

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**“SECCIONAMIENTO DEL MOTOR PT6A-41 PARA FINES  
DIDÁCTICOS Y ANALISIS DE FUNCIONAMIENTO”**

**POR:**

**CBOS MC AV VARGAS VARGAS YAMKELLY MANRIQUE**

**Proyecto de grado presentado como requisito para la obtención del**

**Título de:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

**2004**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **CBOS MC AV VARGAS VARGAS YAMKELLY MANRIQUE** como requerimiento parcial para la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA**.

-----

-

Ing. Dag Bassantes

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

Latacunga 20 de Mayo del 2004

## **AGRADECIMIENTO**

Mi sincero agradecimiento a Dios por darme la vida y culminar con éxito mis objetivos.

A mis padres por guiarme por el camino del bien, el apoyo incondicional para culminar con éxito mi carrera profesional.

A la noble institución ARMADA DEL ECUADOR por brindarme la oportunidad de ser un profesional y pertenecer a ella.

Mi gratitud para los señores instructores académicos del ITSA por sus enseñanzas y conocimientos incondicionales impartidos durante el tiempo de mi estadía en el mismo.

Un agradecimiento a los señores Ing. Guillermo Trujillo e Ing. Dag Bassantes.

**CBOS MC AV VARGAS YAMKELLY**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo dedico a las futuras generaciones del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, a esa juventud visionaria y emprendedora que vence los obstáculos que la vida impone día a día para alcanzar una meta y una vez alcanzado lleven con mucho orgullo y profesionalismo el título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica.

**CBOS MC AV VARGAS YAMKELLY**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Certificación-----	II
Agradecimiento-----	III
Dedicatoria-----	IV
Índice de contenido-----	V
Lista de Tablas-----	VIII
Lista de Anexos-----	IX
Lista de Figuras-----	X
Glosario-----	XII

## INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema-----	1
1.2 Justificación-----	1
1.3 Objetivos-----	2
1.4.1. Objetivo General-----	2
1.4.2. Objetivo Específico-----	2
1.4 Alcance-----	2

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

1.1. Generalidades-----	3
1.2. Especificaciones del motor-----	3

1.3.	Rebordes o puntos de separación del motor-----	4
1.4.	Cojinetes del motor-----	5
1.5.	Descripción del motor turbohélice PT6A-41-----	6
1.6.	Partes principales del motor turbohélice PT6A-41-----	10
1.6.1	Sección generadora de gas-----	11
1.6.2	Sección de la turbina de potencia y ducto de escape-----	18
1.6.3	Sección de engranajes-----	21
1.7.	Principio de funcionamiento del motor PT6A-41-----	26

## **CAPÍTULO II**

### **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

2.1.	Alternativas de seccionamiento-----	46
3.2.	Análisis de alternativas de seccionamiento-----	47
2.3.	Estudio de parámetros-----	48
2.3.1.	Determinación de la mejor alternativa de seccionamiento-----	51

## **CAPÍTULO III**

### **SECCIONAMIENTO**

3.1.	Desmontaje total del motor-----	52
3.2.	Procedimiento del seccionamiento-----	57
3.3.	Montaje del motor seccionado-----	66

3.4.	Diagrama de proceso-----	68
3.5.	Cálculo del soporte-----	69

## **CAPÍTULO IV**

### **ELABORACIÓN DE MANUALES**

4.1.	Manual de operación-----	73
4.2.	Manual de mantenimiento-----	77

## **CAPÍTULO V**

### **ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO**

5.1.	Presupuesto para la elaboración de seccionamiento del motor PT6A-41-----	81
5.1.1.	Análisis de tiempo de seccionamiento-----	82
5.1.2.	Análisis económico -----	80
5.4.	Costo total-----	86

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1.	Conclusiones-----	87
6.2.	Recomendaciones-----	87

Bibliografía

Anexos

## LISTAS DE TABLAS

Tabla 1.1. Especificaciones del motor-----	3
Tabla 1.2. Presiones y temperaturas del motor-----	6
Tabla 2.1. Cuadro de evaluación de parámetros-----	51
Tabla 3.1. Pasos para el desmontaje del motor-----	52
Tabla 4.1. Procedimiento de MM, operación y registro del motor-----	73
Tabla 5.1. Relación de la mano de obra / hors laborables-----	82
Tabla 5.2. Valores de materiales-----	83
Tabla 5.3. Equipo y herramienta (alquiler) -----	84
Tabla 5.4. Valor de horas /hombre-----	85
Tabla 5.5. Valor de transporte-----	85
Tabla 5.6. Costo total de la inversión-----	86



## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO A Corte total del motor PT6A-41 a 45°

ANEXO B Corte parcial del motor PT6A-41 a 120°

ANEXO C Descripción de colores

ANEXO Da Especificaciones generales “TUBO ESTRUCTURAL”

ANEXO Db Propiedades típicas de materiales seleccionados.

ANEXO E Especificaciones de ruedas

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Especificaciones del motor PT6A-41-----	4
Figura 1.2. Modelo del motor-----	10
Figura 1.3. Partes principales del motor (secciones) -----	11
Figura 1.4. Malla y caja de entrada de aire del compresor-----	12
Figura 1.5. Caja generadora de gas, compresor-----	15
Figura 1.6. Cámara de combustión-----	16
Figura 1.7. Conducto de salida grande, pequeño-----	17
Figura 1.8. Turbina de potencia -----	19
Figura .19. Caja de engranaje delantero de reducción-----	22
Figura 1.10. Caja de engranaje de los accesorios parte posterior-----	25
Figura 1.11. Flujo de aire a través del motor-----	28
Figura 1.12. Posición de la válvula de sangrado y sus partes-----	29
Figura 2.1. Estado del motor en que se encuentra-----	46
Figura 3.1. Desmontaje del motor en sus tres secciones (partes) -----	53
Figura 3.2. Partes internas de la sección de engranaje de reducción-----	54
Figura 3.3. Sección de potencia (turbina de potencia) -----	54
Figura 3.4. Válvula de sangrado-----	55
Figura 3.5. Cámara de combustión y conductos (grande, pequeño) -----	55
Figura 3.6. Turbina del compresor y el difusor-----	56
Figura 3.7. Desarmado del conducto pequeño. Conjunto del compresor-----	56
Figura 3.8. Cortadora de plasma-----	58
Figura 3.9. Disco de corte-----	59
Figura 3.10. Rápida neumática-----	59

Figura 3.11. Esmeril en práctica-----	59
Figura 3.12. Soldadora eléctrica-----	60
Figura 3.13. Stock de herramientas-----	61
Figura 3.14. Corte de la sección de engranaje de reducción-----	62
Figura 3.15. Corte de la sección de potencia-----	62
Figura 3.16. Corte de la sección generadora de gas-----	63
Figura 3.17. Empapelado de las partes no a pintarse-----	64
Figura 3.18. Pintado final de sus partes-----	65
Figura 3.19. Montaje de las secciones (partes internas) -----	66
Figura 3.20. Montaje del motor seccionado y del soporte-----	67

## GLOSARIO

1. F C U = Unidad de control de combustible.
2. C S U = Unidad de velocidad constante
3. N g = RPM de la turbina de gases.
4. N f = RPM de la turbina de potencia.
5. N p = RPM de la hélice.
6. P = Presión.
7. Pa = Presión de aire ambiente.
8. P2.5 = Presión de aire del compresor entre etapa.
9. P3 = Presión de descarga del compresor.
10. Px = Presión de enriquecimiento de la F.C.U.
11. Py = Presión neumática para el control de la F.C.U. y gobernador.
12. H S I = Inspección de la zona caliente.
13. T B O = Tiempo de overhaul entre periodos.
14. I T T = Tt5 temperatura ínter turbinas.
15. F O D = Daños por objetos extraños.
16. S H P = Caballos de fuerza en el eje de la hélice.
17. D p s = Datos de la placa.
18. W f = Flujo de combustible.
19. MM = Manual de mantenimiento.
20. SM = Manual de servicio.
21. IPC = Catalogo de partes.
22. TTAC = Tiempo total del avión
23. TTE = Tiempo total de motor

24. AD	=	Directiva de aeronavegabilidad
25. MGM	=	Manual general de mantenimiento.
26. P0	=	Presión de combustible de bypass.
27. P1	=	Presión de combustible no regulado
28. P2	=	Presión de combustible medido
29. AGB	=	Caja de engranaje de accesorios
30. RGB	=	Caja de engranajes de reducción
31. SB	=	Boletín de servicio
32. PT	=	Turbina de potencia
33. CT	=	Turbina del compresor
34. PSI	=	Libra / Pulgada <sup>2</sup>

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1.- Generalidades.

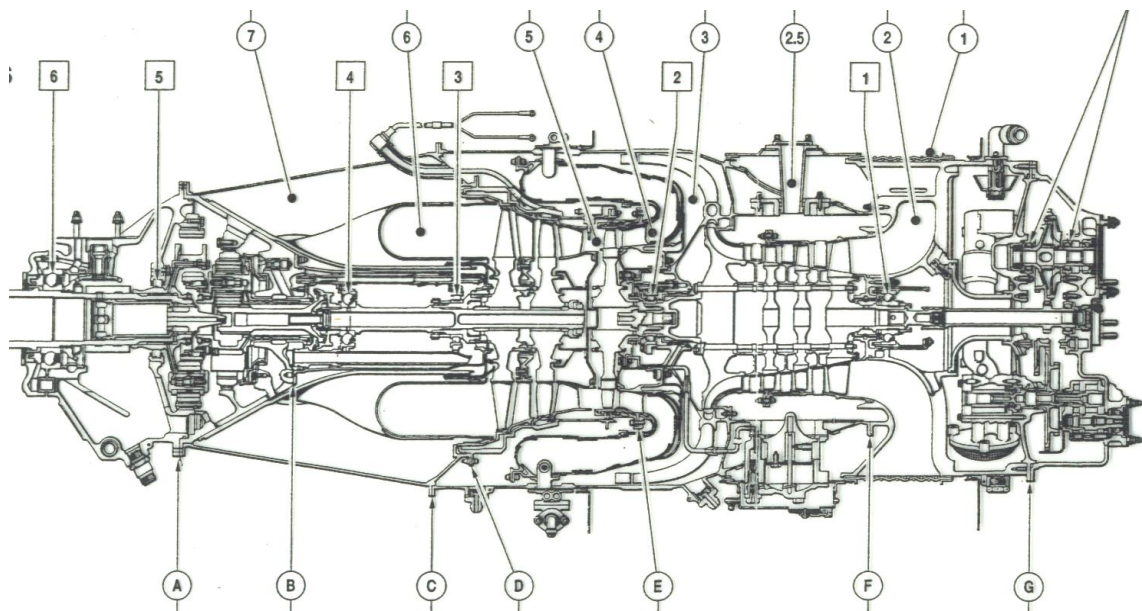
El motor PT6A-41 de nueva tecnología es de turbina libre para uso en aviones, helicópteros, buques, etc.; posee dos turbinas independientes una para impulsar al compresor y la otra para impulsar los engranajes de reducción que impulsa la hélice. La turbina de potencia es de dos etapas y su turbina del compresor C/T es más eficiente, ya que cuenta con álabes guías (vane ring) refrigerado por aire, este motor posee 4 montantes 850 SHP a 2000 R.P.M. hélice. (Tomado del manual de mantenimiento del motor).

### 1.2.- Especificaciones del motor.

En la figura 1.1 se observa las especificaciones, rebordes, cojinetes, presiones y temperaturas del motor.

**Tabla 1.1. Especificaciones del motor**

TIPO DE MOTOR	TURBINA LIBRE
TIPO DE CAMARA DE COMBUSTION	ANULAR DE FLUJO REVERSO
Rotación del eje de la hélice	Sentido de la manecilla del reloj
Relación de rotación del eje de la turbina al eje de la hélice	15 : 1
Promedio máximo de consumo de aceite.	0.2 lb/hrs.
Capacidad total del tanque de aceite	2.3 galones
Capacidad de expansión en el tanque de aceite	0.7 galones
Cantidad utilizable de aceite.	1.5 galones



**Figura 1.1. Especificaciones del motor (Rebordes, cojinetes, presiones y temperaturas).**

### **1.3.- Rebordes o punto de separación del motor.**

- A.- Entre la caja de engranajes de reducción y el conducto de escape.
- B.- Entre la caja posterior de la caja de engranaje de reducción y la cubierta del eje de la turbina de potencia.
- C.- Entre el conducto de escape y la caja del generador de gas.
- D.- Entre el conducto de escape y la cubierta de los álabes de la turbina de potencia.
- E.- Entre el conducto de salida pequeña o interna y la cubierta del anillo de refuerzo de la turbina del compresor.
- F.- Entre la caja del generador de gas parte posterior y la caja de entrada de aire al compresor.

G.- Entre la caja de entrada de aire al compresor parte posterior (tanque de aceite) el diafragma y la cubierta de la caja de los engranajes de los accesorios.

#### **1.4.- Cojinetes del motor.**

No. 1.- Rodamiento de bola, soporta al eje corto del compresor y está alojada en la caja de entrada de aire al compresor.

No. 2.- Rodamiento de rodillo, soporta el eje de la turbina del compresor (Ng). Y esta alojada en la parte central de la caja del generador de gas.

No. 3.- Rodamiento de rodillo, soporta al eje de la turbina de potencia (Nf). Y esta alojada en la cubierta del eje de la turbina de potencia.

No. 4.- Rodamiento de de bola, soporta al eje de la turbina de potencia.

No. 5.- Rodamiento de rodillo, soporta al eje de la hélice y esta alojada en la caja de engranajes de reducción.

No. 6.- Rodamiento de bola, soporta al eje de la hélice.

La tabla 1.2. presenta datos informativos de presión y temperatura en las estaciones del motor.



**Tabla 1.2. Presiones y temperaturas del motor**

<b>ESTACIONES DEL MOTOR</b>	<b>PRES. ( PSI )</b>	<b>TEMP. ( °C )</b>
Estación 1: Entrada de aire	14.7	15
Estación 2: Entrada al compresor	15	18.5
Estación 2.5: Compresor entre etapa	40	110
Estación 3: Descarga de compresor	102	278
Estación 4: Antes de la turbina	100	940
Estación 5: Entre de turbina	37	710
Estación 6: Conducto de escape	16.5	560
Estación 7: Escape a la atmósfera	17	543

**1.5.- Descripción del motor turbohélice modelo PT6A-41.**

En la figura 1.2 se describe el modelo del motor.

El motor PT6A-41 es un motor de turbina libre de pequeño tamaño y bajo peso. La relación de compresión del compresor varia de 6.3:1 a 12.0:1 según el modelo del motor. La potencia generada varia de 400 a 1424 SHP según el modelo. El motor utiliza dos secciones de turbina independientes: una es la turbina que mueve el compresor (C/T) y la otra la turbina de potencia (P/T) que a través de la caja reductora mueve la hélice. Esta última es de dos etapas modelo 41.

