



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA

CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR CFM56
CONSTRUIDO ESTRUCTURALMENTE PARA LA APLICACIÓN
DE CONOCIMIENTOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LOS
ALUMNOS EN LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA
DEL ITSA

AUTOR: HERRERA VON GÓMEZ ALFREDO JOSÉ

Trabajo de Graduación como requisito previo para la obtención del
Título de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES

LATACUNGA, FEBRERO 2015

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. ALFREDO JOSÉ HERRERA VON GÓMEZ, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AREONÁUTICA MENCIÓN MOTORES.

Ing. Rodrigo Bautista
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Latacunga, Febrero 2015.

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, ALFREDO JOSÉ HERRERA VON GÓMEZ

DECLARO QUE:

El proyecto denominado, “**CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR CFM56 CONSTRUIDO ESTRUCTURALMENTE PARA LA APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LOS ALUMNOS EN LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DEL ITSA**”, ha sido desarrollado en base a una investigación científica exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Latacunga, Febrero 2015.

Alfredo José Herrera Von Gómez
CC. 1803647526

AUTORIZACIÓN

Yo, ALFREDO JOSÉ HERRERA VON GÓMEZ

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del trabajo, “**CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR CFM56 CONSTRUIDO ESTRUCTURALMENTE PARA LA APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LOS ALUMNOS EN LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DEL ITSA** ”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Febrero 2015.

Alfredo José Herrera Von Gómez

CC. 1803647526

DEDICATORIA

Principalmente a Dios porque gracias a la fe en él no me he desviado de mi camino y tampoco del cumplimiento de mis metas y objetivos.

A mi madre que su dedicación e insistencia me ha ayudado para que no desmaye en cada proyecto que me he planteado, a mi bebe que viene en camino para que él cuándo sea la hora llegue a ser mejor que sus padres.

AGRADECIMIENTO

A mi madre porque su temple, consejos y dedicación son los pilares que me sostienen para no rendirme, pese a las adversidades presentadas; guiándome día a día para culminar cada cosa que inicio.

A mi padre y hermana que son parte de cada emprendimiento logrado ya que están siempre allí empujándome para que siga adelante. Y hoy en día mi esposa Karina con su perseverancia y dedicación para mí.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
RESÚMEN	xiii
SUMMARY.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
1.1 TEMA.....	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Planteamiento del Problema	3
1.4 Justificación e Importancia.....	3
1.5 OBJETIVOS.....	3
1.5.1 Objetivo General	3
1.5.2 Objetivos Específicos.....	3
1.6 Alcance	4
CAPÍTULO II.....	5
2.1 Fundamentación teórica.....	6
2.2 Flujo de aire	6
2.3 Diseño del motor CFM56	7
2.3.1 Sección FAN	9
2.3.1.1 Fan y módulo de seguridad.....	10
2.3.2 Módulo básico del motor principal.....	12
2.3.2.1 Compresor de alta presión (HPC).....	12
2.3.2.2 Compresor de baja presión (LPC).....	13
2.3.3 Cámara de combustión	13

2.3.4 Sección turbina	14
2.3.4.1 Turbina de alta presión (HPT).....	15
2.3.4.2 Turbina (LPT).....	15
2.3.4.3 Módulo de turbina	16
2.3.5 Escape	19
2.4 Terminología.....	19
2.5 Características del Motor CFM56	19
2.6 Soldadura.....	20
2.6.1 Suelda eléctrica	21
2.6.2 Suelda autógena.....	22
2.7 Fibra de vidrio	23
2.8 Resina.....	24
2.9 Taladro.....	24
2.10 Interruptores.....	25
2.11 Bombilla	26
2.14 Poleas y Banda de caucho	26
2.15 Normas de seguridad.....	28
CAPÍTULO III	31
CONSTRUCCIÓN.....	31
3.1 Principios básicos de construcción	31
3.1.1 Descripción del prototipo de Motor CFM56.....	31
3.1.2 Partes del prototipo de motor CFM56	32
3.1.3 Dimensiones del Prototipo	41
3.1.4 Descripción del accionamiento del prototipo.....	42
3.1.5 Descripción del funcionamiento	42
3.1.6 Construcción	42
3.1.7 Codificación de Máquinas, equipos y herramientas.....	43
3.1.7 Simbología.....	44
3.2 Diagramas de procesos de construcción	46
3.2.1 Diagrama de proceso de construcción de la estructura del Prototipo de Motor CFM56.....	46

3.2.2 Diagrama de proceso de construcción de la estructura los compresores y turbinas.....	46
3.2.3 Diagrama de proceso de construcción de la estructura del Soporte	49
3.2.5 Diagrama de proceso de construcción de funcionamiento eléctrico.....	50
3.2.6 Diagrama de ensamblaje final del Prototipo de motor CFM56 construido estructuralmente.....	50
3.3.1 Manuales	50
3.3.2 Descripción de Manuales.....	50
3.4.2 Manual de Operación.....	51
3.4.3 Manual de Seguridad.....	51
3.4.4 Manual de Mantenimiento.....	51
3.5 Estudio económico.....	60
3.5.1 Presupuesto.....	61
3.5.2 Análisis de costos	61
3.5.3 Costos Primarios.....	62
3.5.4 Costos por materiales	62
3.5.5 Costos por mano de obra.....	63
3.5.6 Costos por herramientas, máquinas y equipos por hora.....	63
3.5.7 Total costos primarios.....	65
3.5.8 Costos secundarios.....	65
3.5.9 Costo total del proyecto	65
CAPÍTULO IV.....	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
4.1 Conclusiones	67
4.2 Recomendaciones	67
GLOSARIO DE TÉRMINOS	68
SIGLAS O ABREVIATURAS.....	70
BIBLIOGRAFÍA.....	75
NETGRAFÍA	75

ANEXO.....76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Concepto General del Motor CFM56	5
Figura 2.2: Flujo de Aire Motor CFM56.....	7
Figura 2.3: Concepto General del Motor CFM56	8
Figura 2.4: Diseño Modular Motor CFM56.....	9
Figura 2.5: Sección FAN del Motor CFM56	10
Figura 2.6: FAN y Modulo de seguridad del Motor CFM56.....	11
Figura 2.7: Fan Blades del Motor CFM56	11
Figura 2.8: Compresor de bajaLP Motor CFM56	12
Figura 2.9: Etapa de High Pressure Motor CFM56	13
Figura 2.10: Concepto General del Motor CFM56	14
Figura 2.11: Etapa de High Pressure Motor CFM56	14
Figura 2.12: Etapa de Low Pressure Motor CFM56.....	16
Figura 2.13: Sección Accesorios Motor CFM56.....	17
Figura 2.14: Transferencia de Accesorios Motor CFM56.....	19
Figura 2.15: Concepto General del Motor CFM56	19
Figura 2.16: Soldadura eléctrica	21
Figura 2.17: Soldadura por fusión.....	22
Figura 2.18: Fibra de Vidrio.....	23
Figura 2.19: Resina.....	24
Figura 2.20: Taladro.....	25

Figura 2.21: Interruptores.....	25
Figura 2.23: Bombilla	26
Figura 2.24: Sistema de Poleas	27
Figura 2.25: Transmisión por banda	28
Figura 2.26: Normas de seguridad.....	28
Figura 3.1: Eje Coaxial.....	32
Figura 3.2: Corte del Contenedor metálico	33
Figura 3.3: Compresor de baja y Fan	34
Figura 3.5: Turbo Fan	35
Figura 3.6: Turbo Fan y Compresor de alta.....	35
Figura 3.7: Partes compresor de baja.....	36
Figura 3.8: Ensamble Turbina.....	36
Figura 3.9: Ensamble Cámara de combustión	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Características de Motores CFM56.....	6
Tabla2.2:Características de Motores CFM56.....	20
Tabla 3.1: Características de Motores CFM56.....	41
Tabla 3.2: Codificación de máquinas	43
Tabla 3.3: Codificación De Equipos	43
Tabla 3.4: Codificación De Herramientas.....	44
Tabla 3.5: Simbología	44
Tabla 3.6: Pruebas de operación	52
Tabla 3.9: Tabla de Costos Materiales	62
Tabla 3.7: Tabla de costos por mano de obra.....	63
Tabla 3.8: Tabla de costos de herramientas, máquinas y equipos por hora.....	65
Tabla 3.9: Tabla del total de costos primarios.....	65
Tabla 3.10: Tabla del total de costos secundarios.....	65
Tabla 3.14: Tabla del total de costos del proyecto.....	65

RESÚMEN

El siguiente trabajo contiene el proceso desarrollado para la elaboración del prototipo del **motor CFM56** construido estructuralmente, además de la descripción detallada de funcionamiento, operación y sus respectivos manuales, destinado para el bloque 42 en La Unidad de Gestión de Tecnologías de La Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Se detalla la concepción del tema, estableciendo fundamentos acerca de la necesidad de construir el presente **prototipo didáctico**, también incluyendo los objetivos a alcanzarse de manera ordenada para obtener resultados satisfactorios. La información técnica de los componentes está especificado a lo largo del trabajo tanto sus partes mecánicas como eléctricas y accesorios internos. El **prototipo** trabaja con un motor de corriente alterna el cual por medio de un sistema de poleas conectadas al eje coaxial simula el movimiento real del motor CFM56 además de la simulación del funcionamiento de las cámaras de combustión a través del accionamiento de una bombilla eléctrica. Todo esto accionado en el panel de control máster. El siguiente proyecto es desarrollado con la finalidad de que los estudiantes tengan una fuente de acceso didáctica acerca de la operación referente a un motor **turbofán** CFM56.

PALABRAS CLAVE: MOTOR CFM56, PROTOTIPO DIDÁCTICO, PROTOTIPO, TURBOFAN, PANEL DE CONTROL

SUMMARY

The following work has developed the process for developing the prototype built structurally **CFM56 engine**, plus a detailed description of operation, and their respective operation manuals, intended for Block 42 in The Unit Management Technology University of Armed Forces - ESPE. The detailed design of the theme, setting foundations about the need to build this **prototype training**, also including the objectives to be reached in an orderly manner to obtain satisfactory results. The technical information of the components are specified throughout the work both mechanical and electrical parts and internal fittings. The **prototype engine** works with an alternating current which via a system of pulleys connected to the coaxial axis movement simulates the actual addition CFM56 engine simulating the operation of the combustion chambers through the actuation of an electric bulb. This operated in the master control panel. The next project is developed in order to allow students access to a source of teaching about the operation concerning CFM56 **turbofan**.

KEY WORD: CFM56 ENGINE, PROTOTYPE TRAINING, PROTOTYPE TURBOFAN, CONTROL PANEL

CAPÍTULO I

1.1 TEMA

CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR CFM56 CONSTRUIDO ESTRUCTURALMENTE PARA LA APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LOS ALUMNOS EN LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DEL ITSA

1.2 Antecedentes

Desde el inicio de los tiempos el hombre ha deseado alcanzar el cielo o asemejar el vuelo de las aves y lo ha podido lograr a través de los planeadores, globos, según el tiempo y desarrollo tecnológico de los aviones, en sus inicios funcionaban tan solo con motores recíprocos, turbohélice, turborreactores entre otros conforme avanzando la historia hasta llegar a nuestros días con los motores turbofán.

Los motores tipo turbofán o conocido como turboventilador son una generación de motores a reacción que remplazaron a los motores que ya existentes como son los turborreactores o turbojet, el turbofán más potente del mundo es el General Electric GE90-115B con 512 kN de empuje, esta empresa junto con Snecma empresa Francesa conforman CFM international los creadores del Motor CFM56.

Como se puede observar en los resultados satisfactorios al utilizar maquetas o prototipos didácticos como EL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL MOTOR V 2500 ITSA-MSLMV-M3 DE Cristian Bravo y a través de la investigación realizada, es indispensable la Construcción de un prototipo de Motor CFM56 construido estructuralmente para la aplicación de conocimientos teóricos y prácticos de los alumnos en la carrera de Mecánica

Aeronáutica del ITSA mencionó Motores-Aviones debido a la aportación tecnológica e intelectual que dará en la UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA UNIVERSIDAD DE FUERZAS ARMADAS – ESPE.

1.3 Planteamiento del Problema

El ITSA fue una Institución de Educación Superior, creada el 08 de Noviembre de 1999, a través de acuerdo Ministerial N° 3237, documento que es publicado en la OGFAE N° 032 del 15 de Noviembre de 1999; reconocido por el CONESUP mediante registro N° 05-003 con fecha 22 de Septiembre del 2000, desde aquel momento viene prestando sus servicios educativos superiores a la juventud del país con carreras innovadoras únicas, ofreciendo nuevos campos laborales en la industria aeronáutica y en la industria en general. EL ITSA SE CONVIERTE EN UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS.

Con fecha 13 de enero de 2014, el Honorable Consejo Universitario Provisional de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, aprueba la creación de la **UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**, consolidando así la integración del ITSA en la UNIVERSIDAD DE FUERZAS ARMADAS – ESPE.

En la carrera de Mecánica Aeronáutica debido a las diversas aplicaciones prácticas que deben realizar los alumnos para el desarrollo de conocimientos y motricidad además de raciocinio es necesaria la aplicación de maquetas y prototipos que simulen el funcionamiento mecánico de sistemas reales que existen en las aeronaves como lo son los motores.

1.4 Justificación e Importancia

La siguiente investigación realizada tiene como propósito otorgar un prototipo de Motor CFM56 a la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Fuerzas Armadas – ESPE para desarrollar destrezas, conocimientos y fomentar el interés de los alumnos en aprender las últimas tecnologías aeronáuticas e investigación, fortaleciendo las habilidades y raciocinio de un técnico aeronáutico.

Para proporcionar mayores conocimientos teóricos y prácticos en materias importantes como: Inspección del Motor, Mecánica Básica y Motores Turbina se ha visto la necesidad de elaborar un proyecto que refuerce y mejore el aprendizaje de los estudiantes.

Siendo un proyecto innovador en la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Fuerzas Armadas – ESPE y un buen incentivo para que los estudiantes piensen en proyectos con el fin de continuar ayudando a la capacitación de futuros aerotécnicos y aportando a la investigación de nuevas tecnologías y avances científicos.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Construir un prototipo de Motor CFM56 estructuralmente; para la aplicación teórica y práctica de los alumnos en la carrera de Mecánica Aeronáutica en la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Fuerzas Armadas – ESPE.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Establecer información acerca del Motor CFM56, por medio de la recopilación de revistas, manuales, libros y analizar los datos obtenidos para la construcción del prototipo.
- Adquirir los materiales necesarios como también herramientas, máquinas y equipos, verificando las diferentes estructuras del prototipo en los laboratorios de la UGT, para construir el prototipo de motor CFM56.
- Realizar pruebas de funcionamiento del prototipo revisando tiempos y precisión además y corregir fallas analizando tablas de accionamiento para utilizar el prototipo para la aplicación de conocimientos teóricos y prácticos.

