

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

MEDICIÓN DE LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DEL MOTOR CONTINENTAL TELEDYNE MODELO IO-360 D (21) PARA LA DETECCIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN EN LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN EN LA CARRERA DE MECÁNICA DEL ITSA.

POR:

BOLAÑOS SÁNCHEZ PATRICIO ALEJANDRO

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

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES**

2013

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. BOLAÑOS SÁNCHEZ PATRICIO ALEJANDRO, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES.

TLGO. CEDILLO ULICES
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Latacunga, Julio 22 del 2013

DEDICATORIA

El presente Proyecto de Grado dedico a Dios por darme la oportunidad de vivir y estar a mi lado en cada paso que a seguir, por la salud, la sabiduría e inteligencia para afrontar y alcanzar mis objetivos.

A mis padres por apoyarme y creer en mí en todo momento, sus consejos, valores y ejemplo de superación, trabajo y esfuerzo manteniendo siempre firme que el mejor tesoro es trabajo honesto.

A mi novia por darme su amor, comprensión y paciencia y por estar junto a mí a cada instante durante la formación de mi vida profesional.

A mis hermanas Jéssica y Cynthia y a todos mis familiares en general por siempre estar pendientes de mí.

Patricio Alejandro Bolaños Sánchez

AGRADECIMIENTO

Agradezco de todo corazón en primer lugar a Dios y a Nuestra Madre María Santísima por sus bendiciones y por guiarme en el camino del bien llenándome de alegría y gozo.

A mi familia por apoyarme en todo momento, demostrando amor incondicional, preocupación y entrega, quienes son fundamentales para seguir adelante.

A la madre de mi novia quien siempre con sus consejos y experiencias compartidas me dieron valor para seguir adelante.

Al Instituto que con distinguidos maestros quienes con sus enseñanzas forjaron el camino hacia el éxito.

Al director de trabajo de graduación Tlgo. Ulices Cedillo por su tiempo, paciencia y dedicación quien ayudo a la realización y culminación del presente proyecto.

A mis compañeros y amigos con quienes fue posible formar parte del proyecto logrando cumplir nuestro sueño.

A la empresa Aerokashurco quien nos acogió y apoyó con el desarrollo del proyecto mediante el uso de sus herramientas, al área de mantenimiento que nos impartió su experiencia y técnica en especial al aerotécnico Miguel Riofrio que es una excelente persona quien nos tuvo la paciencia y dedicación en el asesoramiento del proyecto.

Patricio Alejandro Bolaños Sánchez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	2

CAPÍTULO I

TEMA

1.1	Antecedentes.....	3
1.2	Justificación e importancia.....	3
1.3	Objetivos.....	4
1.3.1	Objetivo general	4
1.3.2	Objetivos específicos.....	4
1.4	Alcance.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Motor recíproco.	6
2.2	Elementos del motor.....	7
2.2.1	Cárter.	8
2.2.2	Cigüeñal.	9
2.2.3	Biela.	10
2.2.4	Válvulas.....	11
2.2.4.1	Constitución de las válvulas.	12

2.2.4.2	Mecanismos de operación de las válvulas.	13
2.2.4.3	Árbol de levas.....	14
2.2.4.4	Taqués.	14
2.3	Cilindro.	16
2.3.1	Partes principales del cilindro.....	17
2.3.2	Cuerpo del cilindro	18
2.3.3	Cabeza del cilindro.....	19
2.3.4	Numeración de los cilindros.	22
2.4	Embolo o pistón.....	23
2.4.1	Partes del embolo.	24
2.4.1.1	Cabeza del embolo.	24
2.4.1.2	Falda.	25
2.4.1.3	Bulón.....	26
2.4.1.4	Rines del pistón.....	26
2.4.1.4.1	Rines de compresión.....	27
2.4.1.4.2	Rines de lubricación.....	28
2.4.1.4.3	Ring de barrido de aceite.	29
2.5	Ciclo del motor.	29
2.5.1	Ciclo Otto.....	29
2.5.1.1	Ciclos del motor alternativo.	30
2.5.1.1.1	Admisión.....	30
2.5.1.1.2	Compresión.....	31
2.5.1.1.3	Combustión.	32
2.5.1.1.3.1	Expansión.....	32
2.5.1.1.4	Escape.	32
2.6	Cilindrada y relación de compresión.	33
2.6.1	Cilindrada	33
2.6.2	Relación de compresión.....	34
2.7	Compresión de cilindros.....	35

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1	Preliminares.....	37
3.2	Motor Teledyne Continental Motors IO 360 D.	37
3.3	Descripción de componentes.	38
3.3.1	Cilindros del motor.....	38
3.3.2	Bielas.....	39
3.3.3	Pistón.	40
3.3.4	Taqués.....	41
3.3.5	Tubos y varillas propulsoras.	42
3.4	Desmontaje.	43
3.4.1	Pre limpieza.....	43
3.4.2	Desmontaje del cilindro y sus componentes.....	44
3.5	Limpieza de los cilindros y sus componentes.....	51
3.5.1	Limpieza de los cilindros.....	51
3.5.2	Limpieza de los pistones.	52
3.5.3	Limpieza de balancines.	53
3.5.4	Limpieza de taqués.	54
3.5.5	Limpieza de varillas propulsoras y tubos protectores.	54
3.5.6	Limpieza de los alojamientos de los cilindros en el cárter.	55
3.6	Inspección del cilindro y pistón.	56
3.6.1	Inspección del cilindro.	56
3.6.2	Inspección del pistón	57
3.7	Montaje de cilindros y sus componentes.....	60
3.8	Medición de la compresión de cilindros del motor TC IO 360 D.	67
3.8.1	Equipo.	68
3.8.2	Acople.	68
3.8.3	Realización de la prueba de compresión de cilindros del motor.....	69
3.9	Herramientas utilizadas en la remoción e instalación de los cilindros, componentes y medición de la compresión de cilindros en el motor TC IO 360 D.	74
3.10	Colocación de los de los rines y pistones en los brazos de biela.	76

3.10.1	Diagrama de procesos para el montaje de los rines, pistón y bulón.....	77
3.10.2	Procesos de instalación del pistón sus rines y el bulón.....	78
3.11	Montaje de taqués, cilindro, varillas propulsoras, tubos protectores de las varillas propulsoras, balancines y las tapas de los balancines.	78
3.11.1	Diagrama de procesos para la ubicación de taqués, cilindro, varillas propulsoras, tubos protectores de las varillas propulsoras, balancines y las tapas de los balancines.....	79
3.11.2	Procesos de la instalación de taqués, cilindro, varillas propulsoras, tubos protectores de las varillas propulsoras, balancines y las tapas de los balancines.	80
3.12	Medición de la compresión de cilindros.....	81
3.12.1	Diagrama de procesos para realizar la medición de la compresión de cilindros.	81
3.12.2	Procesos para realizar la medición de la compresión de cilindros.	82
3.13	Diagrama de procesos de instalación y medición final.	82
3.13.1	Diagrama final de instalación de los cilindros, sus componentes y la medición de la compresión de cilindros del motor TC IO 360 D	83
3.14	Manual de operación para la medición de la compresión de cilindros del motor TC IO 360 D.	84
3.15	Poner a prueba.....	87
3.16	Manual de mantenimiento de los cilindros del motor TC IO 360 D.....	88
3.17	Análisis económico.....	90
3.17.1	Recursos	90
3.17.2	Presupuesto.	90
3.17.2.1	Costos primarios.	91
3.17.2.1.1	Costos de componentes/mecanismos.....	91
3.17.2.1.2	Total de gastos primarios.	92
3.17.2.2	Costos secundarios.....	92
3.17.2.2.1	Total de gastos secundarios.....	92
3.17.2.3	Costo total del proyecto.....	92

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	Conclusiones.....	93
4.2	Recomendaciones.....	94
	GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	95
	ABREVIATURA UTILIZADA.....	98
	BIBLIOGRAFÍA	99
	ANEXOS.....	¡Err
	or! Marcador no definido.	
	HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS.....	103
	CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	Motor TC IO 360 D.....	7
Figura 2.2.	Componentes básicos de un motor alternativo	8
Figura 2.3.	Cárter	9
Figura 2.4.	Cigüeñal.....	10
Figura 2.5.	Biela	11
Figura 2.6.	Válvula de admisión y escape.....	12
Figura 2.7.	Partes de la válvula.....	13
Figura 2.8.	Mecanismo de operación de las válvulas.....	13
Figura 2.9.	Árbol de levas	14
Figura 2.10.	Taqué mecánico.....	15
Figura 2.11.	Partes de un taqué hidráulico.....	15
Figura 2.12.	Cilindro del motor TC IO 360 D.....	17
Figura 2.13.	Cabeza y cuerpo del cilindro	18
Figura 2.14.	Cuerpo del cilindro	19
Figura 2.15.	Injertos Heli-coil en la cabeza del cilindro	20
Figura 2.16.	Cabeza del cilindro.....	21

Figura 2.17. Cilindro del motor TC IO 360 D y sus partes	22
Figura 2.18. Numeración de cilindros de un motor Telendyne Continental	23
Figura 2.19. Émbolo	24
Figura 2.20. Partes del émbolo	25
Figura 2.21. Falda	25
Figura 2.22. Bulón	26
Figura 2.23. Rines del pistón.....	27
Figura 2.24. Rines de compresión.....	28
Figura 2.25. Rines de lubricación	28
Figura 2.26. Ring de barrido de aceite	29
Figura 2.27. Diagrama del ciclo Otto	30
Figura 2.28. Fase de admisión	31
Figura 2.29. Fase de compresión.....	31
Figura 2.30. Fase de expansión	32
Figura 2.31. Fase de escape.....	33
Figura 2.32. Relación de compresión.....	34
Figura 2.33. Equipo para comprobar la compresión de cilindros.....	35
Figura 2.34. Compresión de cilindros.....	36
Figura 3.1. Placa de identificación en el motor TC IO 360 D.....	38
Figura 3.2. Cilindros del motor TC IO 360 D	39
Figura 3.3. Biela del motor TC IO 360 D	40
Figura 3.4. Pistones del motor TC IO 360 D.....	41
Figura 3.5. Taqués del motor TC IO 360 D	42
Figura 3.6. Tubos protectores y varillas propulsoras del motor TC IO 360 D.....	43
Figura 3.7. Tubos de admisión desmontados del motor TC IO 360 D.....	44
Figura 3.8. Cobertores de los balancines removidos del motor TC IO 360 D	45
Figura 3.9. Desmontaje del protector de varilla propulsora del motor IO 360 D...	45
Figura 3.10. Remoción de tuercas de la base del cilindro	46
Figura 3.11. Desmontaje del cilindro del motor TC IO 360 D	46
Figura 3.12. Desmontaje del pistón del motor TC IO 360 D	47
Figura 3.13. Extracción de taqués del motor TC IO 360 D.....	47
Figura 3.14. Extracción del “O” ring del cilindro del motor TC IO 360 D.....	48
Figura 3.15. Rines extraídos del pistón del motor ITC IO 360 D	48
Figura 3.16. Partes del cilindro con su numeración.....	50

Figura 3.17. Limpieza del cilindro del motor TC IO 360 D	52
Figura 3.18. Mantenimiento y limpieza del pistón.....	53
Figura 3.19. Limpieza de los balancines	53
Figura 3.20. Eliminación de aceite del interior del taqué	54
Figura 3.21. Varillas propulsoras y tubos protectores limpios	55
Figura 3.22. Limpieza de los alojamientos de los cilindros.....	56
Figura 3.23. Inspección visual del interior del cuerpo del cilindro.....	57
Figura 3.24. Inspección visual del pistón.....	58
Figura 3.25. Aerotécnico de la empresa AEROKASHURCO	59
Figura 3.26. Número posicional del cilindro del motor TC IO 360 D.....	60
Figura 3.27. Posición totalmente afuera del brazo de biela.....	61
Figura 3.28. Bulón lubricado.....	61
Figura 3.29. Posición en la que deben estar las aberturas de los rines	62
Figura 3.30. Pistón ensamblado.....	63
Figura 3.31. Taqués ubicados en su lugar	63
Figura 3.32. Ubicación del compresor de rines sobre el pistón	64
Figura 3.33. Colocación del cilindro	65
Figura 3.34. Resorte comprimido antes de ser colocado en el motor	65
Figura 3.35. Colocación de balancines	66
Figura 3.36. Torque de los cilindros	66
Figura 3.37. Tubos de admisión montados en el motor	67
Figura 3.38. Medidor de presión diferencial	68
Figura 3.39 Acople para realizar la medición de la compresión de cilindros	69
Figura 3.40. Motor TC IO 360 D puesto en funcionamiento	70
Figura 3.41. Cables de bujías desmontados	70
Figura 3.42. Colocación de la franela para encontrar el PMS	71
Figura 3.43. Medida de la compresión de los cilindros.....	72
Figura 3.44. Resultado final de la medida de la compresión de cilindros.....	72
Figura 3.45. Cierre de la válvula de paso de aire	73
Figura 3.46. Diagrama de procesos del pistón, sus rines y bulón	77
Figura 3.47 Diagrama de procesos del cilindro y sus componentes	79
Figura 3.48. Diagrama de procesos de la medición de la compresión de cilindros.....	81
Figura 3.49. Diagrama final de la instalación de los cilindros, sus componentes y medición de la compresión de cilindros.....	83

Figura 3.50. Proceso de encendido del motor TC IO 360 D.....87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Resultados de la compresión de cilindros	74
Tabla 3.2. Clasificación de herramientas	74
Tabla 3.3. Clasificación de máquinas	75
Tabla 3.4. Simbología	76
Tabla 3.5. Procesos de instalación del pistón sus rines y el bulón.....	78
Tabla 3.6. Procesos de instalación del cilindro y sus componentes.....	80
Tabla 3.7. Procesos de la medición de la compresión de cilindros	82
Tabla 3.8. Talento humano.....	90
Tabla 3.9. Costos de componentes/mecanismos.....	91
Tabla 3.10. Total gastos primarios	92
Tabla 3.11. Total gastos secundarios.....	92
Tabla 3.12. Costo total proyecto.....	92

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad rehabilitar y realizar la medición de la compresión de los cilindros y de la misma manera conocer los principios de operación y funcionamiento en el motor Teledyne Continental IO-360 D 21, mediante el uso de manuales de mantenimiento, boletines de servicio y directivas de servicio para los cilindros y la manera correcta que hay que seguir para realizar la medición de la compresión de cilindros.

Los cilindros es el lugar donde están alojados los pistones y es donde ocurre la ignición de la mezcla aire combustible dando lugar a las fases del Ciclo Otto, en cambio la medición de la compresión de cilindros es un factor muy necesario que se debe realizar de acuerdo a las inspecciones estipuladas en el manual de mantenimiento la cual sirve para determinar la condición interna de la cámara de combustión que es un resultado que refleja que a mayor relación de compresión, mayor será la potencia del motor.

Para rehabilitar los cilindros y efectuar la medición de la compresión de cilindros es necesario conocer cada uno de los componentes del motor y familiarizarse con ellos para estar aptos al momento de realizar mantenimiento.

Toda actividad realizada en los cilindros debe ser hecha con mucha precaución para no causar ningún tipo de daño en estos elementos, siempre siguiendo las instrucciones del manual, es así que se desarrolla una ardua intervención hasta conseguir el objetivo final, que es tener los cilindros en óptimas condiciones de operación.

SUMMARY

This project is aimed at rehabilitating and the execution the measurement of cylinder compression, in the same manner identify the principles of operation and motor operation Teledyne Continental IO-360 D 21, using manuals maintenance, bulletins service and service directives for the cylinders and the correct way to follow for measuring the cylinder compression.

The cylinders are where pistons are housed and is where the ignition of the fuel air mixture resulting Otto Cycle phases instead measuring cylinder compression is a factor needed to be performed according the inspections specified in the maintenance manual which is used to determine the internal condition of the combustion chamber which is a result that reflects the higher the compression ratio, the higher the engine power.

To rehabilitate the measurement cylinder and compression cylinders is necessary to know each of the engine components and familiar with them to be suitable at the time of maintenance.

Any activity in the cylinders must be done with caution to avoid causing any damage to these items; always following the instruction manual is so hard intervention is developed to achieve the ultimate goal, which is to have the cylinders in optimal operating conditions.

CAPÍTULO I

TEMA

1.1 Antecedentes.

Para llevar a cabo la formación del alumnado el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico ha visto la necesidad de adquirir elementos con los que se facilite el aprendizaje teórico práctico en los estudiantes con lo que en los últimos años ha calado fronteras de acción, promoviendo aquellas decisiones que sobrelleven a efectuar roles protagónicos en el campo de la aeronáutica.

El perfil de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA contaba con la necesidad de adquirir instructivos que sirvan de sustento y estimulación hacia la exploración tal es el caso del motor TC IO 360 D 21 que es un aporte muy favorable para el Instituto ya que es un motor funcional, donde los futuros técnicos pueden despejar sus dudas y aplicar los conocimientos teóricos en lo práctico para su mejor formación y desenvolvimiento en el campo laboral.

1.2 Justificación e importancia.

Este proyecto beneficiará en las inquietudes que tengan los estudiantes y además como un medio de instrucción para la enseñanza de la materia de Motores Recíprocos. También para comprender cuán importante es la realización de compresión de cilindros ya que es uno de los principales requisitos que se deben cumplir en un motor alternativo.

Esta representación es conveniente debido al gran interés que se fomenta al estudio de motores alternativos y constituyendo bases importantes para la aplicación en otros tipos de motores que están compaginados o relacionados entre sí, es una de las principales herramientas para el mantenimiento aeronáutico.

Al desarrollar este proyecto se mejorara el mecanismo de aprendizaje al tener de forma directa una representación donde se pueda comparar las clases teóricas con la práctica, reuniendo todas las partes técnicas que un tecnólogo debe poseer para el desenvolvimiento en el campo laboral.

Además se optimizará la práctica para los estudiantes de la carrera de mecánica aeronáutica, además como es de conocimiento general la adaptación que se genera en una empresa depende mucho de cómo se esté preparado profesionalmente.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

Rehabilitar los cilindros y realizar la medición de la compresión del motor Continental Teledyne modelo IO-360 D (21) para la detección de los niveles de presión en la cámara de combustión en la carrera de mecánica del ITSA.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Identificar cada uno de los componentes que afectaría a la medición de la compresión del motor.
- Analizar el funcionamiento de cada uno de los elementos que integran el sistema.
- Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de los componentes que presenten irregularidades.
- Efectuar la medición de la compresión de cada uno de los cilindros del motor.

- Ejecutar una prueba funcional para garantizar el funcionamiento del motor.

1.4 Alcance.

Realizar la medición de compresión de cilindros de manera instructiva en un motor alternativo explicando los parámetros de funcionamiento del ciclo Otto en la formación de los estudiantes en donde este reflejado la aplicación teórica y a la vez que sea tomada como una herramienta para impulsar el interés hacia la aviación menor.

La investigación aplicada en este tema permite la experimentación en el alumnado mecánico, logrando resultados positivos con el entendimiento de cuán importante es la compresión en un cilindro de un motor recíproco.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Motor recíproco.

Los motores son los mecanismos que transforman la energía química presente en el combustible en energía mecánica. En el motor esta energía mecánica se manifiesta en la rotación de un eje del motor, al que se une el mecanismo que se quiere mover, en la actualidad los motores tipo cilindros opuestos son los más utilizados en aviones ligeros. Son instalados en posición horizontal en aeronaves de ala fija, pero de igual manera pueden ser acoplados verticalmente en helicópteros.