El motor es autosuficiente ya que el sistema de lubricación movido desde la caja de accesorios provee presión de aceite para el torquímetro y potencia para el control del ángulo de la hélice.

El aire entra al compresor a través de una cámara anular (inlet case) que se ubica en la parte posterior del motor y desde ahí entra en el compresor.

Este consta de tres etapas axiales y de una etapa centrífuga todo ensamblado y formando una unidad integral.

Los álabes en movimiento rotativo le transmiten al aire energía cinética. Detrás de cada rueda de álabes se encuentra una etapa de álabes fijos cuya función es la de transformar esa energía cinemática en energía de presión.

Cada álabe está diseñado para que en el régimen de potencia se produzca una acumulación de energía sostenida desde la primera etapa a la tercera o cuarta. La presencia de daños por objetos extraños (FOD) en los álabes es muy perjudicial para una buena compresión.

La última etapa de compresión es de tipo centrífuga (impeller) la cual aumenta la velocidad del aire considerablemente. El aire a alta velocidad entra a los tubos difusores donde gira 90 grados, transformando la velocidad en alta presión. Esta es la presión existente alrededor de la cámara de combustión y llamada presión de descarga del compresor ( $P_3$ ). El cociente  $P_3/P_{amb}$  es la que proporciona la relación de compresión.

La cámara de combustión es de construcción anular, con agujeros de distintos tamaños y configuraciones para: combustión primaria, dilución de temperatura y refrigeración de las paredes de la cámara.

El diseño de la cámara consigue mantener a través de ella la presión de los gases al tiempo que aumenta la energía en forma de temperatura.

Los gases en la cámara de combustión cambian de dirección 180 grados mientras se mezclan con combustible y se produce la ignición. La posición de la cámara, alrededor de la turbina elimina la necesidad de un eje largo entre el compresor y la turbina del compresor, reduciendo así la longitud del motor y su peso.

El combustible se introduce a través de 14 inyectores localizados circunferencialmente. La combustión es continua y durante el arranque esta se inicia con dos bujías.

Los gases resultantes de la combustión vuelven a girar 180 grados a través del conducto formado por el conducto de salida grande y el conducto de salida pequeño (large y small exit ducts), entrando en una etapa estatora de álabes guía (C/T vane ring) que dirigen y expanden los gases con un ángulo correcto hacia los álabes de la turbina del compresor, haciendo girar a este último, reabasteciendo de aire a la cámara de combustión.

La energía remanente de los gases, presión y temperatura, se termina por extraer en la turbina libre de potencia, la cual a través de una caja reductora de dos etapas planetarias convierte la alta velocidad de la turbina en momento torsor para mover la hélice. Parte integral de la primera etapa reductora es el torquímetro, el cual provee una indicación exacta de la potencia del motor.

La caja combinada reduce a través de engranajes y piñones y en ellos se integra el torquímetro y el embrague (clutch).

Los gases salen al exterior a través del conducto de salida (exhaust duct) el cual tiene dos ramificaciones, según el modelo del motor. Estos gases proveen a su salida un empuje adicional de unos 50 kilos debido a su energía remanente. El diseño aerodinámico de los tubos de salida han producido considerable ganancia de velocidad y disminución de los consumos de combustible en algunas instalaciones.

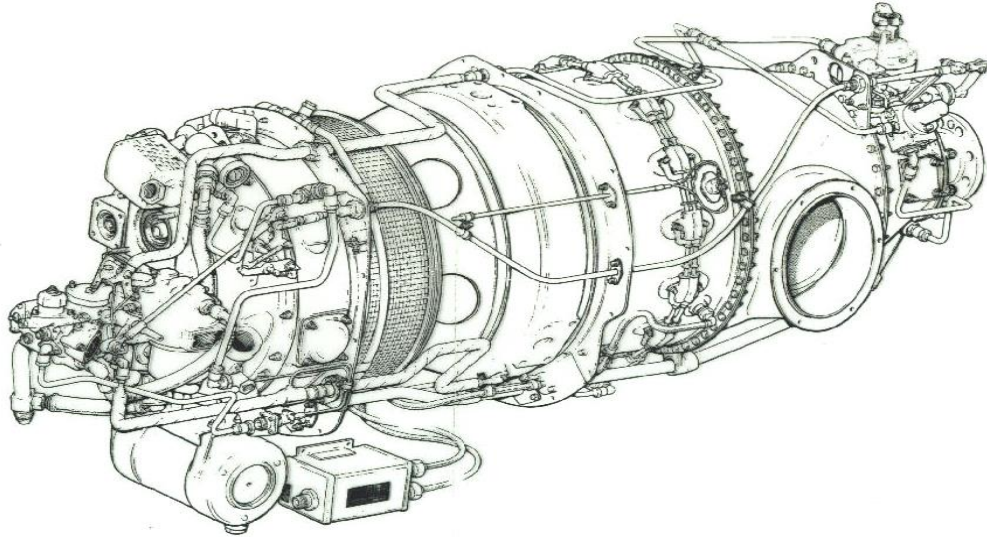
La temperatura de referencia en los PT6 es la llamada T5 que se toma de la zona inmediatamente anterior a la turbina de potencia y consta de 8 sensores de Cromel/Alumel (termos cuplés) unidos en paralelo a través del "bus bar" y con salida al exterior a través de un cable blindado (wiring hamess) con conexión para la instrumentación en la cabina del piloto.

Todos los accesorios, excepto los **governadores** de la hélice y el tacómetro generador de la turbina de potencia, están montados en la caja de accesorios, en la parte posterior del motor.

El movimiento recibe del compresor a través de un eje que pasa por un tubo cónico por el centro del tanque de aceite. Esta localización hace que el mantenimiento sea más sencillo.

El aceite para la lubricación y enfriamiento de cojinetes y engranajes esta contenido en una cámara formada en la parte posterior del (inlet case) de 2.3 galones y tiene una varilla de verificación de nivel y un tapón de drenado.

**Governador:** regulador de sobre velocidad

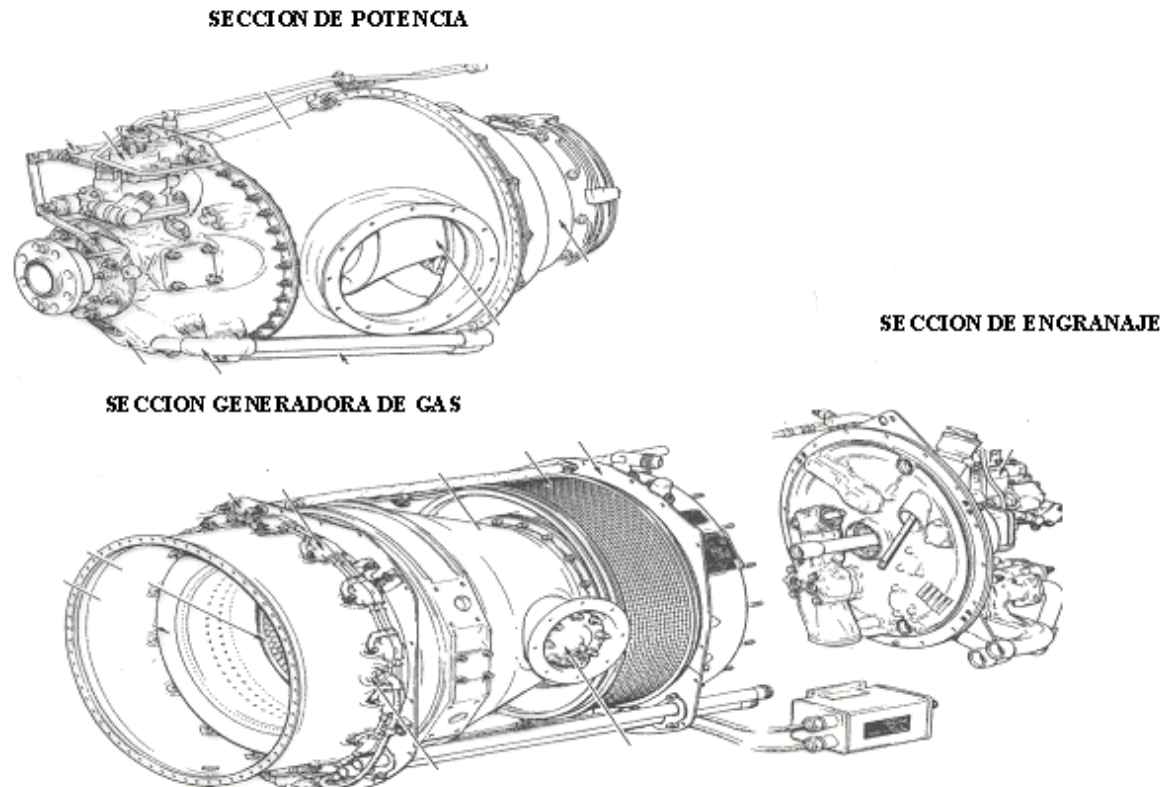


**Figura 1.2. Modelo del motor PT6A-41 completo**

### **1.6.- Partes principales del motor turbohélice PT6A-41.**

En la figura 1.3 muestra las partes principales del motor.

- Sección del generador de gas
- Sección de la turbina de potencia
- Sección de engranajes



**Figura 1.3. Partes principales del motor (secciones)**

#### **1.6.1.- Sección generadora de gas.**

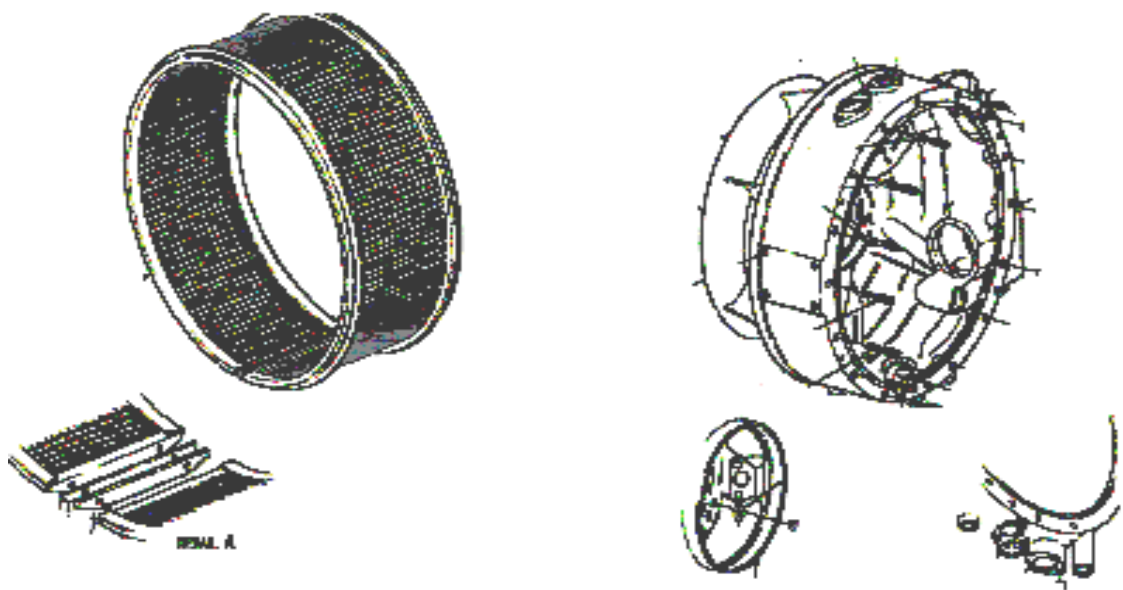
1. Caja de entrada de aire al compresor
2. Conjunto del compresor
3. Caja del generador de gas
4. Turbina del compresor

#### **Caja de entrada de aire al compresor.**

Es una cámara plana de forma circular, de aleación de aluminio al magnesio nos proporciona una vía o conducto para la entrada de aire al compresor.

También proporciona las diferentes protuberancias para los diferentes componentes.

La parte frontal forma la entrada de aire al compresor, aloja la malla de alambre para prevenir la entrada de objeto extraños al motor. (Ver **Figura 1.4.**) (Tomado del manual de mantenimiento del motor).



**Figura 1.4. Malla y caja de entrada de aire del compresor**

En la parte posterior forma un compartimiento hueco que hace la función del tanque de aceite en cuyo fondo se encuentra la cubierta cónica, que esta en el centro del tanque, su función es proveer paso al eje de acoplamiento que extiende el impulso del compresor a los accesorios traseros.

La bomba de presión de aceite, se encuentra en el fondo del tanque de aceite, el conjunto del filtro de aceite y cubierta del filtro de aceite, se encuentra en el fondo del tanque; además aloja a la válvula de derivación y la válvula de retención.

## **Conjunto del compresor.**

Se encuentra en la parte posterior de la caja del generador de gas en su parte interna se encuentra alojado todo el conjunto y esta asegurado a través del alojamiento del impulsor centrífugo en su parte delantera, y en la parte posterior a la caja de entrada de aire al compresor.

Álabes rotores.- Constituido de 3 etapas, fabricadas de acero inoxidable (inconel) la primera etapa es de titanio y tiene 16 álabes, la 2da y 3era tienen 32 álabes, tres espaciadores entre etapas que separan las etapas o entre los discos del rotor del compresor.

Álabes Estatores.- Tres estatores fabricados de acero inoxidable **forjado**. La 1era. y 2da etapa tienen 44 álabes y la 3era etapa 40 álabes, tipo-axial-centrífugo, lleva tres etapas axiales y una centrífuga simple.

## **Caja del generador de gas.**

Tienen por funciones lo siguiente:

1. Dar alojamiento al compresor en la parte posterior.
2. En la parte delantera forma la cavidad para la cámara de combustión.
3. En la parte central forma el difusor que es parte integral de la caja del generador de gas.



Se encuentra entre el reborde delantero de la caja de entrada de aire al compresor (F), y el reborde del conducto de escape (C).

