluyen una unidad accionamiento de velocidad constante (CSD), un arranque neumático (pneumatic starter) y generadores de tacómetro (N1 y N2). (BOEING COMPANY, 2007)

### **Figura 2**

*Tren de aterrizaje tipo triciclo*



*Nota.* Se muestra un tren de aterrizaje tipo triciclo. Tomado de (Fernandez, 1988)

Un generador está montado en el CSD la unidad de accionamiento de velocidad constante. Las bombas hidráulicas están instaladas en los motores 1 y 2. Los sistemas de detección y extinción de fuego son provistos en cada área del motor. Posee un tren de aterrizaje tipo triciclo operado hidráulicamente, en los que están incorporados los neumáticos y los frenos de los mismos. (BOEING COMPANY, 2007)

## **2.2 Tipos de motores de aviación**

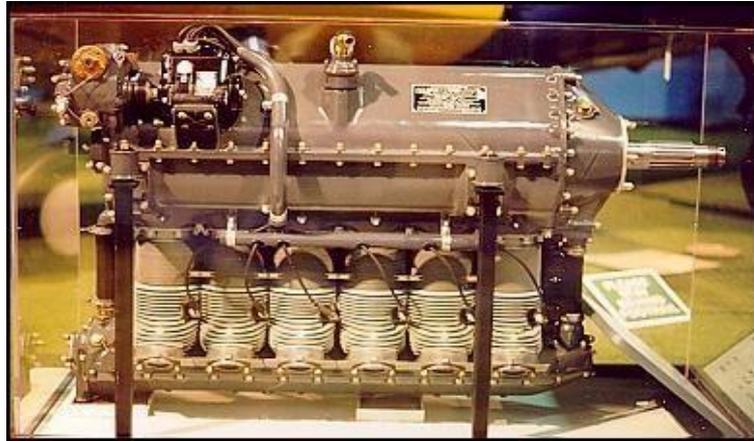
### **2.2.1 Motores recíprocos o alternativos**

La aviación como la conocemos comenzó gracias a la propulsión de aeronaves mediante motores de cilindros y pistones, también llamados motores alternativos. A pesar de que existían otros métodos y formas de propulsión, los motores permitieron una propulsión de trabajo constante, operados principalmente por gasolina. Debido a la rudimentaria tecnología de finales del Siglo XIX, puede atribuirse en parte al desarrollo de los motores el que a comienzos del Siglo XX el vuelo propulsado fuera posible. (Wikipedia, 2021)

#### **a. Motor en línea**

Este tipo de motor tiene los cilindros alineados en una sola fila. Normalmente tienen un número par de cilindros, pero existen casos de motores de tres o cinco cilindros. La principal ventaja de un motor en línea es que permite que la aeronave pueda ser diseñada con un área frontal reducida que ofrece menor resistencia aerodinámica. (Wikipedia, 2021)

Estos pueden ser refrigerados por aire o por líquido, pero lo más común es que sean refrigerados por líquido porque resulta difícil obtener un flujo de aire suficiente para refrigerar directamente los cilindros de la parte trasera. Una de las desventajas de un motor en línea es que ofrece una escasa relación potencia a peso, debido a que el cárter y el cigüeñal son largos y por tanto más pesados. (Wikipedia, 2021)

**Figura 3***Motor recíproco en línea*

*Nota.* Se muestra un motor Ranger L-440, motor en línea invertido de seis cilindros refrigerado por aire, usado en el Fairchild PT-19. Tomado de (Wikipedia, 2021)

**b. Motor rotativo**

Los diseñadores de aviones necesitaban un motor que fuera ligero, potente, barato, y fácil de producir en grandes cantidades. El motor rotativo cumplió esos objetivos. Tienen todos los cilindros distribuidos circularmente en torno

al cárter como el posterior motor radial, pero con la diferencia de que el cigüeñal está atornillado a la estructura de la aeronave, y la hélice está atornillada a la carcasa del motor. (Wikipedia, 2021)

Eran motores muy poco fiables, debido a que funcionaban a máxima potencia todo el tiempo sin que pudiera controlarse el paso de gasolina (sólo se podían encender o apagar), sus componentes internos no estaban hechos para resistir varias horas de uso, tendían a sobrecalentarse por encima de 350 °C. (Wikipedia, 2021)

## Figura 4

### *Motor Recíproco Rotativo*



*Nota.* Se muestra un Motor rotativo Le Rhône 9C. Tomado de (wikipedia,2021)

### **c. Motor radial**

El motor radial o en estrella apareció hacia 1925. Este tipo de motores tienen una o más filas de cilindros distribuidos circularmente en torno al cigüeñal. Cada fila tiene un número impar de cilindros para que el motor tenga un buen funcionamiento.

De cuatro tiempos y refrigerados por aire, los motores radiales sólo tienen una muñequilla en el cigüeñal por cada fila de cilindros y por tanto un cárter

relativamente pequeño (a veces separado), ofreciendo una buena relación potencia a peso. Debido a que la disposición de los cilindros expone muy bien las superficies de irradiación de calor del motor al aire y tiende a cancelar las fuerzas recíprocas, los radiales suelen enfriar de forma uniforme y durable.

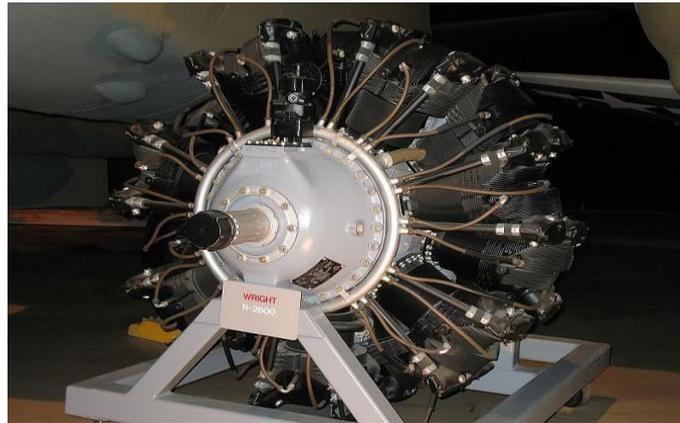
(Wikipedia, 2021)

El gran salto de estos motores fue permitir mayor potencia con menos peso, mayor confiabilidad que los motores rotativos y a diferencia de estos tenían un bloque fijo; tienen menor complejidad del conjunto en comparación a los motores en línea o en V ya que no necesitan del sistema de

refrigeración por líquido y sus componentes, además de estar diseñados para poder ser ensamblados con la menor cantidad de piezas posible. (Wikipedia, 2021)

#### **Figura 4**

##### *Motor recíproco radial*



*Nota.* Se muestra un Wright R-2600, un motor radial de 14 cilindros. Tomado de (Wikipedia, 2021)

### **2.3 Motores a reacción**

#### **2.3.1 Turborreactores**

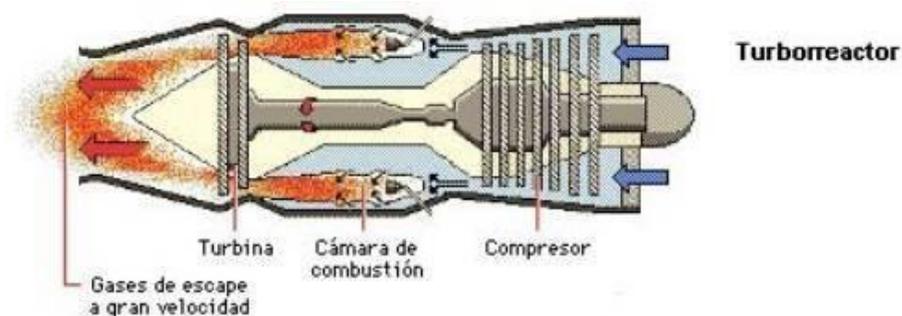
La idea básica del motor turborreactor es simple. El aire que entra por una abertura en la parte delantera del motor se comprime de 3 a 12 veces su presión original en el compresor. El combustible se agrega al aire y se quema en una cámara de combustión para elevar la temperatura de la mezcla de fluidos a aproximadamente 1,100 F a 1,300 F. El aire caliente resultante pasa a través de una turbina, que impulsa el compresor. (Greelane, 2019)

Si la turbina y el compresor son eficientes, la presión en la descarga de la turbina será casi el doble de la presión atmosférica, y este exceso de presión se envía a la boquilla para producir una corriente de gas a alta velocidad que produce un empuje. Pueden obtenerse aumentos sustanciales del empuje empleando un postquemador. Es una segunda

cámara de combustión colocada después de la turbina y antes de la boquilla. El postquemador aumenta la temperatura del gas delante de la boquilla. El resultado de este aumento de temperatura es un aumento de alrededor del 40 por ciento en el empuje en el despegue y un porcentaje mucho mayor a altas velocidades una vez que el avión está en el aire. (Greelane, 2019).