1.6 Alcance

Con el siguiente estudio se pretende optimizar la enseñanza impartida a estudiantes civiles y militares en las materias de Inspección del Motor, Mecánica Básica, Inducción y Flujo y Motores Turbina, en la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Fuerzas Armadas – ESPE, además de que ayudará al fortalecimiento de habilidades y destrezas de un técnico aeronáutico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes de la investigación

El CFM56 es un motor de doble rotor, flujo axial turbofán, fue diseñado a mediados de los años 70. Es un producto de CFM International que es una compañía de propiedad conjunta de General Electric (GE) de los EE.UU. y SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET DE CONSTRUCCIÓN DE MOTORES DE AVIACIÓN D' (SNECMA) de Francia. Los motores son montados a las alas por medio de montantes y pylones.

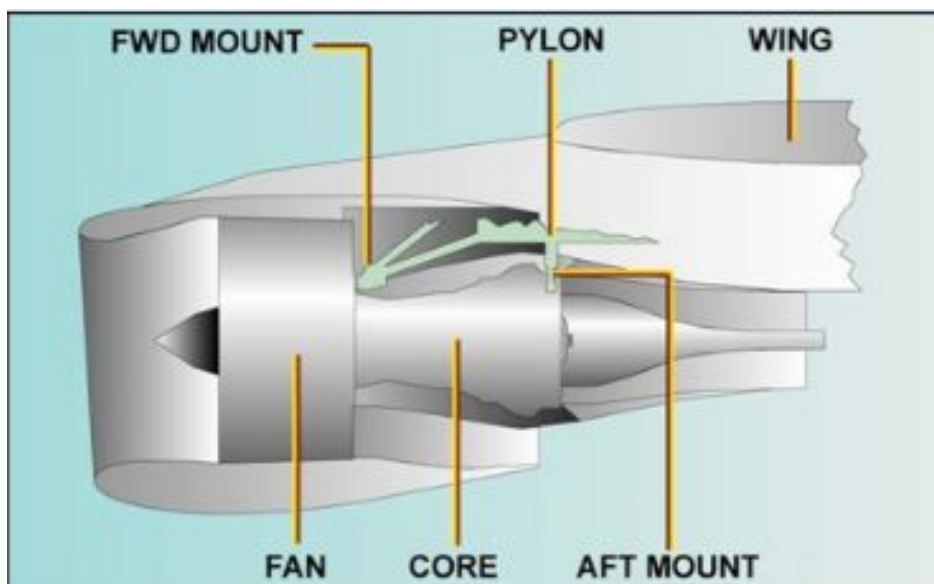


Figura 2.1: Concepto General del Motor CFM56

Fuente: Manual de entrenamiento básico de familiarización A320

Tabla 2.1:

Características de Motores CFM56

ENGINE	THRUST(lbs)	THRUST(kg)
CFM56-5B8	21.600 lbs	9.800 kg
CFM565B9	23.300 lbs	10.570 kg
CFM56-5B5	22.000 lbs	9,980 kg
CFM56-5B6	23.500 lbs	10.660 kg
CFM56-5B7	27.000 lbs	12,250 kg
CFM56-5B4	27.000 lbs	12,250 kg
CFM56-5B1	30.000lbs	13.610 kg
CFM56-5B2	31.000lbs	14.060 kg
CFM56-5B3	33.000 lbs	14.970kg

2.1 Fundamentación teórica

2.2 Flujo de aire

El aire de impacto entra por los alabes del fan y es dividido en dos trayectorias de flujo primario y secundario, el flujo de aire primario es cuando pasa a través de las partes internas de los alabes del fan y se dirige a un compresor de baja presión (LPC), el flujo de aire ingresa entonces en un compresor de alta presión (HPC) y se dirige a una cámara de combustión.

Mezclado con el combustible y encendido, el flujo de gas suministra energía a la Turbina de alta presión (HPT) y una turbina de baja presión (LPT).

El flujo de aire secundario pasa a través de la composición externa de los alabes del fan, los estatores de guía de salida (OGV) y sale a través del conducto de descarga produciendo aproximadamente el 80% del empuje total. También juega un papel en el sistema de reversa.

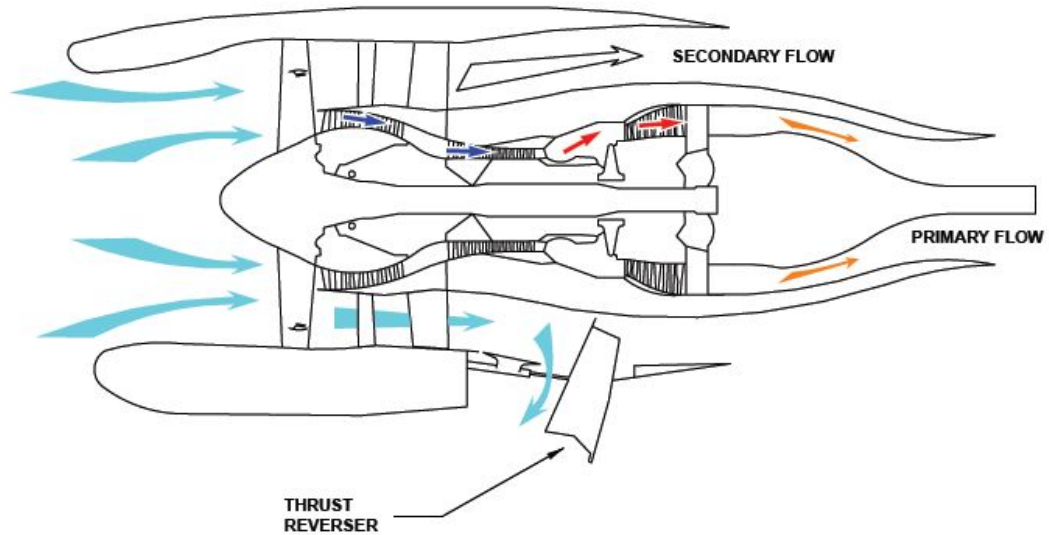


Figura 2.2: Flujo de Aire Motor CFM56

Fuente: Manual de entrenamiento básico de familiarización A320

2.3 Diseño del motor CFM56

El motor CFM56 consta de dos sistemas independientes de rotación:

- ✓ La velocidad de rotación de baja presión del sistema es designado N1.
- ✓ La velocidad de rotación de alta presión del sistema es designada N2.

Los rotores de los motores están soportados por 5 cojinetes, identificados en los manuales como los números del 1 al 5, donde el cojinete número 1 soporta la parte delantera y cojinete número 5 aloja el nosecool. Estos rodamientos son ubicados en 2 cavidades de cárter seco proporcionadas por el fan y en los alojamientos de turbina.

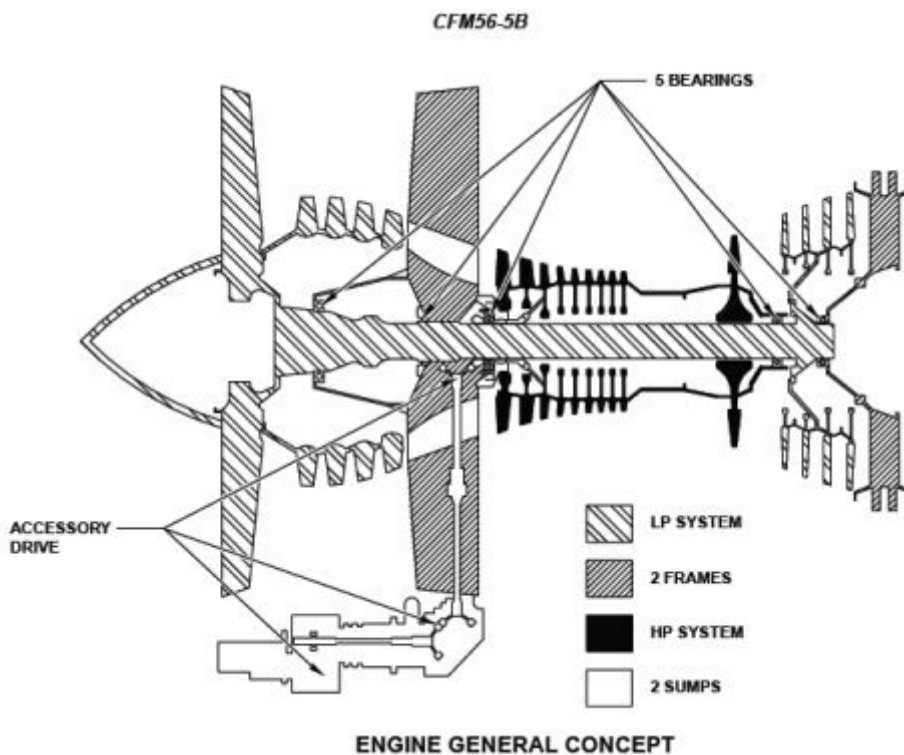


Figura 2.3: Concepto General del Motor CFM56

Fuente: Manual de entrenamiento básico de familiarización A320

El CFM56-5B es un motor de concepto de diseño modular. Cuenta con 17 módulos diferentes que incluyen los tres principales módulos y módulo de transmisión de accesorios.

Los módulos 4 son:

- ✓ El módulo de FAN ALTA
- ✓ El módulo del motor principal central
- ✓ El módulo de la TURBINA DE BAJA PRESIÓN alta
- ✓ El módulo de TRANSMISIÓN DE ACCESORIOS

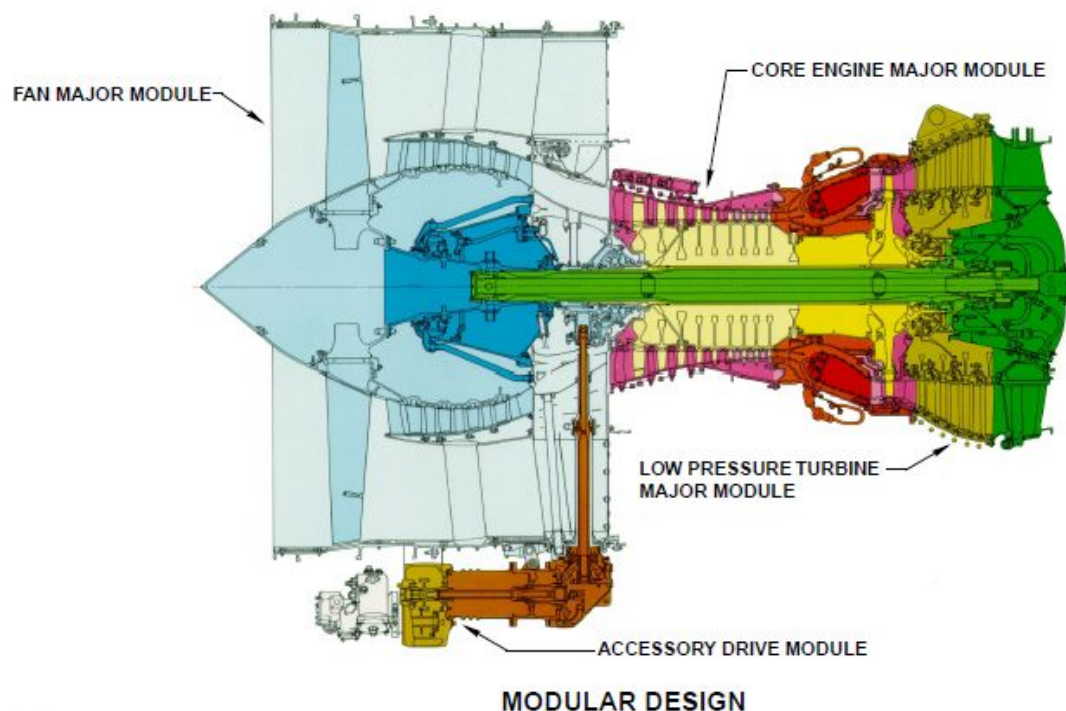


Figura 2.4: Diseño Modular Motor CFM56

Fuente: Manual de entrenamiento básico de familiarización A320

2.3.1 Sección FAN

La sección de FAN está en la parte delantera del motor, incluye el módulo de fan una entrada para el flujo primario y el flujo secundario dirigido a la sección interna del compresor de baja, los efectos del FAN y del compresor son:

- ✓ Para acelerar el aire de presión de impacto para generar empuje.
- ✓ Para aumentar la presión del aire dirigido al compresor de alta presión (HPC).

Después de entrar en la inlet cowl, el flujo de aire total del motor pasa a través del rotor del Fan, lo que aumenta la energía cinética; por medio de la mayor parte del flujo de aire que es conducido a la tobera de escápele cual producirá aproximadamente el 80% del empuje total mientras el resto es dirigido a través del compresor, donde es presurizado antes de entrar en la HPC.

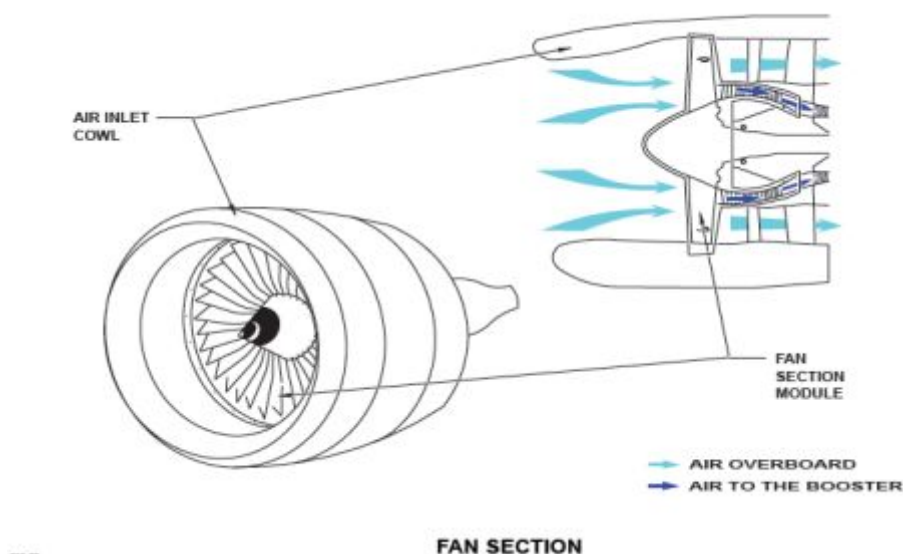


Figura 2.5: Sección FAN del Motor CFM56

Fuente: Manual de entrenamiento básico de familiarización A320

2.3.1.1 Fan y módulo de seguridad

El módulo del fan y compresor se compone de:

- ✓ Un spinner front cone
- ✓ Un spinner rear cone
- ✓ Una etapa de rotor del FAN
- ✓ Un compresor de cuatro etapas axial

El front spinner cone está diseñado para minimizar la acumulación de hielo y está acoplado al axial rear cone, el spinner rear cone mantiene los alabes en posición axialmente al disco del FAN.