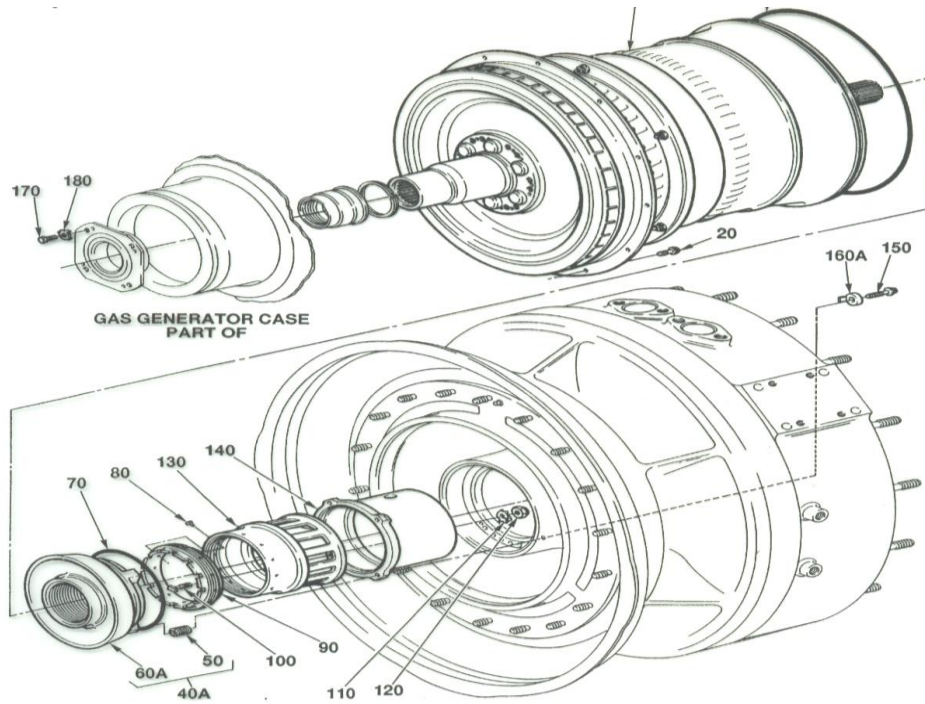
Consta de dos secciones de acero inoxidable fabricados como una sola pieza que forma la estructura o en armazón del motor. En la parte posterior aloja al conjunto del compresor, y los orificios para las válvulas de sangrado. El difusor es un grupo de conductos deflectores radiales que están soldados dentro de la caja del generador de gas.

En su parte frontal forma el alojamiento de la cámara de combustión que consta de una pieza circular de acero inoxidable. Es una estructura circular en su contorno lleva soportes de montaje para 14 inyectores, un múltiple de combustible, válvulas de drenaje delanteros y posterior, bujías, y provee montante para el terminal del termo cuplé.

En la parte interna aloja al forro o camisa tipo anular de flujo reverso de acero inoxidable resistente al calor.

En la construcción de los forros de las cámaras de combustión normalmente se usa el monel y el inconel, la aleación monel se usa en una proporción de 60 a 75% el níquel y el resto de cobre, el inconel se usa una aleación de 75% de níquel, 12- 15 % de cromo y 9% de hierro.

Tiene una serie de perforaciones rectas tubulares y de diferente tamaño que permite que el aire entre al forro de la cámara permitiendo una distribución uniforme de la temperatura centralizando y mezclando el aire con combustible para su combustión. (**Ver Figura 1.5).**)

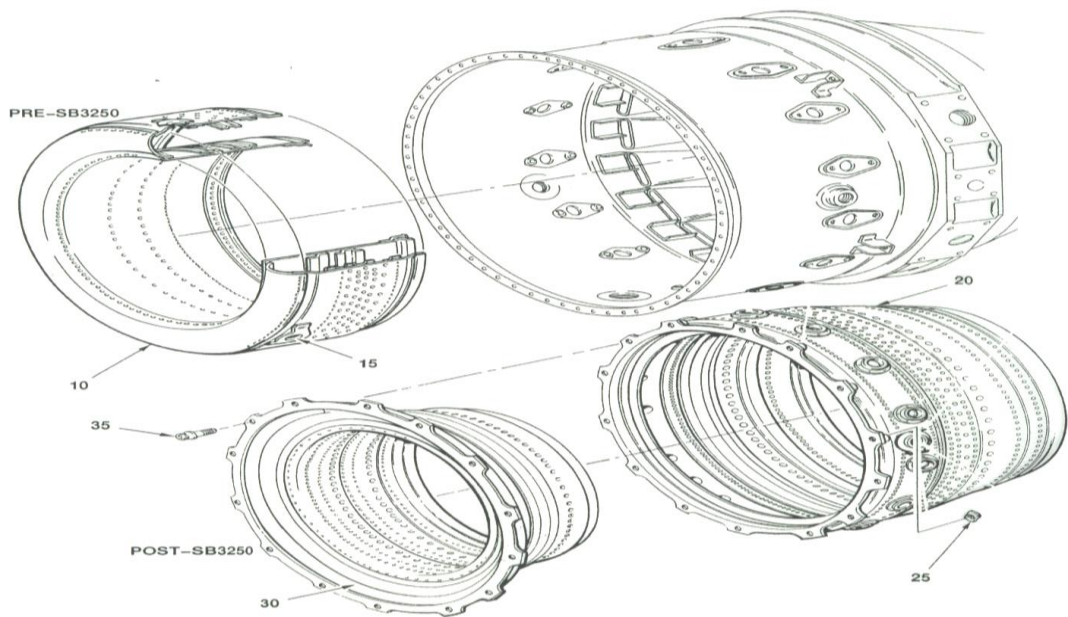


**Figura 1.5. Caja generadora de gas, compresor**

Su propósito es proveer el área para la combustión de la mezcla de combustible, aire y chispa, además tiene la finalidad de refrigerar e invertir el aire que entra dando la dirección de centralización, en esta área los gases de la combustión alcanzan  $2400^{\circ}\text{C}$  que funde las aleaciones más resistentes de acero o titanio, los cuales se funden de  $1600$  a  $1740^{\circ}\text{C}$  respectivamente.

La temperatura que tolera los álabes de la turbina aproximadamente es  $800^{\circ}\text{C}$ , esta reducción de temperatura se logra por los orificios de dilución que son los orificios de mayor diámetro que hay en la pared del forro o camisa. El aire que entra por los orificios de dilución al forro de la cámara de combustión es de mayor diámetro y mezclan con los gases de combustión bajando notablemente la temperatura de salida del forro o camisa.

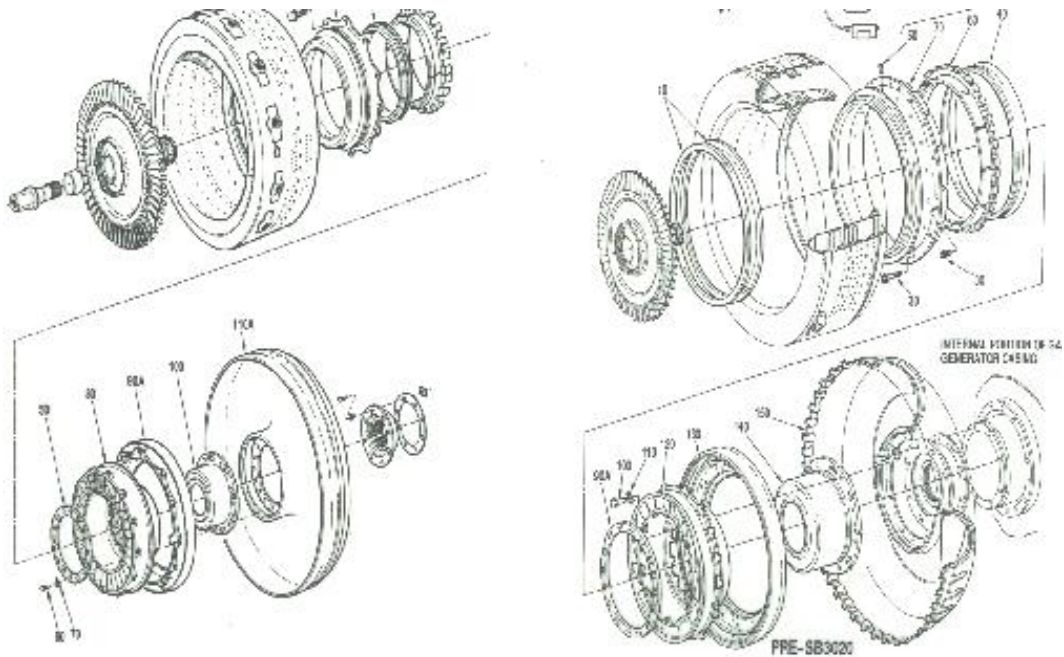
**(Ver Figura 1.6.)** (Tomado del manual de mantenimiento del motor).



**Figura 1.6. Cámara de combustión**

El 25% del aire es para la combustión y el 75% para la refrigeración. En su parte posterior la cámara esta sostenida en los conductores de salida a través de uniones corredizas o simples (de presión) que acoplan los conductos de salida interior y exterior del forro de la cámara de combustión.

Posee conductos de salida pequeña y grande o interior y exterior; estos conductos cambian la dirección de los gases en 180° y proporcionan una salida y dirigen los gases a los álabes estatores de la turbina del compresor. (Ver **Figura 1.7.**)



**Figura 1.7. Conducto de salida grande, pequeño**

### **Turbina del compresor.**

Consta de anillo y álabes estatores de la turbina del compresor y conducto de salida pequeño. Los álabes estatores dirigen los gases de salida con un ángulo apropiado a los álabes rotores, de la turbina de gases Ng.

Consta de 29 álabes integrales de acero fundido que están ubicados entre los conductos de salida del forro de la cámara de combustión y el rotor de la turbina del compresor.

Segmentos anulares de la turbina del compresor forman el anillo de refuerzo, conceden la holgura o la luz requerida para el rodaje de la turbina del compresor.

La turbina impulsa al compresor en sentido contrario a las manecillas del reloj a 37.500 R.P.M. al 100 %.

El conjunto es acoplado a través de sus ranuras o estrías al eje de acoplamiento delantero del compresor y asegurado en su lugar con un perno eje y una arandela acopada.

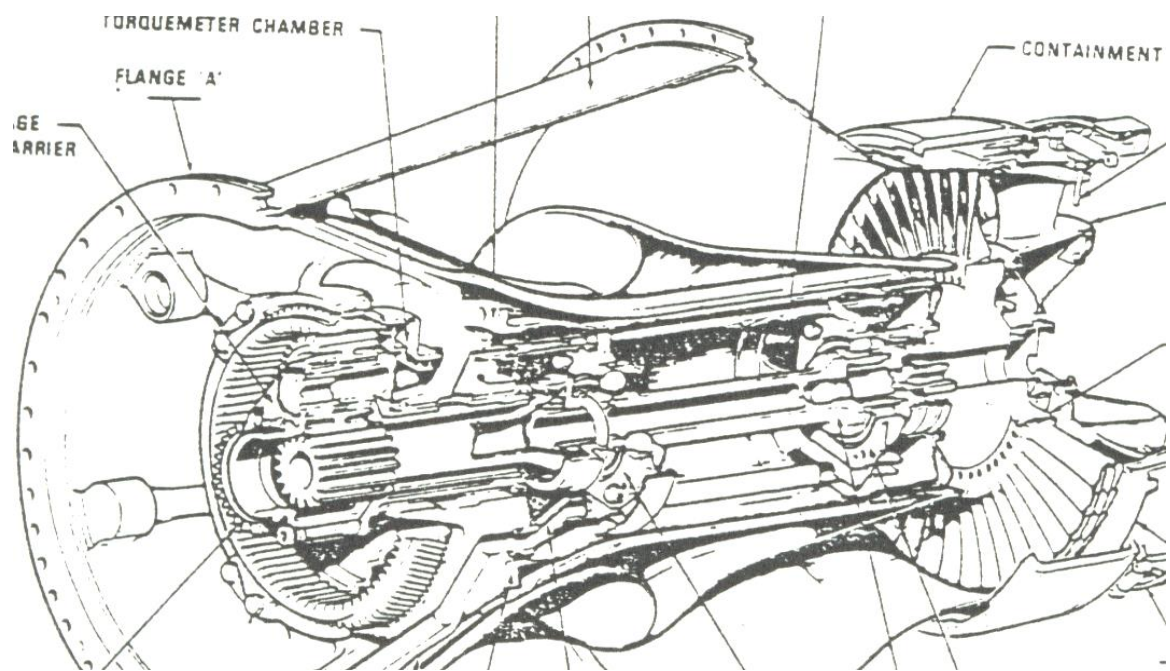
Lleva una ranura maestra que asegura que el conjunto del disco este siempre instalada en una posición predeterminada, para conservar su balance original.

El disco tiene un pequeño reborde y una pestaña circunferencial con sus orificios en las caras anterior y posterior que sirve para el control del aire refrigerante del disco de la turbina.

#### **1.6.2.- Sección de la turbina de potencia.**

Un deflector entre etapas, separa la turbina del compresor de la turbina de potencia, sostenido y asegurado en los álabes estatores de la turbina de potencia Este evita la disipación de los gases y la consiguiente transmisión de calor a ambas caras del disco de la turbina.

En su contorno lleva protuberancias para los termos cuplés y aloja la barra colector del TT-5, aloja también al conjunto de los álabes estatores. **(Ver Figura 1.8).**



**Figura 1.8. Turbina de potencia**

La turbina de potencia, esta entre los álabes estatores de la turbina de potencia y conducto de salida de gases.

- Consta de una turbina de dos discos y álabes contrapesados o balanceadas.
- Impulsa los engranajes de reducción a través de un eje de la turbina de potencia en sentido de las manecillas del reloj.
- El disco de la turbina esta acoplada por sus ranuras al eje y asegurada con un perno y una arandela acopada.
- La ranura maestra permite instalar el conjunto en una posición predeterminada para asegurar su equilibrio original. La cantidad requerida de contrapesos es determinada durante los procedimientos de balanceo y se remachan en los rebordes del disco.

- La turbina tiene 41 álabes que van sujetas en las ranuras de la periferia del disco que tiene la forma de árbol de pino, y se mantiene en su lugar en forma individual con remaches tubulares.

El anillo de refuerzo de la turbina de potencia, está en el conducto de escape en su parte posterior interna.

- Las puntas de los álabes giran dentro del anillo de refuerzo o alojamiento de doble filo que forma un sello de aire cuando el motor esta operando y esto reduce el escape de los gases.
- El eje de la turbina de potencia es un eje de acero fundido, que acopla al eje del rotor de la turbina de potencia, con el eje de los engranajes de reducción.
- Este provee un conducto de salida para los gases al exterior, a través de los dos conductos de salida gemelas.

El conducto de escape (divergente) es construido de acero termo resistente con dos orificios de salida, este conducto comprende dos partes, interior y exterior.

- Forma una vía para los gases de escape lleva deflectores que dirigen los gases a la salida.
- Forma un compartimiento para la caja de engranaje de reducción.
- Aloja a la turbina de potencia y al anillo de refuerzo de la turbina de potencia.
- Lleva la frazada térmica (aislante) entre la cubierta del eje de la turbina de potencia y el conducto de escape.

La frazada térmica, impide la disipación del calor a la cubierta del eje de la turbina de potencia, y la caja de engranaje de reducción, es construida de aluminio y fibra de vidrio.