**Figura 5**

*Motor turborreactor*



*Nota.* Se muestra un Motor turborreactor. Tomado de (Greelane, 2019)

### 2.3.2 Turbo hélice y turbo eje

El funcionamiento es idéntico a los anteriores. La diferencia es que en vez de usarse los gases para propulsar a chorro el aparato, se usan para mover una hélice (los gases que mueven la turbina del compresor, mueven también una turbina que mueve la hélice). Los gases proporcionan algo de empuje extra, en algunos casos, siendo la tracción proporcionada por la hélice. El turbo eje es idéntico al turbohélice, pero en vez de llevar acoplada la hélice, se une el eje a una caja reductora y una serie de engranajes, para transmitir el movimiento a la hélice del helicóptero. (Gizmo, 2003)

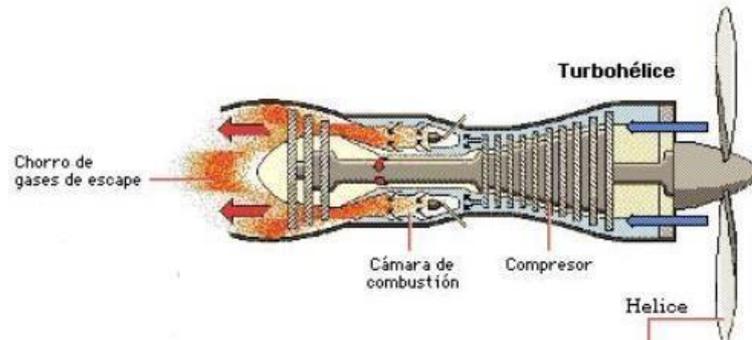
El motivo de esta diferencia de motores, pese a funcionar todos de una forma

similar, es debido a que cada uno de ellos proporciona un mejor rendimiento moto- propulsor en un determinado rango de velocidades. El turbohélice ha sustituido al motor alternativo (de pistones) para aviones de hélice de gran

potencia, pues para una misma potencia pesa mucho menos. (Gizmo, 2003)

## Figura 6

### *Motor turbo hélice*



*Nota.* Se muestra un Motor turbo hélice. Tomado de (Gizmo, 2003)

Estos motores no basan su ciclo operativo en la producción del empuje directamente del chorro de gases que circula a través de la turbina, sino que la potencia que producen se emplea en su totalidad para mover la hélice, y es esta la que genera la tracción para propulsar la aeronave. (Gizmo, 2003)

### **2.3.3 Turbofán**

En el motor turbofán (turbosoplante o turboventilante) los gases generados por la turbina son empleados mayoritariamente en accionar un ventilador (fan) constituido por álabes y situado en la parte frontal del sistema que produce la mayor parte del empuje, dejando para el chorro de gases de escape solo una parte del trabajo (aproximadamente el 30%). (Wikipedia, 2021)

Estos motores comenzaron a usar el sistema de flujo axial, que mantiene la corriente de aire comprimido presionada hacia el eje de la turbina, por lo que el aire sale propulsado con mayor velocidad y con menos tendencia a dispersarse de la corriente de salida. Esto incrementa notablemente la eficiencia. (Wikipedia, 2021)

**Figura 7***Motor turbofán*

*Nota.* Se muestra un Motor General Electric CF6 en el taller de motores de la compañía neerlandesa KLM. Tomado de (Wikipedia, 2021)

## 2.4 Características generales del Motor JT8D

**Tabla 3***Características generales del motor JT8D*

<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>	
<b>Tipo</b>	Turbofán
<b>Longitud</b>	120.0 pulgadas / 3048mm - 154.1pulgadas / 3914mm
<b>Diámetro</b>	49.2pulgadas / 1250mm
<b>Peso seco</b>	3 205 lb a 3 500 lb
<b>Compresor</b>	Flujo axial de 13 etapas: 2 de fan, 6 (LPC) - que incluye las dos primeras del fan y 7 (HPC)
<b>Turbina</b>	4 etapas
<b>Empuje unitario</b>	12.250 a 17.400 libras (62 a 77 kN)
<b>Compresión</b>	16:01
<b>Combustible</b>	JP1
<b>Entrada de aire</b>	320 a 331 lb/seg

*Nota.* La tabla muestra las características generales del motor JT8D. Tomado de (BOEING COMPANY, 2007)

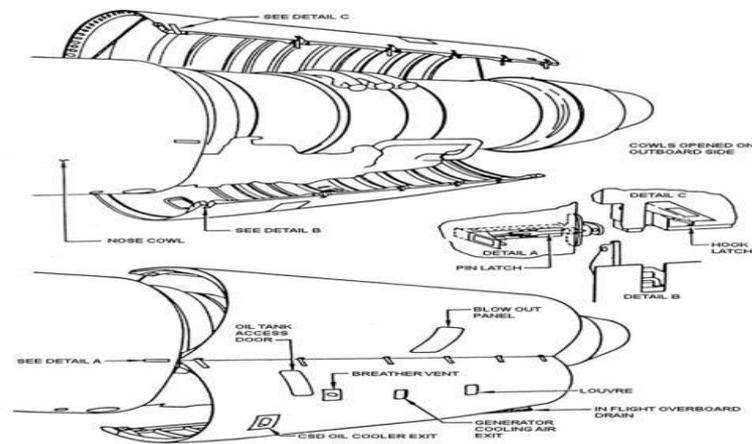
## 2.5 Componentes

### 2.5.1 Cowlings

Están divididos en dos partes que cubren al motor y protegen los componentes externos. Tiene las conexiones entre el motor y la aeronave para la electricidad, aire, fluidos, etc. Poseen puertas para inspecciones. Proporcionan flujo de aire aerodinámico.

#### Figura 8

*Cowlings del motor JT8D*



*Nota.* Se muestra un los cowlings del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

### 2.5.2 Fan

El motor de la aeronave Boeing 727-100 tiene un fan o también llamado turboventilador, en la parte frontal del motor. El aire entrante se divide en dos caminos: flujo de aire primario (30%) y flujo secundario (70%) aproximadamente. (FEDEX, 2010)

Conocido también como “turboventilador” o “de doble flujo” es una mejora del turboreactor básico en el que una parte del aire entrante comprimido se desvía para que fluya por una carcasa exterior hasta el final de la turbina, (“flujo secundario”) donde se mezcla con los gases calientes que salen de la misma, (“flujo primario”) antes de llegar a la tobera. Un reactor “turbofan”, tiene mayor empuje para el despegue y el ascenso, consiguiendo además ser más eficiente y que el aire que fluye por el exterior refrigere el

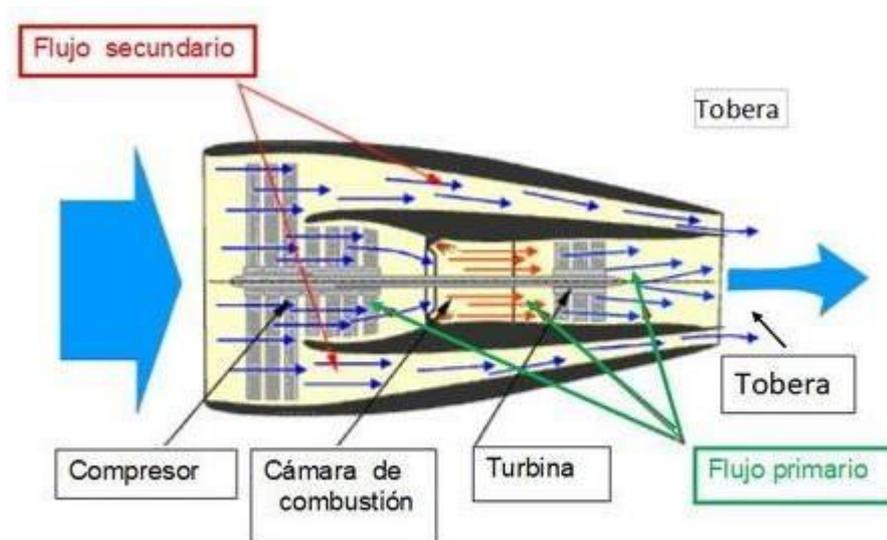
motor y reduzca el nivel de ruido. (Yébenes, 2019).

Los flujos de aire primario y secundario pasan a través de las dos etapas del fan y se mezclan en la tobera de escape.

- Diámetro de la entrada de aire: 54 pulgadas/1.37 m
- Entrada de aire= 320 a 331 lb/seg

### Figura 9

*Flujos de aire del Motor JT8D*

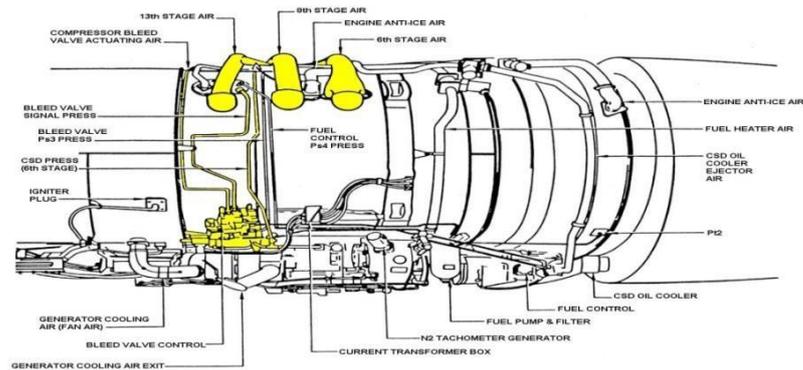


*Nota.* Se muestra en los flujos de aire del Motor JT8D. Tomado de (Yébenes, 2019)

Aproximadamente todo el aire secundario contribuye al empuje del motor de ahí que una mínima parte de este, sea conducido a través de las líneas de sangrado (6<sup>ta</sup> 8<sup>va</sup> y 13<sup>ava</sup> etapa), sea utilizado para aire acondicionado, anti ice y presurización.

### Figura 10

*Líneas de sangrado del motor JT8D*



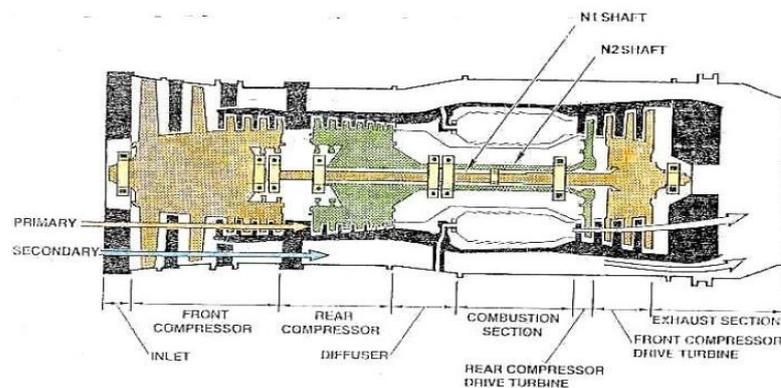
*Nota.* Se muestra las líneas de sangrado del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

### 2.5.3 Compresores

La función de estos compresores es aumentar de modo significativo la presión y la temperatura del aire. Los compresores que utiliza este motor son Axiales de doble eje (coaxial) Un eje atraviesa el otro eje Tiene en total 13 etapas.