“El motor TC IO-360 D con el que cuenta el Instituto tiene seis cilindros, horizontalmente opuestos, refrigerados por aire, tres en el lado izquierdo y tres en el lado derecho del motor, la potencia es de 210 caballos de fuerza, 2800 RPM a través de una relación de compresión 8,5 a 1 y un peso total básico de 327,25 libras (sin aceite en el cárter). Los cilindros, pistones y las válvulas proporcionan el impulso necesario para sostener el movimiento del cigüeñal.”¹

¹ Overhaul Manual TC IO 360 D

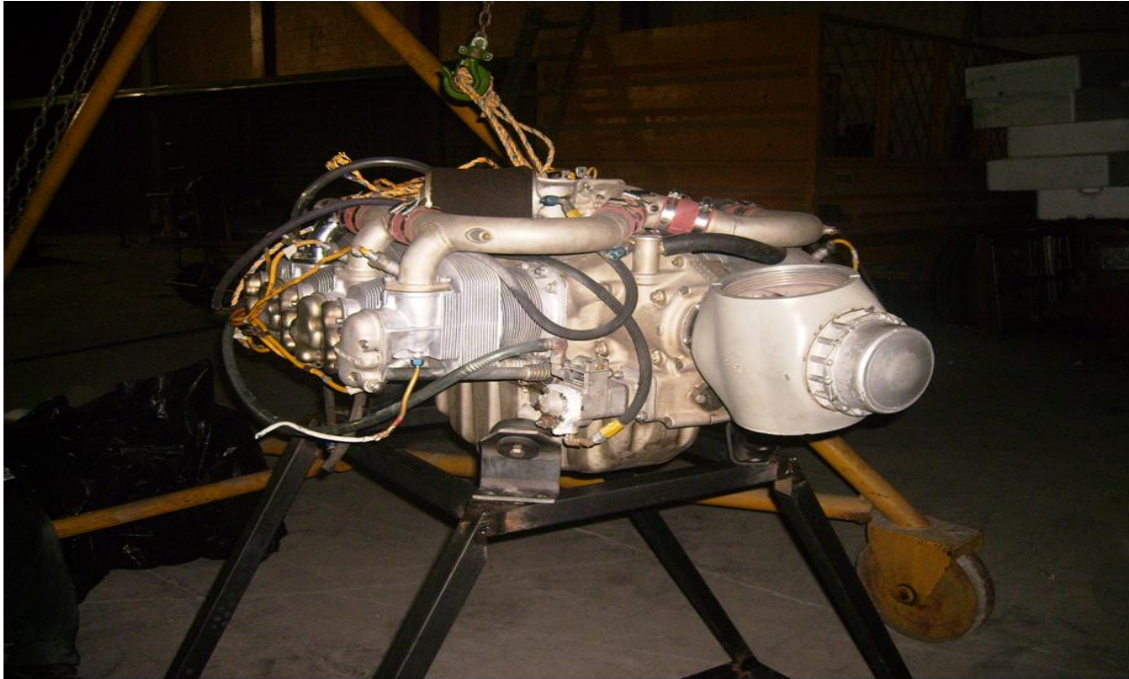


Figura 2.1. Motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo

2.2 Elementos del motor.²

El motor alternativo de aviación está formado por una serie de elementos con los que se debe estar familiarizado con la finalidad de entender y saber sus principios de funcionamiento.

Los elementos básicos de un motor alternativo incluye el cárter, bielas, válvulas, mecanismo de accionamiento de válvulas, el cigüeñal y los cilindros.

² Oñate, A.E. (1992). Motores atmosféricos y turbo. Madrid: Paraninfo S.A.

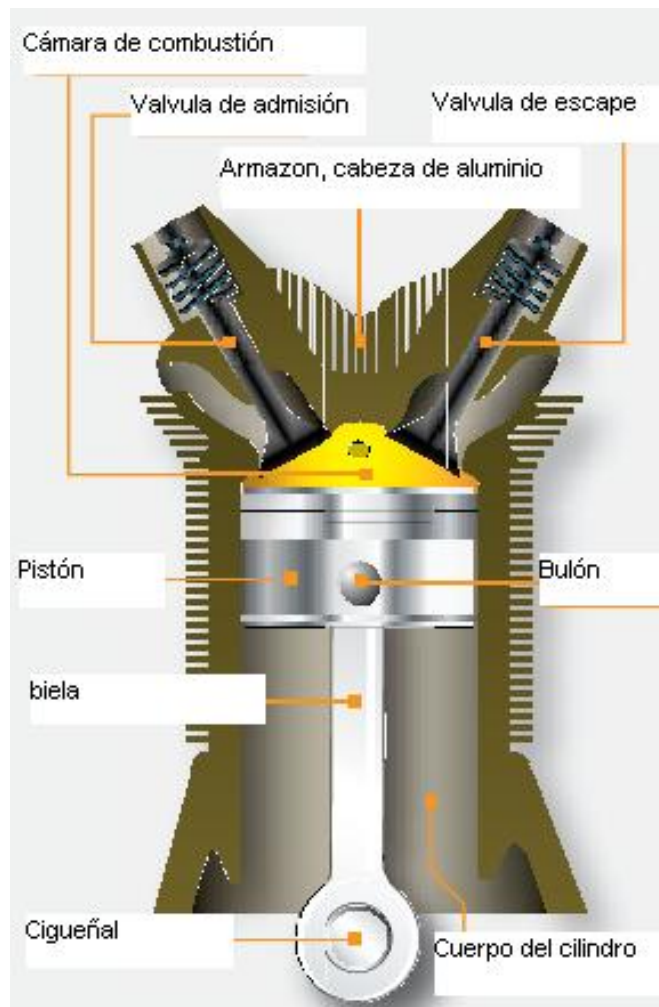


Figura 2.2. Componentes básicos de un motor alternativo.

Fuente: FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1

2.2.1 Cárter.

El cárter del motor de cilindros horizontales y opuestos está dividido en dos mitades, según un plano vertical. Las dos mitades se fabrican en aleaciones de aluminio, el cárter cumple con las siguientes funciones:

- Constituye el armazón estructural del motor, al cual se unen los cilindros y donde se apoya el cigüeñal y otros componentes.
- Es el conjunto a través del cual se une el motor al avión.
- Transmite el empuje de la hélice al avión.
- De igual manera es el sumidero del aceite.

- Debe ser extremadamente rígido y fuerte debido a las fuerzas internas y externas a las que son sometidos como los casos de: la combustión, altas temperaturas, fuerzas centrífugas y de inercia desequilibradas por la hélice.

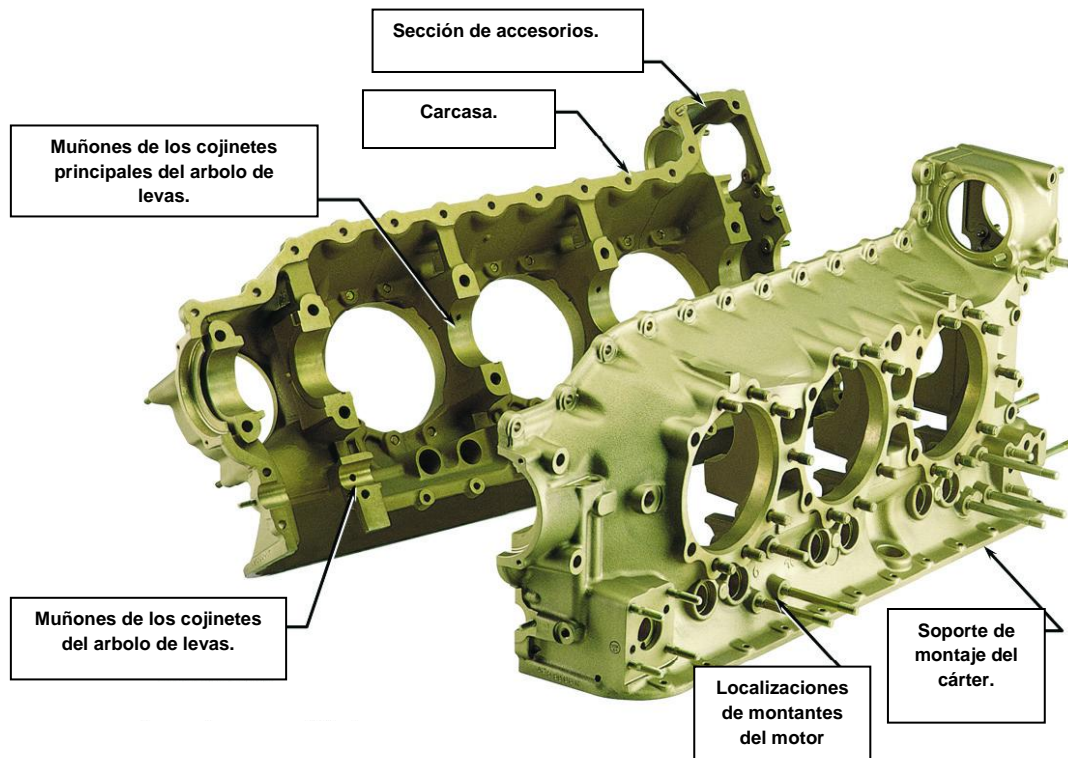


Figura 2.3. Carter.

Fuente: TEC-1 ©2011 Continental Motors, Inc.

2.2.2 Cigüeñal.

El movimiento alternativo de los pistones se transforma en movimiento giratorio o de rotación del cigüeñal, la hélice se acopla al extremo delantero del cigüeñal el movimiento de rotación es el que mueve la hélice. Los cigüeñales deben soportar alta tensiones por eso que se forjan a partir de una aleación fuerte como el cromo níquel molibdeno acero.

El cigüeñal consiste de las siguientes partes que son:

- **Muñones:** Son los puntos de apoyo del cigüeñal en la bancada o soporte del eje.
- **Muñequillas:** Es el codo donde se ajusta la cabeza de la biela.

- **Brazos:** Son los tramos rectos que unen la muñequilla con los muñones.
- **Contrapesos:** Son elementos que están ubicados en posiciones opuestas a la posición de los codos de las bielas, los mismos que sirven para eliminar cualquier vibración generada durante su giro a causa de la fuerza ejercida por las bielas.

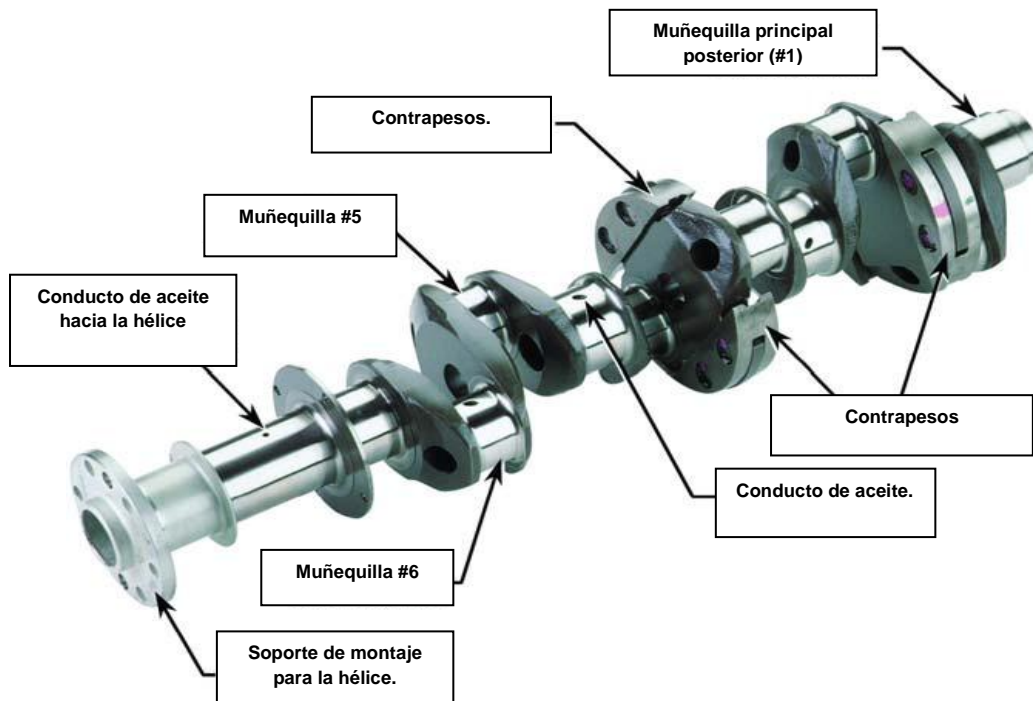


Figura 2.4. Cigüeñal.

Fuente: TEC-1 ©2011 Continental Motors, Inc.

2.2.3 Biela.

Es el dispositivo que une el embolo con el eje de motor, la biela transforma el movimiento alternativo del embolo en movimiento de rotación del eje del motor. La biela está sometida a grandes esfuerzos por lo que es fabricada de aleación de aluminio de alta resistencia.

En una biela hay que distinguir las siguientes partes:

- **Pie de biela:** Es la parte alta de la biela, por donde ésta se une al émbolo mediante un pasador o bulón.

- **Cabeza de biela:** Esta parte de la biela es por donde se une a la muñequilla del cigüeñal. Para facilitar el montaje se divide en dos partes. La parte llamada semicabeza va unida directamente al cuerpo de la biela y la otra, llamada sombrerete, queda unida a la biela a través de unos pernos.
- **Cuerpo de la biela:** Constituye el elemento de unión entre el pie y la cabeza de la biela. Su perfil o sección es de doble T, ya que es la forma constructiva que proporciona mayor resistencia con una menor sección.

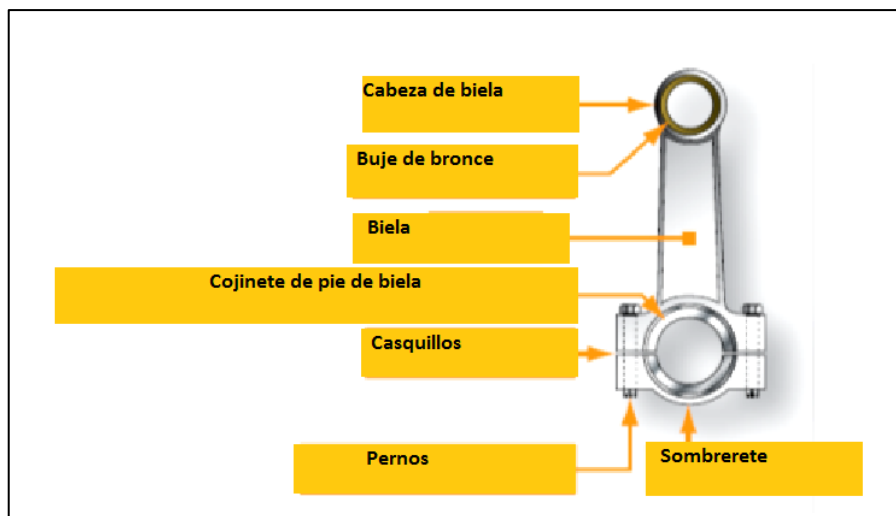


Figura 2.5. Biela.

Fuente: FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1

2.2.4 Válvulas.

Las válvulas son los mecanismos que regulan la entrada y salida del flujo de gases en el cilindro. Hay dos tipos de válvulas:

- **Válvula de admisión:** Tiene por objetivo regular el paso de entrada de la mezcla aire combustible en el cilindro.
- **Válvula de escape:** su función es la de expulsar los gases quemados del cilindro.

“Las válvulas están situadas en la cabeza del cilindro, normalmente inclinadas respecto al eje vertical, estas están sujetas a altas temperaturas, corrosión y a muchos esfuerzos; las aleaciones de metal en las válvulas deben resistir a todos

estos factores. La válvula de admisión opera a una temperatura moderada con respecto a la de escape, esta válvula está fabricada de acero al cromo níquel. La válvula de escape esta usualmente hecha de nicromio o acero al cromo cobalto ya que estos materiales son mucho más resistentes a altas temperaturas.”³

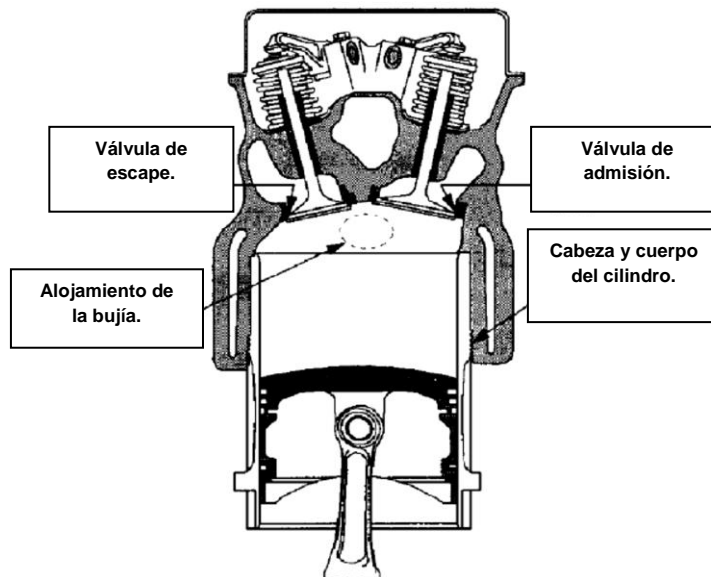


Figura 2.6. Válvula de admisión y escape.

Fuente: ManualOMI-151

2.2.4.1 Constitución de las válvulas.

Las válvulas constan de cabeza y vástago. La cabeza es la parte en forma de disco que abre o cierra la lumbrera de admisión o de escape en el cilindro. El vástago se desplaza por su guía en un movimiento alternativo que se corresponde con los periodos de abrir y cerrar las lumbreras.

³ FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1

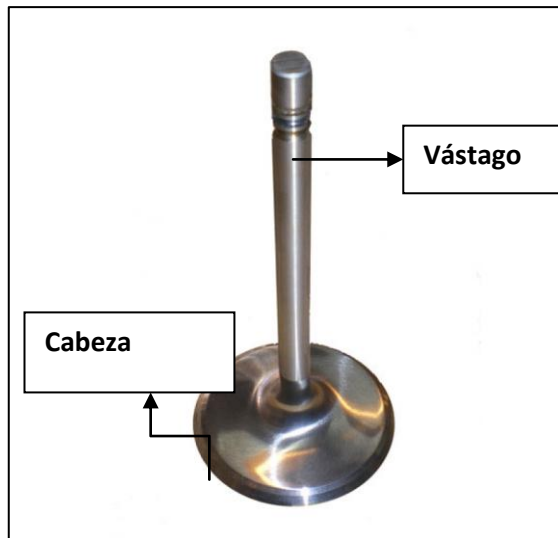


Figura 2.7. Partes de la válvula.

Fuente: http://www.italmotors.com.ar/index.php?route=product/product&product_id=113

2.2.4.2 Mecanismos de operación de las válvulas.

Las válvulas de admisión y escape están operadas por un mecanismo que debe estar perfectamente preciso para que la válvula se abra y se cierre en el momento oportuno.

El mecanismo que acciona las válvulas del motor horizontal de cilindros opuestos se da por medio del árbol de levas que transmite el movimiento de apertura y cierre de las válvulas

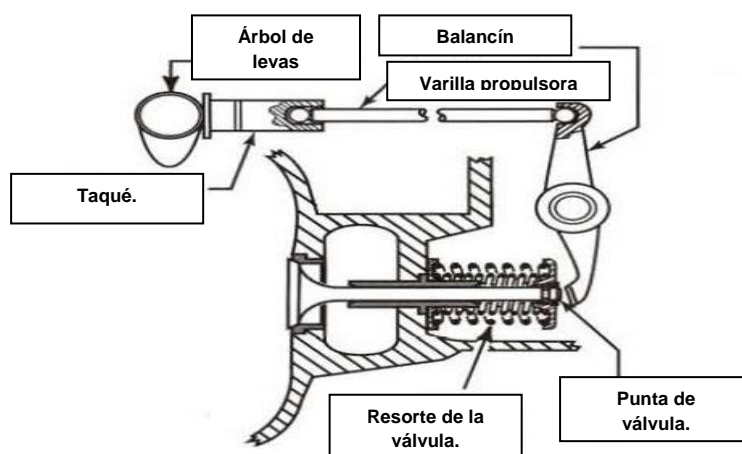


Figura 2.8. Mecanismo de operación de las válvulas.

Fuente: Jeppesen Maintenance, Technician Power Plant.

2.2.4.3 Árbol de levas.

Un árbol de levas es un mecanismo formado por un eje en el que se colocan distintas levas, que pueden tener distintas formas y tamaños y estar orientadas de diferente manera, para activar diferentes mecanismos a intervalos repetitivos, como por ejemplo unas válvulas, es decir constituye un temporizador mecánico cíclico, también denominado Programador mecánico.

En un motor controla la apertura y el cierre de las válvulas de admisión y escape, para desplazar las válvulas de sus asientos se utilizan una serie de levas, tantas como válvulas tenga el motor. Dichas levas van mecanizadas en un eje, con el correspondiente ángulo de desfase para efectuar la apertura de los distintos cilindros, según el orden de funcionamiento establecido, se fabrica en una sola pieza de hierro fundido o de acero forjado, debe tener gran resistencia a la torsión y al desgaste, para ello, se le da un tratamiento de templado.

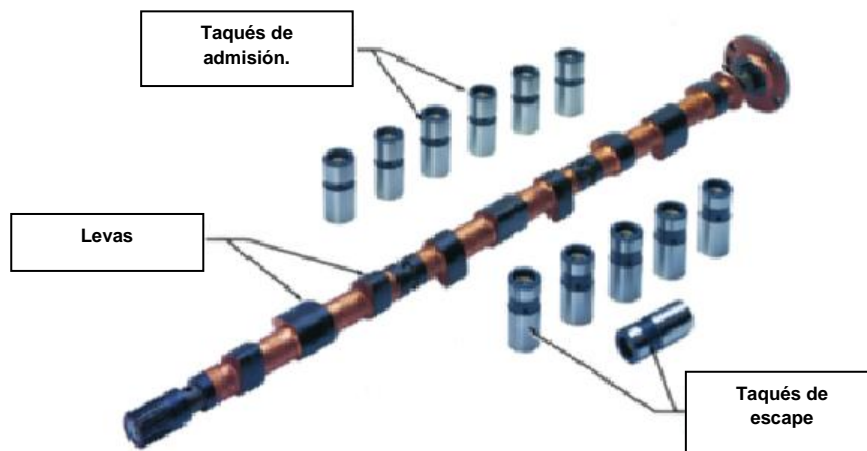


Figura 2.9. Árbol de levas.