### **1.6.3.- Sección de engranajes.**

Partes principales:

- Engranajes delantero o de reducción
- Engranajes traseros o accesorios

#### **Caja de engranajes delanteros de reducción.**

Reduce las R.P.M. de la turbina de potencia para el eje de la hélice y transformar su potencia en fuerza. Se ubica en la parte del motor, en los rebordes (A y B), asegurado al reborde delantero del conducto de escape y la cubierta de eje de la turbina de potencia.

Consiste de dos etapas de engranajes de reducción fabricados de aleación de aluminio al magnesio, la primera etapa es parte del sistema del torquímetro, se encuentra en la cubierta posterior de la caja de engranaje.

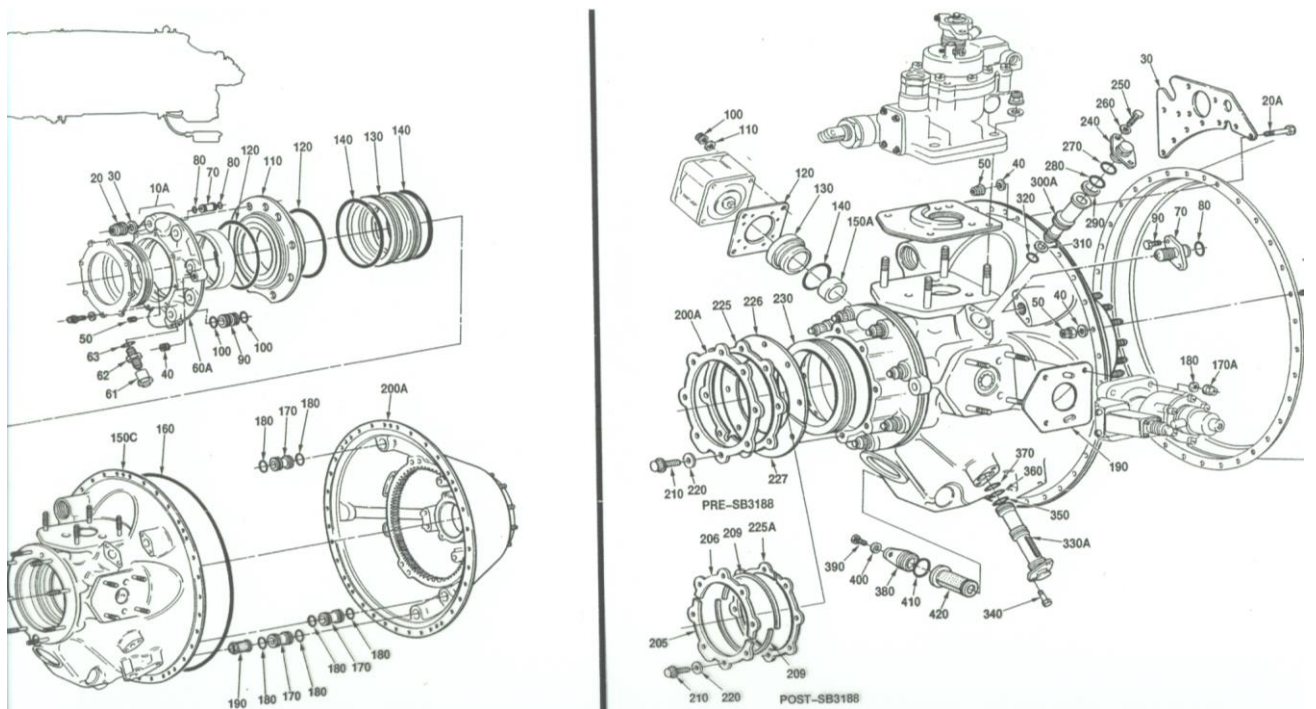
Se componen de:

1. - Eje impulsor solar
2. - Acoplamiento del eje impulsor
3. - Tres engranajes (solares) planetarios



- 4. - Soporte de los engranajes planetarios
- 5. - Engranaje anular
- 6. - Engranaje helicoidal de la caja
- 7. - Sistema del torquímetro

En su extremo delantero tiene un engranaje cilíndrico dentado recto que impulsa los engranajes planetarios de la 1era etapa. (Ver Figura 1.9).



**Figura 1.9. Caja de engranaje delantero de reducción**

Los tres engranajes planetarios se encuentran en el porta engranaje planetario de la 1ra etapa, asegurado con pasadores y pernos, son impulsados por el eje impulsor solar y giran dentro del engranaje anular.

**El porta engranaje planetario**, la torsión producida por la turbina de potencia es transmitida al impulsor solar y a los engranajes planetarios, haciendo girar al porta engranaje, en este movimiento se realiza la 1ra reducción de, 33.000 R.P.M. a 6.000 R.P.M., que salen a través del engranaje de la porta engranaje, éste acopla a un engranaje de acoplamiento flexible, y éste al engranaje solar de la 2da etapa.

El engranaje de acoplamiento es flexible y amortigua las vibraciones producidas entre las masas rodantes y engrana al engranaje solar de la 2da etapa.

La segunda etapa.- Se encuentra dentro de la cubierta delantera de la caja de engranajes de reducción, se componen de:

1. - Engranaje solar
2. - Cinco engranajes planetarios
3. - Engranaje anular
4. - Porta engranaje
5. - Eje de la hélice
6. - Cojinetes
7. - Cubierta de transferencia de aceite
8. - Engranaje cónicos.

## **Torquímetro.**

Se ubica al interior de la caja de engranaje de reducción de la 1ra etapa parte posterior. Es un dispositivo hidromecánico, medidor de torque o torsión, se usa para proporcionar la indicación exacta de la emisión de potencia del motor.

- El movimiento de rotación del engranaje anular es transmitida a las estrías helicoidales de la caja de reducción, el cual imparte un movimiento axial de retroceso al engranaje.
- Este movimiento es transmitido al pistón del torquímetro, mismo que, a su vez mueve el émbolo de la válvula contra un resorte abriendo un orificio de medición que permite el paso de un mayor flujo de aceite a presión a la cámara del torquímetro, este movimiento continua hasta que la presión de aceite en la cámara es proporcional al torque que está siendo absorbido por el engranaje anular.
- Cualquier cambio en el ajuste de la palanca de potencia repite la secuencia hasta alcanzar nuevamente un estado de equilibrio.

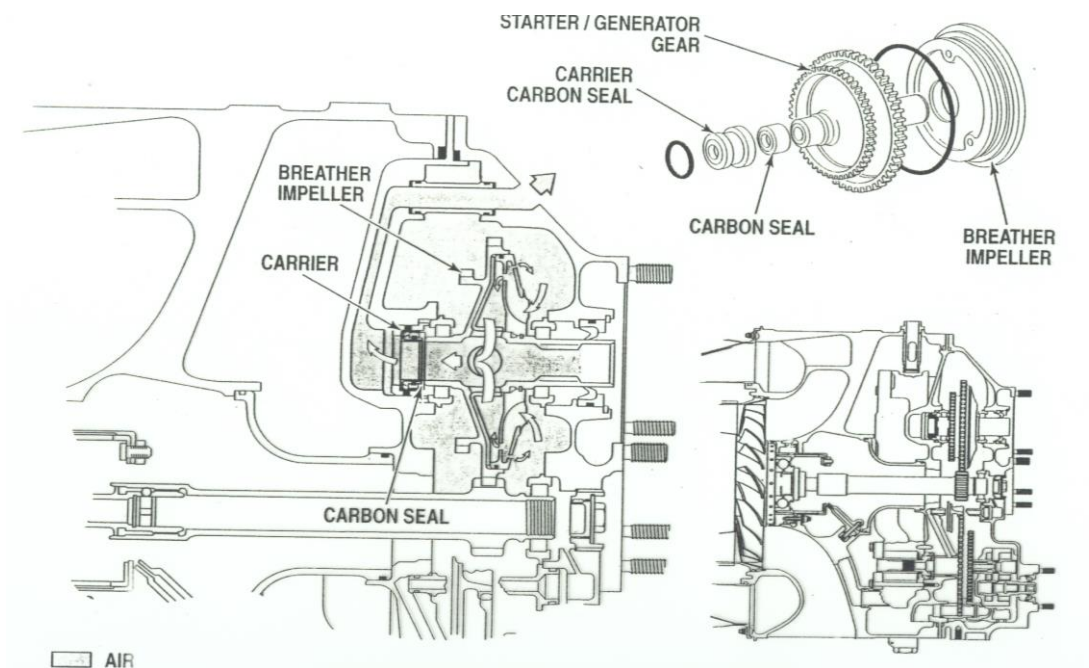
## **Caja de engranajes de los accesorios.**

Se encuentra en la parte posterior del motor, y consiste de dos cuerpos o piezas fundidas de aleación de aluminio y magnesio; diafragma y cubierta que están asegurados en el reborde "G". Parte posterior de la caja de entrada de aire al compresor sujeto con 16 pernos.

El diafragma esta asegurado en el reborde (G) y separa el tanque de aceite de la caja de engranaje de los accesorios.

Provee apoyo a los cojinetes de los ejes engranajes impulsores de los accesorios y aloja la bomba de presión de aceite en la cara delantera.

El cuerpo posterior forma una cubierta para alojar los engranajes de los accesorios, y proporciona protuberancias de apoyo para los cojinetes de los ejes impulsores de los accesorios y sus sellos de goma, todos los ejes impulsores de los accesorios van sostenidos sobre cojinete de rodillo idénticos. **(Ver Figura 1.10).**



**Figura 1.10. Caja de engranaje de los accesorios parte posterior**

### **Accesorios principales.**

EJE No.1. Generador arrancador.

EJE No.2. Bomba de combustible y F.C.U.

EJE No.3. Bomba de presión y recuperación de aceite interna, generador tacómetro de Ng.

EJE No.4. Bomba de recuperación de aceite externa.

EJE No.5. Opcionales.

EJE No.6. Opcionales.

En la cubierta también se encuentra una boca de reabastecimiento de aceite y en la tapa lleva la varilla medidora del nivel.

Separa el aire del aceite ventilándolo en forma centrífuga y expulsa el aire a través de un conducto interno en el diafragma al exterior.

El sello de carbón, que va en la parte delantera del eje engranaje del separador de aire y aceite en el diafragma, evita la filtración de presión de aceite por el conjunto del cojinete.

### **1.7.- Principio de funcionamiento del motor PT6A-41.**

El principio de funcionamiento del motor se basa desde la entrada de aire al motor hasta la expulsión de los gases del mismo, y sus tres puntos principales que son:

- flujo de aire a través del motor
- sistema de sangrado de aire al motor
- sistema de aire de refrigeración del motor

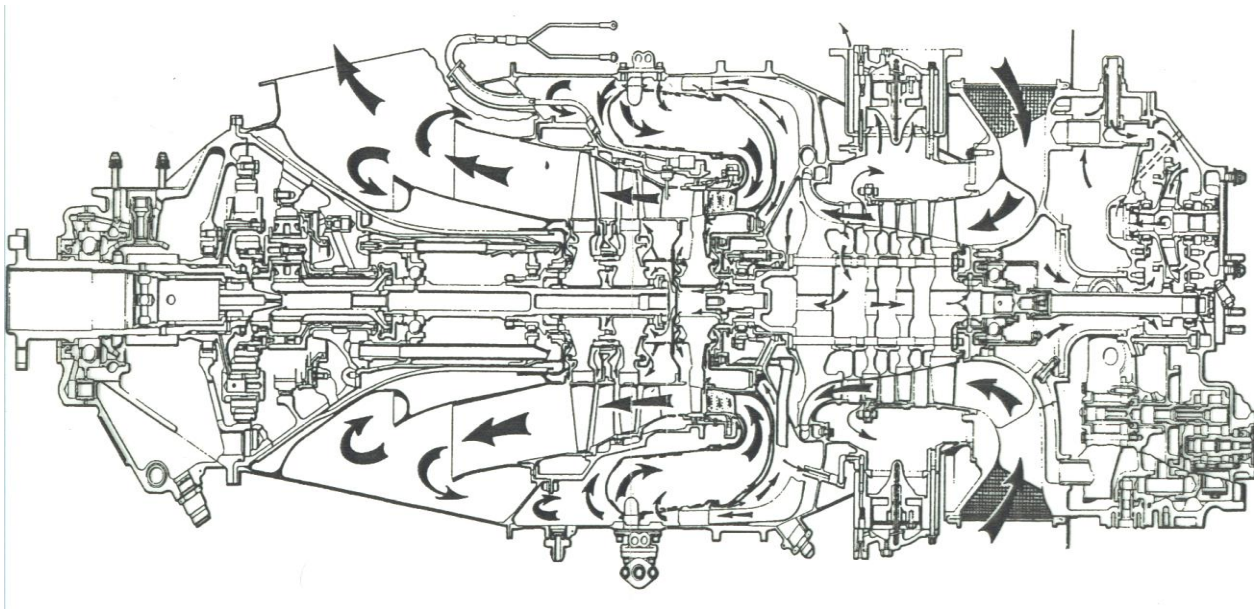
Su propósito es dar presión de aire para la operación del motor en la combustión, provee: aire para la refrigeración del motor, presión de aire para los sellos neumáticos, para la F.C.U., para la válvula de sangrado y para la cabina e instrumentos.

**Flujo de aire a través del motor (Ver Figura 1.11.)** ( Tomado del manual de mantenimiento del motor).

El aire es tomado de la atmósfera, a la entrada del motor a través de conductos o deflectores.

1. El aire entra al motor pasando por mallas o filtros de aire.
2. Entra al compresor a través de la caja de entrada de aire al compresor a la primera etapa del compresor.
3. Una hilera de álabes estatores van ubicadas entre cada hilera de los álabes rotores del compresor, cada etapa comprime el aire y eleva su presión dinámica y lo dirige a la siguiente hilera de los álabes rotores, luego al compresor centrífugo que cambia el ángulo o la dirección, comprime el aire y lo distribuye radialmente.
4. El aire comprimido pasa por conductos tubulares del difusor que disminuye su velocidad y aumenta su presión y lo dirige a un ángulo de 90 grados.
5. El aire comprimido sale a través de las aletas deflectoras que canalizan el flujo en la cámara de combustión.
6. Ingresan al forro de la cámara de combustión a través de orificios tubulares de diferentes tamaños, donde el 25% de aire es mezclado con combustible, para realizar la combustión.

7. Los gases se expanden y salen del forro, invierten su dirección a través de los conductos de salida pequeña y grande y pasa por los álabes guías estatores, para luego impulsar la turbina del compresor.
8. Los gases en expansión pasan hacia adelante por un segundo juego de álabes guías estatores para impulsar la turbina de potencia.
9. Los gases de escape de la turbina de potencia son dirigidas por los deflectores de salida que canalizan los gases a la atmósfera, a través de dos orificios de salidas gemelas, que se encuentran en el conducto de escape.