#### Figura 11

*Compresores del motor JT8D*



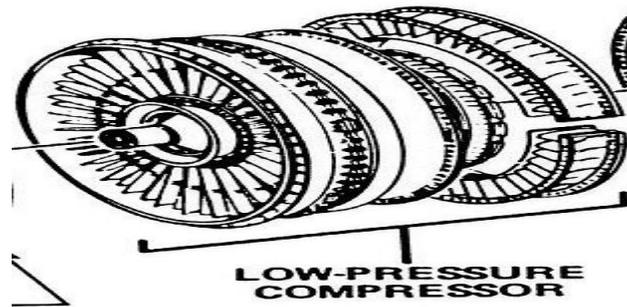
*Nota.* Se muestra los compresores del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

#### a. Compresor de Baja (low pressure)

También conocido como N1, está constituido por 6 etapas que giran a través del compresor de alta y es impulsado por la turbina de baja.

#### Figura 12

*Compresor de baja del Motor JT8D*



*Nota.* Se muestra el compresor de baja del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

#### **b. Compresor de Alta (high pressure)**

También llamado N2, está constituido por 7 etapas y es impulsado por la turbina de alta.

#### **Figura 13**

Compresor de alta del Motor JT8D



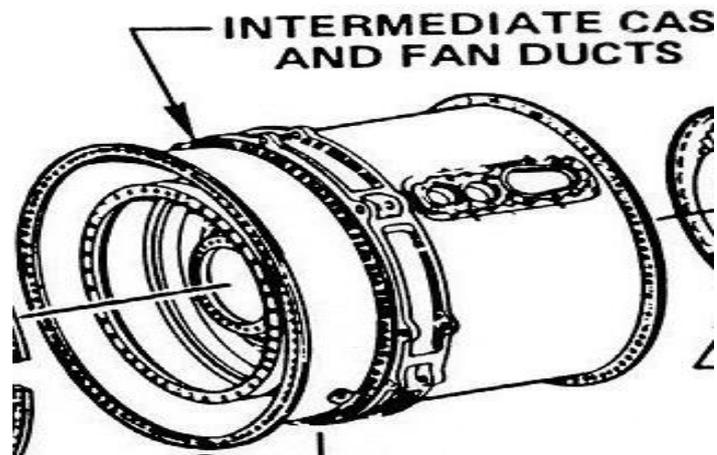
*Nota.* Se muestra el compresor de alta del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

#### **2.5.4 Ducto del Fan**

Viene a constituirse como un difusor divergente. El fan de dos etapas (parte del compresor de baja) está equipado con un ducto de descarga anular de longitud total, esto permite que el aire del fan (aire secundario) sea descargado junto con los gases de escape (aire primario) a través de un a tobera de escape o descarga común (jet pipe). (FEDEX, 2010)

#### **Figura 14**

*Ducto del fan del Motor JT8D*



*Nota.* Se muestra el ducto del fan del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

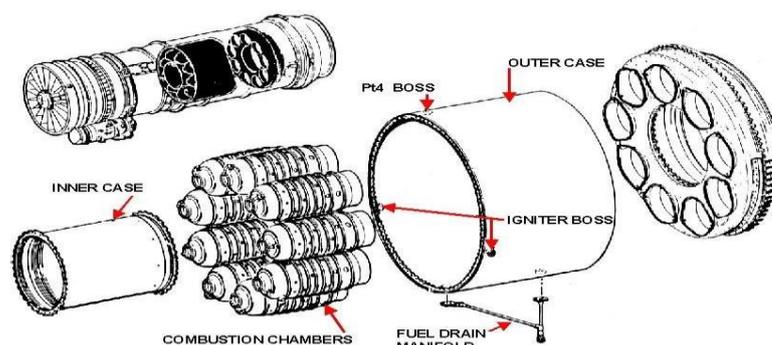
## 2.6 Funcionamiento del motor

### 2.6.1 Cámaras de combustión

Poseen 9 cámaras de combustión las cuales son de tipo Can Anular. Las bujías van instaladas en las cámaras 4 y 7. El aire entra a la cámara con una presión treinta veces superior de la que tenía en la entrada del compresor y a una temperatura próxima a los 600 °C. Dentro de la cámara se alcanza una temperatura superior a los 1100 °C. (FEDEX, 2010)

#### Figura 15

*Cámaras de combustión del motor JT8D*



*Nota.* Se muestran las cámaras de combustión del Motor. Tomado de (FEDEX, 2010)

Poseen una carcasa interior y otra carcasa exterior, en esta posee un colector de drenaje de combustible. Cada cámara tiene tres tamaños de orificios de admisión de aire: el más pequeño es para refrigeración, el medio

para inflamación de combustible y el más grande permite crear vacío.

(FEDEX, 2010)

### **2.6.2 Turbina**

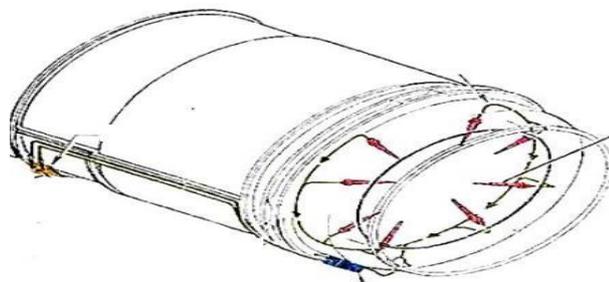
El aire caliente que sale de la cámara, pasa a través de los álabes de varias turbinas, haciendo girar diversos ejes. Las turbinas que utiliza este motor son Axiales y tiene en total 4 etapas

### **2.6.3 Sección de Escape**

Una vez el aire caliente ha pasado a través de las turbinas, sale por una tobera por la parte posterior del motor. Las estrechas paredes de la tobera fuerzan al aire a acelerarse. El peso del aire, combinado con esta aceleración produce parte del empuje total. Conecta la salida de la turbina con una tobera de descarga para evacuar los gases y acelerarlos. (FEDEX, 2010)

### **Figura 16**

*Sección de escape*



*Nota.* Se muestran las secciones de escape del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

### **2.6.4 Caja de accesorios**

La caja de accesorios está ubicada en la parte inferior delantera del motor, donde se encuentran todos los engranajes que permiten el accionamiento y movimiento de los diferentes componentes del motor.

### **Figura 17**

*Caja de accesorios*



*Nota.* Se muestran la caja de accesorios JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

## 2.7 Descripción del motor JT8D y sus sistemas

El sistema propulsor está compuesto por tres motores Pratt & Whitney JT8D turbofán, el motor posee dos cubiertas de fácil remoción, y diferentes equipos necesarios para la operación del mismo. Los accesorios accionados por el motor son montados en diferentes partes del motor, y la caja de engranajes en la parte delantera inferior, razón por la cual consta de dos montantes de apoyo delanteros y uno posterior. (BOEING COMPANY, 2007)

### Figura 18

*Motor JT8D*

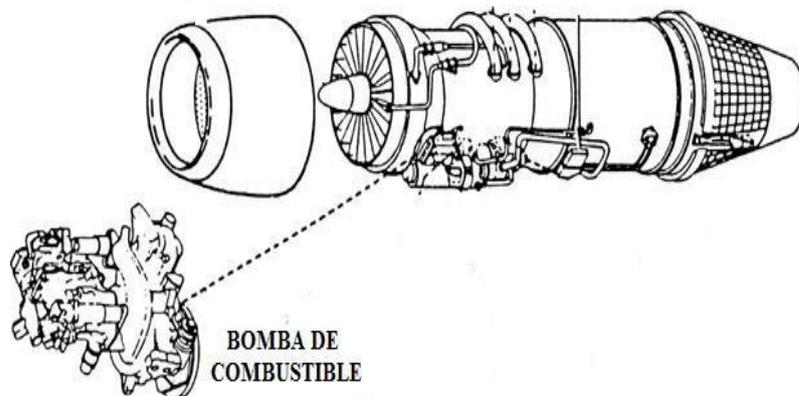


*Nota.* Se muestran el motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

Los sistemas de arranque de la máquina proveen un medio de rotación del compresor N2 para establecer un fluido de aire a través del motor. La rotación del compresor N2 también acciona la bomba de combustible y al control de combustible del motor, para medir el combustible y la baja presión de la cámara de combustión. (BOEING COMPANY, 2007)

### Figura 19

#### *Bomba de combustible*

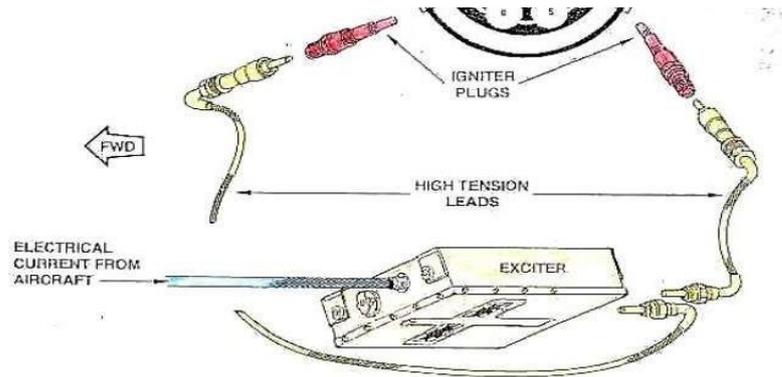


*Nota.* Se muestran la bomba de combustible del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010).

Un sistema de ignición provee una descarga de alto voltaje para la ignición de la mezcla de aire y combustible. Cada motor tiene un sistema de aceite independiente para proveer refrigeración y lubricación a los engranajes y cojinetes del motor.

### Figura 20

#### *Sistema de Ignición*



*Nota.* Se muestran el sistema de ignición del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

Un tanque de drenaje de cuatro compartimentos está montado debajo de cada motor. Las fugas de fluidos desde los sellos y chumaceras de los accesorios de la máquina son drenadas, a través de las tuberías al tanque. Una línea de drenaje está también instalada entre el canal de drenaje de aceite y el tanque de drenaje para recoger aceite derramado durante el servicio.