Fuente: TEC-1 ©2011 Continental Motors, Inc.

2.2.4.4 Taqués.

Los taqués de los motores de cilindros horizontales y opuestos pueden ser:

- **Taqués mecánicos:** Consisten en una varilla de acero de mucha resistencia que se deslizan en agujeros mecanizados en el cárter. El

extremo mayor del taqué se apoya en la leva a la que sigue exactamente en su recorrido, la leva empuja al taqué este transmite el movimiento a la varilla propulsora. De esta manera se convierte el movimiento circular de la leva en movimiento alternativo del taqué.

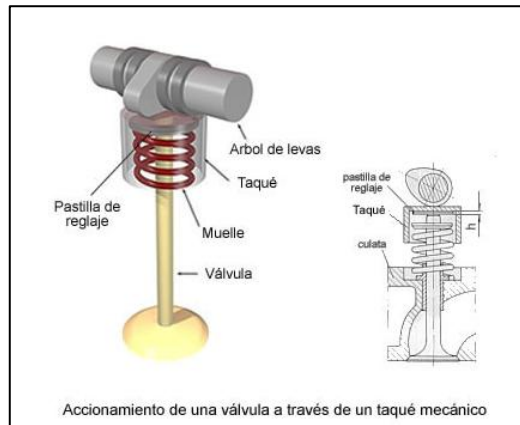


Figura 2.10. Taqué mecánico.

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/hazlo-taques.htm>.

- **Taqués hidráulicos:** Consta de un botador, hueco, que hace contacto con la leva por uno de sus extremos. El botador tiene en su interior el embolo buzo que ejecuta el efecto de taqué, el émbolo buzo hace contacto con el empujador de la válvula

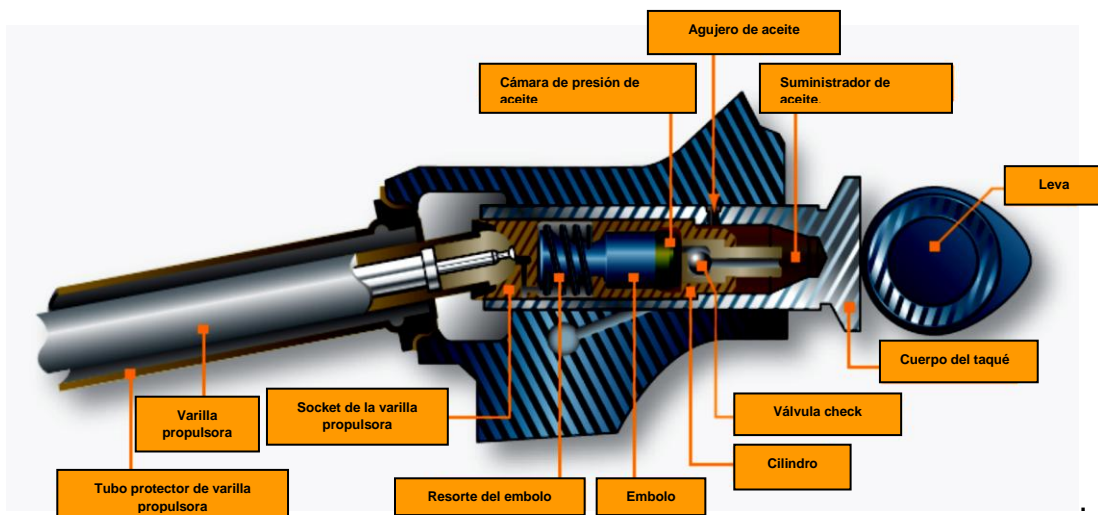


Figura 2.11. Partes de un taqué hidráulico.

Fuente: FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1

2.3 Cilindro.⁴

El cilindro, como cámara interna del motor donde se efectúa la combustión, debe tener las aberturas apropiadas para permitir la entrada de la mezcla pulverizada en su interior, y permitir, asimismo, la salida de los gases quemados del cilindro. Además, las entradas y salidas de los cilindros deben estar controladas, de manera que permanezcan abiertas o cerradas según convenga al proceso de funcionamiento del motor.

Así, durante la fase de compresión de la mezcla, cuando se procede a incrementar la presión del gas, las aberturas del cilindro deben estar cerradas para formar una cámara hermética, sellada, sin fugas al exterior. El control de las lumbreras de entrada y de salida se consigue mediante las válvulas que son unos mecanismos con movimiento de vaivén que obturan o descubren las lumbreras del cilindro.

El cilindro contiene un dispositivo que permite inflamar la mezcla aire combustible, en el momento oportuno. Este dispositivo se llama bujía. Por tanto, el cilindro tiene dos alojamientos, roscados, en los que se fijan las bujías.

Así mismo el cilindro posee un medio para evacuar y disipar el calor que genera la combustión. Se llama refrigeración del motor a los medios físicos que permiten la evacuación de calor del cilindro. El objetivo de la refrigeración es mantener la temperatura de trabajo en los valores adecuados que soportan los materiales de fabricación de los cilindros.

La refrigeración del motor se efectúa por aire, aprovechando la corriente de alta velocidad que incide sobre el avión en vuelo. Los cilindros tienen con este fin aletas de refrigeración, que son unas grandes superficies metálicas por las que se evacua el calor.

⁴ Oñate, A.E. (1992). Motores atmosféricos y turbo. Madrid: Paraninfo S.A.

De igual manera los cilindros cumplen con cuatro características que son consideradas en el diseño y construcción del mismo al momento de su ensamblaje y son las siguientes:

- Es resistente en su interior para soportar la presión interna desarrollada durante la operación del motor.
- Su construcción es de un material de peso liviano para bajar el peso del motor.
- Tiene buenas propiedades de disipación de calor para una refrigeración eficiente.
- Es comparativamente fácil e indispensable para fabricar, inspeccionar y dar mantenimiento.



Figura 2.12. Cilindro del motor TC IO 360 D.

Fuente: TEC-1 ©2011 Continental Motors, Inc.

2.3.1 Partes principales del cilindro

El cilindro tiene dos partes principales, que se llaman cabeza de cilindro y cuerpo del cilindro. Las dos partes se fabrican independientemente y se ensamblan durante la fase de montaje del motor.



Figura 2.13.Cabeza y cuerpo del cilindro.

Fuente:<http://thumbs2.ebaystatic.com/d/l225/m/mnnaNZYJ32BWDPFe00A0iA.jpg>

2.3.2 Cuerpo del cilindro.

El cuerpo es el cilindro propiamente dicho. El cuerpo se fabrica en acero, y la parte interior es una camisa de acero, nitrado que tiene las características apropiadas para operar a temperaturas altas y además muy resistentes al trabajo del pistón y de sus rines que operan contra esta, esta mecanizada con tolerancias dimensionales muy precisas. La gran precisión dimensional que se obtiene permite el deslizamiento suave y ajustado del embolo, que se desplaza arriba y abajo por el interior del cilindro.

Los aceros nitrados pertenecen a un grupo de materiales llamados superaleaciones, que gozan de la propiedad de resistir los esfuerzos mecánicos a temperaturas muy elevadas de funcionamiento. Las superaleaciones son indispensables para mecanismos que deben soportar altas temperaturas durante sus procesos normales de trabajo.

La parte exterior del cuerpo cuenta con una serie de aletas concéntricas, que sirven para refrigerar el cilindro. El cuerpo del cilindro termina en un platillo de unión que se monta en el cárter mediante un juego de pernos.



Figura 2.14. Cuerpo del cilindro.

Fuente: FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1

2.3.3 Cabeza del cilindro.⁵

La cabeza del cilindro es una pieza moldeada o forjada de aleación de aluminio de gran resistencia. El propósito de la misma es la de proveer un lugar para la combustión de la mezcla aire combustible y dar al cilindro más conductividad de calor para una adecuada refrigeración, las aleaciones de aluminio son usadas para la construcción ya estas son muy adaptables y maniobrables, además son mucho más resistentes al ataque corrosivo del tetra etilo de plomo en la gasolina que otros metales.

Es la zona con mayor número de aletas de refrigeración y donde estas alcanzan mayor profundidad y superficie, mejorando la refrigeración y aumentando la transmisión de calor al máximo. Cuan mayor es la superficie de las aletas mayor es la refrigeración obtenida. La abundancia de aletas en esta zona se debe a que en su interior se aloja la cámara de combustión. Las aletas de refrigeración tienen un tamaño de 0,090 pulgadas en la base y 0,060 pulgadas al final, debido a la diferencia de temperatura que existe en las secciones de la cabeza del cilindro, por esta razón en la región de la válvula de escape son muy profundas y

⁵ FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1

numerosas con el fin de aumentar al máximo la superficie de evacuación de calor que se genera en esta zona.

La cabeza del cilindro tiene varios alojamientos; el alojamiento donde se insertan las bujías se roscaba, antiguamente en la propia culata hoy en día se emplean unos injertos especiales llamados Heli-coil, que son unas roscas postizas sustituibles. Estos injertos son fabricados en acero inoxidable y se montan en los alojamientos de las bujías con herramientas especiales de igual manera los puertos de las válvulas de admisión y escape están localizados a lo largo de la cabeza del cilindro las válvulas son los mecanismos que se encargan de abrir y cerrar las lumbreras de paso de aire de admisión o de los gases de escape según se trate la válvula de admisión o de escape.



Figura 2.15. Injertos Heli-coil en la cabeza del cilindro.

Fuente:<http://www.sailnet.com/forums/general-discussion-sailing-related/79151-rudder-post-repair-2.html>

Además en esta zona están las guías de las válvulas que son unos tubos que se fabrican en bronce o en acero, las mismas que se roscan o se unen en la cabeza del cilindro, las válvulas y las guías están inclinadas respecto al eje vertical del cilindro, esta configuración permite la construcción de válvulas del mayor diámetro posible con el fin de acelerar al máximo las operaciones de entrada de la mezcla

aire combustible y salida de los gases. Dada la función que realizan las válvulas es claro que el sellado de la cámara de combustión depende del asiento perfecto que la válvula hace en la lumbrera de admisión y de escape. Los asientos de las válvulas son unos anillos circulares, de un material muy duro, que tienen por objeto proteger a la cabeza del cilindro del golpeteo continuo de las válvulas al abrir y cerrar.



Figura 2.16. Cabeza del cilindro.

Fuente:<http://thumbs2.ebaystatic.com/d/l225/m/mnnaNZYJ32B-WDPFe00A0iA.jpg>

A continuación se muestra el cilindro con todas sus partes.

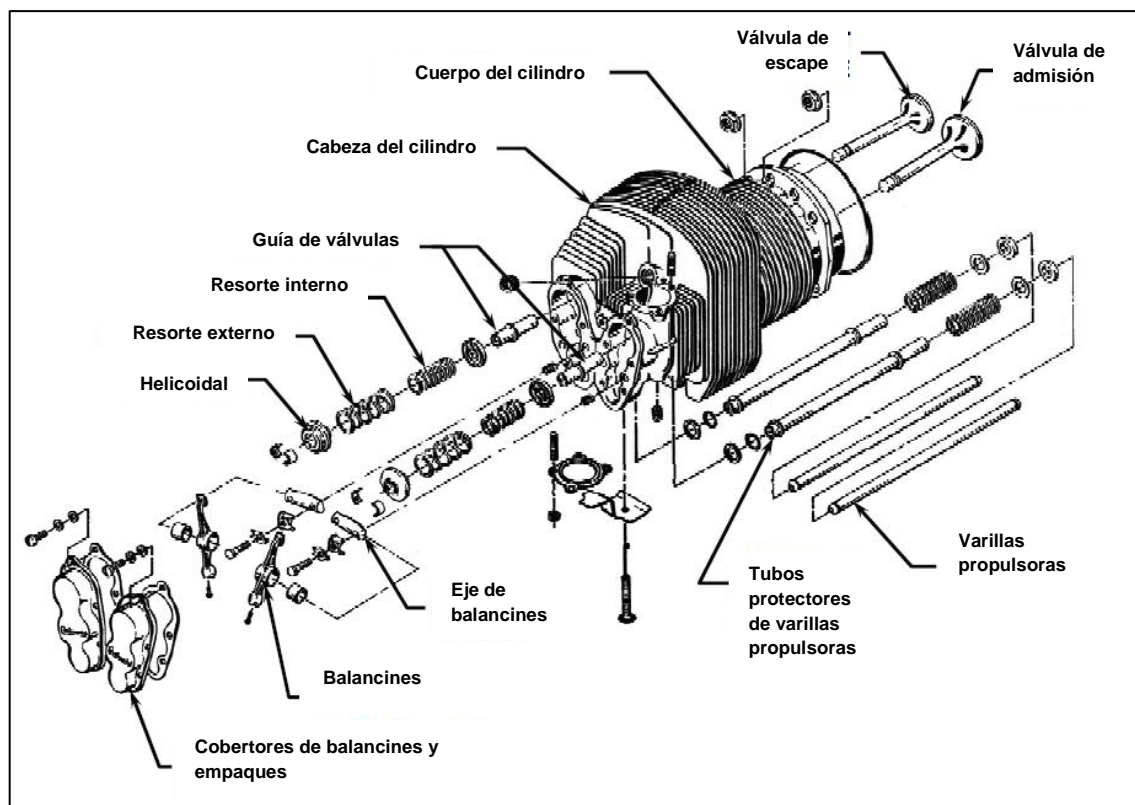


Figura 2.17. Cilindro del motor TC IO 360 D y sus partes.

Fuente: Continental® Engine Cylinder Installation

2.3.4 Numeración de los cilindros.

Los cilindros se identifican con un número para todos los efectos prácticos, tanto de operación como de mantenimiento. Ocasionalmente, es necesario referirse al lado izquierdo o lado derecho del motor o a un cilindro en particular. Es muy necesario conocer la dirección del motor y como los cilindros de un motor están numerados.

La regla es que siempre se considera que el árbol de la hélice es la parte delantera del motor, independiente de la posición de montaje del motor en el avión, para los efectos de identificación de los cilindros, usted mira hacia el árbol de la hélice desde detrás de él.

En nuestro caso la casa fabricante de nuestro motor es la empresa Telendye-Continental y su numeración es de la siguiente manera, los cilindros que se encuentran en la parte derecha del motor tienen la siguiente secuencia numérica:

1, 3,5. Los cilindros que se encuentran en la pare izquierda tienen la siguiente designación numérica: 2, 4,6.

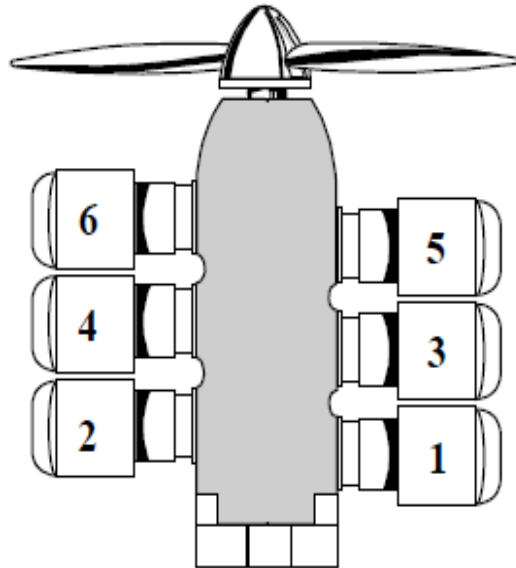


Figura 2.18. Numeración de cilindros de un motor Telendyne Continental.

Fuente: Maintenance manual, series engine TSIOF-550-D.

2.4 Embolo o pistón.⁶

Se llama embolo o pistón, a el cuerpo cilíndrico, que se desplaza alternativamente por el interior del cilindro. El embolo se fabrica de fundición de aluminio de alta resistencia, con insertos de acero para las ranuras del tope de los rines. El aluminio es un metal que favorece mucho en los cambios repentinos de dirección de movimiento que tiene el embolo, de igual manera el peso de este juega un papel muy fundamental en los esfuerzos a que está sometido en un movimiento tan alternamente.

El desplazamiento del embolo se debe a la presión de los gases quemados en la cámara de combustión durante el tiempo activo del ciclo de funcionamiento del motor. Durante los tiempos no activos de funcionamiento del motor el émbolo es arrastrado por el movimiento giratorio del cigüeñal, a través de la biela.

⁶FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1

La parte superior del pistón es la superficie que cierra el volumen interno hermético del cilindro. El pistón se mueve hacia abajo en el cilindro, dando paso al ingreso de la mezcla aire combustible, cuando se mueve hacia arriba este comprime la carga, la ignición ocurre y recibe la presión de los gases, que es la fuerza de desplazamiento del mismo, en el regreso en carrera ascendente, el pistón obliga a los gases de escape a salir del cilindro, el trabajo que recibe el embolo por la acción de la presión de los gases se transmite al cigüeñal que tiene el motor, mediante la biela.



Figura 2.19. Embolo.

Fuente: FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1

2.4.1 Partes del embolo.

2.4.1.1 Cabeza del embolo.

La cabeza del embolo es la parte superior sobre la cual actúa directamente la presión del gas. La forma de esta superficie es diversa: puede ser plana, cóncava o convexa.

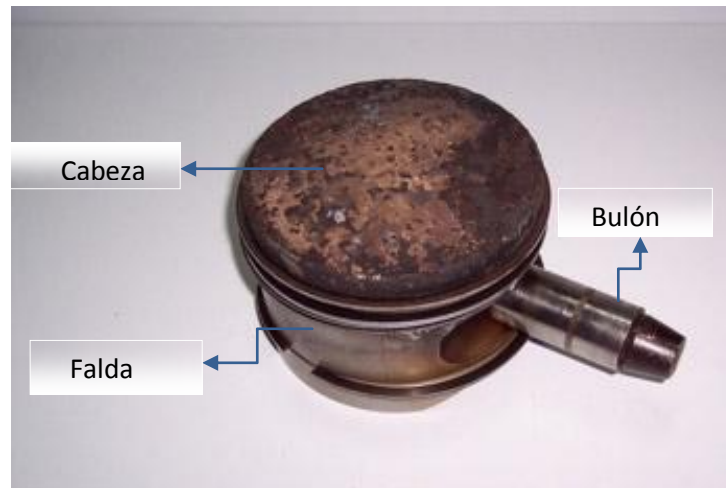


Figura 2.20. Partes del embolo.

Fuente:http://mediateca.educa.madrid.org/imagen/miniatura.php?id_imagen=m8qj3dajl2oq2lmw&t=3&ra=1&na=350

2.4.1.2 Falda.

La falda es la parte lateral del embolo, lo más característico de la falda es la presencia de ranuras circulares que sirven para alojar los rines de estanqueidad entre el embolo y la pared interna del cilindro y además posee el orificio de alojamiento del bulón. Los rines son también llamados segmentos e impiden la fuga directa de los gases desde la parte superior del cilindro hasta el interior del motor.

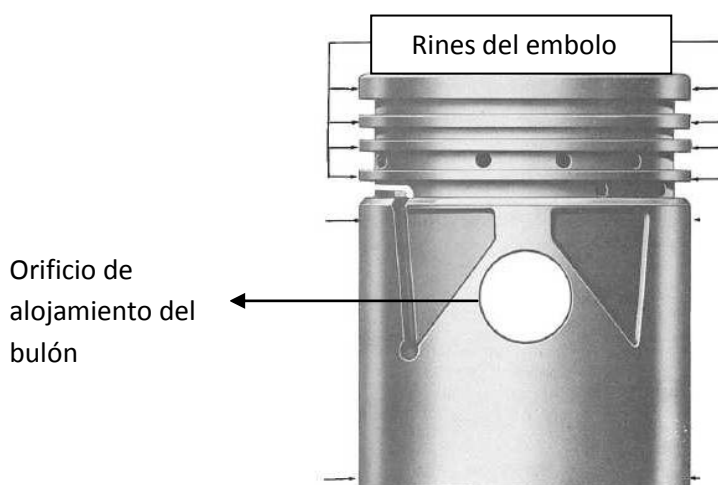


Figura 2.21. Falda.

Fuente:<http://thumbs2.ebaystatic.com/d/l225/m/mnnaNZYJ32B-WDPFe00A0iA.jpg>

2.4.1.3 Bulón.

El bulón es un pasador cilíndrico, tubular de acero que conecta el embolo y un extremo de la biela. Por consiguiente este extremo de la biela recibe el movimiento alternativo del embolo hacia arriba y hacia abajo. Para conseguir unas condiciones normales de funcionamiento del bulón su estructura debe satisfacer las condiciones siguientes: poca masa, mínima deformación durante el trabajo, buena resistencia a las cargas de choque, y gran resistencia al desgaste y a las cargas variables.