Los elevadores de paletas y fases de montaje, números 1 a 5, se apilan y se montan en el acople el FAN.

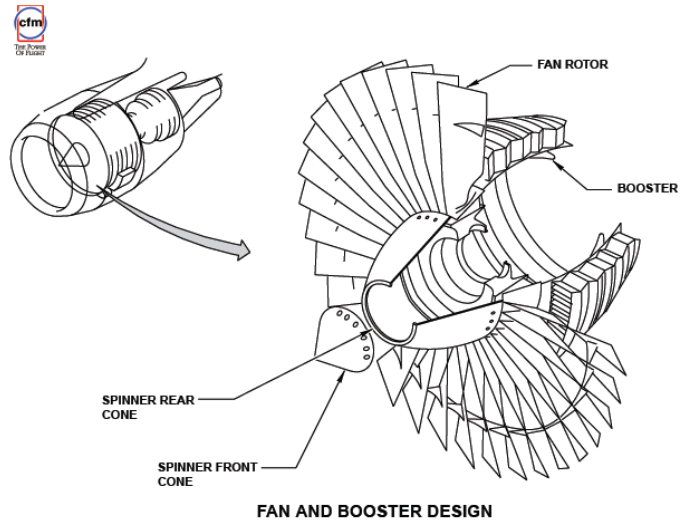


Figura 2.6: FAN y Modulo de seguridad del Motor CFM56

Fuente: Manual de entrenamiento básico de familiarización A320

El fan posee 36 alabes de titanio que se encuentran detrás del spinner rear cone los cuales absorben la presión de impacto de aire antes de que llegue al compresor de baja además están compuestos con una retainerlug (orejeta de retención), mecanizada en el extremo trasero de la raíz del alabe, se acopla con el borde delantero de la bobina y limita los movimientos axiales.

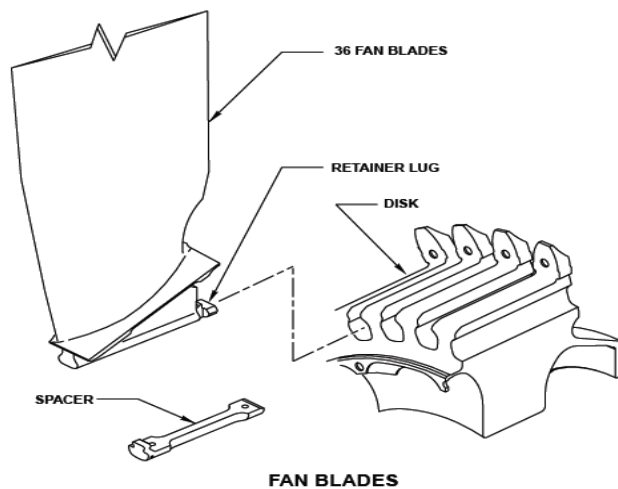


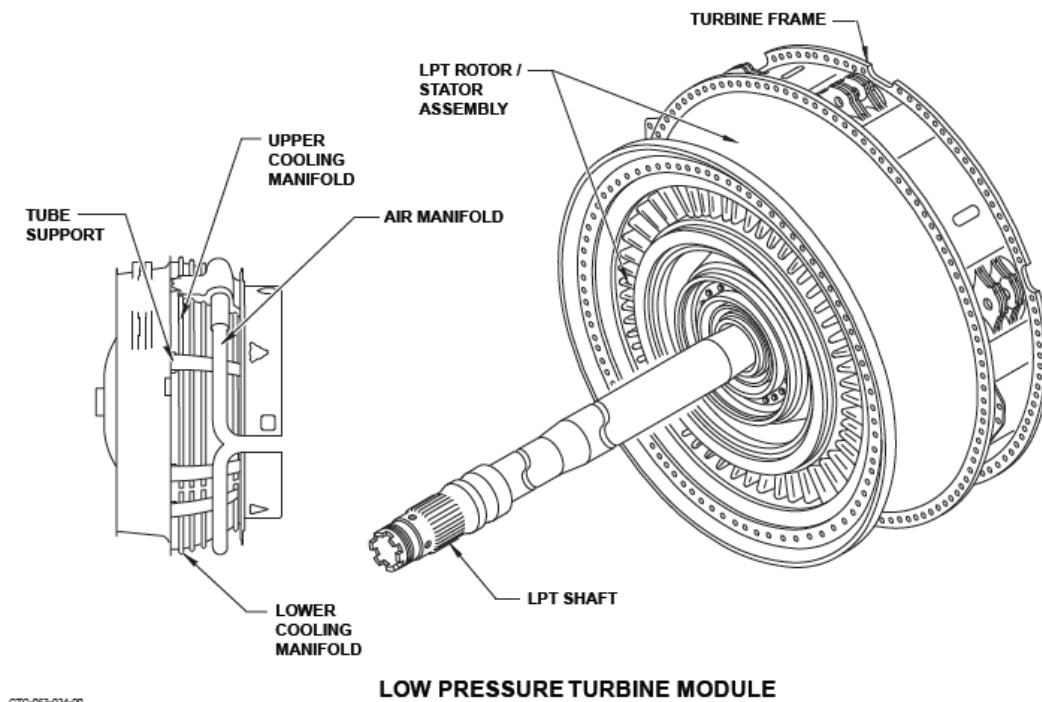
Figura 2.7: Fan Blades del Motor CFM56

Fuente: Manual de entrenamiento básico de familiarización A320

2.3.2 Módulo básico del motor principal

El núcleo del motor de alta presión, alta velocidad, gas generador produce la potencia necesaria para accionar el motor, este módulo del motor consiste en:

- ✓ El compresor de alta presión (HPC) sección.
- ✓ La sección de combustión.
- ✓ La turbina de alta presión (HP) y baja la sección



CTC-063-034-00

Figura 2.8: Compresor de baja LP Motor CFM56

Fuente: Manual de entrenamiento básico de familiarización A320

2.3.2.1 Compresor de alta presión (HPC)

El compresor de alta presión (HPC) está montado entre el módulo de FAN, y la cámara de combustión; el HPC, que tiene 9 etapas, aumenta la presión del aire a medida que pasa de una etapa a otra, para suministrar a la sección combustión.

Se compone de los siguientes módulos:

- ✓ El rotor del compresor
- ✓ El estator compresor

2.3.2.2 Compresor de baja presión (LPC)

El compresor de baja presión (LPC) se encuentra localizado antes de las cámaras de combustión y después del compresor de alta (HPC) esta sección se encarga de comprimir aún más el flujo de aire que es transportado a las cámaras donde se realiza la mezcla aire combustible, además se encarga de transmitir energía cinética a la turbina de baja a través del eje coaxial con el cual funciona el motor CFM56.

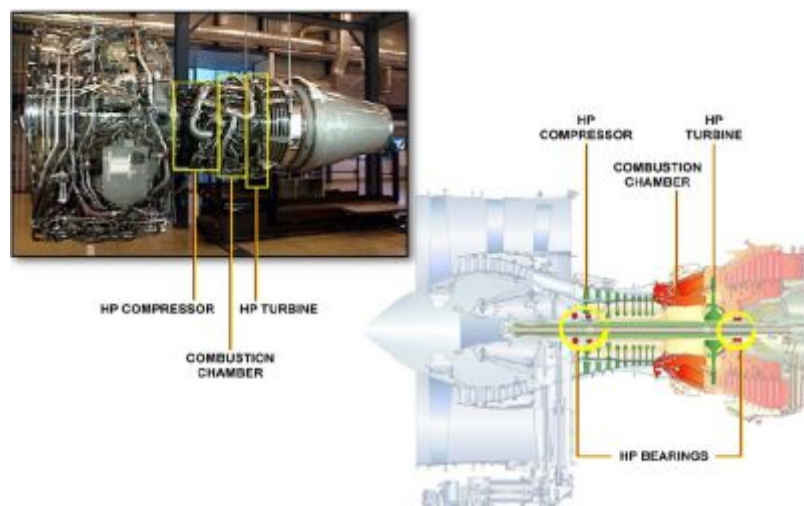


Figura 2.9: Etapa de High Pressure Motor CFM56

Fuente: Manual de entrenamiento básico de familiarización A320

2.3.3 Cámara de combustión

Una vez realizada la etapa de compresión, el aire sale con una presión 30 veces superior de la que tenía en la entrada y a una temperatura próxima a los 600 °C. Se hace pasar éste aire a la cámara de combustión, donde se mezcla con el combustible y se quema la mezcla, alcanzándose una temperatura superior a los 1100 °C.

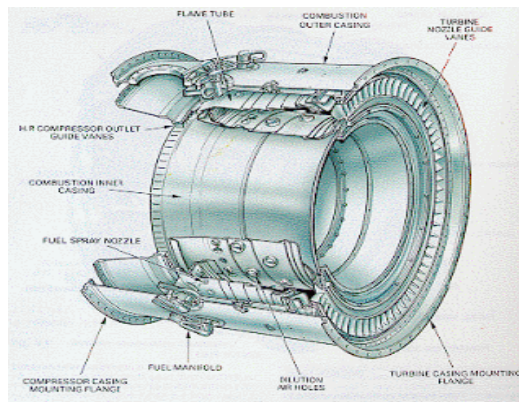


Figura 2.10: Concepto General del Motor CFM56

Fuente: Manual de entrenamiento básico de familiarización A320

2.3.4 Sección turbina

La sección de turbina proporciona la potencia necesaria para conducir los rotores del compresor. Consiste en la:

- ✓ Turbina de alta presión (HPT)
- ✓ Turbina de Baja Presión (TBP)

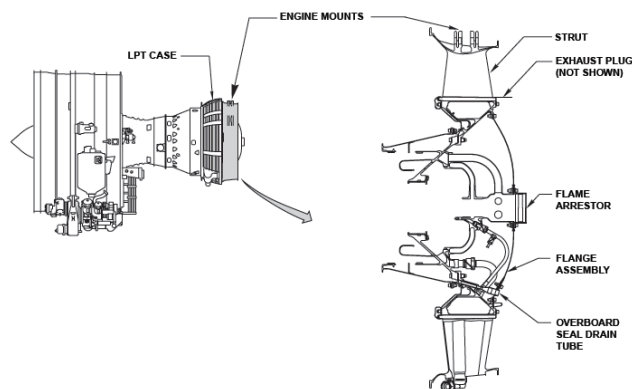


Figura 2.11: Etapa de High Pressure Motor CFM56

Fuente: Manual de entrenamiento básico de familiarización A320

2.3.4.1 Turbina de alta presión (HPT)

El módulo del HPT se encuentra después de la cámara de combustión y consta de una tobera de una etapa que dirige el flujo de gas de la cámara de combustión a las palas del rotor que HPT después de ser conducido por el HPC.

El aire de la cuarta etapa del HPC es conducido a través de 4 tubos, para enfriar la etapa 1 LPT y la cavidad delantera. El aire de la etapa 4 y 9 de la HPC pasa por la válvula HPTC y es conducido a través de tubos 2, para enfriar abajo de la cavidad que rodea la cubierta de HPT.

2.3.4.2 Turbina (LPT).

El aire de la HPC se mezcla con el combustible, que es suministrado por los inyectores y la mezcla es encendida por las 2 bujías que se encuentran en la 4 y 8 posición de las manecillas del reloj.

La cara frontal de la cámara de combustión está fijado a la parte posterior del módulo de compresor, la sección trasera de la cámara de combustión alberga la HPT. El módulo de LPT convierte la energía de

combustión gases en el necesario para accionar el FAN y rotor del compresor.

La LPT es una turbina de flujo axial de 4 etapas que consta de un conjunto de rotor y estator.

La sección frontal del módulo LPT se monta en la parte trasera del módulo de la cámara de combustión y su sección trasera es adjunta en el frame de LPT y es su reborde interior asegurado en el eje de LPT.

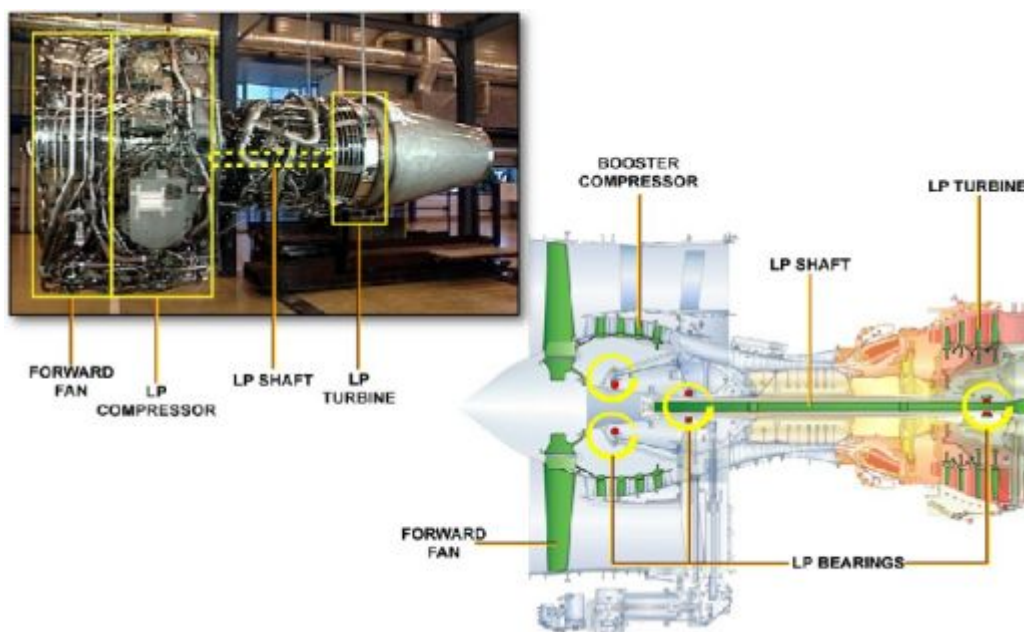


Figura 2.12: Etapa de LowPressure Motor CFM56

Fuente: Manual de entrenamiento básico de familiarización A320

2.3.4.3 Módulo de turbina

El módulo de la turbina es uno de los conjuntos estructurales principales está situado en la parte trasera del motor. Se compone de un cubo y una carcasa exterior.