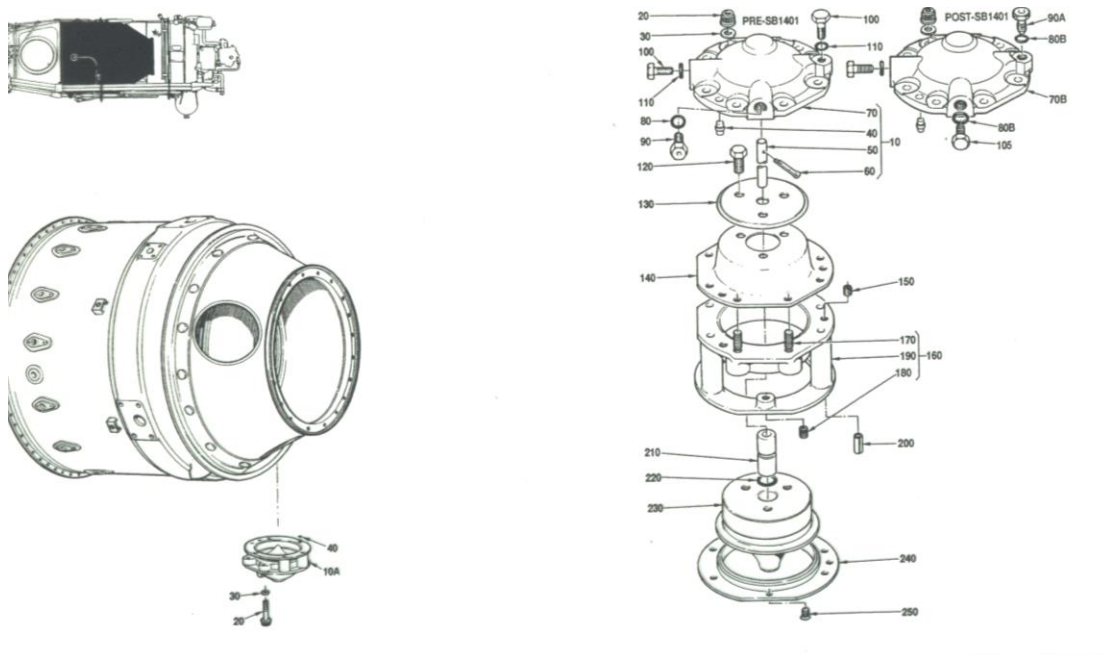
**Figura 1.11. Flujo de aire a través del motor**

#### **Sistema de sangrado de aire al motor.**

Su propósito es impedir el atasco neumático del compresor y evitar que el motor entre en pérdida a baja velocidad. Este funciona a través de la válvula de sangrado.

La válvula abre automáticamente un orificio en la caja del generador de gas, para permitir sangrar el aire del compresor, de la presión de aire del compresor entre etapas (P2.5) y la presión de descarga del compresor (P3), este aire se usa impartir movimiento al pistón de la válvula.

**Operación de la válvula:** La válvula de sangrado del compresor es de tipo pistón, su cubierta tiene varios pasajes internos, el conjunto del pistón se sujeta a las paredes interiores de la cubierta por un diafragma de arrollamiento que permite el recorrido completo del pistón en ambas direcciones para abrir o cerrar y se guía en su movimiento por un pasador guía que es el que mantiene unido al conjunto. **(Ver Figura 1.12.)**



**Figura 1.12. Posición de la válvula de sangrado y sus partes**

La válvula sangra el exceso de aire de entre etapas P2.5 para su funcionamiento se extrae aire de alta presión P3 de la salida del difusor, se regula a través de un orificio ajustable en la cubierta, luego pasa aire medido por la presión de enriquecimiento de la



F.C.U. (PX) a la cámara donde se presuriza y ejerce presión sobre el pistón, luego es ventilado a la atmósfera a través de un orificio convergente-divergente.

La relación de presiones en la presión de control PX ejerce presión sobre el pistón para cerrar la válvula, y la presión P2.5 ejerce presión directamente en la cara del pistón para abrir la válvula.

Cuando la presión  $P_x < P_{2.5}$  ---> la válvula se abre.

Cuando la presión  $P_x > P_{2.5}$  ---> la válvula se cierra.

### **Sistema de refrigeración del motor.**

El aire a presión se utiliza para sellar los comportamientos de los cojinetes, 1, 2, y 3, y también, refrigera los discos de la turbina de potencia y del compresor.

El aire presurizado se usa en combinación con los sellos laberintos para formar un sello de aire. Los sellos de laberintos están formados por una parte estacionaria y otra giratoria manteniendo un mínimo de tolerancia entre sus partes.

- El aire P2.5 se utiliza para proveer presión en la parte delantera del sello laberinto del cojinete No 1.
- El aire es recibido de la sección del compresor de los orificios ubicados en el espaciador # 3 del compresor.
- El aire es conducido internamente a través del rotor del compresor hacia atrás en dirección del sello laberinto del cojinete No 1.

- Este aire es llevado a través de la cubierta cónica para la ventilación de la caja de accesorios, al colector de aceite.

El cojinete No. 2, es protegido por un sello laberinto en su arte delantera y un sello doble en su parte posterior.

1. El aire para esta función es obtenido de las puntas de salida del impulsor centrífugo.
2. También se obtiene aire que fluye por los conductos que se encuentra en el soporte del cojinete No. 2, (de la estación 3) igualando la presión de aire, en la parte delantera y trasera del compartimento del sello laberinto, esto asegura un sello eficiente de presión al cojinete No 2.
3. Este aire es ventilado a la caja de accesorios a través de la línea de recuperación junto con el aceite.

Los discos de las turbinas son refrigerados por el aire de descarga del compresor (P3), llevado hacia el interior por la cara trasera del conducto de salida externo y por medio del protector de calor.

1. El aire ingresa por orificios a la cubierta del cojinete No 2, en donde se divide en tres trayectorias:
  - a) Refrigerera la cara posterior del disco de la turbina Ng.
  - b) Sella el sello laberinto del cojinete No 2, parte delantera.

- c) El resto es llevado hacia delante por conductos internos del eje de la turbina de gases Ng.
2. El aire refrigera la cara delantera de la turbina de Ng y la cara posterior de la turbina de potencia a través de los deflectores circulares del deflector entre etapas.
  3. El aire restante pasa hacia adelante por el centro del eje de la turbina de potencia y sale por pasajes perforados en el eje, refrigerando la cara delantera del disco de la turbina de potencia, y presuriza al sello laberinto del cojinete No2.
  4. El aire de refrigeración de ambas caras de los discos de las turbinas, se disipa en el chorro principal de gas que sale a la atmósfera.
  5. El aire filtrado en la cavidad del cojinete es recuperado junto con el aceite y es llevado a la caja de los accesorios para su ventilación a la atmósfera mediante el respiradero centrífugo.

### **Sistema de lubricación del motor.**

Proporciona presión continua de aceite lubricante limpio, a los cojinetes del motor, engranajes de reducción, torquimetro, hélice y todos los engranajes impulsores de los accesorios.

El aceite lubrica, limpia y refrigera el motor y remite cualquier objeto extraño al filtro de aceite principal.

### **Bomba de presión de aceite.**

Está en la parte más baja del tanque de aceite, asegurado al diafragma, y es de tipo engranaje.

- La bomba consiste de dos engranajes de desplazamiento positivo alojadas en una cubierta moldeada o fundida.
- La bomba es impulsada por el eje No.3
- El cuerpo de la bomba tiene una protuberancia o base de montaje circular para la válvula de retención y derivación, ubicada en el extremo del alojamiento del filtro.
- Una segunda protuberancia de montaje para la válvula de alivio o desahogo de presión.

### **Conjunto del filtro de aceite.**

Se ubica en caja de entrada de aire al compresor en la parte lateral derecha en posición de las 03:00 Hrs.

Componentes:

1. Una cubierta del filtro.
2. Elemento del filtro (cartón o metálico).
3. Válvula de derivación.
4. Válvula de retención.
5. Tapa, que detiene el elemento y la cubierta en su posición.

El aceite a presión fluye por la válvula de retención al interior de la cubierta, pasa por el elemento dejando las materias extrañas en el exterior del filtro o elemento del filtro y sale a través de la tapa a un conducto interno de donde es conducido para la lubricación de los diferentes componentes.

### **Lubricación de los accesorios.**

Los engranajes impulsores de los accesorios y sus cojinetes son lubricados a través de orificios y tubos de transferencia internos en el diafragma y la cubierta.

El cojinete #1 es lubricado por pasajes internos, ubicado en la caja de entrada de aire al compresor a través de un filtro pequeño y boquilla o inyector.

El aceite es rociado a la cubierta del cojinete No.1, montada en el extremo del compresor y es conducido a través de la cubierta internamente al conjunto del cojinete por efecto de la fuerza centrífuga.

En el cojinete #2 una fuente directa de aceite es proporcionada para la lubricación de la parte delantera del motor: lubrica el cojinete # 2, la caja de engranaje de reducción y al cojinete del eje de la turbina de potencia.

El flujo es dirigido desde el filtro de aceite a un pasaje interno que hay en la parte inferior de la caja de entrada de aire al compresor, un tubo de transferencia externo conduce el aceite hacia la parte delantera, el aceite es derivado de este conducto a la altura de la parte central de la caja del generador de gas para lubricar el cojinete No.2, a través de

un tubo de transferencia interno asegurado en la caja del generador de gas, direcciona el aceite a dos inyectores y un filtro que protege las boquillas que están ubicadas uno delante y otro atrás del cojinete No.2.

### **Sistema de respiración del motor.**

Sirve para ventilar el aire del aceite en el sistema y dar respiración al motor, aire proveniente de los compartimentos de los cojinetes del motor y de la caja de engranajes de los accesorios, es expulsado al exterior por un “impulsor centrífugo “o respiradero centrífugo (principio de funcionamiento de un ciclón).

Las revoluciones del impulsor separan el aire del aceite y manda el aire del sistema radialmente hacia el interior, a través del alojamiento del impulsor centrífugo donde las partículas de aceite se separan del aire por la fuerza centrífuga. Estas partículas de aceite son expulsadas y se depositan libremente en el fondo del colector. El aire relativamente libre fluye a través del centro del impulsor, hasta un conducto moldeado en el diafragma, luego a la cubierta de los accesorios para ser ventilado a la atmósfera.

### **Ventilador del tanque de aceite o separador de aire y aceite por gravedad.**

Se encuentra ubicado en la caja de entrada de aire al compresor en la parte superior o en posición de las 12:00 Hrs.

Separa el aire del aceite por gravedad a través de un tubo y su cubierta, el aire es ventilado a la caja de los accesorios por un conducto interno.

### **Válvula del ventilador del tanque de aceite para vuelo invertido.**

Está en el interior del tanque de aceite, es una válvula de contrapeso asegurada al diafragma, opera por gravedad para vuelo invertido, el contrapeso cierra el orificio principal y da paso o envía al tubo de ventilación del otro extremo para continuar con su operación sin interrupción, para ventilar el aire de la parte superior cuando esta invertido ventilando de esta forma el tanque colector.

### **Calentador de combustible o intercambiado de calor (heater).**

Su propósito es calentar el combustible para la operación del motor y además:

- El conjunto es un intercambiador de calor que utiliza el calor del sistema de aceite para precalentar el combustible.
- Incorpora un circuito múltiple de pasajes de aceite y un flujo de combustible de dos pasos.
- la válvula de derivación de aceite y una válvula termostática de combustible, regula la temperatura de combustible permitiendo que el aceite fluya por el calentador o pasa por la válvula de derivación al tanque de aceite.

### **Sistema de encendido del motor.**

Proporcionar el encendido al motor y encendidos rápidos en temperaturas extremadamente bajas, hay dos tipos de sistema que son:

1. Standard (Tubos ballast)

## 2. Alternativo

- La caja de regulación tiene una etapa que puede retirarse y contiene 4 tubos de ballast, cada tubo consiste de un filamento de hierro puro rodeado por gases de helio e hidrogeno y encerrados en una envoltura de vidrio por una base “octal “(8 pin).

Bujías incandescentes; consiste de un elemento calentador alojado en una pequeña cubierta de bujía convencional, de tipo espiral. La bujía ya calentada esta lista para su uso, una vez que el combustible esta vaporizado en la caja del generador de gases dentro del forro de la cámara de combustión, la mezcla esta lista para su encendido y en este momento ocurre la función de la mezcla.

El Sistema alternativo consta de tres puntos que son:

1. Unidad excitadora de encendido
2. Dos encendedores de bujía o chispa
3. Dos cables blindados

Va montado en un soporte del motor, asegurado a la caja de los engranajes de los accesorios, como también puede instalarse en forma remota.

Convierte la entrada de bajo voltaje de corriente directa DC, en alto voltaje DC pulsante por medio de un circuito de estado sólido, un transformador y un condensador de almacenaje.



Encendedores o bujías de chispa, van montados en la parte lateral izquierda en las posiciones de las 09:00Hrs y en la parte diagonal en la posición de las 04:00Hrs en la caja del generador de gas estos operan como cualquier bujía de ignición utilizando el excitador y el resto del sistema de encendido para su función.

### **Sistema de combustible del motor.**

Provee combustible para el encendido y operación del motor durante condiciones normales y de emergencia.

Componentes:

1. Bomba de combustible
2. F.C.U.
3. Múltiple
4. 14 inyectores
5. Válvula de drenaje

### **Bomba de Combustible.**

La bomba esta montada sobre la cubierta de la caja de los accesorios e impulsa a través de un engranaje de acoplamiento al F.C.U., que esta asegurada en la cara posterior de la bomba.

1. El combustible entra a la bomba, proveniente del tanque o de la bomba reforzadora a través del calentador de combustible.
2. La bomba tiene dos filtros de baja y de alta presión.
3. El combustible fluye a través de un filtro de baja presión (metálico de 74 micrones) que funciona por presión diferencial y resorte para permitir la derivación del flujo de combustible en caso de que se obstruya el filtro.
4. El combustible es bombeado por efecto de la rotación del rotor, las paletas giran en sus ranuras entre el contorno interior del anillo de leva y se centran por medio de la fuerza centrífuga y la presión del sistema.
5. El movimiento de las paletas dentro del anillo de leva, forman cámaras opuestas conectadas a los orificios de entrada y salida de la bomba respectivamente.
6. A medida que cada una de estas cámaras giran en el anillo de leva su volumen cambia primero succionando y luego descargando combustible a una presión de 200-600 P.S.I. de acuerdo las R.P.M. de Ng.
7. El combustible sale de la bomba al filtro de alta presión de 10 micrones el cual es sensible a la obstrucción.