Figura 2.22. Bulón.

Fuente: www.aircraft-specialties.com

2.4.1.4 Rines del pistón.⁷

Los rines del pistón evitan las fugas de la presión de gas de la cámara de combustión y reducen al mínimo la infiltración de aceite en la cámara de combustión. Los rines encajan en las ranuras del pistón, estos ejercen presión contra las paredes del cilindro, cuando estén lubricados los rines forman un sello de gas eficaz.

Los rines están abiertos, tienen un corte, la abertura de los rines se debe a varios motivos el más inmediato es permitir el montaje del aro en las ranuras del pistón.

⁷ Oñate, A.E. (1992). Motores atmosféricos y turbo. Madrid: Paraninfo S.A.

Otro motivo es que la separación que existe entre los dos extremos permite el juego de dilatación del ring cuando se alcanza la temperatura normal de trabajo.

La mayoría de los rines de los pistones son de alta fundición de acero, en algunos motores, se utilizan rines de acero dulce cromado en la ranura del ring de compresión superior debido a que estos rines soportan mejor las altas temperaturas presentes en este punto.

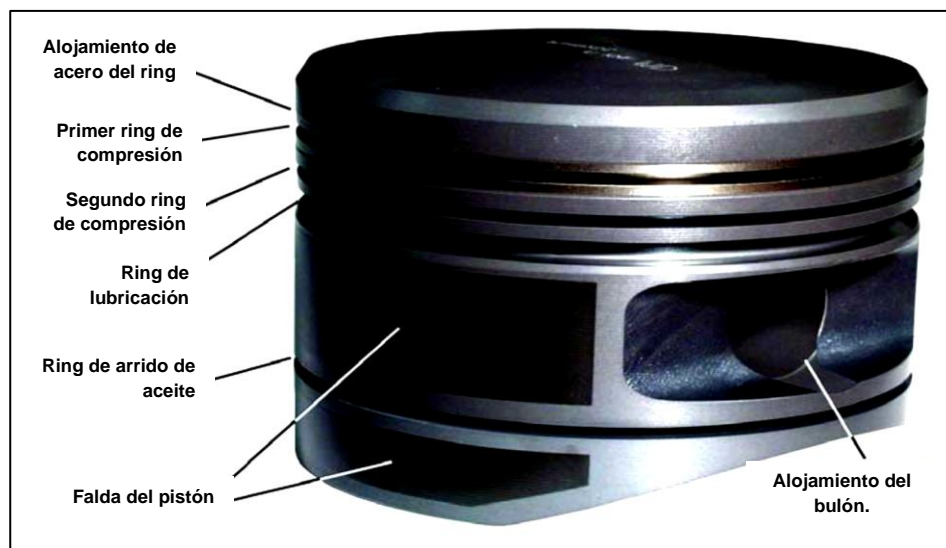


Figura 2.23. Rines del pistón.

Fuente: TEC-1 ©2011 Continental Motors, Inc.

2.4.1.4.1 Rines de compresión.

Los rines de compresión son los más cercanos a la parte superior del pistón, y su función es prevenir la fuga de los gases de la combustión durante la operación del motor. Realizan la función de estanqueidad, la mayoría de motores utiliza dos rines de compresión.



Figura 2.24. Rines de compresión.

Fuente: FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1

2.4.1.4.2 Rines de lubricación.

Los rines de lubricación están situados en las ranuras que están por debajo de las correspondientes a los rines de compresión pero por arriba del bulón, puede haber uno o más rines de lubricación por pistón; dos rines pueden ser instalados en la misma ranura, o también pueden ser instalados en ranuras diferentes, tienen como función principal regular el espesor de la película de aceite lubricante entre la falda del pistón y la pared interna de cilindro permitiendo una lubricación correcta.



Figura 2.25. Rines de lubricación.

Fuente: FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1

2.4.1.4.3 Ring de barrido de aceite.

El ring de barrido de aceite usualmente tiene una superficie biselada y está situado en una ranura al final de la falda del pistón. Su función es barrer el aceite lubricante que ha quedado en la pared interna del cilindro y devolverlo al sistema de lubricación.



Figura 2.26. Ring de barrido de aceite.

Fuente: Investigación de campo

2.5 Ciclo del motor.

Se llama ciclo a un proceso de hechos, que se repiten de forma regular en el motor, el ciclo del motor alternativo tiene cuatro tiempos o fases: admisión, compresión, expansión y escape. Son métodos de trabajo que ocurren en un ciclo.

2.5.1 Ciclo Otto.

“El desplazamiento del pistón en el cilindro se realiza en cuatro fases o etapas conocidas como el Ciclo de Otto, que son: admisión, compresión, explosión-expansión y escape. En los dos primeros tiempos la mezcla es aspirada y comprimida, con tiempo suficiente para realizar una buena carburación y combustión de la mezcla; en el tiempo de explosión se realiza una transformación de la energía, aportada por el combustible, en trabajo mecánico y, durante el

tiempo de escape, se evacuan al exterior los gases residuales y el calor sobrante que no se ha transformado en trabajo mecánico. De los cuatro tiempos que componen el ciclo, solo efectúa el trabajo útil el tiempo de expansión.”⁸

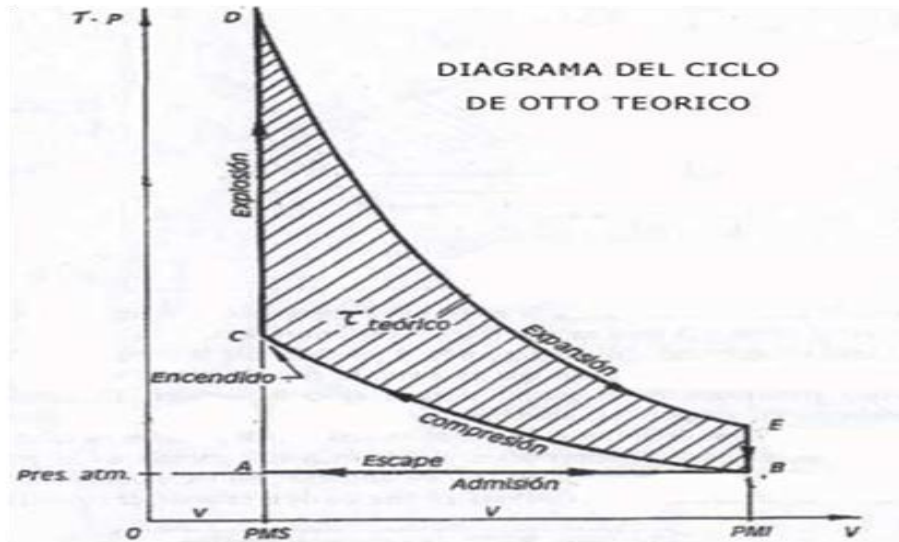


Figura 2.27. Diagrama del ciclo Otto.

Fuente: <http://www.aviacionulm.com/graficosmotor/otto.jpg>

2.5.1.1 Ciclos del motor alternativo.⁹

2.5.1.1.1 Admisión.

El pistón baja con la válvula de admisión abierta, aumentando la cantidad de mezcla (aire + combustible) en la cámara. Esto se modela como una expansión a presión constante (ya que al estar la válvula abierta la presión es igual a la exterior).

⁸<http://www.aviacionulm.com/definicionytipos.html>

⁹ Oñate, A.E. (1992). Motores atmosféricos y turbo. Madrid: Paraninfo S.A.

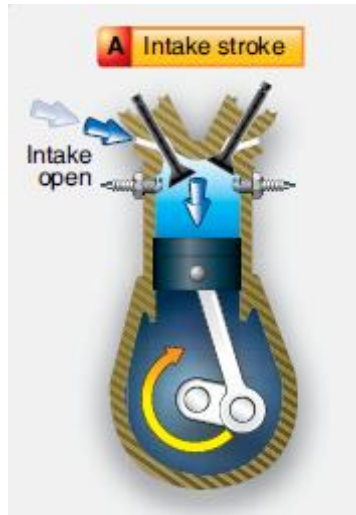


Figura 2.28. Fase de admisión.

Fuente: FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1

2.5.1.1.2 Compresión.

El pistón sube comprimiendo la mezcla. Dada la velocidad del proceso se supone que la mezcla no tiene posibilidad de intercambiar calor con el ambiente, por lo que el proceso es adiabático.

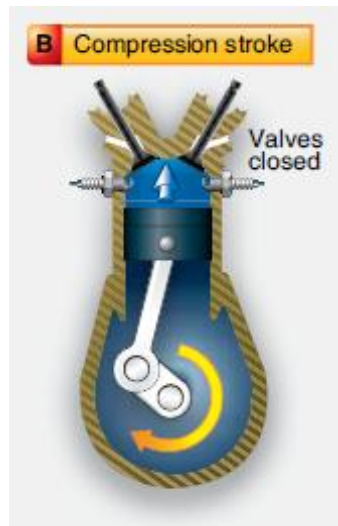


Figura 2.29. Fase de compresión.

Fuente: FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1

2.5.1.1.3 Combustión.

Con el pistón en su punto más alto, salta la chispa de la bujía. El calor generado en la combustión calienta bruscamente el aire, que incrementa su temperatura a volumen prácticamente constante.

2.5.1.1.3.1 Expansión.

La alta temperatura del gas empuja al pistón hacia abajo, realizando trabajo sobre él.



Figura 2.30. Fase de expansión.

Fuente: FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1

2.5.1.1.4 Escape.

Se abre la válvula de escape y el gas sale al exterior, empujado por el pistón a una temperatura mayor que la inicial, siendo sustituido por la misma cantidad de mezcla fría en la siguiente admisión. El sistema es realmente *abierto*, pues intercambia masa con el exterior. No obstante, dado que la cantidad de aire que sale y la que entra es la misma podemos, para el balance energético, suponer que es el mismo aire, que se ha enfriado.



Figura 2.31. Fase de escape.

Fuente: FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1

2.6 Cilindrada y relación de compresión.

2.6.1 Cilindrada

Se llama cilindrada al volumen que desplaza el movimiento del embolo en cada fase. La cilindrada se expresa en litros o en centímetros cúbicos, también en pulgadas, y se obtiene de las dimensiones del cilindro y de la carrera del embolo.

Fórmula para calcular la cilindrada:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \times c$$

$$Vt = V \times n$$

Dónde:

Vt: Cilindrada

n: Número de cilindros

π : 3.1416 Valor constante, o número pi.

d: Diámetro interior del cilindro.

c: carrera del embolo.

El motor TC IO 360 D con el que cuenta el instituto tiene un desplazamiento del pistón de 360 pulgadas cubicas, el diámetro interior del cilindro es de 4.44 pulgadas y la carrera del embolo es de 3.88 pulgadas.

2.6.2 Relación de compresión.

La relación de compresión es el término con que se denomina a la fracción matemática que define la proporción entre el volumen de admisión y el volumen de compresión. Es la suma de la cilindrada, que determina el desplazamiento del pistón y el volumen de la cámara de combustión, volumen que dispone el gas cuando el pistón se encuentra en el punto muerto superior, la relación del motor TC IO 360 D es de 8.5:1 y el volumen cuando se encuentra en el PMS es 42.4

Fórmula para Calcular la Relación de Compresión

$$\sigma = \frac{V_t}{v}$$

Dónde:

Vt: Cilindrada

v: volumen que dispone el gas cuando el pistón se encuentra en el punto muerto superior.

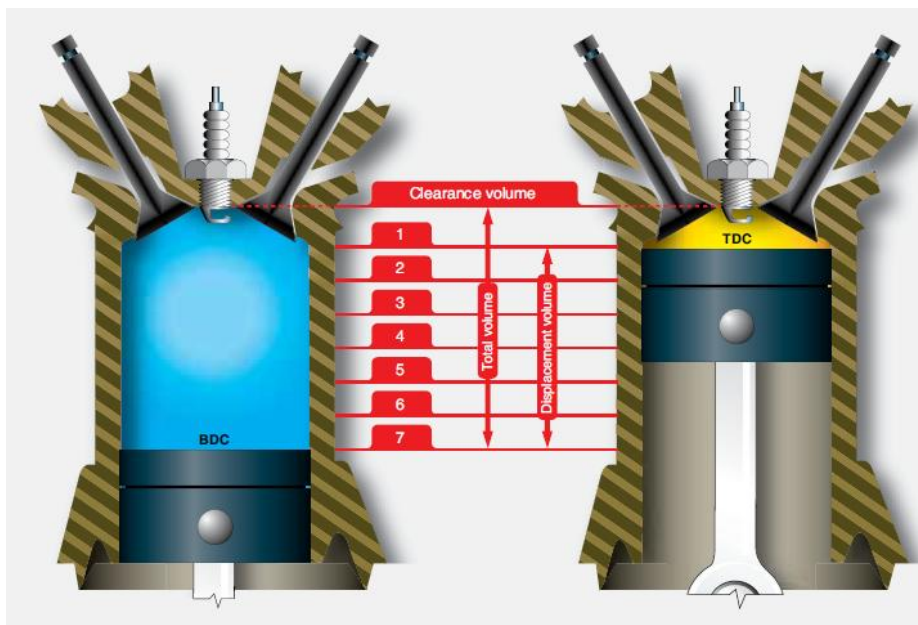


Figura 2.32. Relación de compresión.

Fuente: FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1

2.7 Compresión de cilindros.

La compresión en el cilindro consiste en medir la presión necesaria para conocer el grado de estanqueidad de los cilindros, de igual manera sirve para determinar la condición interna de la cámara de la combustión y cerciorarse de si está ocurriendo cualquier escape variable.

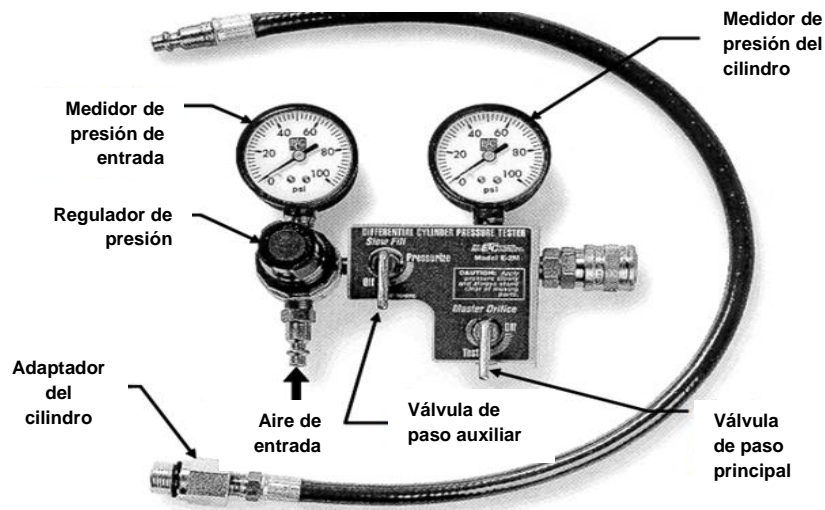


Figura 2.33. Equipo para comprobar la compresión de cilindros.

Fuente: TSIOF-550-D CONTINENTAL® AIRCRAFT ENGINE

El funcionamiento del probador de la compresión se basa en el principio de que, para cualquier determinado flujo de aire que pase por un orificio fijo, resultará una caída constante de presión a lo largo de ese orificio.

Cuando la presión regulada de aire esté aplicada a un lado del orificio de paso limitado, con la válvula de aire cerrada, no habrá escape en el otro lado del orificio y ambos manómetros indicarán lo mismo. Sin embargo, cuando se abra la válvula de aire y aumenta el escape a través del cilindro, el manómetro es éste indicará una lectura proporcionalmente más baja.

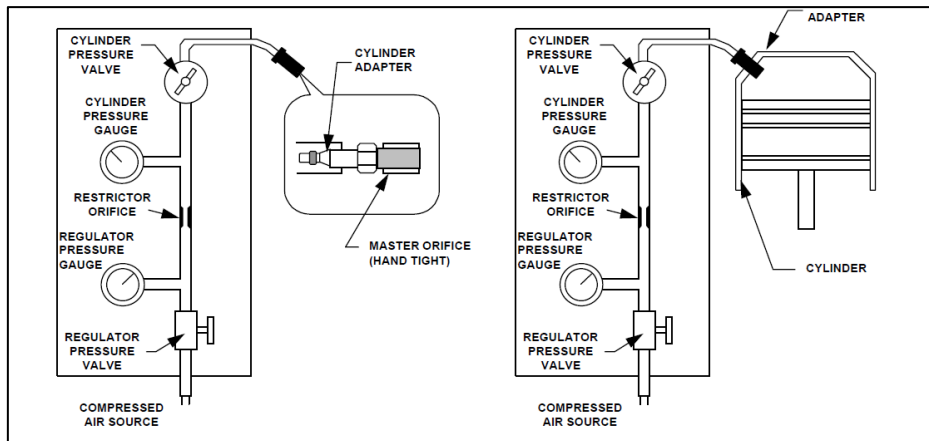


Figura 2.34. Compresión de cilindros.

Fuente: TSIOF-550-D CONTINENTAL® AIRCRAFT ENGINE

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

MEDICIÓN DE LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DEL MOTOR CONTINENTAL TELEDYNE MODELO IO-360 D (21) PARA LA DETECCIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN EN LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN EN LA CARRERA DE MECÁNICA DEL ITSA.

3.1 Preliminares.

Una vez analizados cada uno de los componentes se puede proceder a realizar inspecciones de funcionamiento y tareas de mantenimiento sobre cada uno de los mismos, estos procedimientos se efectuarán con la guía del Manual de Overhaul del motor Teledyne Continental IO-360 series y Service Information Directives SB96-12.

3.2 Motor Teledyne Continental Motors IO 360 D.

El motor TC IO-360 D plasma con la siguiente descripción las cuales fueron tomadas de la placa de caracterización que consta de lo siguiente:

- Model IO – 360 – D (21)
- Firing order 1 – 6 – 3 – 2 – 5 – 4
- Fuel 100 – 100LL
- Ser. No. 063040-R
- T.C. E1CE

- RPM 2800
- HPMC 210



Figura 3.1. Placa de identificación en el motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo

3.3 Descripción de componentes.

3.3.1 Cilindros del motor.

El motor TC IO-360 D tiene seis cilindros, horizontalmente opuestos, refrigerados por aire, tres en el lado izquierdo y tres en el lado derecho del motor, la cámara de combustión del cilindro Continental es la sección de potencia del motor y ha sido cuidadosamente diseñado para su buen desempeño, adicionalmente el cuerpo del cilindro tiene un recubrimiento de nitruro para mayor resistencia al desgaste. Además en el cilindro se encuentran alojados los orificios para las bujías, balancines y los alojamientos para las válvulas.

El motor al permanecer en la intemperie todos sus componentes y en especial los cilindros corrieron el riesgo de perder sus características de operación normal y eficiente. Como primera instancia con inspección visual se analizó y se pudo interpretar que los cilindros contaban con todos sus mecanismos en buenas condiciones físicas. Sin embargo no certifica su buen funcionamiento por el cual se ha mostrado extenso interés en realizar una inspección más minuciosa de acuerdo con lo que indica el manual de Overhaul del motor. (ANEXO B)



Figura 3.2. Cilindros del motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo

3.3.2 Bielas.

Las bielas del motor IO 360 D son del tipo "I" estas disponen del orificio para el alojamiento del bulón el cual tiene dos insertos precisos de bronce (del mismo tipo de los rodamientos principales) y al final de esta se une con el muñón del cigüeñal.

Este mecanismo une el pistón con el eje de motor, la biela transforma el movimiento alternativo del pistón en movimiento de rotación del eje del motor. Al ser un componente interno del motor se encuentra en condiciones apropiadas para desempeñar sus funciones de una manera eficiente.

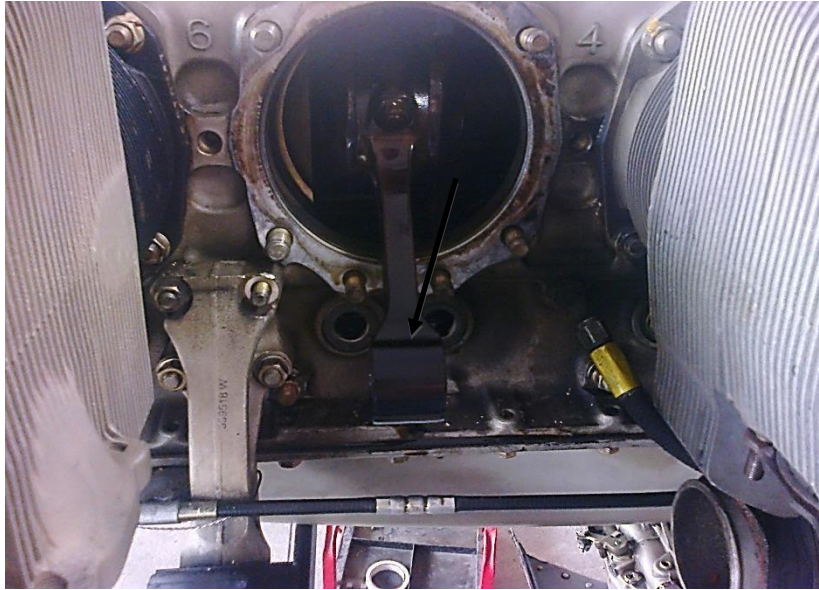


Figura 3.3. Biela del motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo.