El módulo de turbina está atornillado después de la LPT y su borde trasero brinda un ajuste de la tobera de escape. La parte posterior del frame de la turbina proporciona apoyo y fijación para:

- ✓ La brida de montaje y, en su centro, la llama pararrayos.
- ✓ La tobera de escape.

Sección de la unidad de accesorios

El sistema de transmisión de accesorios se encuentra en la sexta posición.

Con el fin de impulsar los accesorios del motor y aeronaves, Parte de la potencia del motor de núcleo se extrae a través de la entrada Caja de accesorios (IGB) y transmitida a través de las siguientes cajas de engranajes y ejes:

- ✓ Eje de transmisión radial (RDS)
- ✓ Transmisión de la caja de accesorios (TGB)
- ✓ Eje de transmisión horizontal (HDS)
- ✓ Accesorio caja de accesorios (AGB)

En el arranque del motor, el sistema de transmisión de accesorios transmite alimentación externa del motor de arranque de aire del motor para conducir el núcleo motor. Para las tareas de mantenimiento, hay una plataforma de mano de arranque en la AGB que se utiliza para activar manualmente el núcleo del motor.

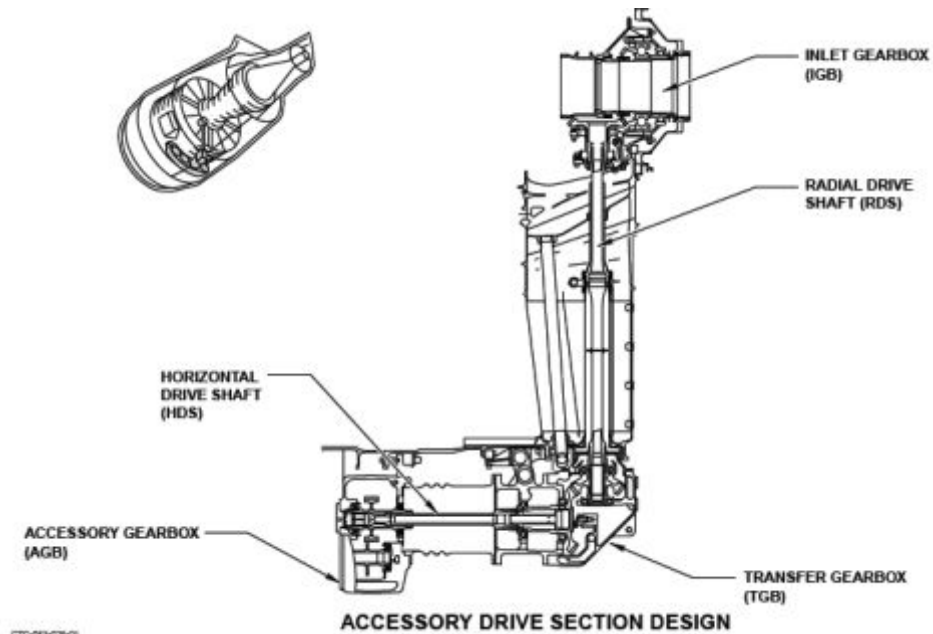


Figura 2.13: Sección Accesorios Motor CFM56

Fuente: Manual de entrenamiento básico de familiarización A320

La caja de accesorios (AGB)

El conjunto de AGB está montado debajo de la caja de entrada del ventilador en la sexta posición y está asegurado por 2 montantes.

La AGB consta de una serie de engranajes que reduce y aumenta la velocidad de giro del motor para accionar varios accesorios de aeronaves.

La cara frontal de AGB sirve de montaje de los siguientes equipos:

- ✓ Bomba hidráulica
- ✓ Mano de arranque de accionamiento
- ✓ Control del alternador
- ✓ Integrated Drive Generator (IDG)

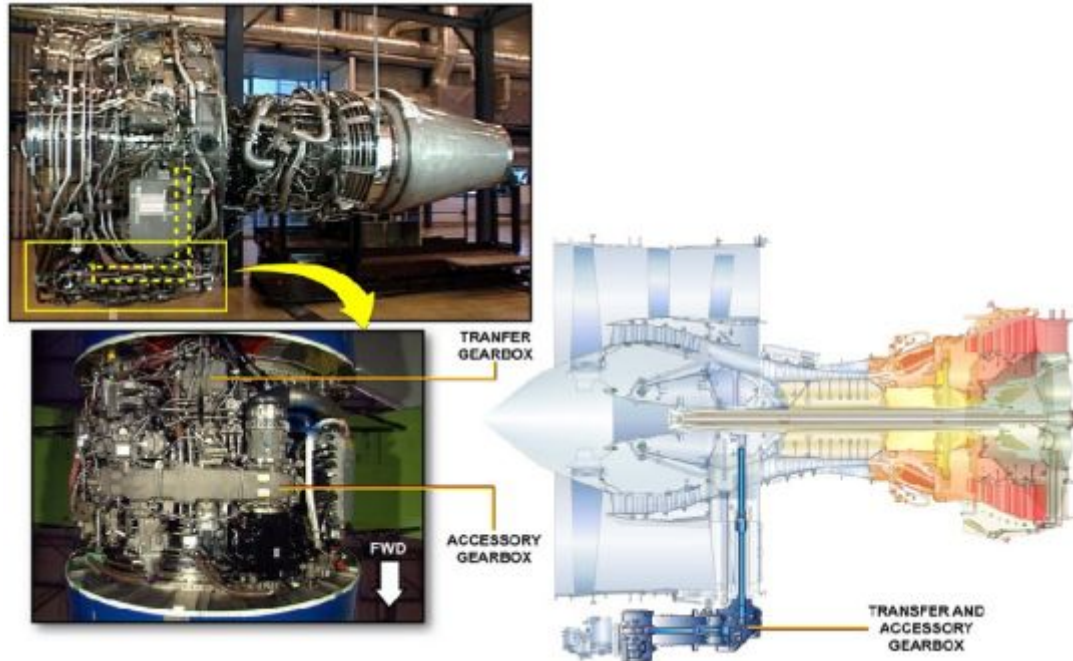


Figura 2.14: Transferencia de Accesorios Motor CFM56

Fuente: Manual de entrenamiento básico de familiarización A320

La cara posterior de AGB conecta con la Horizontal Drive Shaft(HDS) tubo de acoplamiento para:

- ✓ La bomba de combustible
- ✓ El motor de arranque
- ✓ El sensor de velocidad N2

Componentes:

- ✓ Integrated Drive Generator (IDG)
- ✓ Bomba hidráulica
- ✓ Bomba de combustible

2.3.5 Escape

Una vez que 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. En general, un aumento en el bypass trae como consecuencia una menor participación de la tobera de escape en el empuje total del motor.



Figura 2.15: Concepto General del Motor CFM56

Fuente: Manual de entrenamiento básico de familiarización A320

2.4 Terminología

- CF5 = representa a GE empresa asociada a CFM Internacional
- M6 = Snecma empresa francesa
- 5b = variantes que posee el motor para distinta aplicación

2.5 Características del Motor CFM56

El motor CFM56 consta de dos sistemas independientes rotación:

- ✓ La velocidad de rotación baja presión del sistema es designado N1.
- ✓ La velocidad de rotación de alta presión del sistema es designada N2.

La bomba de combustible y IDG están instalados en el AGB través Quick Attach / Detach (QAD).

Tabla 2.2:

Características de Motores CFM56

CFM56-7B	CFM56-5B	CFM56-5C	CFM56-5A	CFM56-3	CFM56-2
Aplicaciones					
737-700	A318	A340-200	A320	737-300	C-135R
737-800	A319	A340-300		737-400	E-3
737-900	A320			737-500	KE-3A
	A321				DC8-70
Max. Empuje(kgf)					
12.400	14.980	15.430	12.000	106.070	10.900

2.6 Soldadura

La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos piezas de un material, (generalmente metales o termoplásticos), usualmente logrado a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas por fundición, se puede agregar un material de aporte (metal o plástico), que al fundirse forma un charco de material fundido entre las piezas a soldar (el *baño de soldadura*) y, al enfriarse, se convierte en una unión fija a la que se le denomina cordón.

A veces se utiliza conjuntamente presión y calor, o solo presión por sí misma, para producir la soldadura. Esto está en contraste con la soldadura blanda (en inglés *soldering*) y la soldadura fuerte (en inglés *brazing*), que implican el

derretimiento de un material de bajo punto de fusión entre piezas de trabajo para formar un enlace entre ellos, sin fundir las piezas de trabajo.

2.6.1 Suelda eléctrica

En soldadura un circuito simple está formado por una máquina de soldar con dos terminales, uno que corresponde a una porta electrodo y el otro a tierra. La corriente circula a través del cable porta electrodo, el electrodo forma el arco y retorna por el cable de tierra cerrando el circuito.

Todas las instalaciones deben cumplir con cinco puntos:

- ✓ Reducir la tensión de la red de alimentación 250V.
- ✓ Permitir la regulación de la intensidad de corriente de soldadura.
- ✓ En ciertos casos, permitir la tensión de cebado (dinamos y rectificadores).
- ✓ Asegurar en forma automática la regulación de la tensión en el momento en que desciende el arco.

Para un diámetro determinado de electrodo, la velocidad de fusión y el volumen de metal aportado, dependen de la intensidad de corriente de soldadura. Todos los equipos de soldadura poseen dos tensiones diferentes, una que corresponde al momento en que está encendido sin soldar, que va desde 45 a 100V. La segunda durante el mantenimiento del arco cuando se trabaja que va desde 15 a 45V.

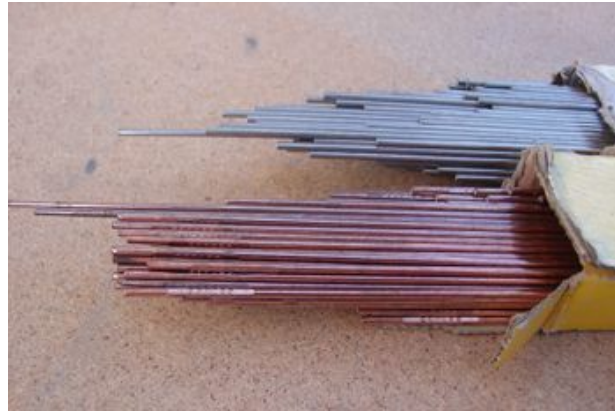


Figura 2.16: Soldadura eléctrica

2.6.2 Suelda autógena

La soldadura por combustión (autógena) es un procedimiento de soldadura homogénea. Esta soldadura se realiza llevando hasta la temperatura de fusión de los bordes de la pieza a unir mediante el calor que produce la llama oxiacetilénica que se produce en la combustión de un gas combustible mezclándolo con gas carburante (temperatura próxima a 3055 °C).

Se trata de un proceso de soldadura con fusión, normalmente *sin aporte externo* de material metálico. Es posible soldar casi cualquier metal de uso industrial: cobre y sus aleaciones, magnesio y sus aleaciones, aluminio y sus aleaciones, así como aceros al carbono, aleados e inoxidables.

Aunque actualmente ha sido desplazada casi por completo por la soldadura por arco, ya que uno de los problemas que plantea la soldadura oxiacetilénica son las impurezas que introduce en el baño de fusión además de baja productividad y difícil automatización.



Figura 2.17: Soldadura por fusión

Fuente: <http://es.prezi.org/wiki/Soldadura>

2.7 Fibra de vidrio

La fibra de vidrio es un material que consta de fibras numerosas y extremadamente finas de vidrio. A lo largo de la historia los vidrieros ensayaron la fibra de vidrio, pero la manufactura masiva de este material sólo fue posible con la invención de máquinas herramienta más refinadas. Las fibras de vidrio también se pueden formar naturalmente y se les conoce como "Cabellos de Pelé".

La fibra de vidrio se conoce comúnmente como un material aislante. También se usa como un agente de refuerzo con muchos productos poliméricos; normalmente se usa para conformar plástico reforzado con vidrio que por metonimia también se denomina fibra de vidrio, una forma de material compuesto consistente en polímero reforzado con fibra.

Por lo mismo, en esencia exhibe comportamientos similares a otros compuestos hechos de fibra y polímero como la fibra de carbono. Aunque no sea tan fuerte o rígida como la fibra de carbono, es mucho más económica y menos quebradiza.



Figura 2.18: Fibra de Vidrio

Fuente: <http://www.abcpedia.com/fibra-de-vidrio/>

2.8 Resina

La resina es una secreción orgánica que producen muchas plantas, particularmente los árboles del tipo conífera. Es muy valorada por sus propiedades químicas y sus usos asociados, como por ejemplo la producción de barnices, adhesivos y aditivos alimenticios. También es un constituyente habitual de perfumes o incienso. En muchos países, entre ellos España, es frecuente referirse a la "resina" como "resina de pino" ya que esta conífera es su principal fuente.



Figura 2.19: Resina

Fuente: <http://www.abcpedia.com/fibra-de-vidrio/>

2.9 Taladro

El taladro es una máquina herramienta donde se mecanizan la mayoría de los agujeros que se hacen a las piezas en los talleres mecánicos. Destacan estas máquinas por la sencillez de su manejo. Tienen dos movimientos:

El de rotación de la broca que le imprime el motor eléctrico de la máquina a través de una transmisión por poleas y engranajes, y el de avance de penetración de la broca, que puede realizarse de forma manual sensitiva o de forma automática, si incorpora transmisión para hacerlo



Figura 2.20: Taladro

Fuente: <http://www.areatecnologia.com/herramientas/el-taladro.html>

2.10 Interruptores

Un interruptor eléctrico es en su acepción más básica un dispositivo que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. En el mundo moderno sus tipos y aplicaciones son innumerables, van desde un simple interruptor que apaga o enciende una bombilla, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas, controlado por computadora.

Su expresión más sencilla consiste en dos contactos de metal inoxidable y el actuante. Los contactos, normalmente separados, se unen mediante un actuante para permitir que la corriente circule. El actuante es la parte móvil que en una de sus posiciones hace presión sobre los contactos para mantenerlos unidos.