### **Figura 21**

*Drenajes del motor JT8D*



*Nota.* Se muestran Drenaje del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

Drenajes rápidos son provistos a lado bajo de cada compartimento del tanque para permitir drenarlo mientras la aeronave está en tierra.

El motor turbofán JT8D utiliza la producción de gases calientes en las cámaras de combustión para dirigirlos a la turbina. Las palancas de control del motor son diseñados para proveer una máxima facilidad de control sin

dispositivos

automáticos, estas están localizadas en el pedestal del compartimiento de la tripulación. El sistema de control del motor es operado manualmente, y mecánicamente.

### **Figura 22**

*Palancas de control del motor JT8D*



*Nota.* Se muestran la palanca del control del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

## **2.8 Funcionamiento del motor**

### **2.8.1 Sistema de ignición y de arranque**

El encendido y el sistema de arranque del motor está diseñado para realizar cuatro funciones principales en la operación del motor, el arranque del motor normal, volver a encender en vuelo, la prueba de ignición y escape del motor.

Para empezar el arranque normal del motor, el motor de arranque gira el eje de transmisión del motor a través de un embrague y un tren de engranajes internos, que hace que el aire ingrese en los compresores y a las cámaras de combustión.

El combustible de los quemadores se mezcla con el aire y la mezcla es encendida por las bujías. Los tubos de interconexión entre las cámaras

de combustión asegura el encendido del motor por completo. Cuando el motor está en marcha por sus propios medios, el motor de arranque se desconecta y el circuito eléctrico se desactiva de forma automática.

(BOEING COMPANY, 2007).

### **Figura 23**

*Bujías del motor JT8D*



*Nota.* Se muestran las bujías del sistema de ignición del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

Bajo ciertas condiciones, puede ser necesario volver a encender un motor durante el vuelo. Para encender nuevamente al motor se lo realiza sin el uso del motor de arranque, ya que la acción del viento, mueve a la hélice, lo que impulsa al motor para dar la velocidad inicial. (BOEING COMPANY, 2007)

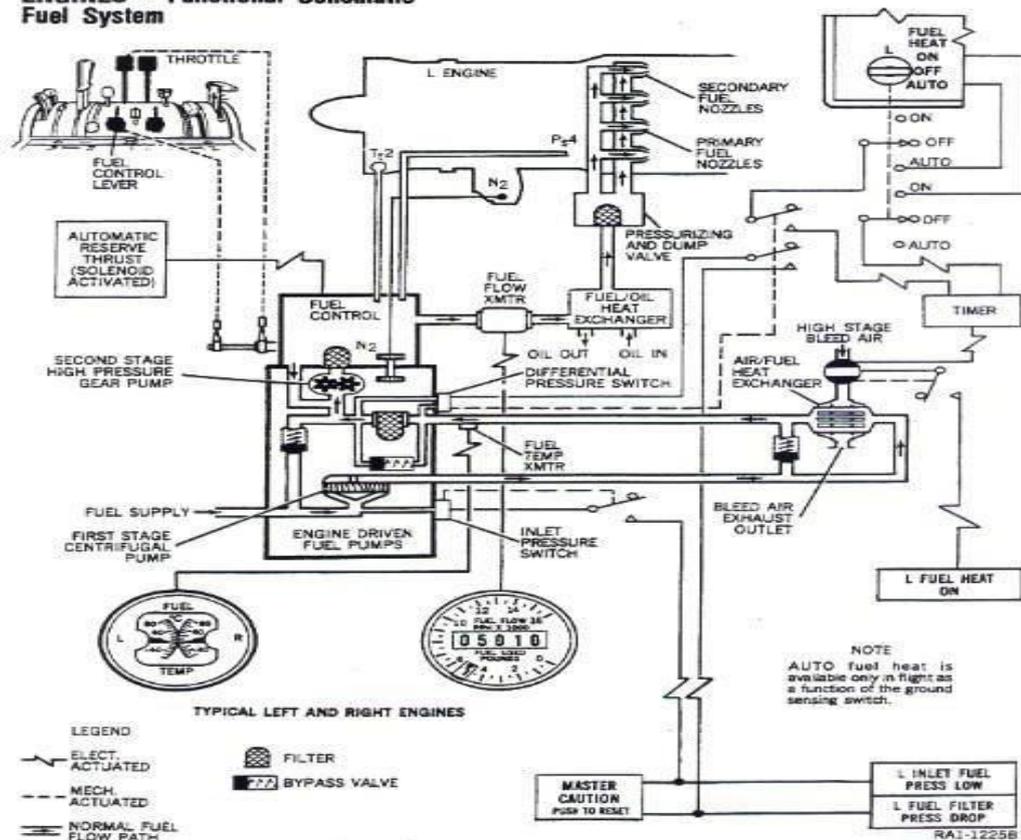
### **2.8.2 Sistema de combustible**

El sistema de combustible almacena y suministra combustible a los motores y la unidad de potencia auxiliar (APU). Componentes y controles adicionales en el sistema de combustible proporcionan una rápida alimentación y descarga de combustible en vuelo. (BOEING COMPANY, 2007)

### **Figura 24**

*Diagrama esquemático del sistema de combustible*

### ENGINES - Functional Schematic Fuel System



*Nota.* Se muestran el sistema de combustible del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

Los tanques, líneas, accesorios y componentes que operan en el sistema del motor y del APU son compatibles con todos los combustibles que cumplan las especificaciones de los fabricantes. El combustible que utiliza el JT8D-9A es el JP1. Todo el combustible está almacenado dentro de las áreas ventiladas del ala y la sección central del ala. Estas áreas de almacenamiento de combustible se dividen en tres depósitos principales.

Consta de tres tanques de combustible un tanque por ala y otro central. El combustible puede ser bombeado a los tanques de una fuente de tierra a través de una estación de alimentación por presión, que se encuentra bajo las alas. El combustible es entregado a la APU a través de una línea de alimentación por gravedad que es independiente de las líneas de alimentación de combustible del motor. El combustible puede ser descargado

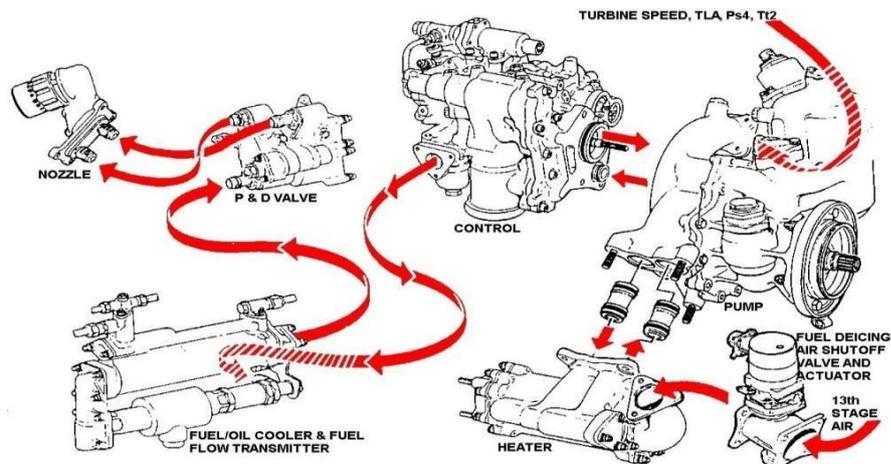
en vuelo a través de las boquillas de la punta del ala. (BOEING COMPANY, 2007)

### a. Control de combustible

La distribución y el sistema de control de combustible del motor JT8D consiste en una bomba de combustible impulsada por el motor y el control de combustible, un sistema de anti ice, una válvula de descarga de combustible a presión y un múltiple dividido de combustible y la entrega a nueve inyectores individuales. El sistema entrega combustible al motor a presión y flujo adecuado según sea necesario, para obtener la salida de empuje deseada. (BOEING COMPANY, 2007)

### Figura 25

*Funcionamiento del sistema de combustible*



*Nota.* Se muestran el funcionamiento del sistema de combustible del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010).

### b. Descripción

El combustible suministrado desde las bombas de combustible de la aeronave pasa a través de una válvula de cierre del motor, situada en la parte posterior del ala y a lo largo del fuselaje junto a cada motor. Varias líneas o cañerías transportan el combustible desde el área de ala hacia los motores. (BOEING COMPANY, 2007)

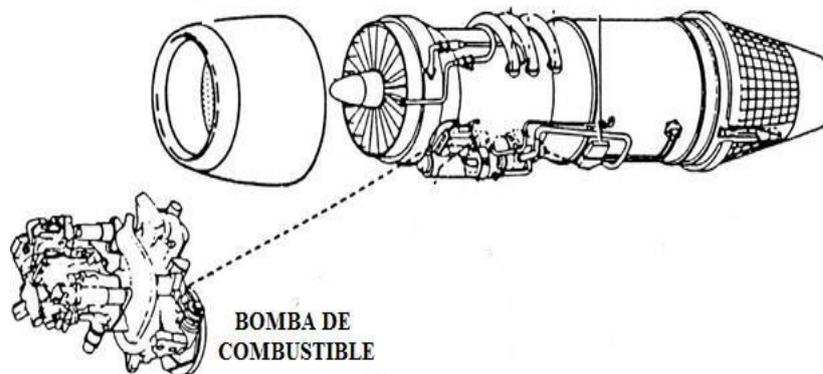
El sistema de combustible de la aeronave entra en la primera etapa de la bomba, a continuación, pasa a través de un calentador de combustible y el filtro a la segunda etapa de la bomba de combustible. La segunda etapa de la bomba descarga el combustible a la unidad de control de combustible.

### c. Bomba

- Encargada de dar presión al combustible y surtir a través de las diferentes cañerías.
- Tipo: centrífuga
- Capacidad: 14,500 pph
- Presión: 1000 psi

### Figura 26

*Bomba del sistema de combustible*



*Nota.* Se muestran la bomba del sistema de combustible del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010).