3.3.3 Pistón.

Los pistones del motor IO 360 D son forjados en aleaciones de aluminio. Las faldas son sólidas y tiene un corte cilíndrico al final. El pistón posee tres ranuras por encima del agujero del bulón y una por debajo de este para los rines. Los rines de compresión están ubicados en la primera y segunda ranura, el ring de lubricación se encuentra después de estos el cual posee seis orificios de drenaje de aceite al interior, y el ring de barrido de aceite está situado en la cuarta ranura. El bulón es totalmente flotante es un tubo de acero con tapones al final de aluminio.

El pistón es el elemento que cierra herméticamente el volumen del cilindro, dispositivo que se mueve hacia arriba y hacia abajo dentro de la cámara de combustión por lo que está expuesto a grandes esfuerzos térmicos, los pistones del motor al estar durante mucho tiempo en estanqueidad han perdido las condiciones apropiadas de lubricación, lo que conlleva a ver las instrucciones de mantenimiento apoyándome en el manual.



Figura 3.4. Pistones del motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo.

3.3.4 Taqués.

Los taqués son mecanismos fabricados de hierro fundido, estos mecanismos están ubicados en el cárter del motor TC IO 360 Dy están conectados con las varillas propulsoras y se pone en movimiento por una leva. Los taques cumplen con dos funciones en primer lugar proporciona una interfaz entre el lóbulo del árbol de levas y el vástago de las válvulas. Este permite la conversión del perfil de lóbulo de la leva en un movimiento lineal para el accionamiento de las válvulas. Y en segundo lugar el mecanismo hidráulico en el interior del taqué mantiene el equilibrio entre la válvula y los componentes de accionamiento.

Estos componentes al ser los transmisores de movimiento del árbol de levas hacia las válvulas, deben ser tomados muy en cuenta y se debe observar el estado en que se encuentren, de acuerdo a las descripciones del manual de mantenimiento.

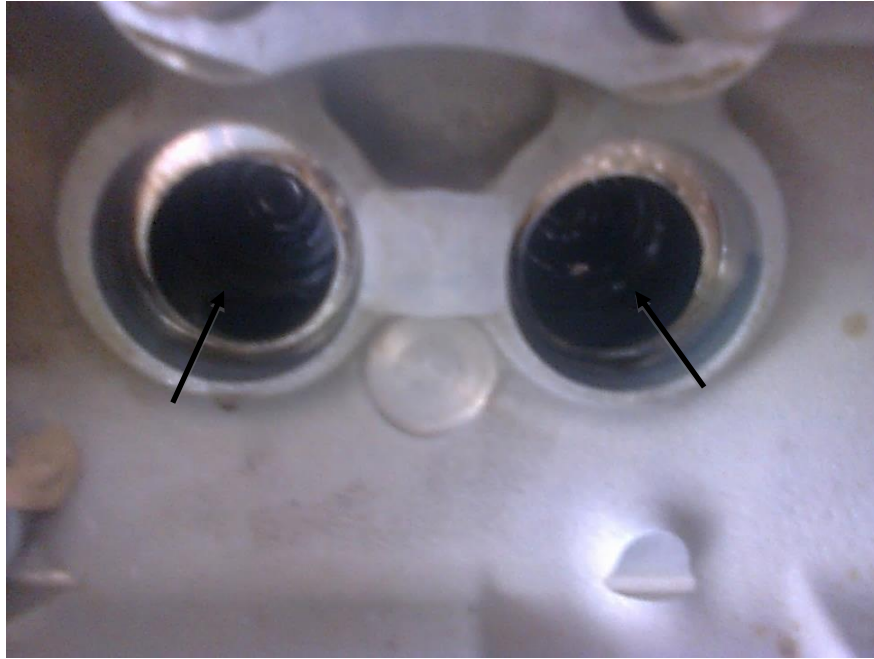


Figura 3.5. Taqués del motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo.

3.3.5 Tubos y varillas propulsoras.

Los tubos y varillas propulsoras se encuentran ubicadas en la parte inferior del cilindro del motor TC IO 360 D las varillas cumplen con la función de lubricar y transmitir el movimiento desde el árbol de levas hacia el balancín y posteriormente a las válvulas, los tubos dan el soporte y la estanqueidad a la varilla propulsora.

Es muy necesario verificar en el estado en que se encuentran estos elementos para tomar muy en cuenta los pasos a seguir de acuerdo al manual del motor.



Figura 3.6. Tubos protectores y varillas propulsoras del motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo.

3.4 Desmontaje.

Con el fin de comprobar el estado en que se encuentran los cilindros de acuerdo con las instrucciones del manual de Overhaul del motor se procede a desmontar los cilindros para realizar las reparaciones y ajustes necesarios para obtener el rendimiento requerido del motor.

3.4.1 Pre limpieza.

Se procede a limpiar los elementos del motor con AV gas 100-130 para eliminar la suciedad impregnada en este, de igual manera también se procede a lubricar los pernos corroídos para mayor facilidad de desmontaje.

PRECAUCIÓN: No utilice una solución corrosiva para la pre limpieza de la parte externa del motor estas soluciones podrían remover el “Primer” de las partes de aluminio.

3.4.2 Desmontaje del cilindro y sus componentes.

Todas las instrucciones para desmontar los cilindros se las tomo del manual de Overhaul del motor TC IO 360 D. (ANEXO B)

- a) Antes de proceder al desmontaje de los cilindros, los tubos de admisión deben ser removidos (ANEXO A)

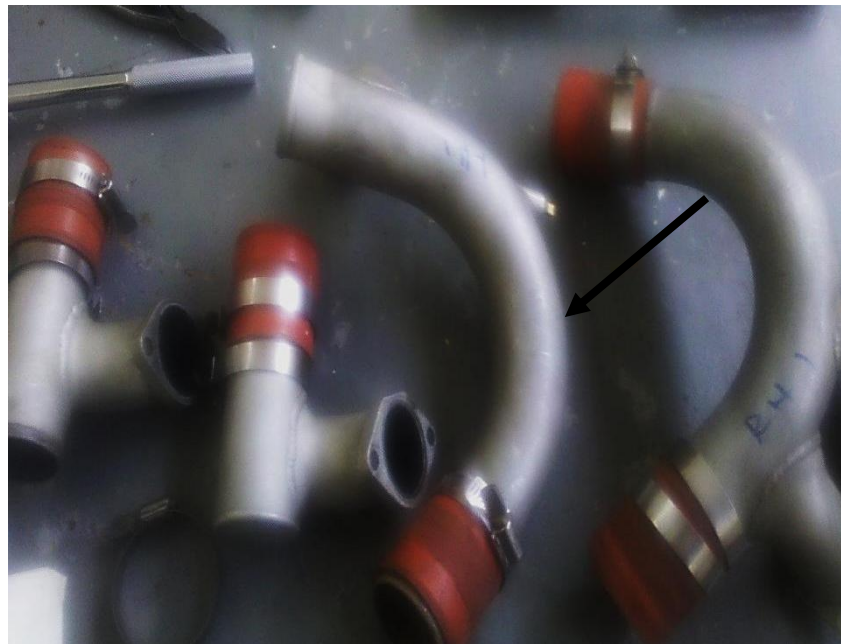


Figura 3.7. Tubos de admisión desmontados del motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo.

- b) Ya con el motor listo para ser reparado se procede a realizar el desmontaje de los cobertores de los balancines, remover los tornillos de unión, mueva los cobertores de los balancines y empaques. Remover las tuercas y arandelas, el retenedor del balancín, ejes, arandelas de presión, los balancines y varillas propulsoras.



Figura 3.8. Cobertores de los balancines removidos del motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo.

- c) Se procede a sacar el protector de la varilla propulsora empujando este mecanismo con un destornillador plano largo hacia adentro del cárter hasta que el resorte de este se comprima un poco y el tubo protector salga del extremo del cilindro. Levante del extremo del cilindro el protector de varilla propulsora y retirar este del cárter.

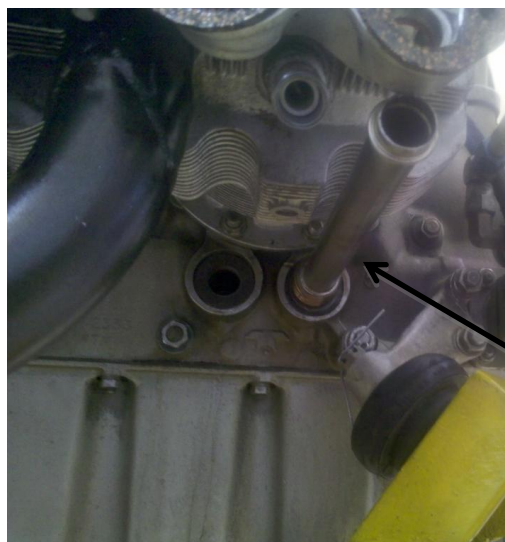


Figura 3.9. Desmontaje del protector de varilla propulsora del motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo.

- d) Se procede a desmontar los cilindros, previamente a este procedimiento se hace rotar el cigüeñal del motor hasta que el pistón del cilindro a desmontar se encuentre en el punto muerto superior, se remueve todas las tuercas de alrededor de la base del cuerpo del cilindro.



Figura 3.10. Remoción de tuercas de la base del cilindro del motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo.

- e) Halar con mucho cuidado el cilindro hasta que se desprenda de los pernos del cárter, sostener el pistón para evitar daños en el cárter.



Figura 3.11. Desmontaje del cilindro del motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo.

- f) Inmediatamente después de haber removido el cilindro se procede a remover el bulón y el pistón para remover el bulón se utiliza un botador de madera y un martillo.



Figura 3.12. Desmontaje del pistón del motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo.

- g) Luego remover los taqués que se encuentran en el interior del cárter, este procedimiento se lo hace con mucha precaución para evitar que sufra algún daño el taqué.

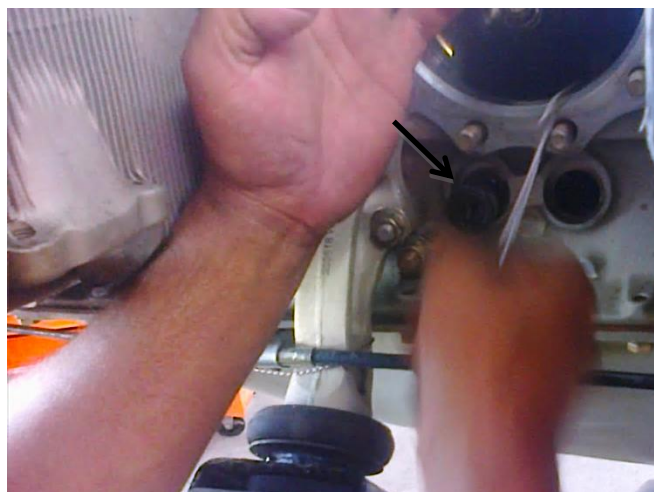


Figura 3.13. Extracción de taqués del motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo.

- h) Una vez ya desmontado el cilindro se procede a retirar el “O” ring de la base del cilindro para que no sufra ninguna alteración.



Figura 3.14. Extracción del “O” ring del cilindro del motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo.

- i) Remover los rines del pistón con mucha precaución para evitar el rayado de las ranuras del pistón con los extremos de los rines.



Figura 3.15. Rines extraídos del pistón del motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo.

NOTA: Como los pistones y cilindros han sido removidos la posición del pistón al cilindro deben ser chequeadas y recordadas para asegurar que el pistón se coloca de nuevo en el cilindro en la misma posición al momento del montaje del motor. Los pistones tienen grabado el número de parte a un lado del bulón. Este número se puede grabar antes (fwd) o después (aft.) según sea el caso. Ejemplo; cilindro N° 4 pistón P/N aft.

El siguiente gráfico, que muestra cada parte con las que cuenta el cilindro, su ubicación y su numeración respectiva.

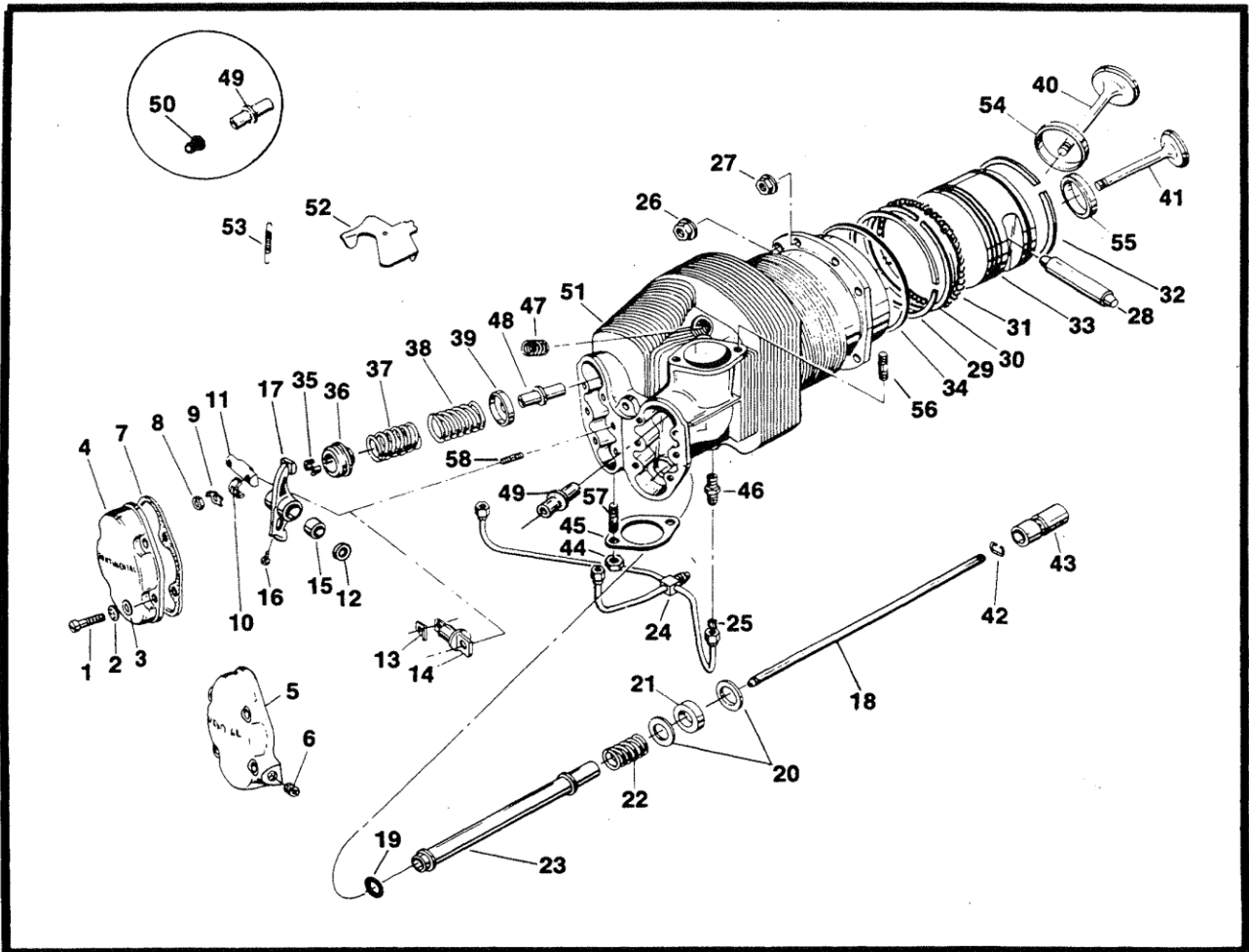


FIGURE 72-10-14. CYLINDER AND PISTON ASSEMBLY.

- | | | |
|-------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1. Screw | 21. Packing | 41. Exhaust Valve |
| 2. Lockwasher | 22. Spring | 42. Retaining Ring |
| 3. Washer | 23. Housing | 43. Lifter Body |
| 4. Rocker Cover | 24. Tube Assembly | 44. Nut |
| 5. Rocker Cover | 25. Seal | 45. Exhaust Gasket |
| 6. Insert | 26. Flanged Nut | 46. Nipple |
| 7. Gasket | 27. Flanged Nut | 47. Insert |
| 8. Nut | 28. Piston Pin | 48. Valve Guide, Exhaust |
| 9. Tab Washer | 29. Top Piston Ring | 49. Valve Guide, Intake |
| 10. Retainer | 30. Second Piston Ring | 50. Seal, Intake Guide |
| 11. Shaft | 31. Oil Control Ring | 51. Cylinder |
| 12. Thrust Washer | 32. Scraper Ring | 52. Baffle |
| 13. Retainer | 33. Piston | 53. Spring |
| 14. Shaft | 34. Cylinder Base Packing | 54. Insert, Intake |
| 15. Bushing | 35. Keys | 55. Insert, Exhaust |
| 16. Plug | 36. Roto Coil | 56. Stud, Intake Manifold |
| 17. Rocker | 37. Inner Spring | 57. Stud, Exhaust Manifold |
| 18. Pushrod | 38. Outer Spring | 58. Stud, Rocker Shaft |
| 19. "O" Ring | 39. Retainer | |
| 20. Washer | 40. Intake Valve | |

Figura 3.16. Partes del cilindro con su numeración.

Fuente: Manual de Overhaul del motor TC IO-360 D.

3.5 Limpieza de los cilindros y sus componentes.

Una vez desmontados los cilindros se procede a limpiar todos sus componentes, ya que la limpieza es un principio muy importante y necesario en todas las tareas de mantenimiento por lo que es el primer paso que se hizo para verificar el estado en que se encuentran los cilindros y sus elementos.

A continuación se detallan paso a paso los procesos de limpieza que se realizaron a los cilindros y a sus componentes, para todos estos procesos se utilizó combustible Avgas 100-130 para facilitar la remoción de aceite y grasa de los componentes y además el Avgas es muy común en las compañías aéreas de aviación menor ubicadas en la región III, de igual manera después de cada proceso de limpieza se utilizó aire comprimido para soplar y eliminar de la superficie del cilindro y sus componentes cualquier residuo de polvo y limallas ya que estos pueden ser muy perjudiciales para los componentes.

PRECAUCIÓN: Todos los residuos de grasa o cualquier sustancia alcalina deben ser eliminados de todas las cavidades y huecos, como también de otras superficies para evitar la emulsión y la formación de espuma en el aceite lubricante después de volver a montar todos los componentes del motor.

3.5.1 Limpieza de los cilindros.

Los cilindros al ser el componente más voluminoso y complejo se lo manejó con mucha cautela para evitar cualquier posible daño en estos.

Para realizar la limpieza se utilizó combustible Avgas 100-130 y mediante pulverización se eliminó residuos de aceite y grasa, en el interior del cuerpo del cilindro y en los alojamientos de los balancines, posterior a este proceso con aire comprimido se eliminó residuos de combustible y cualquier otro tipo de residuo obteniendo de esa manera un cilindro libre de impurezas.



Figura 3.17. Limpieza del cilindro del motor TC IO 360 D.

Fuente: Investigación de campo.

3.5.2 Limpieza de los pistones.

Los pistones al ser los dispositivos que se encuentran en la cámara de combustión de los cilindros y por los eventos ocurridos en el interior de esta las cabezas de los pistones estaban llenas de residuos de carbón, los rines se encontraban sin lubricación (resecos) por falta de operación del motor durante mucho tiempo y el bulón de cada pistón de igual manera, para la limpieza de estos dispositivos se utilizó lija fina y combustible.

Los rines se los manipulo con mucho cuidado al momento de su remoción y limpieza ya que podían sufrir algún daño, se procede a utilizar aire comprimido sobre la superficie de los pistones completando el período de limpieza obteniendo pistones listos para ser utilizados.



Figura 3.18.Mantenimiento y limpieza del pistón.

Fuente: Investigación de campo.

3.5.3 Limpieza de balancines.

El balancín al estar en contacto con aceite constantemente se aplica el proceso de limpieza correspondiente se utilizó combustible Avgas 100-130 y lija fina, se eliminó las impurezas del interior del agujero del balancín y el aceite de la superficie de este mecanismo, se emplea aire comprimido para eliminación de residuos de combustible y cualquier otra impureza, como paso final mediante la observación del balancín se verifica el estado en el que se encuentra este dispositivo.



Figura 3.19.Limpieza de los balancines.