Figura 2.21: Interruptores

Fuente: <http://www.areatecnologia.com/interruptores>

2.11 Bombilla

Una BOMBILLA es un dispositivo que produce luz a partir de energía eléctrica, esta conversión puede realizarse mediante distintos métodos como el calentamiento por efecto Joule de un filamento metálico, por fluorescencia de ciertos metales ante una descarga eléctrica o por otros sistemas como LEDs. En la actualidad se cuenta con tecnología para producir luz con eficiencias del 10 al 70%.

El invento de la primera lámpara eléctrica incandescente se atribuye generalmente a Thomas Alva Edison que presentó el 21 de octubre de 1879 una lámpara práctica y viable, que lució durante 48 horas ininterrumpidas.



Figura 2.23: Bombilla

Fuente: <http://www.areatecnologia.com/bombilla>

2.14 Poleas y Banda de caucho

Una polea, es una máquina simple, un dispositivo mecánico de tracción, que sirve para transmitir una fuerza. Además, formando conjuntos aparejos o polipastos sirven para reducir la magnitud de la fuerza necesaria para mover un peso.

Según la definición de Hatón de la Goupillière, la polea es el punto de apoyo de una cuerda que moviéndose se arrolla sobre ella sin dar una vuelta completa actuando en uno de sus extremos la resistencia y en otro la potencia.



Figura 2.24: Sistema de Poleas

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Correa_de_transmisi%C3%B3n

Transmisión por bandas

Las transmisiones por banda, en su forma más sencilla, consta de una cinta colocada con tensión en dos poleas: una motriz y otra movida. Al moverse la cinta (banda) transmite energía desde la polea motriz a la polea movida por medio del rozamiento que surge entre la correa y las poleas.

Transmisión Por Banda Abierta

Se emplea en arboles paralelos si el giro de estos es en un mismo sentido. Es el tipo de transmisión más difundida.

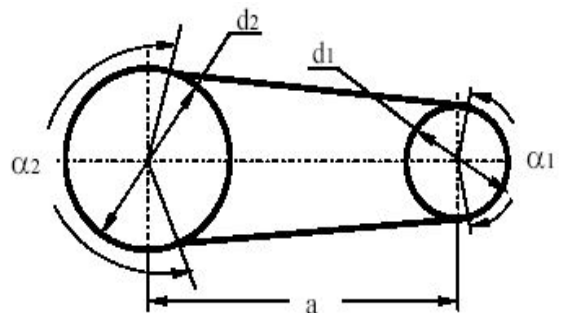


Fig. 1 - Esquema de una transmisión por correa.

Figura 2.25: Transmisión por banda

Fuente: Teoría física rejillas

2.15 Normas de seguridad



Figura 2.26: Normas de seguridad

Fuente: <http://rojotony.blogspot.com/seguridad>

Normas generales

1. Usar overol
2. Mantener, su área de trabajo limpia y en buenas condiciones, al concluir cada trabajo y/o al final de su jornada de trabajo, deberán recogerse las herramientas, equipos, materiales y colocarlos en sitios apropiadamente previstos para ellos.
3. Se deberá almacenar los materiales en forma ordenada y adecuada en condiciones que garanticen su estabilidad y dejen el libre espacio para el tránsito en concordancia con las normas de Orden y Seguridad.
8. Mantener en forma ordenada las herramientas, equipos, materiales y demás útiles en uso, evitarás colocar tales implementos en sitios donde obstaculicen el paso o puedan convertirse en causal de accidentes.
10. Revisar el buen estado de las herramientas y que sean las adecuadas para el trabajo a realizar.

Normas de conducta personal

1. Se prohíbe estrictamente los Juegos de mano en el trabajo.
2. Queda terminantemente prohibido, la introducción o tenencia de bebidas alcohólicas en las áreas de la Empresa.
3. No se permite ingerir alimentos en las áreas de trabajo.
4. Se prohíbe fumar en áreas de producción de plantas, solamente se podrá fumar en las áreas destinadas para tal fin (Salón de Descanso).
5. Se prohíbe el manejo de equipos y maquinarias a personal no capacitado para ello y sin la debida autorización.
6. No se debe accionar interruptores, abrir o cerrar válvulas sin previo entrenamiento y autorización, nunca deberá accionar interruptores no identificados.
7. No debes efectuar trabajos que puedan afectar, el funcionamiento normal de cualquier equipo, sin antes notificarle a la persona encargada del mismo para que tome las precauciones necesarias.
8. Bajo ninguna circunstancia debe hacerse uso de gasolina, ni líquidos inflamables para limpieza, pedirás productos especiales que existen en planta sin riesgos de incendios, tampoco usarás gasolina, ni otros productos inflamables o cáusticos para tu aseo personal.

Normas sobre prevención de accidentes, precauciones, instrucciones de trabajo

1. Debe desarrollar su trabajo, en los sitios asignados, pueden sólo movilizarse a través de aquellas secciones que correspondan a su trabajo.
2. Todo alumno deberá usar los equipos de protección personal asignados en donde se haga necesario el uso de algún equipo especial como la suelda autógena o compresor de aire.

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN

En el concurrente capítulo se hace alusión al proceso que se realizó para la construcción de un prototipo de Motor CFM56 construido estructuralmente, de manera ordenada y detallando uno a uno los pasos.

3.1 Principios básicos de construcción

Entre los materiales utilizados se verifico que sean lo más liviano posible y de fácil traslado, desde su lugar de almacenamiento hasta el lugar donde se utilizara la maqueta, sea en las aulas, laboratorios de clases para demostraciones prácticas.

Para la elaboración del prototipo se tomó las siguientes características:

- ✓ Materiales
- ✓ Escalas y dimensiones
- ✓ Tipo de motor
- ✓ Traslado
- ✓ Entre otros

3.1.1 Descripción del prototipo de Motor CFM56

El prototipo que asemeja estructuralmente al Motor CFM56 y el funcionamiento de sus cámaras está construido de varios materiales entre livianos y pesados se utilizó en su mayor parte toldos de hierro dulce galvanizado de 0.45pulg.por su fácil maleabilidad y estabilidad debido a cómo debe operar, recubierto con fibra de vidrio para dar una mejor estética al prototipo, consta con un soporte metálico equilibrado y de fácil traslado está

construido de acero con seis ruedas para su movilidad lo que garantiza firmeza al momento de la operación del motor.

El prototipo está construido con un eje coaxial igual al motor original funciona con un motor y conjunto de poleas, una bombilla y cableado eléctrico conectado a un cilindro para la simulación de las cámaras de combustión. Además el prototipo posee un motor de corriente AC conectado al eje principal a través de un sistema de poleas y banda de caucho, para movimiento de cada etapa del prototipo, la implementación de la activación eléctrica para la facilitación funcional del prototipo, las dimensiones son las adecuadas para la mejor visualización y estudio del mismo.



Figura 3.1: Eje Coaxial

3.1.2 Partes del prototipo de motor CFM56

Turbo Fan y Compresor de alta

Para construir la etapa de Turbo Fan se analizó los gráficos y bocetos del curso básico del Motor CFM56 y los realizados en AutoCAD (ANEXO B) propios del prototipo para iniciar con la construcción del mismo, se elaboró el eje coaxial entre los tubos de acero galvanizado midiéndolos y trazando los puntos donde

serían los cortes adecuados una vez terminado esto se los unió mediante dos rulimanes de bola los cuales ayudarían para simular el movimiento coaxial del eje y este actuaría como la base para ir ubicando los componentes internos y externos del prototipo.

Luego se realizó la medición y trazado en la plancha de hierro dulce para realizar el cono que representa el nose cool se procedió a medir y trazar de igual manera los alabes y la similitud entre los mismos para posteriormente ser cortados, además de la correcta ubicación de cada uno en el nose cool, siguiendo el mismo procedimiento en el toldo de hierro dulce galvanizado se realizaron los alabes de la etapa del compresor de alta añadiendo su componente central el cual va soldado al eje coaxial y a su vez alojara los alabes después de asignar la dimensión correspondiente a cada sección.



Figura 3.2: Corte del Contenedor metálico

Se tomó el tarro de acero para realizar la forma de la estructura exterior del Turbo Fan, medición y trazado exacto y una vez terminado este proceso se inspeccionó las posibles fallas.



Figura 3.3: Compressor de baja y Fan

Posteriormente se soldó las partes utilizando suelda autógena con cordones de bronce excepto el tarro de acero el cual fue soldado con suelda eléctrica, se lijó las fallas y puntos de exceso de suelda, se procedió al proceso de masillado con fibra de vidrio para mejorar la estética (*este proceso no se aplicó en la etapa compresor de alta*) del prototipo una vez culminado este proceso se realizó una inspección final de fallas, excesos en partes del prototipo y realizar el proceso de pintura y acabados.



Figura 3.4: Compressor de alta



Figura 3.5: Turbo Fan



Figura 3.6: Turbo Fan y Compresor de alta

Compresor de Baja - Turbina de Alta y de Baja

Para elaborar la etapa del Compresor de Baja - Turbina de Alta y de Baja se tomó el todo de hierro dulce galvanizado se realizó la medición y trazado de los alabes y la parte central que representa la sección de cada compresor y turbina que va alojada al eje coaxial posteriormente se cortó cada una de las partes que conforman componentes se realizó el lijado e inspección de sobrantes y formas, se pre ensambló para analizar la correcta ubicación y se procedió a soldar con bronce luego se realizó el lijado e inspección final de fallas y estética.



Figura 3.7: Partes compresor de baja



Figura 3.8: Ensamble Turbina



Figura 3.9 Ensamble Cámara de combustión



Figura 3.10: Ensamble Cámara de combustión



Figura 3.11: Compresor de Baja

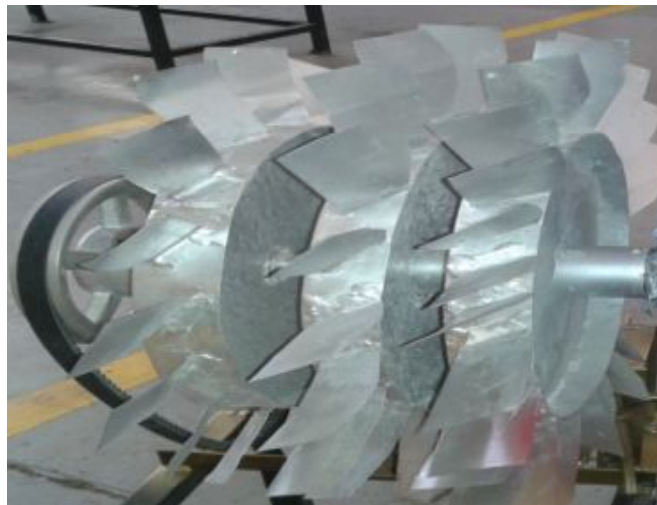


Figura 3.12: Turbina de Alta y de Baja

Cámaras de Combustión

La etapa de Cámaras de combustión se construyó realizando la medición y trazado en el toldo de hierro dulce galvanizado una vez revisado su medida y forma se procedió a soldar con autógena y bronce se tomó el tubo de acero para realizar las cámaras de combustión primero seccionando a la mitad y soldando al componente que corresponde a la cubierta exterior de la etapa de cámaras de combustión después de realizar la inspección de acabados se procedió a masillar en fibra de vidrio y dar estética al componente para al final entrar al proceso ensamble total del prototipo, la ubicación de la boquilla y bombilla que representa la bujía y el proceso de ignición y combustión en cámaras y pintura.

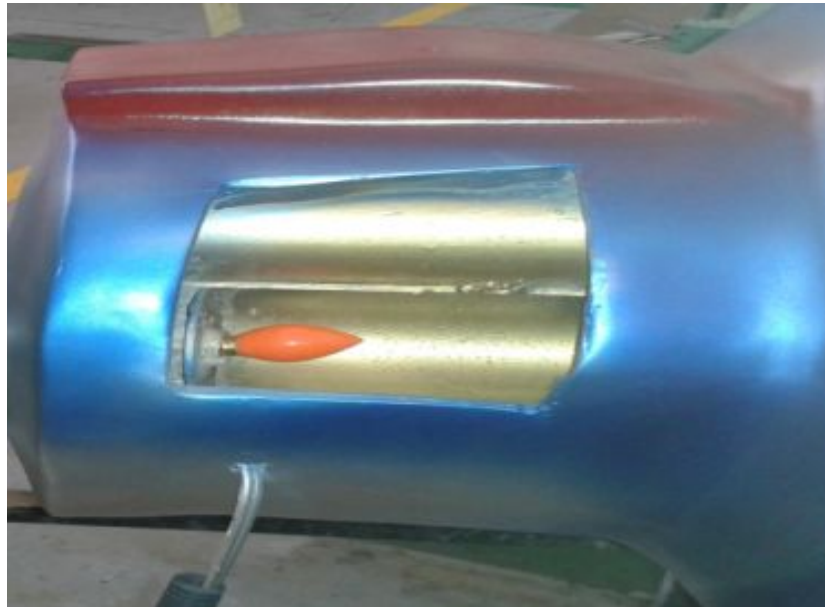


Figura 3.13: Cámaras de Combustión

Soporte –Motor de taladro AC y sistema de Poleas

Para el soporte estructural se utilizó los tubos de acero cuadrados se procedió a medir y trazar los cortes en cada tubo posteriormente se analizó la manera adecuada para construir el soporte, y ubicar el punto de gravedad y equilibrio al momento de soldar el prototipo al mismo llegando a la conclusión de ubicar dos uniones laterales esquinadas para dar mayor estabilidad al momento de operación y traslado del prototipo además cada una de las seis “patas” del soporte se conectan a través de uniones laterales para el balance adecuado.



Figura 3.14: Soporte

Una vez soldado con electrodos todo el soporte se procedió a ubicar la estructura del prototipo buscando su punto de equilibrio a través de la medición y pesaje, se construyó una sección en el soporte para el alojamiento del taladro AC con bisagras para en caso de avería del taladro o terminación de su vida útil pueda ser reemplazado fácilmente, se soldó con suelda eléctrica y se inspecciono excesos, irregularidades de suelda una vez culminado esto se procedió al pintado.



Figura 3.15: Motor de Taladro AC y sistema de Poleas

Una vez alojado el motor AC al soporte se procedió a soldar las poleas a su respectivo lugar tanto al final del eje coaxial después de la etapa de turbina como al motor AC y se ubicó la banda de caucho para el funcionamiento mecánico.