### d. Unidad de control de combustible (FCU)

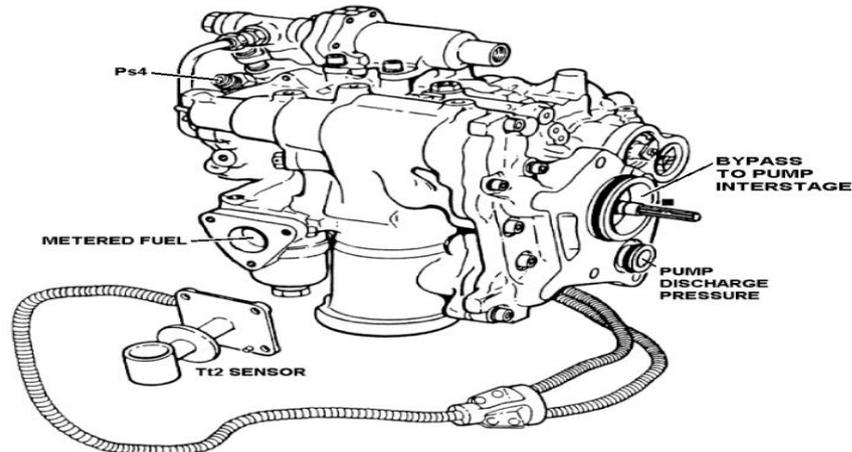
La unidad de control de combustible (FCU) es un dispositivo hidromecánico de medición de combustible, diseñado para programar y controlar el flujo de combustible y así generar el empuje requerido.

El FCU consiste en un sistema de medición y cálculo. El sistema de medición selecciona la proporción de flujo de combustible para ser suministrado a las cámaras de combustión del motor de acuerdo con la

cantidad de empuje gobernada por el piloto, pero sujeto a las limitaciones del funcionamiento del motor.

### Figura 27

*Unidad de control de combustible*



*Nota.* Se muestran la Unidad de Control de Combustible del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

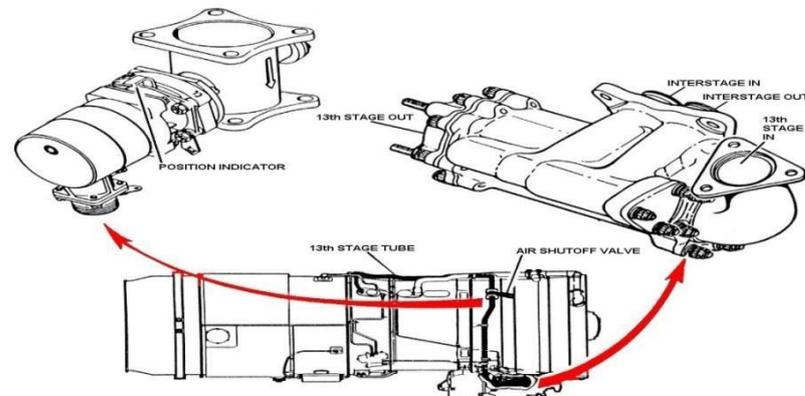
La FCU medirá combustible al motor, para controlar rpm, evitar sobrecargas durante la aceleración-desaceleración y evitar cualquier escape de combustible. La entrega de combustible es automáticamente compensada por las variaciones de altitud y el cambio en la temperatura del combustible. (FEDEX, 2010).

#### **e. Sistema anti-ice del combustible**

El sistema anti-ice de combustible del motor detecta la presencia de hielo en el combustible y proporciona un calentamiento controlado para derretir el hielo del combustible. El combustible generalmente contiene gotitas de agua suspendidas cuando la temperatura del combustible cae por debajo del punto de congelación del agua. Estas gotitas de agua suspendidas se congelan y forman el hielo. El hielo eventualmente obstruye el filtro principal de combustible y restringe el flujo normal al motor. (BOEING COMPANY, 2007)

**Figura 28**

*Válvula de aire de sangrado del sistema de anti-ice*



*Nota.* Se muestran la válvula de aire se sangrado del sistema anti -ice del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

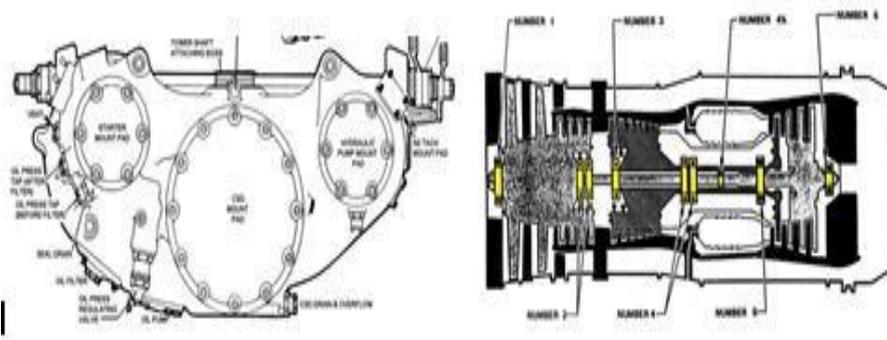
### **2.8.3 Sistema de lubricación**

El sistema de lubricación tiene tres funciones principales que son: lubricar, refrigerar y reducir la fricción de los cojinetes y la caja de accesorios. Trabaja con tres sistemas, el sistema de presurización, el sistema de recuperación y el sistema de respiradero. El sistema de presión, suministra aceite presurizado a los cojinetes y a los mandos de accesorios del motor.

El sistema de recuperación, remueve aceite desde los cojinetes y mandos de accesorios y lo envía de retorno al tanque. El sistema de respiradero, controla la presión en el compartimiento de los cojinetes.

**Figura 29**

*Sistema de lubricación*



*Nota.* Se muestra el sistema de lubricación del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

El motor puede funcionar satisfactoriamente en cualquiera de los aceites aprobados, sin embargo, un tipo de aceite no debe ser mezclado con cualquier otro tipo de aceite, el tipo de aceite con el cual trabaja es el PWA 521 y la cantidad que almacena el tanque es de 4 galones.

**a. Componentes**

El sistema de lubricación consiste de un tanque o reservorio, una bomba de presión, un filtro de aceite, una válvula reguladora de presión, un enfriador de aceite- combustible, una bomba de recuperación y un inyector de aceite. Cada motor está provisto con un sistema de aceite independiente que provee lubricación y refrigeración de los engranajes del motor y los cojinetes.

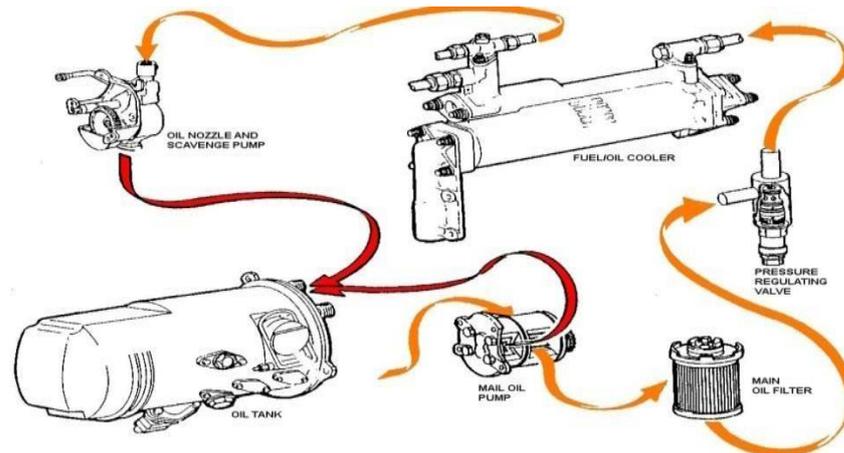
**b. Funcionamiento**

Un tanque de almacenamiento de aceite montado en la parte inferior izquierda del motor, provee una provisión continua de aceite a la bomba de presión de aceite impulsada por el motor en la caja de los accesorios. Esta bomba provee una presión de 40 a 55 psi.

El aceite refrigerado es luego distribuido a los cojinetes del motor a través de un colector de distribución y galerías formadas en la estructura del motor, la cantidad de fluido es de 35 galones/minuto.

**Figura 30**

*Funcionamiento del sistema de lubricación*



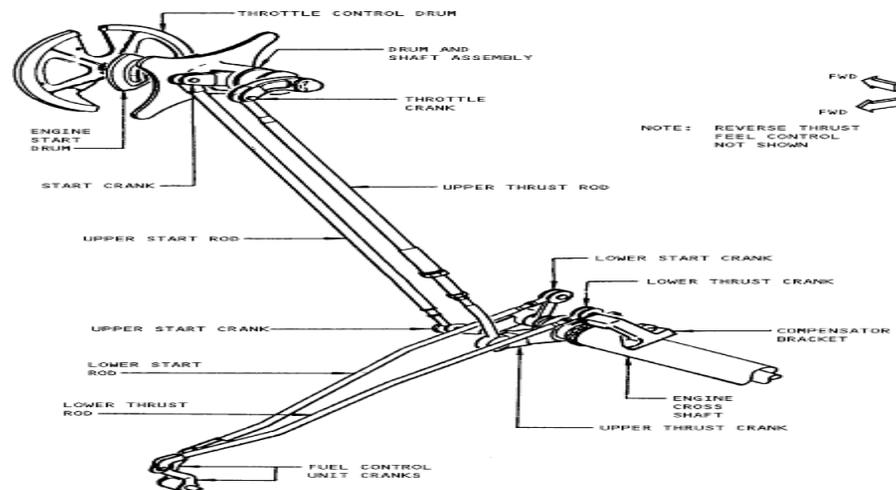
*Nota.* Se muestra el funcionamiento del sistema de lubricación del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

Un filtro de aceite es provisto hacia debajo de la bomba de aceite. El casquete del filtro es hecho integral con la caja de cambios de accesorios. Una cubierta removible está localizada en la parte externa de la caja de accesorios para permitir el remplazo o limpieza del núcleo del filtro. Una válvula de alivio está localizada entre la entrada y salida del filtro.