### **Sistema de control de combustible.**

El sistema de control de combustible consiste de tres unidades independientes:

1. Unidad de control de combustible F.C.U.
2. Unidad de velocidad constante C.S.U.

- Gobernador de la hélice
- Unidad de velocidad constante
- Regulador y limitador de la turbina de Nf

3. Compensador de temperatura.

### **Unidad de control de combustible (F.C.U.).**

Va montado sobre la bomba de combustible impulsado por el motor a la velocidad de la turbina de gas del compresor o Ng.

Determina el programa correcto de alimentación de combustible que necesita el motor para el funcionamiento, según lo establecido por la palanca de potencia o acelerador.

La FCU en todos los regímenes de operación regula la cantidad de combustible, y controlar la velocidad de la turbina del compresor (Ng).

“La potencia salida del motor depende directamente de la velocidad de la turbina del compresor.”

“El control de Ng se logra regulando la cantidad de combustible suministrado al forro de la cámara de combustión del motor”.

## **División del F.C.U.**

Se divide en tres secciones:

1. La sección de medición o regulación de combustible
2. La sección de regulación de Ng.
3. La sección de los fuelles o neumática

### **1.- Sección de medición o regulación de combustible.**

#### **Válvula de medición.-**

Establece el flujo de combustible que viene de la bomba P1 (presión de combustible no medido o no regulado), a través de un orificio de medición y una aguja puntiaguda que funciona dentro del orificio la cual regula la cantidad de combustible, que varia de acuerdo al requerimiento específico del motor, el combustible de salida de la válvula es presión de combustible medido P2. (Presión de combustible medido).

### **2.- Sección de regulación de Ng.**

Sirve para regular las Ng del motor durante las operaciones normales y se encuentra internamente en la F.C.U.

Componentes:

1. Válvulas de enriquecimiento que opera a través de una válvula pequeña que regula la presión PX.
2. Válvula de regulación que regula la presión PY.
3. Dos palancas.
4. Una válvula del regulador.
5. Palanca de la válvula de enriquecimiento con sus respectivos resortes de tensión.
6. Un carrete de apoyo.
7. Un juego de contrapesos, montados en el eje.

El eje impulsor de la F.C.U. gira a la misma velocidad que el Ng a 37.500 R.P.M. al 100% que hace girar al conjunto de contrapesos que por la acción la fuerza centrífuga se abre convirtiendo “El movimiento de rotación en movimiento lineal “para operar el carrete que se mueve en dirección horizontal.

### **3.- Sección de los fuelles o neumática.**

Proporciona un área para la operación de los aneroides, la presión Px y Py y percibe los mínimos cambios en las presiones.

Componentes:

1. Fuelles o aneroides al vacío de aceleración.- Son aneroides sellados al vacío, nos proporciona una diferencia de la presión absoluta para absorber los cambios por altitud.

2. Fuelles o aneroides del regulador.- Es un aneroide sensible a cualquier cambio de presión percibida en su área.
3. Barra de conexión de los aneroides.- En cuyos extremos se encuentran sujetos los aneroide, y transmite el movimiento que originan estos, al eje de la barra de torsión cardánica o universal. Que separa la sección neumática de la sección medidora de combustible hasta llevar a operar la válvula de medición de combustible o la aguja medidora.

La presión  $P_x$  es la presión  $P_3$  o  $P_c$  regulada a través del compensador de temperatura o un tubo venturi y la presión  $P_y$  es la presión  $P_x$  regulada nuevamente.

Las presiones se perciben a través de los aneroides que son sensibles a cualquier cambio. Las presiones trabajan sobre los fuelles o aneroides produciendo un movimiento que transmite a la válvula reguladora de combustible a través de la barra de conexión y el eje de torsión cardánico.

La presión **PY**, ejerce presión sobre el aneroide de regulación para una aceleración o aumento de combustible para tener mayores revoluciones, su área de operación es limitada percibiendo con mayor rapidez cualquier cambio.

La presión **PX**, trabaja sobre los aneroides de aceleración comprimiéndolos, aumenta la aceleración y también opera dentro de los aneroides de regulación ofreciendo una resistencia al movimiento de aceleración para compensar la operación y mantener estable la operación requerida, y funciona también como una presión de desaceleración, al

aumentar la presión interna en la cámara y como consecuencia tiene la respectiva disminución de combustible y las R.P.M. de Ng.

### **Regulador de la turbina de potencia.**

Su propósito es controlar el exceso de velocidad de la Nf limitando la velocidad máxima de la turbina de potencia.

Se encuentra ubicado sobre el gobernador de la hélice que esta alojado sobre la caja de los engranajes de reducción.

Componentes:

- Eje impulsor
- Contrapesos
- Brazo con su resorte
- Servo válvula
- Presión PY

El regulador de la turbina de potencia gira a la misma velocidad de la Nf para impulsar los contrapesos que convierten el movimiento de rotación en movimiento lineal, para operar el brazo de la válvula.

Cuando excede la velocidad de la turbina de potencia (106%), esta reducirá el flujo de combustible en la F.C.U.

La fuerza de los contrapesos vence la tensión del resorte y abre la servo válvula, sangrando la presión PY, que causa una desaceleración o disminución en las R.P.M. de la Ng y por consiguiente una reducción de las R.P.M. de la Nf.



## CAPÍTULO II

### ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

#### 2.1.- Alternativas de seccionamiento

Se dispone, de un motor inoperativo el cual se encuentra con ciertas partes incompletas y deformes, (**Ver Figura 2.1.**). Debido a su estado se analiza el estudio de dos alternativas para ejecutar los cortes respectivos que permitan visualizar de forma efectiva sus partes; las alternativas que se plantean son:

- Corte total del motor a 45°
- Corte parcial del motor a 120°



**Figura 2.1. Estado del motor en que se encuentra**

## **2.2.- Análisis de alternativas de seccionamiento**

### **Alternativa N° 1 “Corte total a 45° del motor” (Ver anexo A)**

El corte total a 45° del motor, muestra la mayor parte de los componentes; con sus respectivas ventajas y desventajas se menciona a continuación:

Ventajas:

- Fácil acceso de visión a sus partes internas del motor
- Facilita el mantenimiento.

Desventajas:

- No permite movimiento de sus partes.
- Complejidad de corte.
- Falta de herramientas especiales para desmontar completamente la turbina.
- Requiere de mayor tiempo para la realización del corte de todos sus componentes internos.

### **Alternativa N° 2 Corte parcial a 120° del motor (Ver anexo B)**

El corte parcial de 120° aproximadamente del motor, muestra la funcionalidad de sus componentes principales, con sus ventajas y desventajas que se mencionan a continuación:

**Ventajas:**

- Facilidad de construcción
- Utilizado para instrucción practica
- Facilidad de mantenimiento
- Permite visualización de funcionabilidad de sus componentes

**Desventajas:**

- Poco movimiento de sus partes
- No permite visualización completa de sus componentes

**2.3.- Estudio de parámetros**

Para el estudio de las alternativas se asigna un valor a los parámetros de selección, comprendido de acuerdo a la importancia para el proyecto, para la calificación de alternativa se da un rango de  $X_1 < 1$

Estos parámetros de selección están en función de las ventajas y desventajas de cada alternativa, se considera como los más importantes, como se menciona a continuación:

**Aspecto técnico.**

- Accesibilidad

- Funcionabilidad
- Mantenimiento
- Facilidad de construcción

#### **Aspecto económico.**

- Costo de la elaboración de la maqueta

#### **Aspecto complementario.**

- Tiempo requerido en la elaboración del proyecto

#### **Aspecto técnico**

##### **Accesibilidad.**

Facilidad para el proceso de desmontaje para realizar el corte y una mejor visión en sus partes internas del motor, con un valor de 0,4% de ponderación.

##### **Funcionabilidad.**

Presentación de movimiento de sus componentes que se encuentra en el interior del motor, con facilidad del mismo, con un valor de 0.6% de ponderación.

**Mantenimiento.**

Complejidad que presenta el motor para realizar su respectivo mantenimiento en sus partes internas, con un valor de 0.8% de ponderación.

**Facilidad de construcción.**

Se refiere a la facilidad para acceder, equipos y herramientas especiales para el proceso de corte, con un valor de 0.7% de ponderación.

**Costo de la elaboración de la maqueta.-**

Tiempo horas hombres requeridas para el proceso del corte y costo de alquiler de equipos y herramientas, con un valor de 0.5% de ponderación.

**Tiempo requerido en la elaboración del proyecto.-**

Se refiere al tiempo requerido para la utilización del proceso de corte del motor, con un valor de 0.9% de ponderación.

**Tabla2.8. Cuadro de evaluación de parámetros**

Parámetros de evaluación	Factor Ponderación X1	Alternativas			
		A1		A2	
		Corte total de 45° del motor		Corte parcial de 120° del motor	
		Valor	X Valor	Valor	X Valor
Accesibilidad	<b>0.4</b>	8	3.2	10	4.0
Funcionabilidad	<b>0.6</b>	9	5.4	10	6.0
Mantenimiento	<b>0.8</b>	7	5.6	8	6.4
Facilidad de construcción	<b>0.7</b>	6	4.2	9	6.3
Costo de elaboración de M.	<b>0.5</b>	8	4.0	7	3.5
Tiempo requerido en E. de P.	<b>0.9</b>	6	5.4	8	7.2
		<b>TOTAL:</b>	<b>27.8</b>		<b>33.4</b>

#### **2.4.- Determinación de la mejor alternativa de seccionamiento**

Luego de haber analizado los parámetros se llega a la conclusión que el corte parcial de 120° (alternativa 2) del motor es el más adecuado debido a su facilidad para el desmontaje de las secciones principales, ya que es necesario el uso de herramientas especiales, además los trabajos de corte son más sencillo; el tiempo de ejecución de

seccionamiento es menor y se puede apreciar con claridad los elementos internos del motor.

## CAPÍTULO III

### SECCIONAMIENTO

#### 3.1.- Desmontaje total del motor

Antes del desmontaje del motor se debe tener en claro las precauciones de seguridad en un taller de aviación, y entre ellas se considera las más importantes que son:

- No utilizar ningún tipo de prendas tales como: anillo, reloj, cadena, etc.
- No fumar
- Mantener siempre limpia el área de trabajo
- Utilizar las herramientas adecuadas
- Utilizar overol mangas corta y botas
- Utilizar las prendas de protección (visores, guantes etc.)

#### Procedimiento de desmontaje del motor (Ver Figura 3.1).

En el proceso de desmontaje, se emplea manual de mantenimiento y se realizan los pasos a indicar la tabla 3.1. Siguiendo.

**Tabla 3.1. Pasos para el desmontaje del motor**

<b>Paso # 1</b>	Desmontaje de la sección de engranaje de reducción. (accesorio)
<b>Paso # 2</b>	Desmontaje de la sección potencia
<b>Paso # 3</b>	Desmontaje de la sección generadora de gas





**Figura 3.1. Desmontaje del motor en sus tres secciones. (Partes)**

### **Desmontaje de las tres partes principales del motor**

Luego del desmontaje del motor en sus tres partes principales, se procede al desmontaje de la sección de engranajes de reducción, poniendo sus piezas en un solo lugar y ordenadamente, siguiendo las instrucciones del manual de mantenimiento. (Ver

**Figura Figura 3.2.**



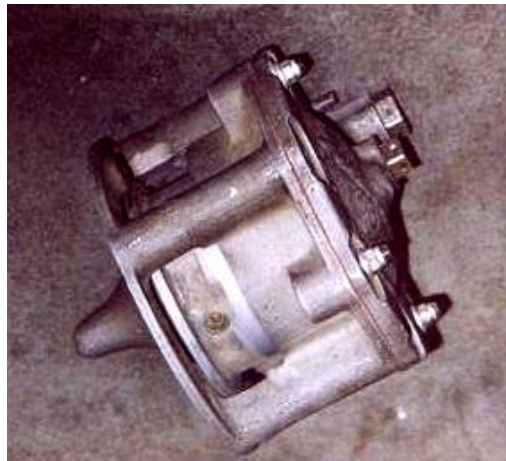
**Figura 3.2. Partes internas de la sección de engranaje de reducción**

Luego se desarma la sección de potencia, para lo que se requiere herramientas especial, misma que no se cuenta en el taller, por tal motivo no se puede desarmar este elemento. **(Ver Figura 3.3).**



**Figura 3.3. Sección de potencia (Turbina de potencia)**

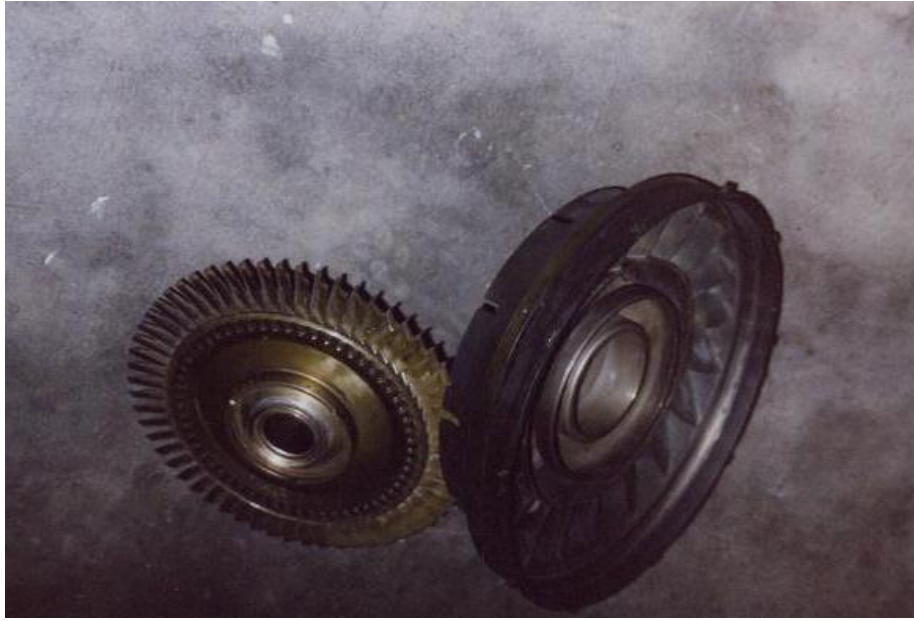
Por ultimo se procede al desarme de la sección generadora de gas, la cual esta compuesta por: parte exterior, la válvula de sangrado, cámara de combustión, compresor, turbina del compresor, conducto de salida grande y conducto pequeño, bujía e inyectores. (Ver Figura 3.4., 3.5. ,3.6. ,3.7.).