Controles Eléctricos y cableado

Para realizar el panel eléctrico se añadió una placa de policarbonato y un interruptor eléctrico el cual sirve para el accionamiento del taladro AC se elaboró una conexión en un circuito serie el cual conecta el interruptor con el motor AC y la boquilla que enciende la bombilla que representa la bujía de ignición en la cámara de combustión. Se colocó una canaleta de manguera anillada alrededor del cable de poder y se realizó los, además de ubicarlo en el soporte estéticamente para que no interfiera con el funcionamiento mecánico.



Figura 3.16: Interruptor

3.1.3 Dimensiones del Prototipo

Tabla 3.1:

Características de Motores CFM56

DIMENSIONES DEL PROTOTIPO				
N°	ALTURA(cm)	ANCHO(cm)	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
1			Turbo Fan y Compresor de alta	Hierro Dulce y Fibra de vidrio
		57cm		
	57cm	55.5cm		
2			Compresor de Baja	Hierro Dulce y Fibra de vidrio
		53.5cm		
	45.3cm	35.6cm		
3				Hierro dulce galvanizado,
	44cm	48cm		
			Turbina de Alta - Baja cámara de combustión	Acero galvanizado Y fibra de vidrio
4	106cm-	59.5cm	Soporte	Acero galvanizado

3.1.4 Descripción del accionamiento del prototipo

La simulación de la operación y funcionamiento del prototipo de motor CFM56 construido estructuralmente se elaboró de la siguiente manera:

Para simular el accionamiento prototipo de motor CFM56 se utilizó un interruptor conectado directo al motor de corriente AC el mismo que posee una conexión en serie a la activación de la bombilla que simula la cámara de combustión; al ponerse en funcionamiento el motor transmite movimiento cinético circular a través de las poleas y la banda de caucho.

3.1.5 Descripción del funcionamiento

El Prototipo de Motor CFM56 construido estructuralmente se energiza al pulsar el interruptor principal ubicado en el panel por medio de corriente eléctrica de 110v AC.

Desde el panel se procederá accionar el interruptor principal, el mismo que accionara el Motor de taladro AC el cual al ejercer movimiento lo transmitirá a través de su polea a la del eje coaxial el cual asemejara el movimiento giratorio de cada etapa, simulando la operación de un motor a reacción real.

3.1.6 Construcción

Para la construcción del prototipo de motor CFM56 construido estructuralmente, se debe analizar cada uno de los recursos que lo componen entre ellos los que fueron construidos y los que no lo fueron:

Construidos

- ✓ Turbo Fan
- ✓ Compresores
- ✓ Turbinas
- ✓ Cámara de Combustión
- ✓ Panel de accionamiento
- ✓ Soporte

No Construidos

- ✓ Motor de Taladro AC
- ✓ Poleas
- ✓ Bombilla

3.1.7 Codificación de Máquinas, equipos y herramientas**Tabla 3.2:**

Codificación de máquinas

CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS			
Nº	Máquina	Características	Código
1	Soldadora eléctrica	110/220 V	M1
2	Taladro de mano	110/220 V	M2
3	Esmeril Manual	110/220 V	M3
4	Cortadora	L 100 mm	M4

Tabla 3.3:

Codificación De Equipos

CODIFICACION DE EQUIPOS			
Nº	Equipo	Características	Código
1	Suelda autógena	80 PSI - H1	E1
2	Compresor y equipo de pintura	400 lit - 200bares	E2

Tabla 3.4:



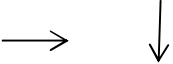


Codificación De Herramientas

CODIFICACION DE HERRAMIENTAS		
Nº	Herramienta	Código
1	Escuadra	H1
2	Entenalla	H2
3	Martillo de Goma	H3
4	Martillo	H4
5	Tijera de tol	H5
6	Corta Frio	H6
7	Pela Cables	H7
8	Alicate	H8
9	Remachadora Manual	H9
10	Flexo metro	H10
11	Lima	H11
12	Sierra de tubo	H12
13	Espátula	H13

3.1.7 Simbología

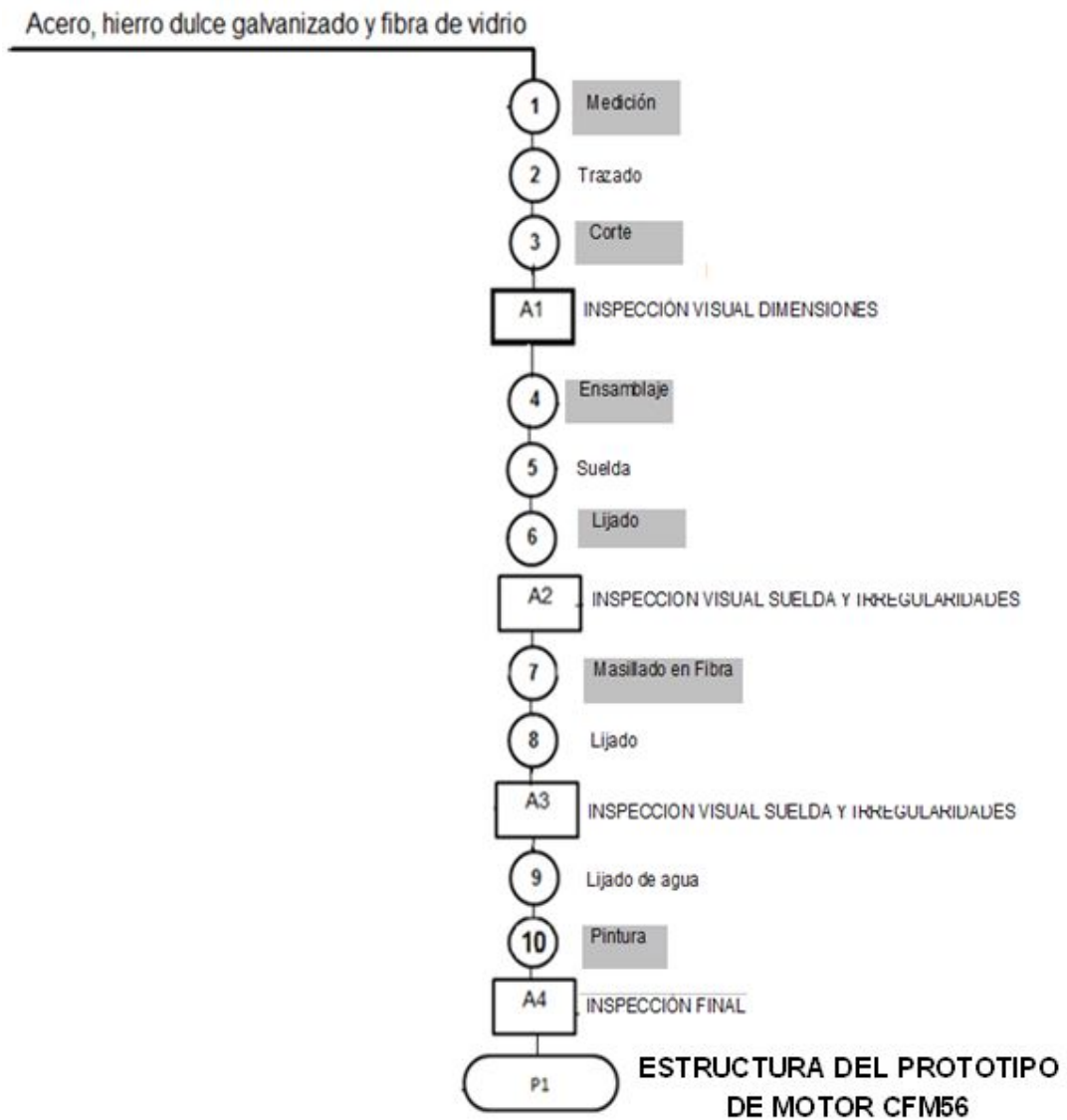
La siguiente simbología de diagramas de procesos será la utilizada para describir el proceso de construcción de la maqueta.

Tabla 3.5:
Simbología

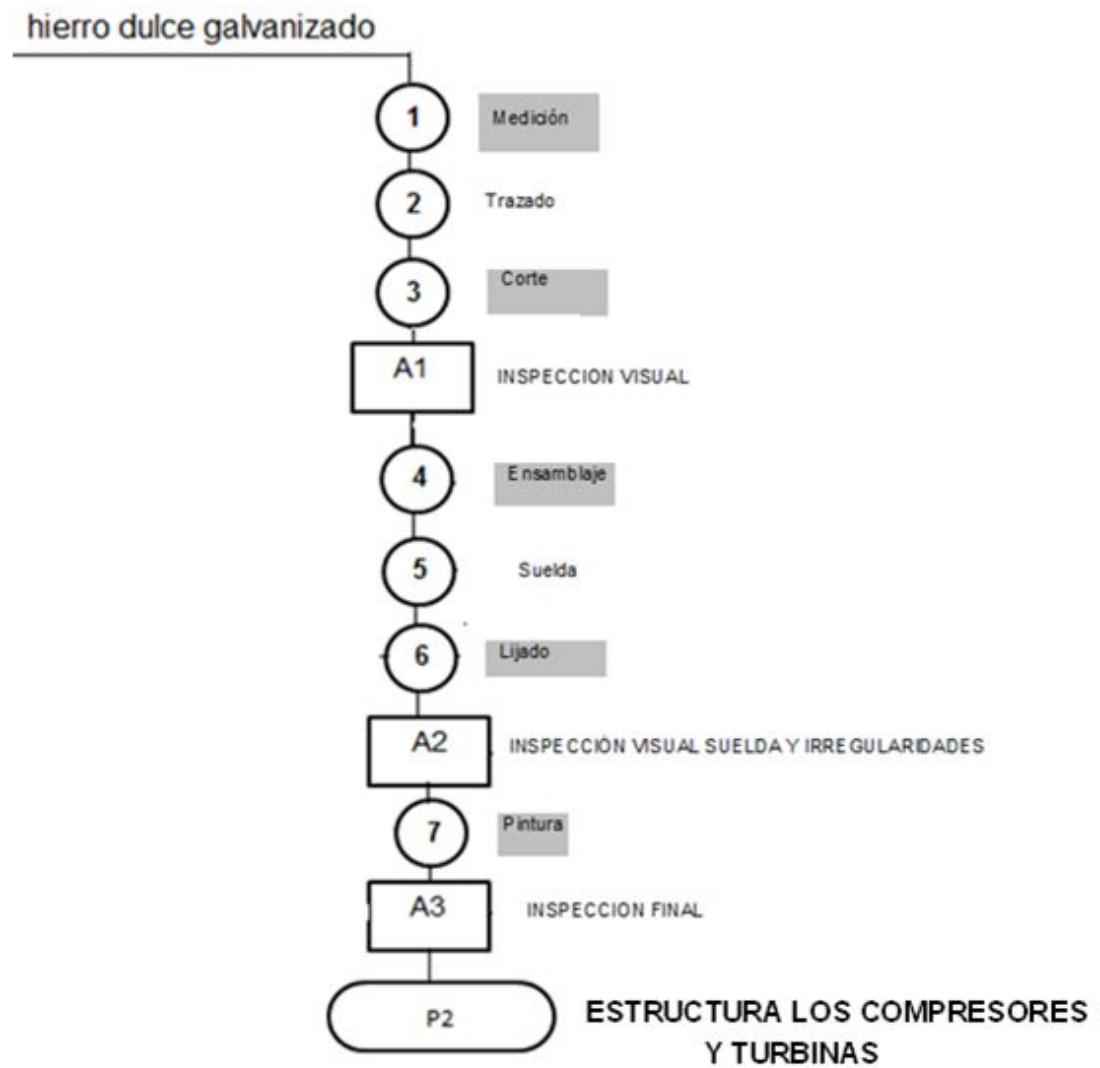
SIMBOLOGÍA		
Nº	Actividad	Simbología
1	Proceso	
2	Inspección	
3	Línea de procesos	
4	Producto semi Terminado	
5	Producto terminado	

3.2 Diagramas de procesos de construcción

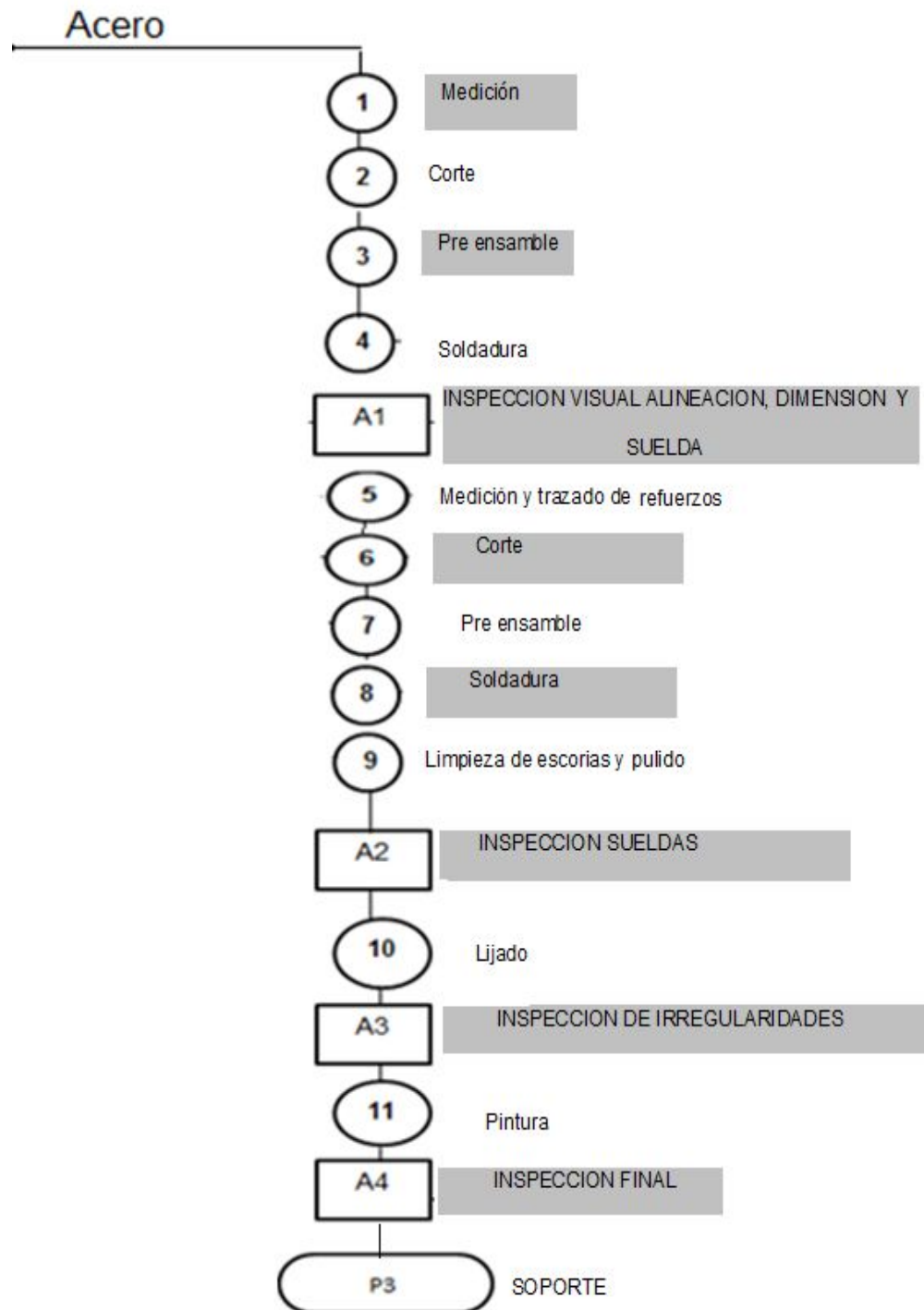
3.2.1 Diagrama de proceso de construcción de la estructura del Prototipo de Motor CFM56