Si el filtro se congestiona o se tapa, esta válvula se abrirá y permitirá un fluido de aceite no filtrado para circular en el motor. El aceite es rescatado de las cavidades de los cojinetes del motor por tres bombas y retorna a la caja de cambios de accesorios. Desde ahí, es bombeada de regreso dentro del tanque de aceite del motor.

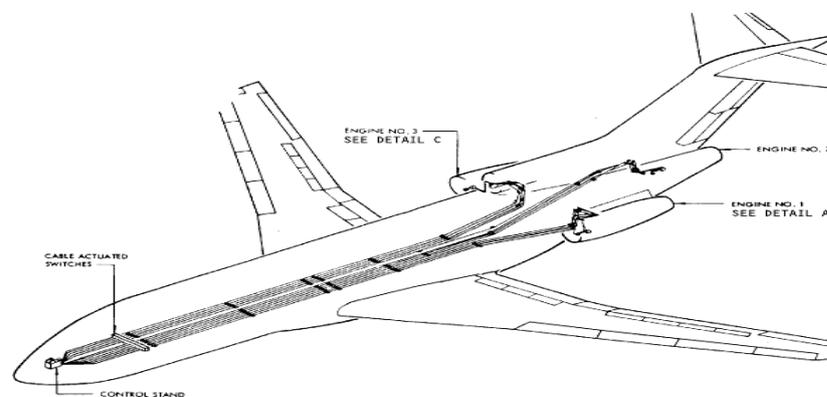
#### **2.8.4 Sistema de controles del motor**

Un sistema de control de accionamiento manual para cada motor proporciona control independiente de arranque y empuje del motor. El arranque de cada motor se lleva a cabo mediante el uso de una sola palanca para activar el sistema de encendido y para iniciar el flujo de combustible al motor. Otra palanca controla tanto el empuje hacia adelante y hacia atrás regulando el flujo de combustible y también para accionar la reversa. Un mecanismo de bloqueo impide el accionamiento simultáneo de las palancas de empuje y de la reversa de cada motor. (BOEING COMPANY, 2007)

**Figura 31***Palancas de control de potencia*

*Nota.* Se muestra las palancas de control de potencia del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

El sistema de control del motor consiste en una palanca de arranque y un conjunto de palanca de empuje de cada motor, conectados por una serie de cables de control del acelerador y las unidades de control de combustible en los motores. Una palanca reguladora de empuje aplica una fuerza de frenado a todos los conjuntos de palanca durante la operación de empuje. Cada palanca de arranque del motor está conectada por cables a la unidad de tambor de impulsión. (BOEING COMPANY, 2007)

**Figura 32***Sistema de control de potencia de los motores*

*Nota.* Se muestra el sistema de control de potencia del Motor JT8D. Tomado de (FEDEX, 2010)

### 2.8.5 Sistema de indicación

El sistema de indicación para cada motor consiste de un indicador y de un transmisor. Cada sistema provee una lectura de las condiciones de operación del motor en los indicadores localizados en la cabina de control. Esta información habilita el monitoreo de la salida del motor y permite mantener un desempeño máximo de vuelo. El sistema de indicación tacómetro para cada motor es un circuito eléctrico cerrado que consta de un indicador y un generador tacómetro. (BOEING COMPANY, 2007).

#### Figura 33

*Sistema de indicación de los motores – P2*



*Nota.* Se muestra el sistema de indicación de los Motor –P2. Tomado de (FEDEX, 2010)

El transmisor tacómetro es básicamente un pequeño alternador de tres fases (AC generador) en la cual el voltaje y la frecuencia de salida, se utiliza en función de las rpm del motor, para conducir al indicador. La corriente generada por el generador tacómetro se transmite a través del circuito al indicador en el panel de instrumentos del motor. (BOEING COMPANY, 2007)

El sistema de indicación del motor incluye, el sistema relación de presión del motor (EPR), un sistema de tacómetro para medir la velocidad del compresor de presión baja N1 y el compresor de presión alta N2, un

sistema indicador de temperatura de escape de gas EGT y un sistema de medición de flujo de combustible. (BOEING COMPANY, 2007)

### **2.8.6 Preservación de una aeronave**

Cuando una aeronave está inactiva temporalmente se le asignan tareas periódicas de mantenimiento con el fin de mantenerlo siempre a punto para entrar de nuevo en servicio, una de estas es la preservación el cual es un proceso muy delicado, minucioso y exige revisar constantemente el estado de conservación de todos o en gran mayoría de los componentes de la aeronave.

Los motores requieren de una preservación de acuerdo al número de días que vayan a estar fuera de servicio, los tiempos que menciona Manual de Mantenimiento del Motor JT8D (VER ANEXO A) son:

**Tabla 4**

*Tipos de preservación del motor del JT8D*

<b>PRESERVACIÓN DEL MOTOR JT8D</b>	
<b>DÍAS FUERA DE SERVICIO</b>	<b>PROCEDIMIENTOS</b>
<b>0-7 días</b>	El motor puede permanecer sin preservarse siempre y cuando: (a) El motor esté protegido. (b) La humedad no sea excesivamente alta. (c) El motor no esté sometido a cambios extremos de temperatura.
<b>7-28 días</b>	El motor puede permanecer sin preservarse siempre que: (a) Todas las aberturas del motor del motor estén selladas y la humedad relativa en el motor se mantenga por debajo del 40%.
<b>28-90 días</b>	Sólo debe preservarse el sistema de combustible, el sistema de aceite El sistema de aceite del motor no necesita ser drenado ni preservado. Deben utilizarse agentes desecantes, indicadores de humedad.
<b>90 días o más</b>	La conservación del motor debe ser completa. Preservar el sistema de aceite del motor y el sistema de combustible
<b>Motor en espera de reparación / overhaul</b>	Se debe tener medidas de preservación adecuadas en el momento de retirar el motor de la aeronave.

*Nota.* La tabla muestra los tipos de conservación del motor JT8D de acuerdo al número de días fuera de servicio. Tomado de (MarcadorDePosición1).

Los motores, son el componente de mayor costo de cualquier aeronave comercial, por tal razón se lubrican las partes móviles para protegerlos de la humedad y la corrosión. Para que no ingresen elementos extraños, insectos y aves a su interior se protege con cobertores que cubren la entrada (fan) y parte posterior (escape) del motor.

## CAPÍTULO III

### 3. Desarrollo del tema

#### 3.1 Descripción general

La preservación de un motor se debe realizar de acuerdo a los procesos dados en diferentes manuales, en este caso se muestra el proceso de preservación según el manual de mantenimiento del motor JT8D, emitido por el fabricante Pratt & Whitney. Si un motor se almacena sin los procedimientos de preservación, será necesario añadir procedimientos de inspección y mantenimiento adicionales antes de que pueda volver a entrar en servicio.

Hay que recalcar de manera muy enfática que no se efectuó algunos de estos procedimientos como señala técnicamente el manual ya que el motor JT8D forma parte de los equipos de instrucción de la universidad y no es un motor el cual va a regresar al servicio, por tal razón, a continuación se explica de manera clara cuales son los procedimientos técnicos dados por el fabricante para la preservación del motor y luego se explicará que trabajos extras se realizó en el mismo, para conservarlo como material de instrucción.

Como se mencionó en el Capítulo II, de acuerdo al manual del fabricante del motor existe un programa de intervalos dependiendo el número de días que se detenga o que vaya a estar inactivo el motor, en nuestro caso el que vamos a considerar es el de 90 días o más; por lo tanto, debemos realizar la preservación completa y esta abarca preservar los sistemas de combustible y aceite del motor.

Nota: Se debe realizar primero la reservación del sistema de combustible y luego la preservación del sistema de aceite.

### 3.2 Preservación del sistema de combustible del motor JT8D

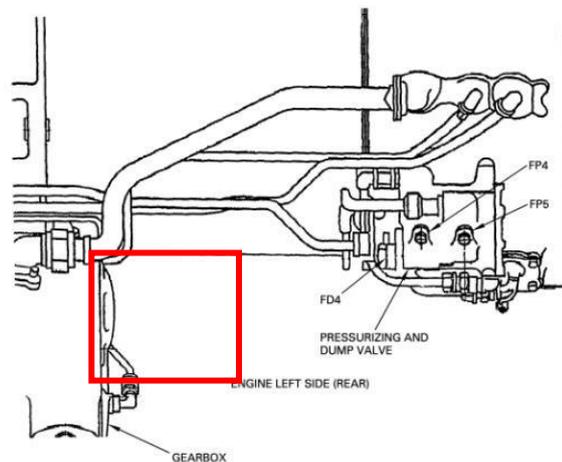
Los procedimientos para preservar el sistema de combustible del motor de acuerdo al Manual de Mantenimiento del Motor JT8D (VER ANEXO B) son:

Desconectar el suministro de combustible de la entrada de la bomba de combustible y conectar una línea de suministro de aceite filtrado de lavado a una presión de entrada de 5 - 25 psi y a una temperatura mínima de 60°F (15.6°C).

Nota: El aceite de lavado filtrado debe ser un aceite de base mineral ligero equivalente al MIL-L-6081 Grado 1010.

#### Figura 34

*Línea de suministro de combustible a la bomba*



Nota. Se muestra la línea de suministro de combustible a la bomba del Motor JT8D. Tomado de (Pratt & Whitney, 2006)

Luego de instalar la línea de presión se debe retirar el filtro de la válvula de presurización y descarga de combustible e instalar un adaptador (PWA12386), al mismo que debe estar conectada una manguera y que desemboque en un recipiente con una capacidad mínima de seis galones.