Fuente: Investigación de campo.

3.5.4 Limpieza de taqués.

Los taqués se los limpio primero por inmersión se los puso dentro de un recipiente con Avgas 100-130 para eliminar residuos de aceite de la superficie, luego ejerciendo presión con un punzón en la parte móvil del taqué se elimina el aceite que se encuentra en el interior del mecanismo, este último proceso se repite hasta que el interior del dispositivo quede sin aceite, posteriormente se lo seco con aire comprimido, obteniendo como resultado final el buen funcionamiento del mecanismo interior del taqué listo para ser ensamblado al motor.

NOTA: Al momento de sacar los taqués debemos tener en cuenta cual es el taqué que da el impulso a la varilla de admisión y cuál es el taqué que da el impulso a la varilla de escape para no confundirlos al instante de su montaje.



Figura 3.20. Eliminación de aceite del interior del taqué.

Fuente: Investigación de campo.

3.5.5 Limpieza de varillas propulsoras y tubos protectores.

El proceso de limpieza de las varillas propulsoras fue por inmersión se las coloco en el interior de un recipiente con Avgas 100-130 para eliminar los restos de aceite que se encuentran dentro de estas, para la limpieza de los tubos protectores se

utilizó lija fina y combustible para así eliminar residuos de grasa y aceite, luego se los paso aire comprimido para verificar que los orificios de las varillas propulsoras no estén obstruidos y también eliminar impurezas existentes en los tubos protectores y en las varillas, se tuvo mucho cuidado de no confundir las varillas propulsoras de admisión y escape obteniendo así los dispositivos limpios y listos para usarse.



Figura 3.21. Varillas propulsoras y tubos protectores limpios.

Fuente: Investigación de campo.

3.5.6 Limpieza de los alojamientos de los cilindros en el cárter.

La limpieza de los alojamientos de los cilindros se lo realizó con combustible Avgas 100-130 y con una brocha también fue necesario utilizar lija fina para eliminar de una mejor manera la suciedad que se encontraba alrededor de estos orificios, para finalizar con la limpieza se utilizó aire comprimido y así obtener el resultado requerido.



Figura 3.22. Limpieza de los alojamientos de los cilindros.

Fuente: Investigación de campo.

3.6 Inspección del cilindro y pistón.

Una vez que los cilindros y sus componentes cumplieron con primer paso y de mucha importancia en los trabajos de mantenimiento se procedió a la inspección de cada uno ellos, tal y como recomienda el manual de Overhaul del motor TC IO 360 D. En esta inspección se tomó mayor importancia al cilindro y al pistón por el gran papel que desempeñan en el motor al momento de su funcionamiento.

3.6.1 Inspección del cilindro.

Se realizó una inspección externa de cada cilindro para identificar las condiciones en que pueden encontrarse se observó el estado del cuerpo del cilindro y se verificó si existe alguna rajadura o anomalía en la camisa, las aletas y los espacios entre aletas en busca de alguna discrepancia entre estas, también se observó la cabeza de cilindro, sus aletas, las válvulas de admisión y escape y los puertos de las bujías, los "O" rines de la base del cuerpo del cilindro encontrando

a todos los cilindros en condiciones óptimas para el buen desempeño de su operación.



Figura 3.23. Inspección visual del interior del cuerpo del cilindro.

Fuente: Investigación de campo.

3.6.2 Inspección del pistón

Se realizó una inspección visual de la superficie del pistón y se observó con mucha atención el estado en que se encontraban los rines, la cabeza del pistón, la falda y el agujero para el alojamiento del bulón verificando las condiciones en que se encontraba cada pistón, obteniendo como resultado algunos rines dañados los más afectados fueron los rines de compresión, de lubricación y de barrido de aceite de 3 cilindros.

Se adquirió los rines faltantes para cada uno de los cilindros afectados para el correcto desempeño del motor. Cada uno de estos rines se los ubicó con la herramienta adecuada y con el apoyo del Manual de Overhaul del Motor obteniendo así el resultado esperado.



Figura 3.24. Inspección visual del pistón.

Fuente: Investigación de campo.

Todos los demás componentes fueron inspeccionados al momento de su limpieza ya que no son de gran tamaño y no cuentan con mayores aditamentos como los pistones y cilindros, encontrando a todos estos en muy buen estado listos para su montaje y operación.

De acuerdo con el manual de Overhaul del motor TC IO 360 D para el desmontaje e inspección de los cilindros también se rigen a boletines de servicio, directivas de información de las cuales algunas fueron tomadas en cuenta para la realización de mantenimiento acorde a las especificaciones del fabricante.

Se ha considerado el uso de los siguientes documentos para el respectivo mantenimiento e inspección:

SERVICE BULLETIN SB96-12 (ANEXO C)

Asunto: Inspección y reparación de los cilindros.

SERVICE BULLETIN M84-15 (ANEXO D)

Asunto: Chequeo de la compresión de los cilindros.

SERVICE INFORMATION DIRECTIVE SID 05-1 (ANEXO E)

Asunto: Operación y mantenimiento de taqués y árbol de levas.

Para todas las labores hechas en el motor y para la rehabilitación, el desmontaje y montaje de cada uno de los cilindros y de sus componentes se contó con la ayuda y el asesoramiento del técnico de mantenimiento de la empresa "AEROK" Miguel Riofrio quien fue el encargado de impartir su experiencia profesional dando a conocer el funcionamiento del motor TCM IO-360 D y de sus sistemas.

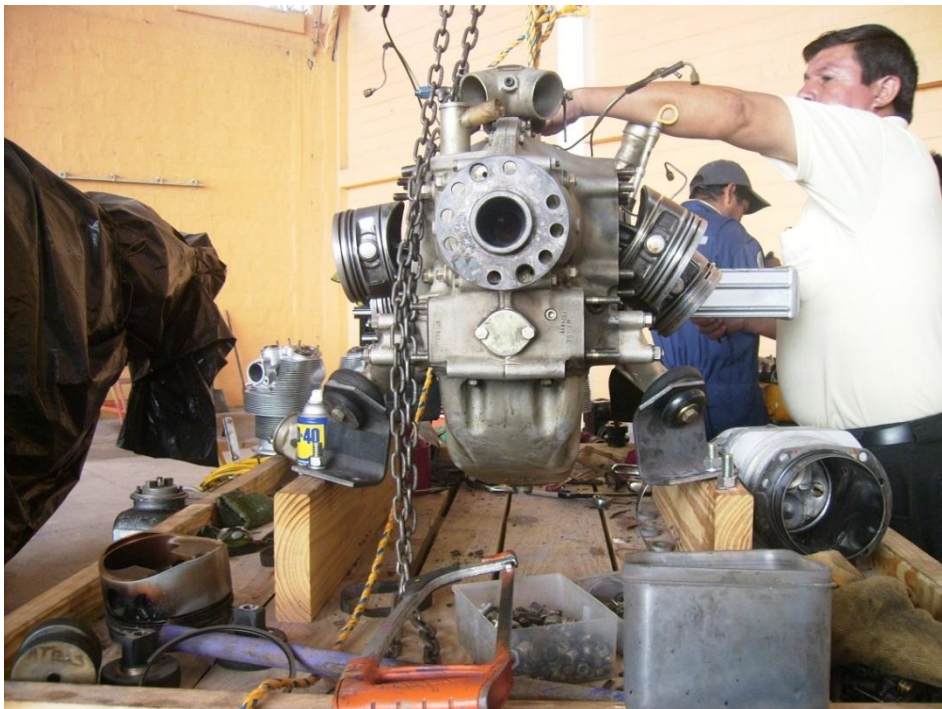


Figura 3.25. Aerotécnico de la empresa AEROKASHURCO.

Fuente: Investigación de campo.

El mantenimiento y la inspección de cada uno de los cilindros y sus componentes se la realizó con el propósito de mejorar su estado y rehabilitarlos para el buen funcionamiento del motor, para posteriormente continuar con el siguiente paso que es el ensamblaje de cada uno de los cilindros en el motor TC IO 360 D.

3.7 Montaje de cilindros y sus componentes.

Una vez cumplidos con los requerimientos anteriores y siguiendo paso a paso las instrucciones del manual de Overhaul del motor se procede al montaje de los cilindros, con los siguientes procedimientos.

- a) Como preliminar cada cilindro debe tener su número posicional (1 al 6) grabado en el borde de la base. Después del de samblaje, los cilindros deben ser colocados en un banco en orden de acuerdo a su numeración. Los bulones y los pistones deben mantenerse en orden con su respectivo cilindro, cuando los pistones y cilindros fueron desmontados la posición de estos debe ser chequeada y recordada para asegurar su posición correcta al momento del ensamblaje.

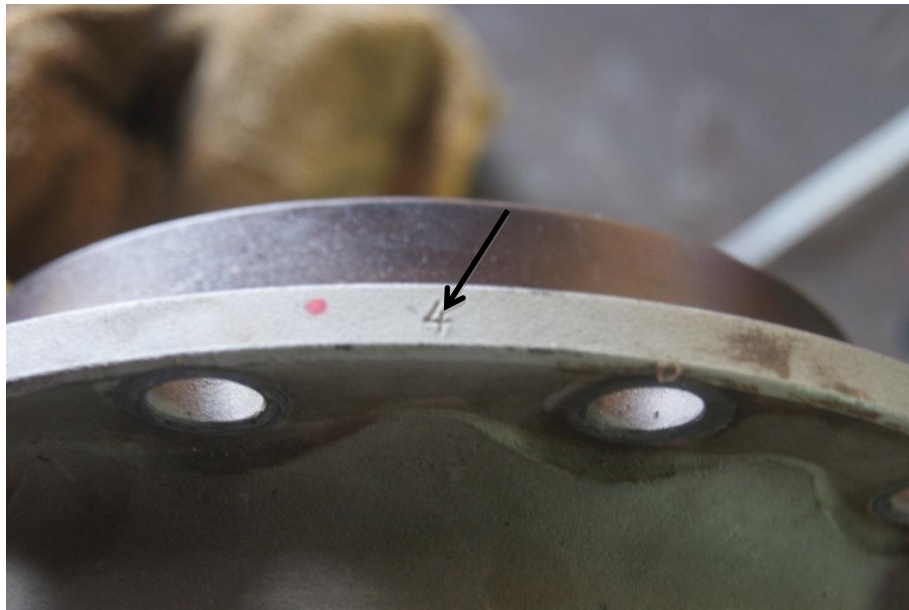


Figura 3.26. Número posicional del cilindro del motor TC IO 360 D.

Fuente: Investigación de campo.

- b) Antes de la instalación de cada cilindro y pistón, se procede a girar el cigüeñal hasta que las bielas tomen lugar en la posición más externa posible.



Figura 3.27. Posición totalmente afuera del brazo de biela.

Fuente: Investigación de campo.

- c) Se lubrico con aceite de aviación Aeroshell 100 el bulón antes de la instalación del pistón y la biela, de igual forma se cubrió con una fina película de aceite de aviación toda la parte interior del cuerpo del cilindro.



Figura 3.28. Bulón lubricado.

Fuente: Investigación de campo.

- d) Se lubrico los pistones y sus rines con aceite de aviación Aeroshell 100, a los rines de cada pistón se los puso del tal forma que las aberturas no debían estar alineadas para tener un mejor sellado hermético de la cámara de combustión.



Figura 3.29. Posición en la que deben estar las aberturas de los rines.

Fuente: Investigación de campo.

Como sugerencia y siguiendo con las instrucciones del manual de Overhaul nos dice que para ensamblar los pistones y cilindros primero deben ser colocados los pistones y cilindros 4 y 5 esto para no estar girando el cigüeñal constantemente y así prevenir un desbalance excesivo de las bielas. Luego girar un poco el cigüeñal para instalar los pistones y cilindros 2 y 3 y por ultimo girar el cigüeñal para ubicar los pistones y cilindros restantes el 1 y 6.

- e) El pistón toma lugar en el brazo de biela, teniendo en cuenta la sugerencia anterior; para unir los dos mecanismos debemos alzar la biela y colocar el pistón sobre la biela observando que los agujeros de alojamiento del bulón estén alineados y entonces colocamos el bulón percatándonos que esté quede bien centrado.



Figura 3.30. Pistón ensamblado.

Fuente: Investigación de campo.

- f) Se procedió a colocar nuevamente los taqués teniendo en cuenta la sugerencia anterior.



Figura 3.31. Taqués ubicados en su lugar.

Fuente: Investigación de campo.

- g) Sobre el pistón se ubicó el compresor de rines con el cual se procedió a comprimir los rines totalmente para posteriormente proceder a la colocación del cilindro.

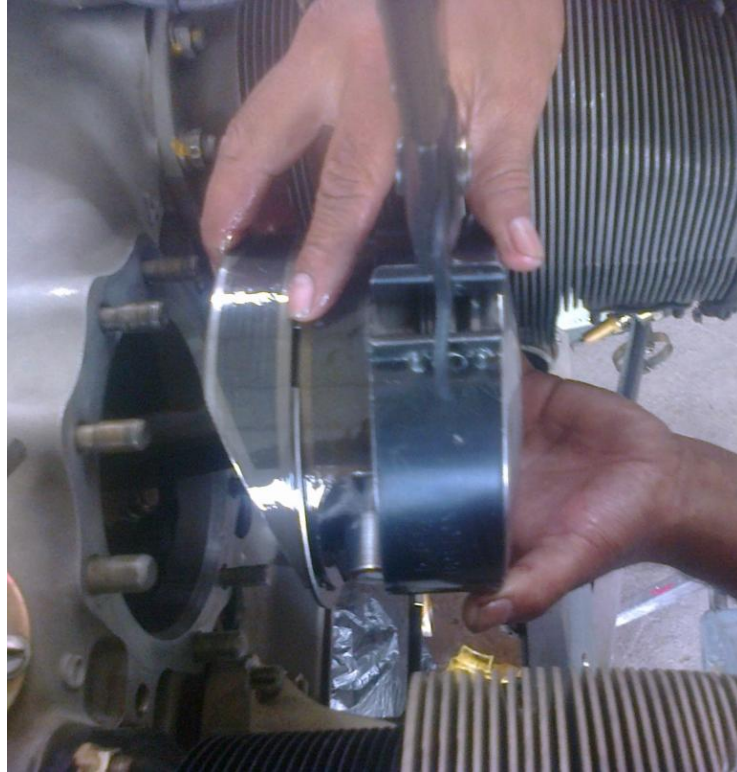


Figura 3.32. Ubicación del compresor de rines sobre el pistón.

Fuente: Investigación de campo.

- h) Previamente a la colocación del cilindro en su lugar se procede a ubicar el "O" ring en la base del cilindro, entonces provenimos al montaje del cilindro para lograr este procedimiento debemos alinear el pistón con el inicio del cuerpo del cilindro para luego empujar hasta que la base de este tome lugar en el cárter, todos los procedimientos descritos anteriormente se toman en cuenta para ensamblar los demás cilindros.



Figura 3.33. Colocación del cilindro.

Fuente: Investigación de campo.

- i) Se procedió a ubicar las varillas y tubos protectores, anterior a este paso los resortes fueron comprimidos en la entenalla y sujetos con alambre de freno para una mayor facilidad de la colocación en el motor.



Figura 3.34. Resorte comprimido antes de ser colocado en el motor.

Fuente: Investigación de campo.

- j) A continuación se procede a colocar los balancines y las tapas protectoras de los balancines.



Figura 3.35. Colocación de balancines.

Fuente: Investigación de campo.

- k) Como paso final después de haber instalado todos los pistones y cilindros se dio torque a todas las tuercas de acuerdo a la secuencia de ajuste y a la tabla de torques. (ANEXO F)



Figura 3.36. Torque de los cilindros.

Fuente: Investigación de campo.

l) Se procede a montar nuevamente los tubos de admisión. (ANEXO A)



Figura 3.37. Tubos de admisión montados en el motor.

Fuente: Investigación de campo.

3.8 Medición de la compresión de cilindros del motor TC IO 360 D.

Luego a la instalación de todos los cilindros se procede a realizar la medición de la compresión de cilindros como requerimiento posterior para verificar la condición en que se encuentran estos, midiendo el escape y la pérdida de presión de aire que hubiere a través de los cilindros causados por componentes desgastados o dañados.

Para una mejor medición de compresión de los cilindros se tuvo a disposición el equipo completo a continuación se describen los requerimientos del equipo y su funcionamiento y del acople que es insertado en el orificio de la bujía para realizar esta prueba.

3.8.1 Equipo.

Como requerimiento del Boletín de Servicio (M84-15) este equipo debe mantenerse limpio, revisado y calibrado para que opere en condiciones exactas. Para comprobar si el medidor de presión diferencial se encuentra en óptimas condiciones de operación se hace lo siguiente; con una línea de presión de aire comprimido de 100 a 120 psi se debe conectar al instrumento, luego abrir la válvula de paso de aire del instrumento y regular hasta que en el manómetro de la herramienta marque 80 psi y se debe observar si en ambos manómetros marca la misma presión de aire y así de esta manera se comprueba que el instrumento se encuentra en condiciones operables, de esta forma fue comprobado el medidor de presión diferencial utilizado en nuestra medición.



Figura 3.38. Medidor de presión diferencial.

Fuente: Investigación de campo.

3.8.2 Acople.

Para mayor conformidad y exactitud en las pruebas de compresión de cilindros se utiliza el acople el cual es insertado en el orificio de la bujía y así se procede a realizar la medición.



Figura 3.39. Acople para realizar la medición de la compresión de cilindros.

Fuente: Investigación de campo.

Una vez descritos los componentes para la medición de la compresión de cilindros se procede a efectuar esta prueba en los cilindros del motor TC IO 360 D.

3.8.3 Realización de la prueba de compresión de cilindros del motor.

Los siguientes procedimientos se enumeran para efectuar de manera correcta y sin ningún peligro la medición de la compresión de cada uno de los cilindros. (ANEXO D)

PRECAUCIÓN: Los magnetos y el paso de combustible deben estar cerrados o apagados antes de efectuar la prueba para asegurarse de que el motor no vaya a prenderse accidentalmente.

- a) La medición de la compresión se la realizó una vez que el motor se lo hizo funcionar por un cierto tiempo esto para asegurar que los rines del pistón, las paredes del cilindro, y otros componentes del motor estén bien lubricados y en el funcionamiento de tolerancia.



Figura 3.40. Motor TC IO 360 D puesto en funcionamiento.

Fuente: Investigación de campo.

- b) Como siguiente paso retiro todos los cables de las bujías (superiores e inferiores) y posterior a esto se procedió a retirar las bujías (superiores) de cada cilindro.

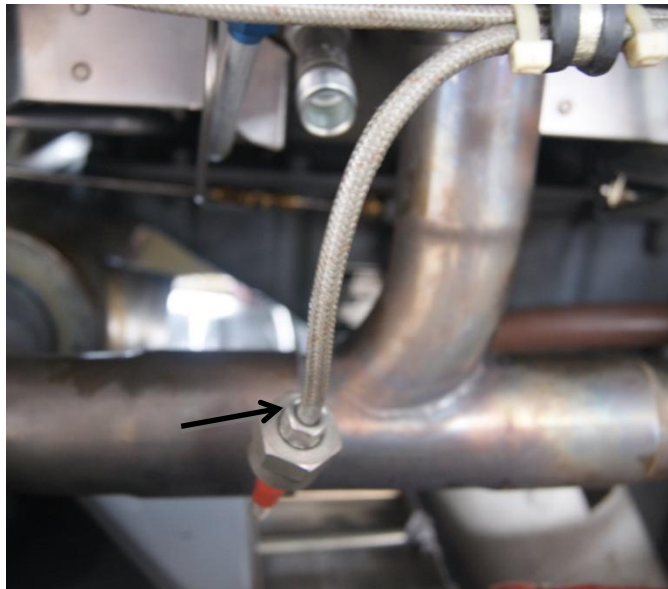


Figura 3.41. Cables de bujías desmontados.

Fuente: Investigación de campo.

- c) Luego ubicamos un tapón (corcho o una franela) en el orificio de la bujía del cilindro número uno, hacemos girar la hélice en sentido de rotación del motor hasta que el tapón se desprenda por si solo entonces se sabe que el pistón del cilindro N° 1 se encuentre en el punto muerto superior.



Figura 3.42. Colocación de la franela para encontrar el PMS.

Fuente: Investigación de campo.

- d) Se colocó el acople en el orificio de la bujía N° 1 y conectamos el medidor de presión diferencial a este, abrimos la válvula de paso de aire comprimido del medidor y con el regulador de presión subimos hasta que la marcación en el indicador de presión del instrumento muestre 40 psi, con esta medida regulamos hasta que el indicador de presión del cilindro muestre casi la misma medida, esto se logra con movimientos muy ligeros de la hélice.



Figura 3.43. Medida de la compresión de los cilindros.

Fuente: Investigación de campo.