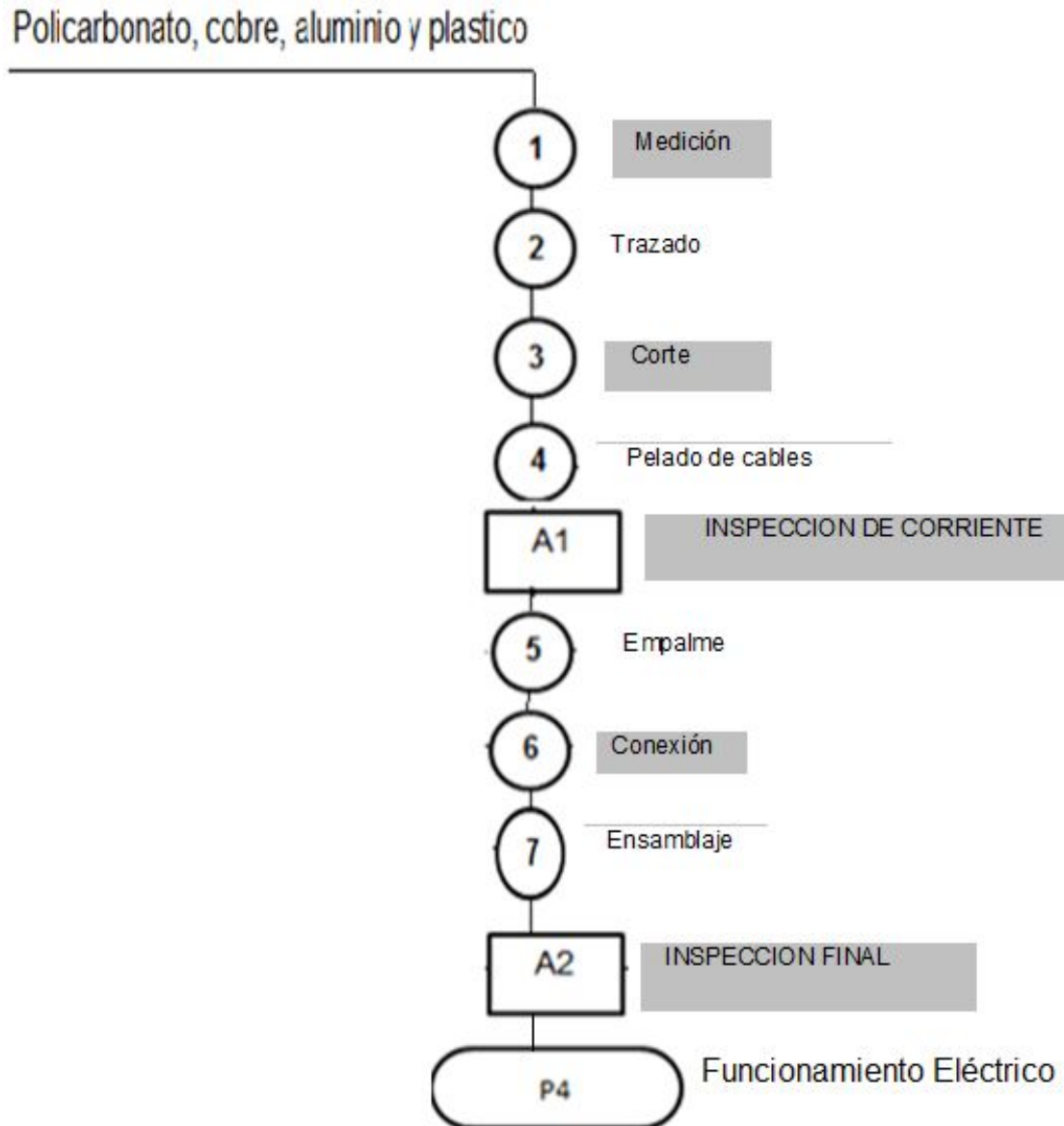
3.2.2 Diagrama de proceso de construcción de la estructura los compresores y turbinas



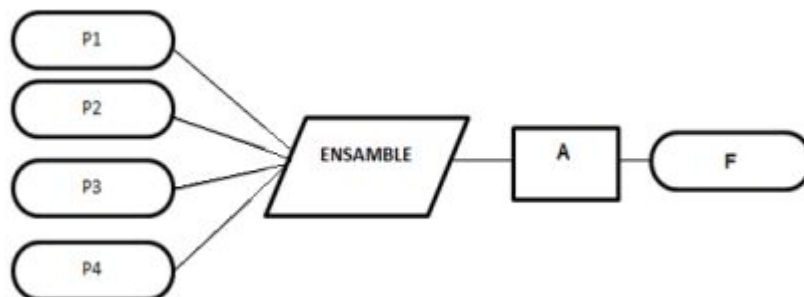
3.2.3 Diagrama de proceso de construcción de la estructura del Soporte



3.2.5 Diagrama de proceso de construcción de funcionamiento eléctrico



3.2.6 Diagrama de ensamblaje final del Prototipo de motor CFM56 construido estructuralmente



3.3 Pruebas y Manuales de Operación – Mantenimiento

A continuación se detallan las pruebas y manuales respectivos realizados con el Prototipo de motor CFM56 construido estructuralmente, para el conocimiento de su operación, mantenimiento y seguridad además del análisis de su correcto funcionamiento.

3.3.1 Manuales

En el presente ítem se describen los manuales que servirán de respaldo y ayuda al momento de operar el prototipo y de la misma manera servirá como guía para brindar mantenimiento e indicar las respectivas normas de seguridad que se deben seguir.

3.3.2 Descripción de Manuales

Los siguientes manuales servirán como guía tanto para la operación y mantenimiento para la preservación del prototipo así como su vida útil.

- ✓ Manual de Operación
- ✓ Manual de Seguridad
- ✓ Manual de Mantenimiento

3.4.2 Manual de Operación

El presente manual contiene la descripción de actividades que deben seguirse en la realización de las funciones y pasos a seguir para la operación del prototipo.

Las normas de funcionamiento y operación son mínimas debido a que la complejidad del prototipo es básica además el manual posee cualquier otro dato que pueda auxiliar al correcto desarrollo de las actividades operativas del prototipo.

3.4.3 Manual de Seguridad

El presente manual tiene por objetivo establecer normas, reglas y procedimientos para las actividades de seguridad, debido a que permite evitar eventos no deseados, mantener las operaciones eficientes y productivas, además de llevar una coordinación y orden de los pasos a seguir para la correcta operación del prototipo.

Las precauciones que se debe tomar no están por demás, a pesar de que la operación del prototipo es sencilla, hay que tener en cuenta las debidas advertencias al momento de operarla para evitar cualquier incidente.

3.4.4 Manual de Mantenimiento

En el manual de mantenimiento se detallan todos los procedimientos que tienen que ver con la preservación del prototipo, iniciando de forma preventiva para evitar a tiempo cualquier tipo de averías por el uso del mismo.

El prototipo de acuerdo al medio ambiente también puede deteriorarse a través de factores o circunstancias como agentes externos, humedad,

corrosión, polvo, etc. Por lo cual la higiene del mismo ayudara a la preservación y alargamiento de su vida útil.

El mantenimiento del prototipo es sencillo y no requiere de herramientas complejas, lo más importante es mantener su aseo y preservación por medio de procesos ordenados y llevados satisfactoriamente.

Tabla 3.6:

Pruebas de operación

ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DE OPERACIÓN DEL PROTOTIPO DE MOTOR CFM56	
PRUEBA (a)	
Sistema completo	Si
Tiempo transcurrido	15
Número de pruebas	2
PRUEBA (b)	
Sistema completo	Si
Tiempo transcurrido	20
Número de pruebas	2
PRUEBA (c)	
Sistema completo	Si
Tiempo transcurrido	25
Número de pruebas	2

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS	MANUAL DE OPERACIÓN	
	OPERACIÓN DEL PROTOTIPO DE MOTOR CFM56 CONSTRUIDO ESTRUCTURALMENTE; PARA LA APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LOS ALUMNOS EN LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIONMOTORES Elaborado por: Alfredo Herrera	Código: LMB-MI-28
	Aprobado por: Ing. Rodrigo Bautista	Revisado: Nº: 1 FECHA: 30 Jun 2014
	<p>1.OBJETIVO</p> <p>Documentar los procedimientos de Operación del Prototipo de Motor CFM56 construido estructuralmente.</p> <p>2.ALCANCE</p> <p>Proporcionar el material necesario para la operación del prototipo</p> <p>3.NOMBRE DEL EQUIPO: PROTOTIPO DE MOTOR CFM56 CONSTRUIDO ESTRUCTURALMENTE</p> <p>4.CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Longitud 135,5cm ❖ Ancho 61cm ❖ Altura 163.3cm <p>5.DOCUMENTOS DE REFERENCIA: Sin documentos de referencia</p>	

6.PROCEDIMIENTO

6.1 Revisar que los toma corrientes se encuentren en buen estado y libre de obstrucción.

6.2 Verificar el estado del cable de poder que no se encuentre pelado

6.3 Verificar que el prototipo esté conectado en una toma corriente de 110V AC.

6.6 El encendido del prototipo se realiza por medio del interruptor master que se encuentra en el panel eléctrico



Figura 3.20: Interruptor

6.7 Encender el interruptor encontrado en el panel de control.

6.8 Al accionarse el motor AC simula el arranque a reacción del motor transmitiendo movimiento circular entre el sistema de poleas por medio de la banda de caucho actuando como la gearbox y así alimentando de energía cinética al eje coaxial que moverá las etapas de turbo fan, compresión y turbina, además la bombilla que representa las cámaras de combustión.

Firma del responsable: _____

	MANUAL DE SEGURIDAD	
	OPERACIÓN DEL PROTOTIPO DE MOTOR CFM56 CONSTRUIDO ESTRUCTURALMENTE; PARA LA APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LOS ALUMNOS EN LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCION MOTORES DEL ITSA	Código: LMB-MI-28
	Elaborado por: Alfredo Herrera	Revisado: Nº: 1
	Aprobado por: Ing. Rodrigo Bautista	FECHA: 30 Jun 2014
<p>1.OBJETIVO</p> <p>Documentar los procedimientos de Seguridad del Prototipo de Motor CFM56 construido estructuralmente.</p> <p>2.ALCANCE</p> <p>Proporcionar el material necesario de seguridad para la operación satisfactoria del prototipo sin que exista incidentes</p> <p>3.NOMBRE DEL EQUIPO: PROTOTIPO DE MOTOR CFM56 CONSTRUIDO ESTRUCTURALMENTE</p> <p>4.CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Longitud 135,5cm ❖ Ancho 61cm ❖ Altura 163.3cm <p>5.DOCUMENTOS DE REFERENCIA: Sin documentos de referencia</p>		

6.PROCEDIMIENTO

6.1 Utilizar overol, gafas de seguridad y guantes de cuero.



Figura 3.21: Equipo de seguridad

6.2 Revisar si existen objetos dentro de los compresores del motor antes de encenderlo.

6.2 Al encender verificar que ninguna persona este demasiado cerca de la etapa de turbina

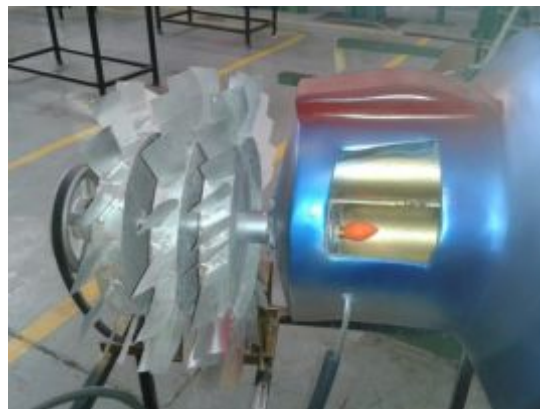


Figura 3.22: Etapa Turbina

6.3 No colocar las manos en el sistema de poleas y la banda de caucho



Figura 3.23: Poleas y banda

6.4 Verificar el estado del cableado

6.5 No conectar el cable de poder a tomas de energía mayor a la indicada 110V AC.



Figura 3.24: Toma corriente


6.6 Verificar el tiempo de uso al cual puede ser expuesto el prototipo (diez minutos)

6.7 Evitar en todo momento que el prototipo este en contacto con el agua el prototipo

6.8 Al realizar el mantenimiento asegurarse que este desconectado

6.9 Al momento de limpiarlo utilizar guantes de cuero sobretodo en la etapa compresora y turbina.

Firma del responsable: _____

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS	MANUAL DE MANTENIMIENTO	
	OPERACIÓN DEL PROTOTIPO DE MOTOR CFM56 CONSTRUIDO ESTRUCTURALMENTE; PARA LA APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LOS ALUMNOS EN LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCION MOTORES DEL ITSA	Código: LMB-MI-28
		Revisado: Nº: 1
	Elaborado por: Alfredo Herrera	FECHA: 30
Aprobado por: Ing. Rodrigo Bautista	Jun 2014	
<p>1.OBJETIVO</p> <p>Documentar los procedimientos de Mantenimiento del Prototipo de Motor CFM56 construido estructuralmente.</p> <p>2.ALCANCE</p> <p>Guiar a través de procesos de Mantenimiento para la preservación y prevención de averías del prototipo</p> <p>3.NOMBRE DEL EQUIPO: PROTOTIPO DE MOTOR CFM56 CONSTRUIDO ESTRUCTURALMENTE</p> <p>4.DEFINICIONES</p> <p>Se debe realizar una limpieza continua del prototipo de agentes externos como polvo virutas etc., sobre la superficie además de especial cuidado del motor AC.</p> <p>5.DOCUMENTOS DE REFERENCIA: Sin documentos de referencia</p>		

6. PROCEDIMIENTO

En el proceso de mantenimiento se debe tomar en cuenta el factor tiempo debido a que es muy importante en el sentido del proceso de deterioro de su vida útil por uso y factores ambientales.