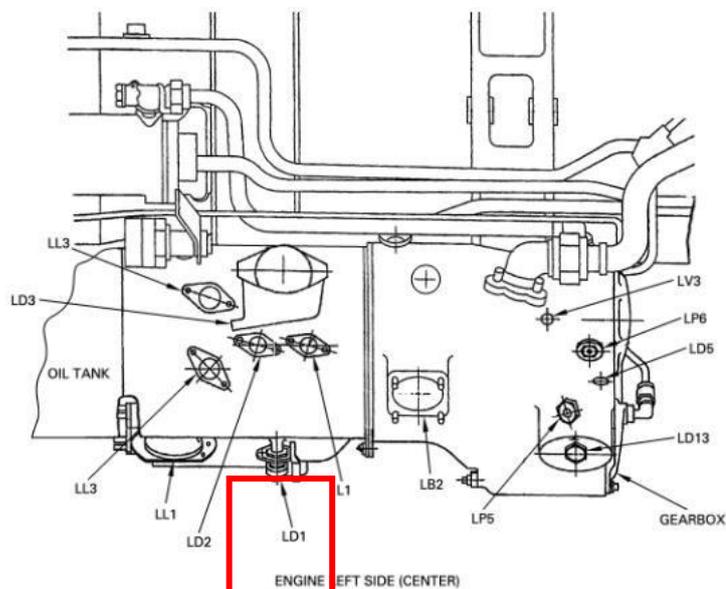
### 3.3 Preservación del sistema de aceite del motor JT8D

Los procedimientos para la preservación del sistema de aceite del motor de acuerdo al Manual de Mantenimiento del Motor JT8D (VER ANEXO C) son los siguientes:

Girar el motor con la unidad de potencia auxiliar hasta que se tenga rotación del compresor N2 y presión de aceite en la mirilla del starter, luego se debe desconectar el starter. Drenar el aceite de la caja de accesorios y del reservorio del sistema de aceite. Para drenar el aceite de estos dos lugares es necesario retirar el tapón del punto de drenaje que está en la parte inferior, además se debe tener dos recipientes para evitar derrames de aceite.

#### Figura 36

*Drenaje del reservorio del sistema de aceite LD1*

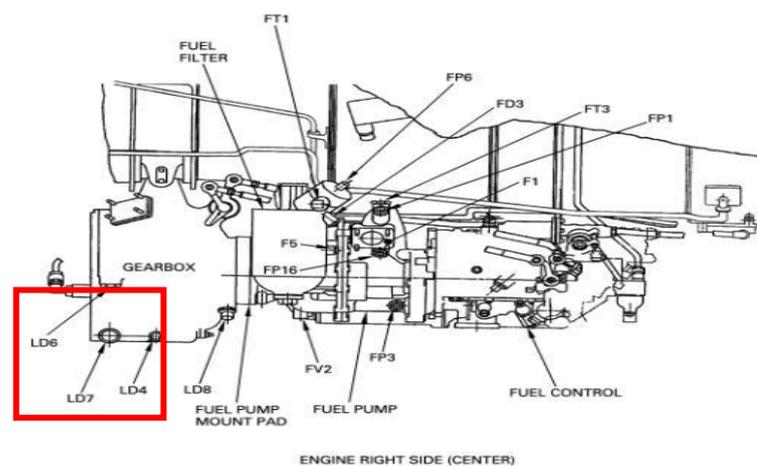


*Nota.* Se muestra el drenaje del reservorio del sistema de aceite del Motor JT8D. Tomado de (Pratt & Whitney, 2006)

Para poder drenar el aceite de la cavidad del CSD (entre el CSD y la cara posterior de la base del CSD de la caja de accesorios), hay que retirar el tapón y el conector LD7 en la parte inferior derecha de la caja de accesorios. Una vez que se drene el aceite de la cavidad del CSD, instalar dos nuevos packing (lubricados con el PWA 36500) e instalar el tapón y conector LD7.

### Figura 37

#### Conector LD7



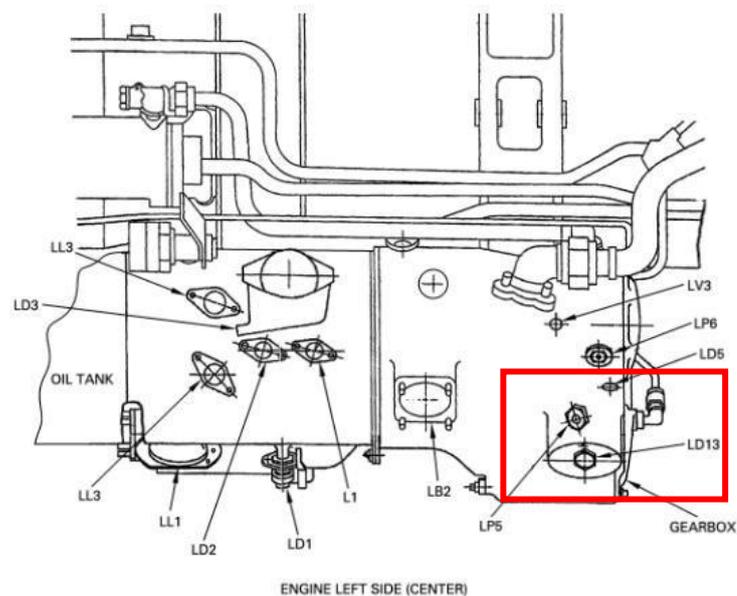
*Nota.* Se muestra el conector LD7 para drenar el aceite de la caja de accesorios del Motor JT8D. Tomado de (Pratt & Whitney, 2006)

Con los drenajes abiertos, encender el motor a 1.600 rpm mínimo con el starter, permitiendo que las bombas de recuperación limpien el motor. Para evitar un funcionamiento excesivo con una lubricación limitada, se debe restringir la rotación al menor tiempo posible. Los límites de tiempo de funcionamiento del starter no deben ser excedidos.

Retirar el filtro de aceite principal (si es de 175 micras) y lavar el conjunto en disolvente de petróleo. Dejar que el aceite del motor drene a un ritmo lento durante aproximadamente media hora.

**Figura 38**

*Filtro de aceite principal LD13*



*Nota.* Se muestra la ubicación del filtro de aceite principal LD13 del Motor JT8D. Tomado de (Pratt & Whitney, 2006)

Instalar el filtro de aceite, cerrar los drenajes y llenar el reservorio de aceite con aceite limpio. Ponga el motor en rotación con el starter hasta que se observe la indicación de presión de aceite. Arrancar y operar el motor durante cinco minutos a 75 por ciento máximo y apagar el motor.

Nuevamente se debe drenar el aceite de la caja de accesorios y del reservorio del sistema de lubricación. Cerrar el drenaje del reservorio de aceite. Untar los tapones del drenaje de la caja de accesorios N2 con aceite e instalar con dos packing nuevos en el drenaje. Frenar los tapones. Cubrir o sellar todas las aberturas del motor para impedir la entrada de materiales extraños y la acumulación de humedad.

Las secciones de llenado de aceite deben ser etiquetados con la fecha de preservación. Cubrir la entrada de aire delantera del motor así como la tobera de escape del motor, instalando un indicador de humedad en cada extremo. Deben

preverse ventanas de inspección en cada extremo a través de las cuales sean visibles los indicadores.

La inspección del motor preservado debe realizarse cada dos semanas si el motor se encuentra almacenado fuera de un hangar o bodega y cada 30 días si se almacena en el interior. Si la humedad relativa indicada en las tarjetas de humedad es del 40 por ciento o menos, no se requiere ninguna acción adicional. Si el indicador de humedad 40 por ciento o más, se debe des preservar el motor y volver a preservarlo.

### **3.4 Tareas de mantenimiento adicionales**

#### **3.4.1 *Traslado del motor***

El motor se encontraba en un lugar no adecuado a expensas de lluvia y sol, de tal manera que se procedió a trasladar a un área adecuada para realizar varias tareas de mantenimiento, que son expuestas a continuación:

#### **Figura 39**

*Izaje del motor*



Para el traslado del motor se rentó una grúa con una capacidad de hasta 10 toneladas. El motor fue sujeto por el mismo brazo hidráulico y a la vez se trasladó en la cama baja de la misma grúa.

**Figura 40**

*Traslado del motor*



*Nota.* En la figura se observa el traslado del motor hacia un lugar donde se pueda realizar un mantenimiento adecuado.

### **3.4.2 Limpieza general**

Se procedió a limpiar el motor y sus respectivos componentes, ya que estos se encontraban con partes de césped y tierra. Para la limpieza se utilizó lo que es agua, tela y brochas pequeñas.

**Figura 41**

*Limpieza exterior del motor*



*Nota.* En la figura se observa la inspección preliminar que se realizó al motor, encontrando diferentes anomalías principalmente corrosión.

### 3.4.3 Reemplazo de ruedas del soporte del motor

Se realizó el cambio de ruedas, ya que por el tiempo que permaneció el motor expuesto a lluvia y sol, estas se encontraban deterioradas y rotas.

#### Figura 42

*Reemplazo de ruedas del soporte del motor*



*Nota.* En la figura se observa el cambio de ruedas.

Las nuevas ruedas que fueron instaladas son de tipo industriales, con material de goma y soportan hasta 6 quintales, tienen un tiempo de duración promedio de 10 años.

#### Figura 43

*Ruedas industriales de goma*



*Nota.* En la figura se observa las ruedas de gomas reemplazadas por las desgastadas.

#### 3.4.4 Proceso de pintura del soporte y del motor

Ya instaladas las ruedas se procedió cumplir con el proceso de pintura del soporte, el cual estaba en pésimas condiciones debido a la corrosión encontrada.

##### Figura 44

*Proceso de pintura del soporte del motor*



*Nota.* En la figura se observa el proceso de pintura a la base del motor.

De igual manera se procedió a pintar todo el motor y la caja de accesorios teniendo mucho cuidado en manchar el soporte, por tal razón se cubrió con plásticos y papel.