- e) Una vez ya regulada la presión en ambos manómetros, subimos la presión hasta que el indicador de presión muestre 80 psi y de igual forma moviendo la hélice muy ligeramente debemos regular hasta que el indicador de presión del cilindro alcance casi la misma medida del indicador de presión esta marcación es una lectura proporcionalmente más baja es y el resultado de la compresión del cilindro, cerramos la válvula de paso de aire del medidor reducimos la presión a cero, desconectamos y procedemos a medir en el siguiente cilindro.



Figura 3.44. Resultado final de la medida de la compresión de cilindros.

Fuente: Investigación de campo.

Nota: Este procedimiento lo deben realizar dos personas una abriendo y cerrando el paso de aire al medidor y otra sosteniendo y moviendo la hélice para regular las medidas en los dos manómetros.

- f) Ya medida la compresión del cilindro N° 1 procedemos a girar la hélice en sentido de rotación del motor hasta que suene el “clic” del magneto entonces procedemos a medir en el siguiente cilindro tomando en cuenta el orden de encendido del motor que es 1-6-3-2-5-4, este orden se debe seguir para realizar la medición de la compresión de los cilindros restantes.



Figura 3.45. Cierre de la válvula de paso de aire.

Fuente: Investigación de campo.

PRECAUCIÓN: Se debe tener cuidado en la apertura de la válvula de paso de aire del instrumento, antes de conectar el medidor en el acople verificar que el indicador de presión se encuentre en cero, para evitar que la hélice gire repentinamente y provocar algún tipo de accidente.

Ya realizada la medición de la compresión de cilindros tenemos los resultados de cada cilindro mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 3.1.Resultados de la compresión de cilindros

Número de cilindros	Medición de la compresión de cilindros en P.S.I
1	60/80
2	62/80
3	60/80
4	64/80
5	60/80
6	65/80

Las medidas de la compresión de los cilindros están designadas como la presión en el cilindro sobre la presión regulada. En general 60/80 psi es el límite mínimo aceptable, "La firma de un motor como Aero navegable con una lectura que está por debajo de 60/80 psi contradice directamente la FAA Advisory Circular 43.131A", por lo tanto el motor se encuentra dentro de los parámetros permisibles dictaminados por la FAA. (ANEXO D)

3.9 Herramientas utilizadas en la remoción e instalación de los cilindros, componentes y medición de la compresión de cilindros en el motor TC IO 360 D.

Los cilindros y los componentes que fueron removidos del motor TC IO 360 D por motivos de limpieza y mantenimiento fueron ensamblados y realizados la medición de la compresión de cilindros siguiendo las recomendaciones del manual de Overhaul, directivas y boletines de servicio donde se utilizaron varias herramientas y máquinas que se detallan a continuación.

Tabla 3.2. Clasificación de herramientas.

N°	Herramientas*	Código
1	Llave de tuercas para la base del cilindro 9/16"	H1
2	Llave de tuercas para la base del cilindro 5/8"	H2
3	Llave de media vuelta	H3
4	Dado 7/16"	H4
5	Llave mixta 7/16"	H5
6	Destornillador plano	H6
7	Destornillador estrella	H7
8	Entorchador	H8
9	Alambre de freno	H9
10	Pulverizador	H10
11	Extensión neumática	H11
12	Pinza	H12
13	Martillo de goma	H13
14	Compresor de rines	H14
15	Medidor de presión diferencial	H15
16	Llave mixta 9/16"	H16
17	Entenalla	H17
18	Aceite de aviación Aeroshell 100	H18
19	Torquímetro	H19
20	Racha grande	H20
21	Extensión para racha grande	H21
22	Dado 7/8"	H22
23	Llave mixta 7/8"	H23
24	Franela	H24
25	Acople para la medición de compresión de cilindros	H25



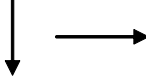


Tabla 3.3. Clasificación de máquinas.

N°	Máquina**	Características	Código
1	Compresor	100-120 psi.	M1

Por ese motivo se ha visto necesario mostrar de una manera resumida la instalación de los cilindros y sus componentes y como también la ejecución de la medición de la compresión de los cilindros, mediante la utilización de diagramas de proceso en donde se utilizan la siguiente simbología.

Hay que tomar en cuenta que los procedimientos descritos se los aplican en un cilindro y hay que nuevamente realizar los mismos procedimientos para los cilindros restantes.

Tabla 3.4. Simbología.

Nº	Actividad	Simbología
1	Proceso	
2	Inspección	
3	Línea de procesos	
4	Componente instalado	
5	Sistema terminado	

3.10 Colocación de los de los rines y pistones en los brazos de biela.

Para el ensamblaje de los pistones en el motor se contó con el apoyo de herramientas, equipos de protección y de manera indispensable el uso del manual de Overhaul del motor TC IO 360 D y bajo la supervisión del técnico aeronáutico anteriormente mencionado para poder instalar los pistones de una manera técnica y segura.

3.10.1 Diagrama de procesos para el montaje de los rines, pistón y bulón.

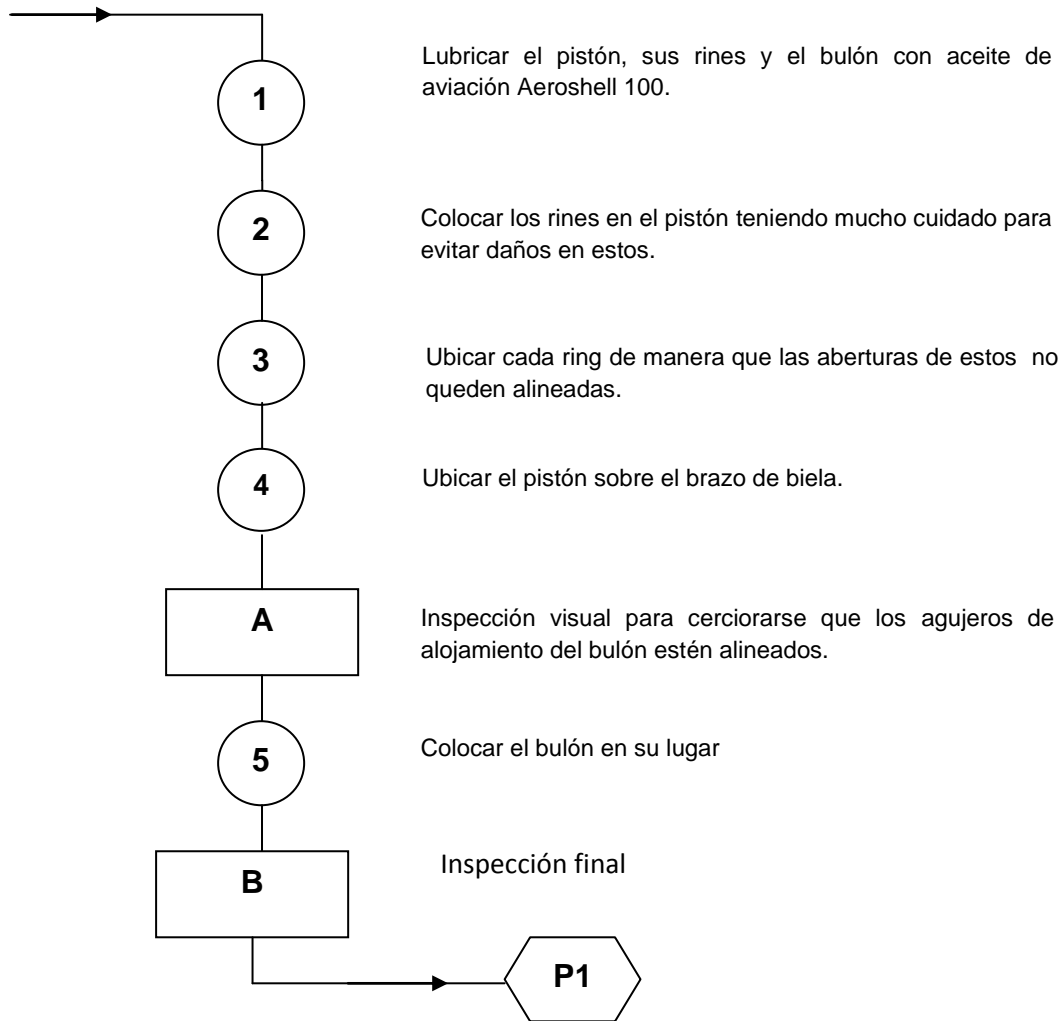


Figura 3.46.Diagrama de procesos del pistón, sus rines y bulón.

Fuente: Investigación de campo.

3.10.2 Tabla de procesos de instalación del pistón sus rines y el bulón

Tabla 3.5. Procesos de instalación del pistón sus rines y el bulón.

Nº	Proceso	Máquina - Herramienta Tiempo (minutos)			
		M**	T	H*	T
1	Lubricar el pistón, sus rines y el bulón con aceite de aviación Aeroshell 100.			H18	5
2	Colocar los rines en el pistón teniendo mucho cuidado para evitar daños en estos.				10
3	Ubicar cada ring de manera que las aberturas de estos no queden alineadas.				5
4	Ubicar el pistón sobre el brazo de biela.				2
5	Colocar el bulón en su lugar			H13	5

3.11 Montaje de taqués, cilindro, varillas propulsoras, tubos protectores de las varillas propulsoras, balancines y las tapas de los balancines.

Para el montaje de estos elementos se contó con el apoyo de herramientas, equipos de protección, con la información del manual de Overhaul del motor TC IO 360 D y con la instrucción de personal técnico para proceder a instalar todos los dispositivos de una manera técnica y segura.

3.11.1 Diagrama de procesos para la ubicación de taqués, cilindro, varillas propulsoras, tubos protectores de las varillas propulsoras, balancines y las tapas de los balancines.

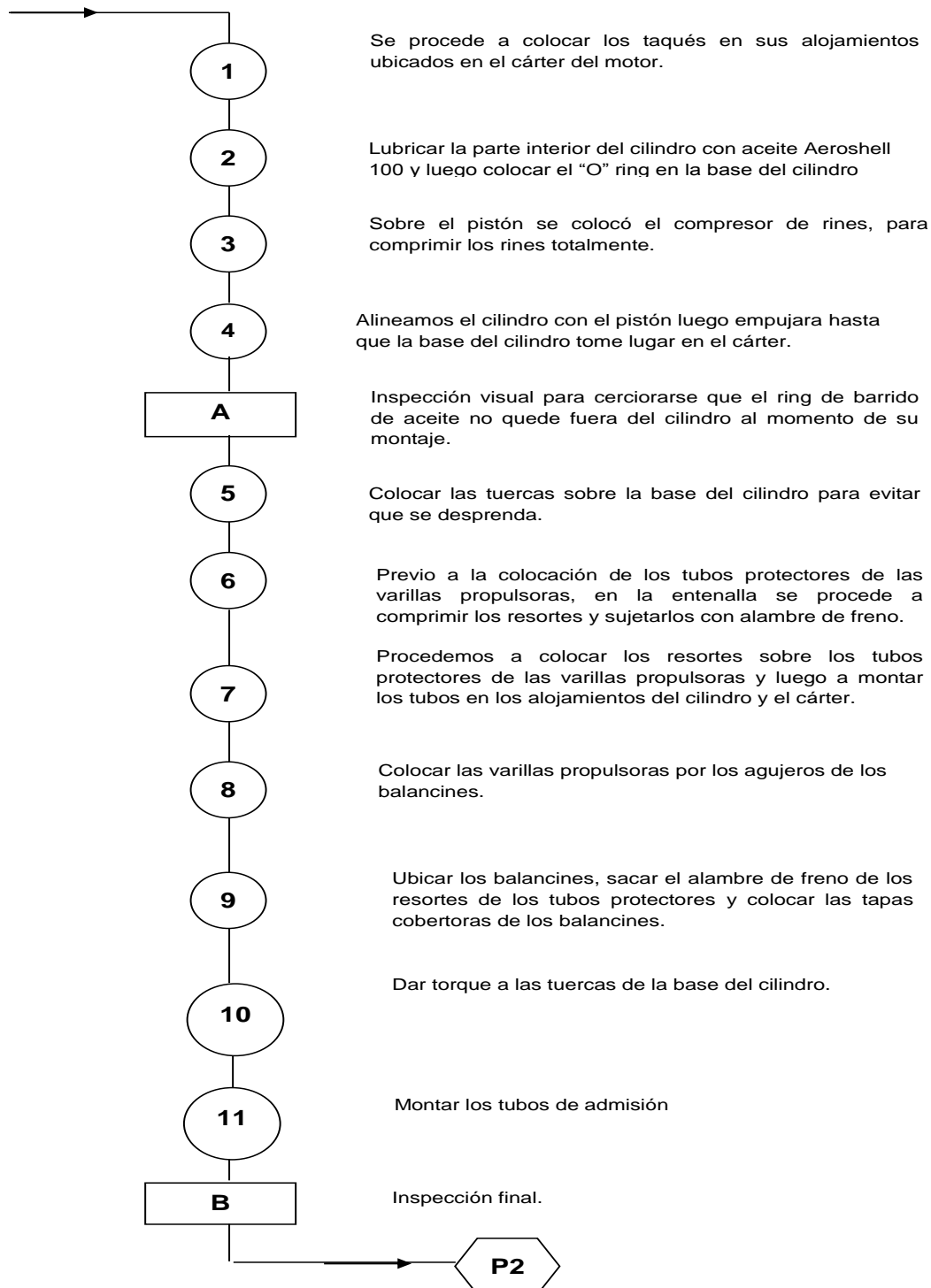


Figura 3.47. Diagrama de procesos del cilindro y sus componentes.

Fuente: Investigación de campo.

3.11.2 Tabla de procesos de la instalación de taqués, cilindro, varillas propulsoras, tubos protectores de las varillas propulsoras, balancines y las tapas de los balancines.

Tabla 3.6.Procesos de instalación del cilindro y sus componentes.

Nº	Proceso	Máquina - Herramienta Tiempo (minutos)			
		M**	T	H*	T
1	Se procede a colocar los taqués en sus alojamientos ubicados en el cárter del motor.				3
2	Lubricar la parte interior del cilindro con aceite Aeroshell 100 y luego colocar el "O" ring en la base del cilindro			H18	8
3	Sobre el pistón se colocó el compresor de rines, para comprimir los rines totalmente.			H14	5
6	Previo a la colocación de los tubos protectores de las varillas propulsoras, en la entenalla se procede a comprimir los resortes y sujetarlos con alambre de freno.			H8-H9-H17	15
7	Procedemos a colocar los resortes sobre los tubos protectores de las varillas propulsoras y luego a montar los tubos en los alojamientos del cilindro y el cárter.				10
8	Colocar las varillas propulsoras por los agujeros de los balancines.				5
9	Ubicar los balancines, sacar el alambre de freno de los resortes de los tubos protectores y colocar las tapas cobertoras de los balancines.			H3-H4-H6-H8-H12	20
10	Dar torque a las tuercas de la base del cilindro.			H1-H2-H16-H19	15
11	Montar los tubos de admisión.			H3-H4-H5-H12	20

3.12 Medición de la compresión de cilindros.

Para realizar la medición de la compresión de cilindros se contó con el apoyo de herramientas, equipos de protección, información del boletín de servicio M84-1, también con la supervisión de personal técnico para realizar la prueba de la compresión de cilindros sin ninguna dificultad y sobre todo de manera técnica y segura.

3.12.1 Diagrama de procesos para realizar la medición de la compresión de cilindros.

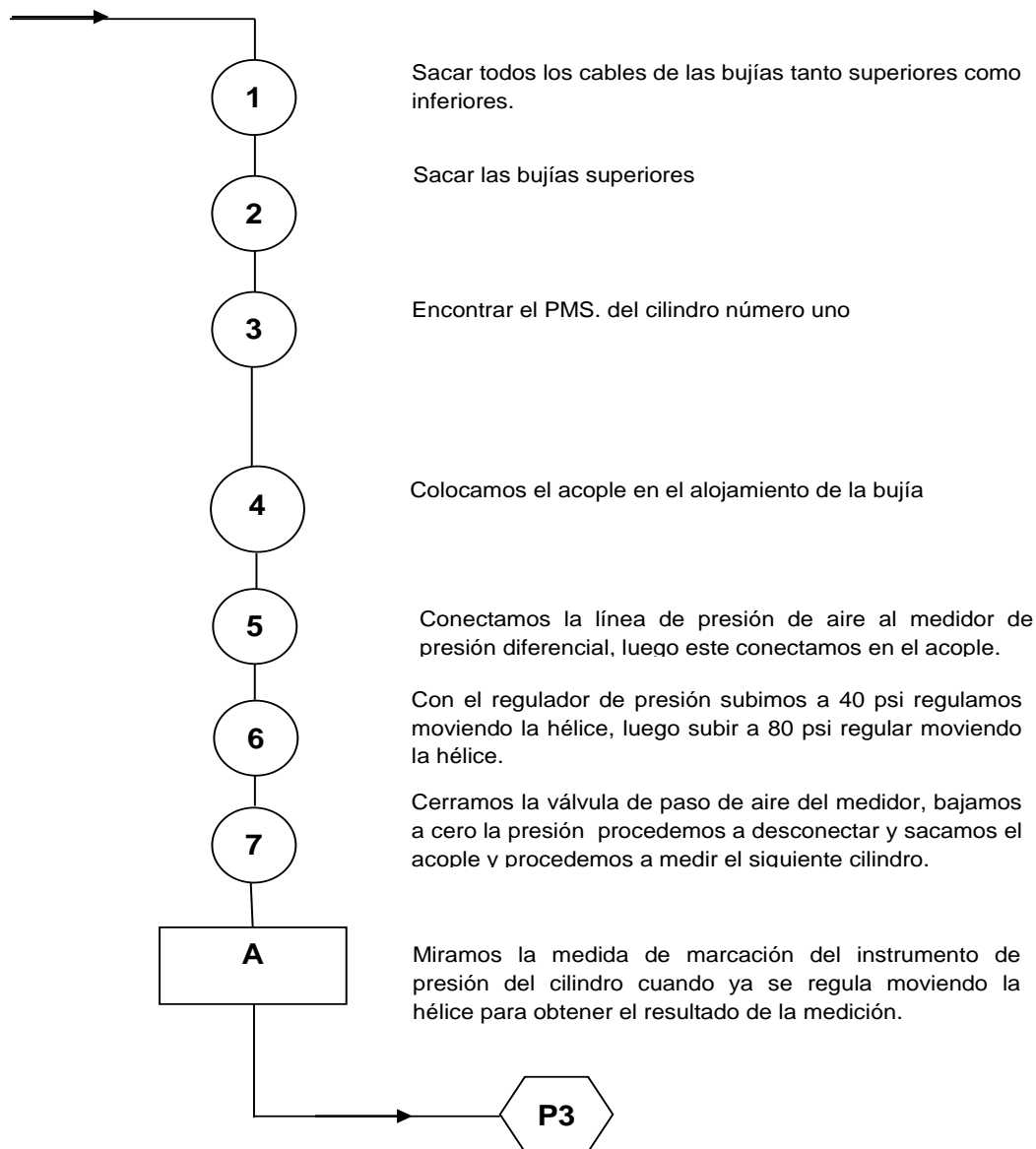


Figura 3.48. Diagrama de procesos de la medición de la compresión de cilindros.

Fuente: Investigación de campo.

3.12.2 Tabla de procesos para realizar la medición de la compresión de cilindros.

Tabla 3.7.Procesos de la medición de la compresión de cilindros.

Nº	Proceso	Máquina - Herramienta Tiempo (minutos)			
		M**	T	H*	T
1	Sacar todos los cables de las bujías tanto superiores como inferiores.			H23-H5	10
2	Sacar las bujías superiores			H20-H21- H22	10
3	Encontrar el PMS. del cilindro número uno			H24-H6	5
4	Colocamos el acople en el alojamiento de la bujía			H25	12
5	Conectamos la línea de presión de aire al medidor de presión diferencial, luego este conectaos en el acople	M1	10	H11-H15- H25	10
6	Con el regulador de presión subimos a 40 psi regulamos moviendo la hélice, luego subir a 80 psi regular moviendo la hélice.	M1	5		5
7	Cerramos la válvula de paso de aire del medidor, bajamos a cero la presión procedemos a desconectar y sacamos el acople y procedemos a medir el siguiente cilindro.	M1	5		5

3.13 Diagrama de procesos de instalación y medición final.

Para la rehabilitación total de los cilindros y para realizar la medición de la compresión de los cilindros se debe poseer el conocimiento para así evitar posibles averías en áreas de mayor debilidad y en cada uno de los componentes y sobre todo resguardar nuestra integridad física.

Se ha tomado en cuenta la instalación de los cilindros, sus componentes y la medición de la compresión de cilindros, a continuación se muestra el diagrama final de instalación.