**Figura 3.4. Válvula de sangrado**



**Figura 3.5. Cámara de combustión y conductos (grande, pequeño)**



**Figura 3.6. Turbina del compresor y el difusor**



**Figura 3.7. Desarmado del conducto pequeño. Conjunto del compresor**

### **3. 2. - Procedimiento de seccionamiento**

Una vez que se ha seleccionado la alternativa de corte, se da a conocer los equipos a utilizar, su uso y las características de cada uno de ellos, entre estos se tiene lo siguientes:

- Cortadora de plasma
- Rápida neumática
- Esmeril
- Soldadura eléctrica
- Stock de herramientas

#### **Uso y características de la corta plasma**

Es una máquina eléctrica que opera con 220 V, CC y 40 PSI de aire, marca **SIGNATURU, USA.**

Es utilizada para cortes de material de acero resistente, hierro dulce, aluminio, magnesio etc., con un espesor de 1/2" (pulgada) máximo.

Su característica principal: produce un arco eléctrico de 1800 °C (electrodo-tungsteno), además su temperatura al área de corte no se disipa (**Ver Figura 3.8.**).





**Figura 3.8. Cortadora de plasma**

### **Uso y características de la rápida neumática**

Es una máquina neumática de uso múltiple utilizada para el corte de material de aluminio, magnesio y acero resistente, su característica principal; opera con una presión de aire de 60 PSI, acoplado un disco de corte, de 3" (pulgadas) y 25.000 R.P.M. máximo. **(Ver figura 3.9., 3.10.).**





**Figura 3.9. Disco de corte**

**Figura 3.10. Rápida neumática**

#### **Uso y características del esmeril**

Es una máquina eléctrica, opera con 110V CC se utiliza para el desprendimiento de aristas vivas, cepillado etc., (uso múltiple.). (Ver **Figura 3.11. en práctica de la DIAF**).



**Figura 3.11. Esmeril en práctica de la DIAF**

### **Uso y características de la soldadora eléctrica**

Es una máquina eléctrica marca “**HOBART**” opera con 480 V, CA-CC, se la conoce con el nombre de **TIG** (Tungsteno Inerte Gas) realiza soldadas finas, especialmente de variación y precisión, además suelda todo tipo de acero, de alto y bajo contenido de carbono, hierro dulce, aluminio, magnesio, titanio y cobre.

Su característica principal: usa como refrigerante agua en circuito abierto, para mantener sus equipos de operación en una temperatura adecuada. **(Ver Figura 3.12.)**





**Figura 3.12. Soldadora eléctrica**

### **Uso y características de herramientas**

El uso de las herramientas es de acuerdo a la posición o dificultad que se encuentre el perno o tuerca en forma adecuada. Su característica principal, son tipo Stanley. (Ver Figura 3.13.).



### **Figura 3.13. Stock de herramientas**

Una vez conocido el uso y las características de los equipos para el corte, se procede a señalar la parte externa del motor, a continuación se aprecia los cortes realizados en las tres partes principales. (Ver Figura 3.14., 3.15., 3.16.).



**Figura 3.14. Corte de la sección de engranaje de reducción**



**Figura 3.15. Corte de la sección de potencia**



**Figura 3.16. Corte de la sección generadora de gas**

Al dar por finalizado el corte del motor se realiza el limado de todos los filos de menor grosor y las partes de mayor grosor se proceden a esmerilar, para desprender todas las rebabas ya que pueden causar un accidente.

### Procedimiento de limpieza y pintado del motor

- En esta parte se realiza la limpieza total del motor, desprendiendo todas las limallas que se encuentra en el interior como en el exterior del mismo
- Luego se empapela las partes no a pintarse (**Ver Figura 3.17.**)
- Se procede a pintar toda sus partes visibles y no visibles, con un fondo especial
- Por ultimo se pinta sus tres secciones con sus colores adecuados (**Ver Figura 3.18.**).



**Figura 3.17. Empapelado de las partes no a pintarse**



**Nota:** la descripción de los códigos de colores utilizados en sus partes principales según su funcionamiento se aprecian en anexos. **(Ver anexo C).**



**Figura 3.18. Pintado final de sus partes (Carcaza de la sección caliente)**

### **3.3.- Montaje del motor seccionado**

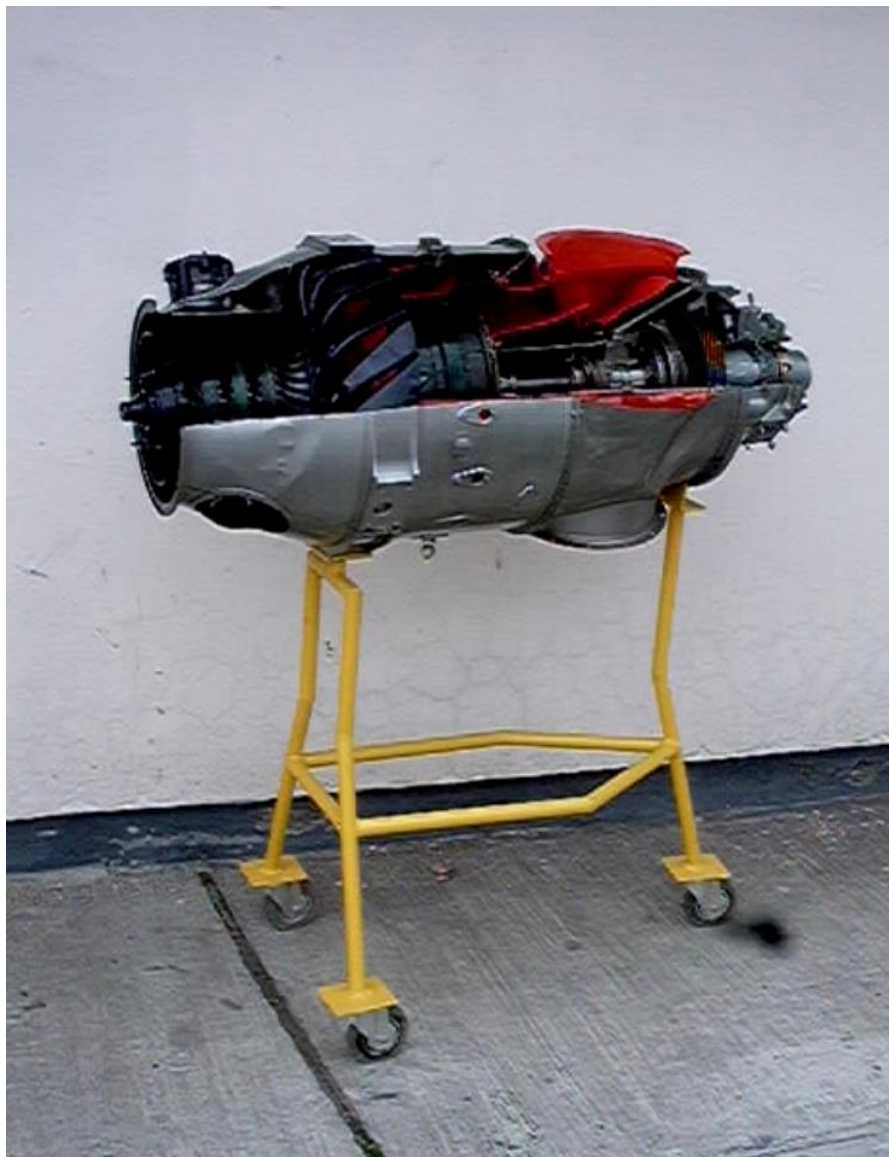
En este proceso de igual forma que se realizó para el desmontaje, el montaje se lo realiza por secciones como se especifica en los siguientes puntos: **(Ver Figura 3.19.)**

- Montaje de sus partes internas de la sección de engranaje de reducción
- Montaje de sus partes internas de la sección de potencia
- Montaje de sus partes internas de la sección generadora de gas



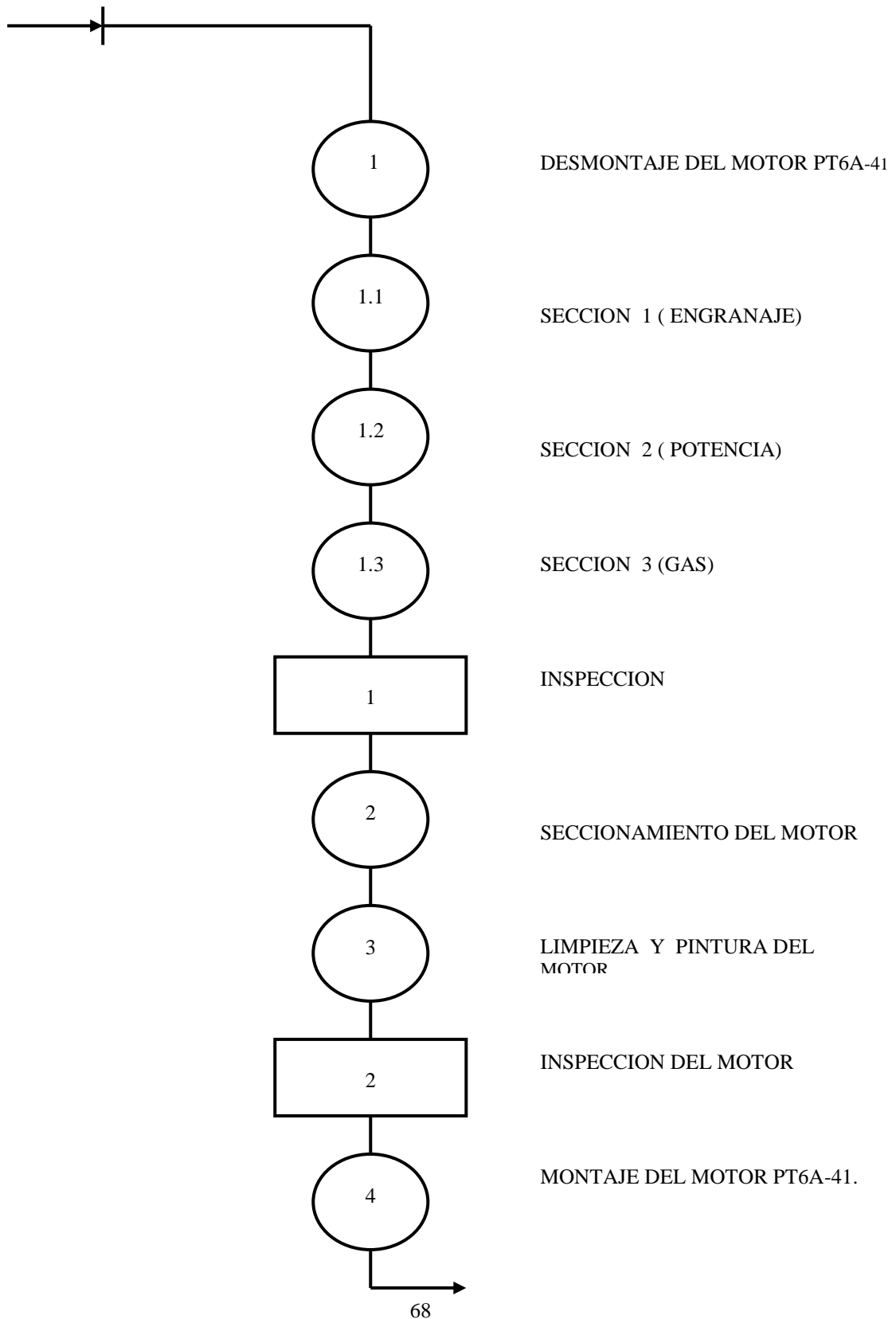
### **Figura 3.19. Montaje de las secciones (Partes internas)**

Luego se procede al montaje de sección entre sección (sección de engranaje de reducción, sección de potencia, y sección generadora de gas.), por ultimo montamos el soporte. (Ver Figura 3.20.).



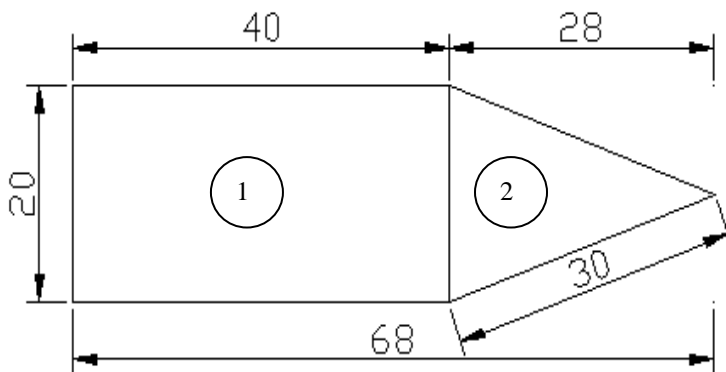
**Figura 3.20. Montaje del motor seccionado y del soporte**

**3.4.- Diagrama de proceso**





### 3.5.- Cálculo del soporte



Centro de gravedad.

N	Fig.	$\Lambda$	eje X		eje Y	
			$\bar{X}$	$\bar{X} * \Lambda$	$\bar{Y}$	$\bar{Y} * \Lambda$
1	1 cuadrado	800,00	20,00	16000,00	10,00	8000,00
2	2 triángulo	280,00	49,33	13812,40	10,00	2800,00
		1080,00		29812,40		10800,00

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{X}_i \times \Lambda_i}{\sum_{i=1}^n \Lambda_i} \quad (\text{EC.1})$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{Y}_i \times \Lambda_i}{\sum_{i=1}^n \Lambda_i} \quad (\text{EC.2})$$

**Donde:**

$\bar{X}$ : Centro de gravedad total

$\bar{Y}$ : Centro de gravedad total

$\bar{X}_i$ : Centro de gravedad de cada figura

$\bar{Y}_i$ : Centro de gravedad de cada figura

$\Lambda_i$ : Área de cada figura

$$\bar{X} = \frac{29812.4}{1080} = 27.60\text{cm}$$

$$\bar{Y} = \frac{10800}{1080} = 10\text{cm}$$

### Cálculo de las reacciones

El peso del motor se ubica en el centro de gravedad del soporte.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_1 + R_2 = W$$

$$\sum M_A = 0$$

$$W * 27.6 = R_2 * y * 40.4$$

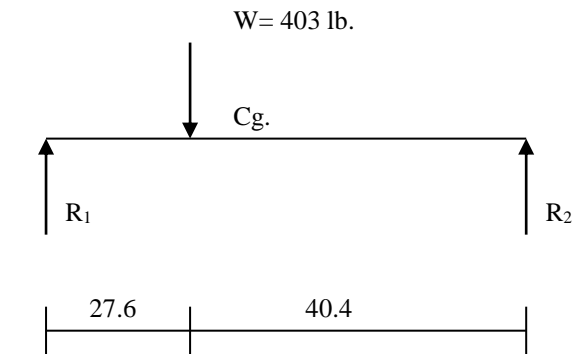
$$R_2 * y = \frac{403\text{lbs} * 27.6\text{cm}}{68\text{cm}}$$

$$R_2 * y = 163.57\text{lbs.}$$

$$R_1 * y = W - R_2 * y$$

$$R_1 * y = 403 - 163.57$$

$$R_1 * y = 239.43\text{lbs.}$$



Por equilibrio estático.