6.1 Mantenimiento Trimestral

6.1.1 Realizar una inspección visual al motor y componentes dentro de la estructura

6.1.2 Limpiar con un paño húmedo solo la estructura sin tocar el Motor de Corriente AC

6.1.3 Limpiar con un cepillo dentro de la estructura del fan utilizando guantes de cuero por los alabes para evitar raspones.

6.1.4 Revisar y cambiar de ser necesario la bombilla de la cámara de combustión

6.2 Mantenimiento Semestral

6.2.1 Revisar y verificar el cableado eléctrico e interruptores en su totalidad

6.2.2 Revisar las ruedas de soporte móvil

6.2.3 Revisar la banda del sistema de poleas, estado de expansión y resistencia

6.2.4 Limpiar y pasar un trapo humedecido con persevante metálico

6.3 Mantenimiento Anual

6.3.1 Verificar el estado del soporte sobre todo puntos de soldadura

6.3.2 Revisar corrosión y oxidación y de ser necesario volver a pintar

6.3.3 Realizar una inspección del motor AC puntos de conexión y poleas

6.3.4 Realizar un cambio de la banda de caucho

Firma del responsable: _____

3.5 Estudio económico

El estudio económico forma parte de uno de los factores importantes porque permite determinar los costos exactos sobre el prototipo tanto en material como mano de obra, detallando de manera minuciosa los recursos empleados en el mismo como mano de obra, herramientas, materiales y equipos.

3.5.1 Presupuesto

Anteriormente en el desarrollo del anteproyecto se presentó un estudio económico el cual dio un valor estimado de \$ 1048.30, a continuación se presenta el costo real de la construcción del prototipo con los cambios realizados conforme a la propuesta actual.

3.5.2 Análisis de costos

Al elaborar el proyecto se realizaron los siguientes gastos, tomando en consideración todas y cada una de las partes que componen el Prototipo de motor CFM56 construido estructuralmente.

Costos Primarios

- ✓ Materiales
- ✓ Herramientas – Equipos - Máquinas
- ✓ Mano de Obra

Costos Secundarios

- ✓ Derechos de grado
- ✓ Elaboración de Textos

3.5.3 Costos Primarios

3.5.4 Costos por materiales

Tabla 3.9:

Tabla de Costos Materiales

Costo de Materiales			
Detalle	Cantidad	V. Unitario	Total
ESTRUCTURA Y TURBO FAN DEL PROTOTIPO DE MOTOR CFM56			
Tarro metálico 55gls		10	10
Fibra de Vidrio	10	12	220
Electrodos	4lbs	2	8
Resina	4 lts	4	16
Remaches, tornillos y tuercas	2lbs	5	5
CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE COMPRESORES Y TURBINA			
Bronce	7lbs	2	14
Tubo de acero galvanizado	1	10	20
Tubo de acero de 5mm	1	10	20
Rulimanes	2	6	6
Plancha de acero laminado	4	1	40
CONSTRUCCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO ELÉCTRICO			
Banda de caucho	1	10	10
Poleas	2	5	5
Interruptor	1	3	3
Cables	2mts	1.20	2.40
Taype	1	0.50	0.50
Canaletas	2mts	4	4
Taladro	1	11	41
Boquilla eléctrica	1	3	3
Bombilla pequeña	1	0.50	0.50
SOPORTE ESTRUCTURAL			
Montante de acero	1	40	40
Ruedas	6	3	18
TOTAL:			\$ 647

3.5.5 Costos por mano de obra

Tabla 3.7:

Tabla de costos por mano de obra

Costos por mano de obra					
Nº	Descripción	Cant	Valorhora	#hrs	TOTAL
1	ESTRUCTURA Y TURBO FAN	1	3	18	54
2	COMPRESORES Y TURBINA	1	3	20	60
3	ELECTRÍCO	1	2	3	6
4	SOPORTE	1	3	4	12
Total					\$ 112

3.5.6 Costos por herramientas, máquinas y equipos por hora

Tabla 3.8:

Tabla de costos de herramientas, máquinas y equipos por hora

COSTOS DE HERRAMIENTAS, MAQUINAS Y EQUIPOS				
Nº	MÁQUINAS	Vlr/ hora	N. hrs.	Total
1	Soldador a eléctrica	8	12	96
2	Taladro de mano	4	4	16
3	Esmeril Manual	4	7	28
4	Cortadora	4	7	28
EQUIPOS				
1	Suelda autógena	9	12	108
2	Compresor y equipo de	8	3	24

CONTINUAR



pintura

HERRAMIENTAS				
1	Escuadra	0,25	1	0,25
2	Entenalla	0,5	1	0,5
3	Martillo de Goma	0,25	1	0,25
4	Martillo	0,25	1	0,25
5	Tijera de tol	0,25	30min	0,25
6	Corta Frio	0,25	30min	0,25
7	Pela Cables	0,25	30min	0,25
8	Alicate	0,25	30min	0,25
9	Remachadora Manual	0,25	1	
10	Flexo metro	0,25	2	0,5
11	Lima	0,25	5	2.25
12	Sierra de tubo	0,25	1	0,25
13	Espátula	0,25	8	2
TOTAL				\$ 305

3.5.7 Total costos primarios

Tabla 3.9:

Tabla del total de costos primarios

Total costos primarios		
Nº	Detalle	Valor en c/u
1	Costos Materiales	617
2	Costos mano de obra	112
3	Costos Herramientas, máquinas y equipos	305
Total		\$ 1034

3.5.8 Costos secundarios

Tabla 3.10:

Tabla del total de costos secundarios

Total costos secundarios		
Nº	Detalle	Valor en c/u
1	Elaboración de textos	200
Total		\$ 200

3.5.9 Costo total del proyecto

Tabla 3.14:

Tabla del total de costos del proyecto

Total costos primarios		
Nº	Detalle	Valor en c/u
1	Gastos Primarios	1034
2	Gastos Secundarios	200
Total		\$ 1234

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo ya se detallan los últimos análisis y observaciones sobre el trabajo una vez que ya se ha dado por terminado el prototipo comprobado su funcionamiento sin anomalías y desperfectos.

Una vez revisados los procesos, procedimientos, problemas ventajas y beneficios del Prototipo de Motor CFM56 construido estructuralmente, se emiten las siguientes conclusiones y recomendaciones.

4.1 Conclusiones

- Se estableció información acerca del Motor CFM56, por medio de la recopilación de revistas, manuales, libros y analizar los datos obtenidos para la construcción del prototipo.
- Se adquirió los materiales necesarios como también herramientas, máquinas y equipos, verificando las diferentes estructuras del prototipo en los laboratorios de la UGT, para construir el prototipo de motor CFM56.
- Se realizó pruebas de funcionamiento del prototipo revisando tiempos y precisión además y corregir fallas analizando tablas de accionamiento para utilizar el prototipo para la aplicación de conocimientos teóricos y prácticos.

4.2 Recomendaciones

- ✓ El prototipo deberá ser usado solo con fines didácticos y de aprendizaje.
- ✓ Para el correcto uso del prototipo se deberá utilizar los manuales guía para así no terminar pronto con la vida útil del mismo además de las medidas de seguridad que hay que seguir para evitar cualquier tipo de incidente.
- ✓ Realizar las tareas de mantenimiento según lo especificado por tiempo y para evitar averías o deterioro del mismo.
- ✓ Se recomienda la utilización del PROTOTIPO DE MOTOR CFM56 CONSTRUIDO ESTRUCTURALMENTE PARA LA APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LOS ALUMNOS EN LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DEL ITSA”.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

Aeronave: Es un dispositivo que es usado con la intención de ser usado para el vuelo en el aire.

Alas: Es la parte del avión que se encarga de mantenerlo en vuelo, es decir, la que genera la sustentación. También suele contener los depósitos de combustible y el armamento del avión.

C

Compresor centrífugo: Es una turbo-maquina utilizada para comprimir el aire entregándolo desde el centro a la periferia, aprovecha el movimiento rotacional de la turbina.

Compresor axial: Es una turbo-maquina utilizada para comprimir el aire entregándolo paralelo a su eje, aprovecha el movimiento rotacional de la turbina.

Cámara de combustión: Es el corazón del motor y se trata de un compartimiento donde se produce la mezcla aire-combustible y que junto con la chispa producen los gases de escape, los cuales mueven a la turbina.

F

Factibilidad.- Que se lo puede realizar, hacer, desarrollar etc.

Flujo de aire: Es el flujo de aire que pasa a través del motor, el cual se usa tanto para la refrigeración como para la combustión.

M

Motor.- Un motor aeronáutico o motor de aviación es aquel que se utiliza para la de aeronaves mediante la generación de una fuerza de empuje.

Motor Turbo FAN: Los motores de aviación tipo turbofán o conocido como turboventilador son una generación de motores a reacción que remplazó a los turborreactores o *turbojet*. Es una máquina capaz de transformar la energía química y calórica proveniente de la combustión interna en energía

T

Turbina: Es una turbo-maquina cuya función es la de consumir el trabajo producido por los gases de escape y se encarga de mover a el compresor.

SIGLAS O ABREVIATURAS**A**

AGB ACCESSORY GEARBOX

AIDS AIRCRAFT INTEGRATED DATA SYSTEM

ARINC AERONAUTICAL RADIO, INC. (SPECIFICATION)

B

BITE BUILT-IN TEST EQUIPMENT

BBJ Boeing Business Jets

BVCS BLEED VALVE CONTROL SOLENOID

C

CBP (HP) COMPRESSOR BLEED PRESSURE

CIP (HP) COMPRESSOR INLET PRESSURE

CIT (HP) COMPRESSOR INLET TEMPERATURE

E

EGT EXHAUST GAS TEMPERATURE

F

FAA FEDERAL AVIATION AGENCY

FADEC FULL AUTHORITY DIGITAL ENGINE CONTROL

G

GE GENERAL ELECTRIC

GEM GROUND-BASED ENGINE MONITORING

H

HP HIGH PRESSURE

HPC HIGH PRESSURE COMPRESSOR

HPCR HIGH PRESSURE COMPRESSOR ROTOR

HPT HIGH PRESSURE TURBINE

HPTC HIGH PRESSURE TURBINE CLEARANCE

HPTCC HIGH PRESSURE TURBINE CLEARANCE CONTROL

HPTCCV HIGH PRESSURE TURBINE CLEARANCE CONTROL VALVE

Hz HERTZ (CYCLES PER SECOND)

I

IDG INTEGRATED DRIVE GENERATOR

ID PLUG IDENTIFICATION PLU

IGB INLET GEARBOX

IGN IGNITION

L

lbs. POUNDS, WEIGHT

L/H LEFT HAND

LP LOW PRESSURE

LPC LOW PRESSURE COMPRESSOR

LPT LOW PRESSURE TURBINE

LPTC LOW PRESSURE TURBINE CLEARANCE

LPTCC LOW PRESSURE TURBINE CLEARANCE CONTROL

LPTR LOW PRESSURE TURBINE ROTOR

N

N1 (NL) LOW PRESSURE ROTOR ROTATIONAL SPEED

N1ACT ACTUAL N1

N1DMD DEMANDED N1

N1CMD COMMANDED N1

N2 (NH) HP ROTOR ROTATIONAL SPEED

N2ACT ACTUAL N2

NVM NON VOLATILE MEMORY

O

OAT OUTSIDE AIR TEMPERATURE

OGV OUTLET GUIDE VANE

OSG OVERSPEED GOVERNOR

P

P0 AMBIENT STATIC PRESSURE

P25 HPC INLET TOTAL AIR TEMPERATURE

PCU PRESSURE CONVERTER UNIT

PS12 FAN INLET STATIC AIR PRESSURE

PS13 FAN OUTLET STATIC AIR PRESSURE

PS3HP COMPRESSOR DISCHARGE STATIC AIR PRESSURE

psi POUNDS PER SQUARE INCH

psia POUNDS PER SQUARE INCH ABSOLUTE

psid POUNDS PER SQUARE INCH DIFFERENTIAL

psig POUNDS PER SQUARE INCH GAUGE

PT TOTAL PRESSURE

PT2 FAN INLET TOTAL AIR PRESSURE (PRIMARY FLOW)

Q

QAD QUICK ATTACH DETACH

QTY QUANTITY

R

RAM RANDOM ACCESS MEMORY

RDS RADIAL DRIVE SHAFT

R/H RIGHT HAND

RPM REVOLUTIONS PER MINUTE

S**SAC** SINGLE ANNULAR COMBUSTOR**SAV** STARTER AIR VALVE**SDAC** SYSTEM DATA ACQUISITION CONCENTRATOR**S/N** SERIAL NUMBER**SNECMA** SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET DE CONSTRUCTION DE**T****T12** FAN INLET TOTAL AIR TEMPERATURE**TAT** TOTAL AIR TEMPERATURE**TBD** TO BE DETERMINED**TGB** TRANSFER GEARBOX**V****VAC** VOLTAGE, ALTERNATING CURRENT**VDC** VOLTAGE, DIRECT CURRENT**W****WFM** WEIGHT OF FUEL METERED

BIBLIOGRAFÍA

A, L. (2009). *System of Commercial Turbo Fan Engines*. London-England: ICAO.

Abu-Taeh.(2012)*Technology Engineering and Management in Aviation*.British: Evon m.

Cfminternational. (2009). *Manuales de entrenamiento de motor CFM56. Motor Cfm 56-5b*. Paris-Francia: BH second.

Collins, P. (2010). *Air Crash Investigations miracleon the Hudson River*.London: NN.

International, C. (s.f.). *Training Manual A320*. Hamburgo-Alemania: Neo AA.

NETGRAFÍA

Briks, A. (07 de julio de 2019). *Geaviation*. Obtenido de www.geaviation.com/bga/./cfm56-family

ESPE. (17 de enero de 2015). *itsafae*. Obtenido de <http://itsafae.edu.ec/index.php/creacion-ugt/historia>

industries, C. (2 de febrero de 2011). *cfmaeroengines*. Obtenido de www.cfmaeroengines/CFM_international_CFM56

ANEXOS