3.13.1 Diagrama final de instalación de los cilindros, sus componentes y la medición de la compresión de cilindros del motor TC IO 360 D

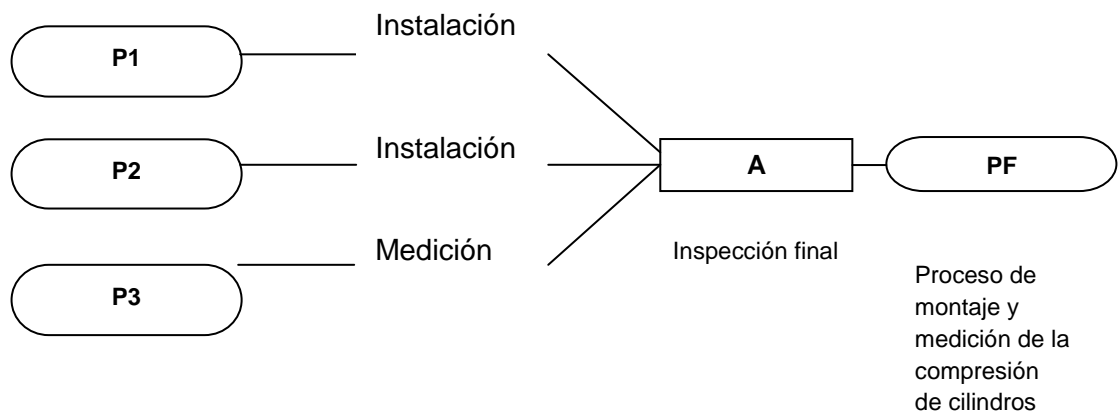




Figura 3.49. Diagrama final de la instalación de los cilindros, sus componentes y medición de la compresión de cilindros.

Fuente: Investigación de campo.

3.14 Manual de operación para la medición de la compresión de cilindros del motor TC IO 360 D.

ITSA 	LABORATORIO DE MECÁNICA AERONÁUTICA	Pág. : 1 de 3
	MANUAL DE OPERACIÓN DEL ENCENDIDO, APAGADO Y LA MEDICION DE LA COMPRESION DE CILINDROS DEL MOTOR TELEDYNE CONTINENTAL IO-360 D	Código : MO-TCM-01
	Elaborado por: Sr. BOLAÑOS SÁNCHEZ PATRICIO ALEJANDRO	Revisión No. : 1
	Aprobado por: TLGO. ULICES CEDILLO	Fecha : Jul-2013
<p>1. OBJETIVO</p> <p>Obtener una guía adecuada para la medición de la compresión de cilindros del motor Teledyne Continental IO-360 D</p> <p>2. ALCANCE</p> <p>Encendido, apagado y realización de la medición de la compresión de cilindros del Motor Teledyne Continental modelo IO-360 D que se encuentra en el laboratorio de la Carrera de Mecánica Aeronáutica del ITSA</p> <p>3. DOCUMENTO DE REFERENCIA</p> <p>Manual de Mantenimiento y Operación Continental® Aircraft Engine(VER ANEXO G)</p> <p>4. PROCEDIMIENTO</p> <p>Las obligaciones que un técnico y/o estudiante que debe cumplir para el encendido del Motor TC IO-360 D y posterior la medición de la compresión de cilindros se mencionan a continuación.</p> <p>Medidas de Seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Utilizar Equipo de Protección Personal: overol, guantes de nitrilo, gafas, protección auditiva. ➤ Extintor de incendio ➤ Mantener el área limpia ➤ Despejar el área de alcance de la hélice del motor ➤ No conectar directamente la línea de presión de aire en el orificio de la bujía al momento de realizar la compresión de los cilindros 		

ITSA 	LABORATORIO DE MECÁNICA AERONÁUTICA	Pág. : 2 de 3
	MANUAL DE OPERACIÓN DEL ENCENDIDO, APAGADO Y LA MEDICIÓN DE LA COMPRESION DE CILINDROS DEL MOTOR TELEDYNE CONTINENTAL IO-360 D	Código : MO-TCM-01
	Elaborado por: Sr. BOLAÑOS SÁNCHEZ PATRICIO ALEJANDRO	Revisión No. : 1
	Aprobado por: TLGO. ULICES CEDILLO	Fecha : Jul-2013

Pre encendido

- Cerciorarse que el tipo de combustible y cantidad sea el adecuado (Avgas 100-130) para la fase de operación.
- Revisar el nivel de aceite en el sumidero
- Controles de mezcla y aceleración en posición de corte.

Encendido

- Control de mezcla en full rich
- Control de aceleración abierto $\frac{1}{4}$
- Control de paso de la hélice hacia adelante
- Interruptor principal encendido
- Girar el interruptor de encendido a BOTH
- Colocar el interruptor de la bomba auxiliar en "ON"


Precaución: Si el motor está caliente, en primer lugar presionar el botón de arranque, a continuación, el interruptor de la bomba auxiliar de combustible a "ON"

- Cuando el indicador de presión de combustible muestra presión normal de ralentí (2 a 2,5 PSI), dar contacto al arranque

Precaución: Soltar el interruptor de arranque en cuanto el motor se encienda. Nunca tener presionado el arranque, mientras que la hélice sigue girando. Si el motor de arranque ha funcionado durante 30 segundos, y el motor no se ha encendido, soltar el interruptor de arranque y dejar que el motor de arranque se enfríe por 3 a 5 minutos antes de que se haga otro intento de arranque

- Después que el motor está funcionando sin problemas, apagar la bomba auxiliar
- Parámetro de presión de aceite mínimo 10 PSI
- Parámetro de presión de aceite normal de operación 30 a 60 PSI

Precaución: Revisar la presión de aceite con frecuencia. La indicación de la presión de aceite debe mostrarse a los 30 segundos. Si no se observa presión en el tiempo especificado, detener el motor e investigar la causa.

ITSA 	LABORATORIO DE MECÁNICA AERONÁUTICA	Pág. : 3 de 3
	MANUAL DE OPERACIÓN DEL ENCENDIDO, APAGADO Y LA MEDICIÓN DE LA COMPRESION DE CILINDROS DEL MOTOR TELEDYNE CONTINENTAL IO-360 D	Código : MO-TCM-01
	Elaborado por: Sr. BOLAÑOS SÁNCHEZ PATRICIO ALEJANDRO	Revisión No. : 1
	Aprobado por: TLGO. ULICES CEDILLO	Fecha : Jul-2013

Apagado.

- Si la bomba auxiliar ha estado accionada, girar a la posición de apagado
- El control de la mezcla en corte
- Girar el interruptor de la magneto en OFF

Medición de la compresión de cilindros.

Realizar la medición tan pronto como deje de funcionar el motor. (VER ANEXO D)

- Sacar todos los cables de las bujías.
- Sacar las bujías superiores.
- Girar la hélice hasta encontrar el PMS del pistón en el cilindro N° 1.
- Colocar el acople para realizar la medición en el agujero de alojamiento de la bujía.
- Conectar el medidor de presión diferencial.
- Abrir la válvula de paso de aire del medidor y con el regulador de presión subir hasta que en el indicador de presión muestre 40 psi.
- Mover la hélice hasta que el indicador de presión de cilindro suba a la misma medida, si hay algún tipo de fuga la medida de este indicador será un poco más baja.
- Subir la presión hasta que en el indicador de presión del medidor muestre 80 psi.
- Mover la hélice hasta que el indicador de presión de cilindro suba a la misma medida, si hay algún tipo de fuga en el cilindro la medida de este indicador será un poco más baja, entonces sabremos que compresión tiene el cilindro.
- Cerrar la válvula de paso de aire del instrumento y con el regulador bajar a cero la presión.
- Desconectar el medidor de presión diferencial.
- Mover la hélice en sentido de rotación del motor hasta que suene el “clic” esto para realizar la medición de la compresión del siguiente cilindro, para realizar le medida de los otros cilindros se sigue el orden de encendido del motor que es 1-6-3-2-5-4.

3.15 Poner a prueba.

Para efectuar la prueba de funcionamiento del motor TC IO 360 D es muy indispensable contar con equipos de protección personal, toara las medidas de seguridad necesarias y lo más relevante seguir los procesos e instrucciones del manual de Overhaul del motor TC IO 360 D.


Se realizó el encendido del motor con el asesoramiento y la ayuda brindada por el aerotécnico Miguel Riofrio.




Figura 3.50. Proceso de encendido del motor TC IO-360 D

Fuente: Investigación de campo

3.16 Manual de mantenimiento de los cilindros del motor TC IO 360 D.

<p>ITSA</p> 	<p>LABORATORIO DE MECÁNICA AERONÁUTICA</p>	<p>Pág. : 1 de 2</p>
	<p>MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LOS CILINDROS DEL MOTOR TELEDYNE CONTINENTAL IO-360 D</p>	<p>Código : MM-TCM-01</p>
	<p>Elaborado por: Sr. BOLAÑOS SÁNCHEZ PATRICIO ALEJANDRO</p>	<p>Revisión No. : 1</p>
	<p>Aprobado por: TLGO. ULICES CEDILLO</p>	<p>Fecha : Jul-2013</p>
<p>1. OBJETIVO</p> <p>Documentar el procedimiento para el mantenimiento de los cilindros del motor Teledyne Continental IO-360 D</p> <p>2. ALCANCE</p> <p>El Motor Teledyne Continental modelo IO-360 D que se encuentra en el laboratorio de Mecánica Aeronáutica del ITSA.</p> <p>3. DOCUMENTO DE REFERENCIA</p> <p>SERVICE BULLETIN SB96-12 (VER ANEXO C)</p> <p>SERVICE BULLETIN M84-15 (VER ANEXO D)</p> <p>4. PROCEDIMIENTO</p> <p>El técnico y/o estudiante altamente capacitado realizará el siguiente mantenimiento en los cilindros del Motor TC IO-360 D de acuerdo a los lapsos establecidos que se detallan a continuación:</p> <p>Inspección 50 Horas</p> <p>Sacar todos los cables de las bujías, sacar las bujías inspeccionar visualmente el estado de las aletas de los cilindros, mirar el estado de los insertos Heli-coil, verificar si hay alguna fuga de aceite por los empaques de las tapas de los balancines, reajustar los tornillos de las tapas y por ultimo limpiar todas las impurezas que se encuentran en los cilindros mediante pulverización con combustible Avgas 100-130.</p>		

ITSA 	LABORATORIO DE MECÁNICA AERONÁUTICA	Pág. : 2 de 2
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LOS CILINDROS DEL MOTOR TELEDYNE CONTINENTAL IO-360 D	Código : MM-TCM-01
	Elaborado por: Sr. BOLANOS SÁNCHEZ PATRICIO ALEJANDRO	Revisión No. : 1
	Aprobado por: TLGO. ULICES CEDILLO	Fecha : Jul-2013

Inspección 100 Horas

Examinar los cilindros visualmente por si hubiese alguna rajadura.

Revisar el estado de las aletas de los cilindros.

Analizar el estado de los insertos Heli-coil.

Realizar la medición de la compresión de los cilindros.

Inspección anual.

Cada inspección anual se debe incluir diferentes procedimientos de inspección los cuales ayudan a identificar las discrepancias estructurales internas o externas del cilindro.

Estas consisten de: inspección visual y edición de la compresión de cilindros

3.17 Análisis económico.

El análisis económico resulta muy necesario e importante para establecer el costo efectivo de la rehabilitación de los cilindros en el motor TC IO 360 D y coincidir con la panificación de materiales, costos y elaboración del proyecto.

A continuación se detallan todos los recursos utilizados para la ejecución de este proyecto, por lo que se ha dividido en dos grupos para facilitar el estudio y son los siguientes:

Recursos

Presupuesto

3.17.1 Recursos

En este espacio el conjunto humano con el que se contó fue con la presencia del aerotécnico de Aerokashurco, director del proyecto y del investigador.

Tabla 3.8. Talento humano

Investigador	Alejandro Bolaños
Docentes	ITSA
Personal técnico	ITSA – AEROKASHURCO
Director de proyecto	ITSA

3.17.2 Presupuesto.

Precedentemente en el estudio económico del anteproyecto se mostró un estimado de \$1332 de acuerdo a lo que necesitaba el motor TC IO-360 D. A continuación se describen los diferentes materiales y gastos en los cuales se invirtió varias sumas de dinero en el lapso de la ejecución del presente proyecto.

Análisis de costos.

Para la ejecución del proyecto hubieron múltiples gastos desde mano de obra hasta la compra de mecanismos muy importantes para el buen desempeño del motor, estos costos se los dividió en costos primarios y secundarios los cuales son presentados a continuación.

Costos primarios.

- Componentes/mecanismos.
- Parte logística.

Costos secundarios.

- Gastos varios
- Elaboración de textos.

3.17.2.1 Costos primarios.

3.17.2.1.1 Costos de componentes/mecanismos.

Tabla 3.9. Costos de componentes/mecanismos.

Detalle	Cantidad	Valor unitario en USD	Total en USD
Piñón de arrastre de la bomba	1	125	125
Manguera hidráulica	5	6	30
Unidad de control aire combustible	1	200	200
Magneto	2	100	200
Bujías	12	50	600
Arnés de bujías	2	30	60
Ferretería	1	50	50
Acople motor de arranque (clotch)	1	150	150
Conjunto de hélice	1	200	200
Motor de arranque	1	125	125
Total gastos			1740

3.17.2.1.2 Total de gastos primarios.

Tabla 3.10.Total gastos primarios

Nº	Detalle	Valor en USD
1	Costo de componentes/piezas	1740,00
2	Parte logística	102,00
TOTAL		1842,00

3.17.2.2 Costos secundarios.

3.17.2.2.1 Total de gastos secundarios

Tabla 3.11.Total gastos secundarios

Nº	Detalle	Valor en USD
1	Elaboración de textos	200,00
TOTAL		200,00

3.17.2.3 Costo total del proyecto.

Tabla 3.12.Costo total proyecto

Nº	Detalle	Valor en USD
1	Gastos primarios	1842,00
2	Gastos secundarios	200,00
TOTAL		2042,00

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se logró identificar cada uno de los componentes que afectan a la medición de la compresión del motor.

- Se verificó el funcionamiento de cada uno de los elementos que integran el sistema de medición de la compresión de cilindros.

- Se realizó el mantenimiento preventivo y correctivo a los componentes que presentaron ciertas irregularidades, utilizando herramientas y equipos adecuados, los que dieron paso a la ejecución de un buen mantenimiento y a la realización de la medición de la compresión de cilindros de una manera correcta y segura.

- Se efectuó la medición de la compresión de cilindros sabiendo que es un factor muy importante para establecer el estado en que se encuentran los cilindros.

- Se verificó que el motor funciona de manera correcta al momento de encenderlo obteniendo los resultados esperados.

4.2 Recomendaciones

- Para realizar cambios e inspecciones del motor TC IO 360 D siempre debemos regirnos al manual de Overhaul y así obtendremos el resultado esperado, principalmente en los componentes que afectan a la medición de la compresión de cilindros.
- Instalar repuestos originales del motor al momento de reemplazar algún componente defectuoso para garantizar un buen desempeño del motor y sobre todo cuidar la integridad del mismo.
- Es muy necesario que al realizar el montaje y desmontaje de los cilindros se disponga de todas las herramientas necesarias y del apoyo de personal calificado para mayor eficiencia y seguridad.
- Gestionar la consecución de un medidor de presión diferencial para realizar la medición de la compresión de cilindros del motor TC IO 360 D (21) del Instituto cada vez que sea indispensable.
- Al momento de encender el motor seguir los pasos que se encuentran en el manual de operación del motor para evitar cualquier tipo de daño en este.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Carrera del pistón: Es la medida de desplazamiento del pistón desde el PMS AL PMI o viceversa

Cilindro: Es la cámara interna del motor donde se desarrolla la compresión, combustión y expansión de los gases.

Cuatro ciclos: Abreviatura de "ciclo de cuatro tiempos." Se refiere a las cuatro carreras del pistón en completar un ciclo de funcionamiento del motor (admisión, compresión, explosión y Escape).

Culata o cabeza de cilindro: Es la zona con mayor cantidad de aletas de refrigeración, con el fin de aumentar la transmisión de calor al máximo y mejorar la refrigeración.

Exceso de velocidad: Cuando un motor ha excedido sus revoluciones nominales por minuto.

Inyección de combustible: Un proceso de medición de combustible en un motor por medios distintos de un carburador.

Mantenimiento correctivo: Corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos.

Mantenimiento preventivo: Destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad.

Mezcla: Proporción de la mezcla. La proporción de combustible a aire usado para la combustión.

Perno: Elemento metálico largo de sección constante cilíndrica, normalmente hecho de acero o hierro. Está relacionado con el tornillo pero tiene un extremo de cabeza redonda, una parte lisa, y otro extremo roscado para la chaveta, tuerca, o remache, y se usa para sujetar piezas en una estructura, por lo general de gran volumen.

Punto muerto inferior: Es el punto mínimo en sentido descendente.

Punto muerto superior: Posición de desplazamiento máximo en sentido ascendente.

Compresión de aire: Se refiere a una tecnología o aplicación técnica que hace uso de aire que ha sido sometido a presión por medio de un compresor.

Motor alternativo: Son motores térmicos en los que los gases resultantes de un proceso de combustión, empujan un émbolo o pistón, desplazándolo en el interior de un cilindro y haciendo girar un cigüeñal, obteniendo finalmente un movimiento de rotación.

Eficiencia térmica: Capacidad para transformar calor en movimiento

Rehabilitación: Acción y efecto de rehabilitar. Este verbo refiere a restituir a alguien o algo su antiguo estado, habilitándolo de nuevo.

Nicromio: Aleación especial de níquel, cromo, hierro.

Relación de compresión: Número que permite medir la proporción en que se ha comprimido la mezcla de aire-combustible o el aire dentro de la cámara de combustión de un cilindro.

Tiempo entre revisiones: Generalmente se expresa en horas de funcionamiento.

Tornillo: Elemento u operador mecánico cilíndrico con una cabeza, generalmente metálico, aunque pueden ser de madera o plástico, utilizado en la fijación

temporal de unas piezas con otras, que mediante una fuerza de torsión ejercida en su cabeza con una llave adecuada o con un destornillador, se puede introducir en un agujero roscado a su medida o atravesar las piezas y acoplarse a una tuerca.

Torque: Momento de torsión o apalancamiento, en libras-pie (o libras-pulgada).

Válvulas: Son los mecanismos que regulan la entrada y salida del aire y los gases de combustión en el cilindro.

Cámara de combustión del cilindro: Es el lugar donde se realiza la combustión del combustible con el comburente, generalmente aire, en el motor de combustión interna.

Ciclo Otto: Es el ciclo termodinámico que se aplica en los motores de combustión interna de encendido provocado. Se caracteriza porque en una primera aproximación teórica, todo el calor se aporta a volumen constante.

ABREVIATURA UTILIZADA

°C:	Grados Celsius.
°F:	Grados Fahrenheit.
Ft:	Pie o pies.
FT-LBS:	Torque Libras Pie.
IN-LBS:	Torque libra/pulgada.
in. ("):	Pulgadas.
Lbs.:	Libras.
p.s.i.:	Libras por pulgada cuadrada.
R.P.M.:	Revoluciones por minuto.
TBO:	Tiempo entre overhaul-revisión.
Torque:	Fuerza por brazo de palanca.
100-130:	100 Combustible de plomo de bajo octanaje.
1-3-5:	Numeración de los cilindros del lado derecho del motor. De atrás hacia adelante.
2-4-6:	Numeración de los cilindros del lado izquierdo del motor. De atrás hacia adelante.
PMS:	Punto muerto superior.
PMI:	Punto muerto inferior.
TCM:	Teledyne Continental Motors.
P/N:	Número de parte.
S/N:	Número de serie.
CW:	Rotación sentido horario.
CCW:	Rotación sentido anti horario.
1-6-3-2-5-4:	Orden de encendido del motor.
Approx:	Aproximadamente.
Fwd:	Adelante.
Aft:	Atrás.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

Oñate, A.E. (1992). Motores atmosféricos y turbo. Madrid: Paraninfo s.a.

FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1

Jeppesen Maintenance. Technician Power Plant

Tips on Engine Care Your Personal Guide to the Continental Engine

Manuales

Continental® aircraft engine overhaul manual IO 360 series.

Instructional series for aviation mechanics Continental® engine cylinder installation.

SERVICE INFORMATION DIRECTIVE SID O5-1

SERVICE BULLETIN SB96-12

SERVICE BULLETIN M 84-15

Páginas web

<http://www.hangartoolbox.com/rental/engcyl.htm>

<https://www.hangartoolbox.com/rental/cylwrench.asp>

<http://www.sailnet.com/forums/general-discussion-sailing-related/79151-rudder-post-repair-2.html>

<https://static.doghouserepair.com/images/products/3489.jpg>

<http://tcmlink.com/servicebulletins.cfm>

<http://patentados.com/invento/un-empuja-valvulas-hidraulico-para-valvulas-de-un-motor.html>

<http://www.continentalmotors.aero/>