##### Figura 45

*Proceso de pintura del motor*

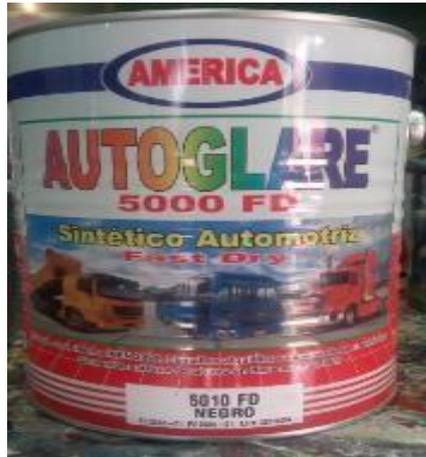


*Nota.* En la figura se observa el proceso de pintura del motor.

Para el proceso de pintura de la superficie exterior e interior del motor se manejó una pintura sintética simplificada de marca Autoglare, con pigmentos de máxima resistencia a la luz natural y al ambiente exterior.

#### **Figura 46**

*Pintura sintética autoglare*



*Nota.* En la figura se observa el tarro de pintura para el motor.

Terminados los procedimientos de pintura del motor, se procedió a limpiar las superficies, para ello recurrimos a una línea de presión ya que nos permite rosear rápidamente todas las superficies del mismo y obtener una buena limpieza.

#### **Figura 47**

*Limpieza final exterior e interior*



*Nota.* En la figura se observa el proceso de limpieza final exterior y interior motor.

### 3.4.5 Rotulado de componentes principales

Si bien es cierto el motor forma parte del equipo de instrucción de la universidad, es de vital importancia que tenga cierta nomenclatura en sus diferentes componentes, para lo cual se colocó una mica de plástico con sus respectivos nombres de cada compresor y turbina.

**Figura 48**

*Rotulado*



*Nota.* En la figura se observa el rotulado.

Se realizaron ciertos trabajos que permiten que se completen algunos componentes del motor para las respectivas prácticas de los estudiantes de la carrera, como son: reemplazo del filtro de combustible del sistema, ajuste del tapón del drenaje de la caja de accesorios.

**Figura 49**

*Filtro de combustible*



*Nota.* En la figura se observa el proceso del cambio del filtro de combustible.

Para finalizar, se ejecutó la señalización de algunas normas de seguridad, para ello se instaló pequeñas leyendas en varios lugares del motor.

### Figura 49

#### *Rotulado de normas de seguridad*



*Nota.* En la figura se observa el rotulado de las normas de seguridad.

### 3.5 Análisis de costos

Los costos de la preservación, proceso de pintura y tareas de mantenimiento adicionales del motor JT8D, así como también el costo del alquiler de la grúa la cual se empleó para el traslado del motor hacia el laboratorio de la carrera se dividieron en dos partes:

### 3.5.1 Costos primarios

- Materiales, equipos y herramientas

**Tabla 5**

*Costos primarios*

<b>COSTOS PRIMARIOS</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
02	Llantas	15,00	30,00
01	Pintura	70,00	70,00
20	Lijas	0,70	14,00
03	Letreros de seguridad	5,00	15,00
06	Especificaciones	3,00	18,00
01	Especificación general	20,00	20,00
01	Tubos	8,00	8,00
01	Soplete de pintura	20,00	20,00
01	Cables	2,50	2,50
01	Protector de cables	4,00	4,00
01	Grúa	80,00	80,00
05	Plástico	2,00	10,00
06	Papel comercio	0,60	3,60
01	Filtro de combustible	10,00	10,00
03	Aceite de motor	8,00	24,00
02	Gastos varios	17,95	35,90
<b>TOTAL</b>			<b>365</b>

*Nota.* La tabla muestra los precios de todos los materiales, herramientas y equipos utilizados tanto en la preservación y el traslado del Motor JT8D.

### 3.5.2 Costos secundarios

- Manuales digitales de la aeronave y del motor.
- Documentación, requisitos y solicitudes para la universidad.
- Logística

**Tabla 6***Costos secundarios*

<b>COSTOS SECUNDARIOS</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
3	Manuales	\$60	\$60
NA	Documentos, requisitos y solicitudes	\$20	\$20
NA	Transporte y alimentación	\$100	\$100
NA	Logística	\$80	\$80
<b>TOTAL</b>			<b>\$260</b>

*Nota.* La tabla muestra los precios de todos los demás gastos tanto en documentación, como en transporte y logística para el desarrollo del proyecto.

### **3.5.3 Costo total del proyecto**

- Costos primarios + costos secundarios

**Tabla 7***Costo total del proyecto*

<b>COSTO TOTAL</b>		
<b>N°</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
1	Costos primarios	365
2	Costos secundarios	360
<b>TOTAL</b>		<b>625</b>

*Nota.* La tabla muestra el costo total del desarrollo y culminación del proyecto de grado sumando los costos primarios más los secundarios.

## CAPÍTULO IV

### 4. Conclusiones y recomendaciones

#### 4.1 Conclusiones

- Los respectivos manuales de mantenimiento y la documentación del motor, abarcan todos los procedimientos técnicos para realizar una preservación del Motor JT8D siempre y cuando vaya a ser almacenado definitivamente o por ciertos períodos de tiempo.
- El traslado del Motor JT8D resultó satisfactorio y sin ningún inconveniente ya que se utilizó un equipo adecuado y personal capacitado para dicho trabajo, permaneciendo el motor en un laboratorio de la carrera que asegura su cuidado y almacenamiento.
- La preservación del motor JT8D se desarrolló de acuerdo a cada proceso que menciona el manual del fabricante, tomando en cuenta que el motor forma parte del equipo de instrucción de la carrera.

#### 4.2 Recomendaciones

- Para este tipo de tareas de mantenimiento es necesario poseer toda la documentación tanto de la aeronave y del motor ya que nos ayudará guiarnos y seguir paso a paso los procedimientos y no cometer errores durante el proceso.
- Se considera muy indispensable la adquisición de una grúa o un levanta cargas ya que estas unidades nos permitirán levantar sin ningún inconveniente la gran mayoría de equipos de instrucción que conserva la universidad.
- La preservación de un motor forma parte del mantenimiento del mismo, por lo que es necesario que se implemente un sistema de programa de mantenimiento de los quipos y de las aeronaves de instrucción de la carrera.

## 5. Glosario de términos

**Preservación:** Se trata de la protección o cuidado sobre alguien o algo para conservar su estado y evitar que sufra un daño o un peligro, y a su vez guardarlo en un lugar adecuado que cumpla con las condiciones de almacenaje.

**Inspección:** Análisis de los diferentes componentes de una aeronave, comerciales y militares, con el fin de determinar su correcto estado de funcionamiento de acuerdo a las directrices indicadas por el organismo oficial competente.

**Cámara de Combustión:** Espacio del motor en que se comprime la mezcla de aire y carburante y se produce la combustión.

**Compresor:** Componente que absorbe el aire de la atmósfera y aumenta su presión para que pueda ser introducido en la cámara de combustión, además recibe la potencia de la turbina a través de su eje.

**Alabes:** Un álabe es la paleta curva de una turbo máquina o máquina de fluido roto dinámica. Forma parte del rodete y, en su caso, también del difusor o del distribuidor.

**Filtro:** Dispositivo que retiene ciertos elementos y deja pasar otros. El concepto suele referirse al material poroso que permite el tránsito de un líquido pero bloquea a las partículas que el fluido lleva en suspensión.

**Packing:** Junta de forma toroidal, habitualmente de goma, cuya función es la de asegurar la estanqueidad de fluidos, por ejemplo en cilindros hidráulicos y cilindros neumáticos, como también en equipamiento de submarinismo acuático.

## 6. Bibliografía.

Aviastar. (1963). *Aviastar*. Obtenido de

Aviastar:

<http://www.aviastar.org/air/usa/boeing-727.php>

BOEING COMPANY. (2007). *Aircraft Maintenance Manual*. Unpublished Work:  
Unpublished Work.

BOEING COMPANY. (2007). *Aircraft Maintenance Manual - ATA 73*.  
WASHINGTON: Unpublished Work.

BOEING COMPANY. (2007). *Aircraft Maintenance Manual - ATA 76*.  
WASHINGTON: Unpublished Work.

BOEING COMPANY. (2007). *Aircraft Maintenance Manual - ATA 77*.  
WASHINGTON: Unpublished Work.

BOEING COMPANY. (2007). *Aircraft Maintenance Manual - ATA 80*.  
WASHINGTON: Unpublished Work.

BOEING COMPANY. (2007). *Aircraft Maintenance Manual- ATA 71*.  
Washington: Unpublished Work.

Cryogas. (2021). *ELECTRODOS PARA ACEROS AL CARBONO*. Bogotá:  
Grupo

Indura.

FEDEX. (2010). *TRAINING MANUAL BOEING 727*.

Fernandez, J. (Octubre de 1988). *Boeing 727-134 - Ecuador - TAME*  
[Fotografía].

Obtenido de Airlines.net:

<https://www.airliners.net/photo/Ecuador-TAME/Boeing-727-134/89602/L>

Gizmo. (2003). *Motores a Reacción*. Obtenido de Turbohélice y  
turboeje: <http://sandglasspatrol.com/IIGM->

12oclockhigh/Motores%20a%20Reaccion.htm

Greelane. (7 de Febrero de 2019). *Cómo funcionan 5 motores a reacción diferentes*.

Obtenido de Cómo funcionan 5 motores a reacción diferentes:

<https://www.greelane.com/es/humanidades/historia-y-cultura/different-types-of-jet-engines-1992017/>

Pratt & Whitney. (2006). *JT8D MAINTENANCE MANUAL - PRESERVATION - ATA 72 - FIGURA 301*.

Wikipedia. (8 de Mayo de 2021). *Wikipedia*. Obtenido de Motor aeronáutico:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_aeron%C3%A1utico](https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_aeron%C3%A1utico)

Wikipedia. (4 de Enero de 2022). *Wikipedia*. Obtenido de Boeing 737:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Boeing\\_737#Serie\\_100](https://es.wikipedia.org/wiki/Boeing_737#Serie_100)

Yébenes, J. (25 de Septiembre de 2019). *Asociación AIRE*. Obtenido de Motores a Reacción: <https://www.aire.org/motores-a-reaccion/>

# Anexos