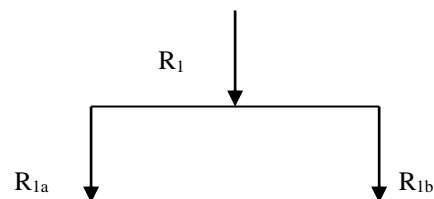
El soporte 1 distribuye la carga a 2 columnas ubicadas simétricamente.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{1a} = R_{1b} \therefore$$

$$R_{1a} + R_{1b} = R_1$$

$$R_{1a} = \frac{R_1}{2} = \frac{239.43\text{lbs}}{2} = 119.715\text{lbs.}$$



**Determinación del material.**

Se considera el cálculo para la columna B que es la que mayor carga soporta.

$$\sum Fy = 0$$

$$P = R$$

$$R = 163.57\text{lbs}$$

$$\sum M = 0$$

$$M = P * 7$$

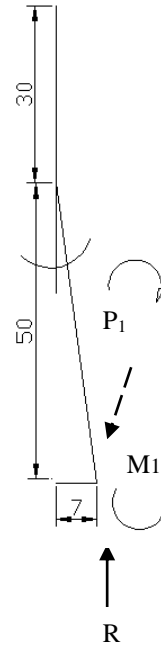
$$M = 163.57\text{lbs} * 7\text{cm}$$

$$M = 1144.99 \approx 1145\text{lb} * \text{cm}$$

$$M = 1145\text{lb} * \text{cm}$$

$$M = 5.19\text{kgf} * \text{m}$$

$$\tau_e = \frac{P}{A}$$



La columna está sometida a compresión.



(EC.3)

$$\tau_e = \frac{163.57\text{lbs}}{\frac{\pi(D_e^2 - D_i^2)}{4}}$$

Tubo estructural Ø 1" \* 2mm. (Ver anexo Da)

$$\text{Ø}_e = 25.04\text{m.}$$

$$\text{Ø}_i = 21.04\text{m.}$$

$$P = 1.15 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\tau_e = \frac{163.57 \text{ lbs}}{\frac{\pi(2.504_e^2 - 2.104_i^2) \text{ cm}^2}{4}} = 112.99 \frac{\text{ lbf}}{\text{ cm}^2} * \frac{1 \text{ kgf}}{2.2048 \text{ lbf}} = 51.247 \frac{\text{ kgf}}{\text{ cm}^2}$$

$$\tau_e = 51.247 \frac{\text{ kgf}}{\text{ cm}^2} = 5.027 * 10^6 \frac{\text{ N}}{\text{ cm}^2} = 5.027 * 10^6 \text{ Pa.}$$

El tubo acero ASTM A-36 tiene una resistencia última a tensión y compresión de 400 MPa (ver anexo Db).

El esfuerzo calculado es menor que el esfuerzo último.

$$\therefore 5.027 \text{ MP} < 400 \text{ Mpa}$$

No amerita realizar un análisis más detallado ya que la estructura no ha de fallar.

### **Selección de rueda**

**Carga a soportar (transmitir) = 163.57 Lbs.**

Rígida NS 900.- se selecciona estas ruedas por tener un rango de 95 a 1200 Lb.

De peso, el cual cada rueda del soporte resiste 134.3 Lb. **(Ver anexo E).**

## CAPÍTULO IV

### ELABORACION DE MANUALES

#### 4.1. Manual de operaciones


Para elaborar un manual de procedimientos implica que se debe cumplir con ciertos requisitos que exigen las normas ISO 9001 en cuanto a los formatos aplicados.

Esto proporciona una secuencia del proceso de la investigación en el tema, manuales y registros.

**Tabla 4.1 procedimientos de mantenimiento, operación y registro del motor**

**PT6A-41 seccionado para fines didáctico.**

	<b>MOTOR PT6A-41 SECCIONADO PARA FINES DIDACTICOS</b>	<b>AV-YV-01</b>
01	Manual de operación del motor seccionado pt6a-41	AV-YV-O1-P1
02	Manual de mantenimiento del motor seccionado PT6A-41	AV-YV-01-P2
03	Hoja de registro de mantenimiento del motor PT6A-41 Seccionado.	AV-YV-01-R1
04	Hoja de registro de utilización como maqueta didáctica	AV-YV-01-R2
05	Hoja de registro de daños del motor PT6A-41 seccionado	AV-YV-01-R3

 <b>AVINAV</b>	<b>MANUAL DE PROCEDIMIENTO</b>	<b>Pág. : 1 de 2</b>
	<b>OPERACIÓN DEL MOTOR PT6A-41 SECCIONADO</b>	<b>Código: AV-YV-O1-P1</b>
	<b>Elaborado por:</b> Vargas Vargas Yamkelly	<b>Revisión No. : 1</b>
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Bassantes Dag	<b>Fecha:</b> Abril / 2004

### **1.0 OBJETIVO**

Documentar normas para la operación del motor PT6A-41 seccionado.

### **2.0 ALCANCE**

Dar a conocer al operador los pasos que debe seguir para la operación del motor PT6A-41.

### **3.0 NOMBRE DEL EQUIPO: MOTOR PT6A-41 SECCIONADO**

### **4.0 CARACTERISTICAS TÉCNICAS:**

#### **4.1. DIMENSIONES:**

- Longitud: 66.9 in
- Diámetro: 19.0 in
- Peso: 403 Lb.



AVINAV

**MANUAL DE PROCEDIMIENTO**

**OPERACIÓN DEL MOTOR PT6A-41  
SECCIONADO**

**Elaborado por:** Vargas Vargas Yamkelly

**Aprobado por:** Ing. Bassantes Dag

**Pág. :** 2 de 2

**Código:**  
AV-YV-O1-P1

**Revisión No. :** 1

**Fecha:** Abril / 2004

**4.2. No DE RUEDAS:** 3 móviles

### 5.0 NORMA DE OPERACIÓN

Para la operación del motor PT6A-41 seccionado para fines didácticos, se realiza los siguientes pasos:

- Retirar el cobertor de su posición inicial
- Realizar una inspección visual de toda la estructural
- Limpiar sus partes internas del motor
- Después de su estudio cubrir con el cobertor

Su propósito es para la utilización como maqueta didáctica en su estudio de inter-aprendizaje.

**RESPONSABLE :**

-----



AVINAV

**MANUAL DE PROCEDIMIENTO**

**MANTENIMIENTO DEL MOTOR PT6A-41  
SECCIONADO**

**Elaborado por:** Vargas Vargas Yamkelly

**Aprobado por:** Ing. Bassantes Dag

**Pág. :** 2 de 1

**Código:**  
AV-YV-O1-P2

**Revisión No. :** 1

**Fecha:** Abril / 2004

**1.0 OBJETIVO**

Documentar los procedimientos de mantenimiento para su conservación en sus partes interna y externa.

**2.0 ALCANCE**

Brindar el procedimiento necesario para el correcto mantenimiento de esta maqueta didáctica

**3.0 PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO**

Para mantener un correcto y satisfactorio estado de conservación se debe realizar los siguientes pasos de:

**RESPONSABLE:**

-----





	<b>MANTENIMIENTO DEL MOTOR PT6A-41 SECCIONADO</b>	
		<b>Código:</b> AV- YV-01-P2
	<b>Elaborado por:</b> Vargas Vargas Yamkelly	<b>Revisión No. :</b> 1
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Bassantes Dag	<b>Fecha:</b> Abril / 2004
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retire el cobertor de protección</li> <li>• Limpie sus partes internas y externas</li> <li>• Lubrique con una película de aceite sus puntos de rodamientos para evitar que se corroan</li> <li>• Engrase trimestralmente sus tres ruedas del soporte</li> <li>• Cúbralo con su cobertor</li> </ul> <p>Realice este mantenimiento mensualmente o bimensual dependiendo del lugar que se encuentre.</p> <p><b>RESPONSABLE:</b> _____</p> <p>-</p>		

## **CAPÍTULO V**

### **ESTUDIO ECONÓMICO**

#### **5.1.- Presupuesto para la elaboración de seccionamiento del motor PT6A-41**

Para la construcción de la maqueta didáctica de motor PT6A-41, tomando en consideración la utilización de; materiales, herramientas, equipos, horas/ hombres, transporte y otros, se realizó un presupuesto de \$ 557.72 aproximadamente.

##### **5.1.1.- Análisis de tiempo de seccionamiento**

Antes de realizar el análisis, se debe conocer la secuencia de trabajo que se realizó, esta es:

- Desmontaje del motor
- Proceso de seccionamiento (corte)
- Reparación y limpieza
- Elaboración de la base para el motor
- Proceso de pintado
- Montaje del motor y colocación de la base

La tabla 4.1. Muestra los trabajos específicos y horas laboradas.

**Tabla 5.1. Relación de mano de obra- horas laborables**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>HORAS /LABORABLES</b>
Desmontaje del motor	10:30
Proceso de seccionamiento	24:40
Reparación y limpieza	05:10
Elaboración de la base	04:20
Proceso de pintado	06:30
Montaje y colocación de la base	12:50
<b>Total horas laborables:</b>	<b>64</b>

El tiempo total de trabajo necesario que determinó en el análisis de la tabla 5.1. Es de 64 horas de trabajo, (tiempo utilizado).

### **5.1.2.- Análisis económico de la inversión**

Para el análisis de la inversión de la maqueta didáctica del motor PT6A-41 se realiza un balance en los siguientes puntos principales que tenemos a continuación:

- Materiales
- Equipos y herramientas
- Horas /hombre
- Transporte

## Materiales

Los materiales a utilizar con sus respectivos valores, se indica en la tabla 5.2.

**Tabla 5.2. Valores de materiales**

No.	Ítem	Cant.	Unid.	V. Unid.	Subtotal
1	Motor PT6A-41 *	1	U	00.00	00.00 *
2	Electrodo AGA E6011	1	lbs.	0.85	0.85
3	Llantas giratorias	3	U	1.69	5.07
4	Tubo estructural Ø 1" 1.5mm	1	U	4.82	4.82
5	Disco de corte A 60-TB	20	U	2.35	47.00
6	Tiñer laca litro inpepsa	2	lts.	3.36	6.72
7	Fondo especial verde	¼	lts.	5.82	5.82
8	Sintético preparado azul	¼	lts.	3.52	3.52
9	Sintético preparado aluminio	¼	lts.	2.00	2.00
10	Sintético preparado naranja	¼	lts.	5.82	5.82
11	Cobertor de cuero	1	U	44.80	44.80
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 126.42</b>

\* El valor del motor es cero por hallarse como activo fijo en la Aviación Naval, el mismo que retornará una vez culminado el proyecto.

## Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas utilizadas en la elaboración de la maqueta didáctica son las siguientes. Ver en la tabla 5.3.

**Tabla 5.3. Equipos y herramientas (alquiler \* hora)**

No.	Item	Cant.	Unid.	H/H	Subtotal
1	Cortadora plasma	1	Hrs.	10:00	40.00
2	Esmeril	1	Hrs.	1:15	5.00
3	Soldadora eléctrica	1	Hrs.	7:30	30.00
4	Rápida neumática	1	Hrs.	5:00	20.00
5	Stock de herramientas	1	Hrs.	2:30	10.00
				<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 105.00</b>

### Horas / hombres

La relación de mano obra y horas / hombres que especifica en la tabla 5.1. Es un total de 64 horas de trabajo, dando a conocer su valor total de gasto en la tabla 5.4. Con un valor por una hora de (\$ 4,00), que a continuación se muestra.

**Tabla 5.4. Valor de horas / hombres**

No.	Item	Cant.	Unid.	H/H x \$ 4 la hora	Subtotal \$
1	Desmontaje del motor	1	Hrs.	10:30	41.2
2	Proceso de seccionamiento	1	Hrs.	24:40	97.6
3	Reparación y limpieza	1	Hrs.	05:10	20.4
4	Elaboración de la base	1	Hrs.	04:20	16.8
5	Proceso de pintado	1	Hrs.	06:30	25.2
6	Montaje del motor en la base	1	Hrs.	12:50	50.0
<b>TOTAL:</b>					<b>\$ 256.00</b>

### Transporte

El gasto en transporte comprende en transporte interno y transporte interprovincial. Ver en la tabla 5.5.

**Tabla 5.5. Valor de transporte**

No.	Item	Cant.	Unid.	V. Unit.	Subtotal
1	Transportes Magdalena	1	U	20.15	40.30
2	Transp. Interno (Guayas)	1	U	3.00	9.00
3	Transp. Interno (Cotopaxi)	1	U	2.00	4.00
<b>TOTAL:</b>					<b>\$53.30</b>

### **5.4.- Costo total**

La elaboración del seccionamiento del motor PT6A-41 para fines didácticos, que dará ganancia a la Aviación Naval, ha producido un costo total que se presenta en la tabla 5.4.

**Tabla 5.6. Costo total en la inversión**

Materiales	\$126.42
Equipos, herramientas	\$105.00
Horas / hombres	\$256.00
Transporte y otros	\$70.30
<b>COSTO TOTAL:</b>	<b>\$ 557.72</b>



## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1.- Conclusiones**

- La maqueta que soporta el peso del motor PT6A-41 seccionado, permite observar los elementos internos constitutivos del mismo.
- Los elementos internos del motor no son móviles en razón del deterioro del mismo.
- La maqueta es material adecuado para el proceso inter-aprendizaje en el taller.
- Es necesario contar con material didáctico acorde con la tecnología actual y el presente proyecto esta enfocado en una forma práctica del funcionamiento del motor PT6A-41.
- El presente proyecto facilita de una mejor manera la comprensión del funcionamiento del motor PT6A-41.

#### **6.2.- Recomendaciones**

- Se recomienda seguir los pasos del manual de mantenimiento.
- Para el transporte de un lugar a otro, conducirlo con cuidado.
- Cubrir con el cobertor cuando no se esté utilizando.
- No introducir el dedo, (utilice un puntero).
- Realice inspección cotidiana.

Cumpliendo con estas recomendaciones vamos a obtener mayor vida útil y una buena apreciación para su estudio.

## **Bibliografía**

Beechcraft (1978) “MANUAL DE MANTENIMIENTO”

SHIH Randy (2002) “AUTOCAD 2002 TUTORIAL” [www.sdacad.com](http://www.sdacad.com).2002

Shakelford J. (1995) “INSPECCION DEL MOTOR PT6A-41” 3ª Edición. Editorial  
Wichita Kansas. USA.

GRIFFTHS C. (2002) “Manual Ilustrado de Partes” Collins. Canadá.

[www.beechcraft.com.ec](http://www.beechcraft.com.ec)