



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES

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

TEMA: MONTAJE DEL MOTOR LYCOMING MODELO IO-540-K1A5 CON NÚMERO DE SERIE RL-10048-48E, HÉLICE DE PASO VARIABLE HARTZELL E INSTALACIÓN DE SUS ACCESORIOS, EN LA AERONAVE PIPER CHEROKEE SIX PA-32 300 CON MATRÍCULA HC-BOJ, PARA LA FUNDACIÓN AMAZONÍA VERDE UBICADA EN LA CIUDAD DE MACAS PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO.

AUTOR: SEMBLANTES SORIA HENRY SANTIAGO

DIRECTOR: ING. RODRIGO BAUTISTA Z.

LATACUNGA

2016



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

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**MONTAJE DEL MOTOR LYCOMING MODELO IO-540-K1A5 CON NÚMERO DE SERIE RL-10048-48E, HÉLICE DE PASO VARIABLE HARTZELL E INSTALACIÓN DE SUS ACCESORIOS, EN LA AERONAVE PIPER CHEROKEE SIX PA-32 300 CON MATRÍCULA HC-BOJ, PARA LA FUNDACIÓN AMAZONÍA VERDE UBICADA EN LA CIUDAD DE MACAS PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO**”, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos, y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **HENRY SANTIAGO SEMBLANTES SORIA** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 14 de diciembre del 2015.

Ing. Rodrigo Bautista.

DIRECTOR



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

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **SEMBLANTES SORIA HENRY SANTIAGO**, con cédula de identidad N° 0504132341, declaro que este trabajo de titulación “**MONTAJE DEL MOTOR LYCOMING MODELO IO-540-K1A5 CON NÚMERO DE SERIE RL-10048-48E, HÉLICE DE PASO VARIABLE HARTZELL E INSTALACIÓN DE SUS ACCESORIOS, EN LA AERONAVE PIPER CHEROKEE SIX PA-32 300 CON MATRÍCULA HC-BOJ, PARA LA FUNDACIÓN AMAZONÍA VERDE UBICADA EN LA CIUDAD DE MACAS PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO**”, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, contenido, legitimidad y peso científico, del presente proyecto de grado, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

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

Latacunga, 14 de diciembre del 2015.



HENRY SANTIAGO SEMBLANTES SORIA

050413234-1



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

AUTORIZACIÓN

Yo, **SEMBLANTES SORIA HENRY SANTIAGO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la Institución el presente trabajo de titulación “**MONTAJE DEL MOTOR LYCOMING MODELO IO-540-K1A5 CON NÚMERO DE SERIE RL-10048-48E, HÉLICE DE PASO VARIABLE HARTZELL E INSTALACIÓN DE SUS ACCESORIOS, EN LA AERONAVE PIPER CHEROKEE SIX PA-32 300 CON MATRÍCULA HC-BOJ, PARA LA FUNDACIÓN AMAZONÍA VERDE UBICADA EN LA CIUDAD DE MACAS PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 14 de diciembre del 2015.

HENRY SANTIAGO SEMBLANTES SORIA

050413234-1

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios por darme salud y vida permitiendo así que pueda cumplir con uno de mis objetivos.

A mi Madre, ya que con su demostración de amor, me ha enseñado a no desfallecer, rendirme y sobre todo a seguir adelante, perseverar por los sueños y metas que me he propuesto en mi vida, y siempre me ha enseñado desde muy pequeño a luchar, seguir adelante y nunca dejarme vencer por las adversidades de la vida por muy difícil que estas sean.

A mi Padre por darme ese apoyo incondicional que tanto lo necesitaba y por estar siempre a mi lado cuando más lo necesito, y por haberme apoyado en todo el transcurso de mi carrera.

A mis hermanos y toda mi familia ya que de una u otra manera me han apoyado incondicionalmente durante toda la transición en el instituto.

A mis amigos y a todas las personas quienes me han apoyado de una manera desinteresada, durante el presente trabajo.

SEMBLANTES SORIA HENRY SANTIAGO

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por haberme dado la vida, sabiduría, e inteligencia para poder demostrar mis capacidades en las aulas de La Unidad de Gestión de Tecnologías y de esta manera poder culminar con mi carrera.

A mis padres y hermanos por el apoyo incondicional y el afecto de amor que me han brindado cada momento de mi vida, porque han contribuido positivamente para llegar al logro de mi meta profesional.

El agradecimiento muy especial, a la Unidad de Gestión de Tecnologías (ESPE), por haber sido el ente principal en brindarme sus conocimientos y darme la oportunidad de ser parte de su familia y guiarme por el camino de la sabiduría para llegar a ser un excelente alumno, también por haberme formado con un conocimiento de carácter formal y humanístico listo para enfrentarme a la vida profesional.

Así como también, a la Fundación Amazonía Verde la cual fue la herramienta principal para realizar este trabajo, la misma que me facilitó la información necesaria para poder hacer realidad el presente trabajo de graduación.

SEMBLANTES SORIA HENRY SANTIAGO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE DIAGRAMAS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	2
1.4 OBJETIVOS	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 ALCANCE	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 AERONAVE PIPER CHEROKEE SIX PA 32-300	6
2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES	7
2.3 MOTORES DE AVIACIÓN	9
2.3.1 Motores de explosión o pistón.	9
2.3.2 Motor de cilindros horizontalmente opuestos.	10

2.4	MOTOR LYCOMING IO-540.....	11
2.4.1	Numeración de los cilindros	12
2.5	PARTES DEL MOTOR LYCOMING.	13
2.5.1	Cilindros.....	13
2.5.2	Émbolo.....	15
2.5.4	Biela.....	18
2.5.5	Cigüeñal.....	19
2.5.6	Válvulas	20
2.5.7	Árbol de levas	21
2.5.8	Cárter	23
2.5.9	Otros elementos.....	23
2.6	SISTEMA DE COMBUSTIBLE.....	24
2.6.1	Combustible	24
2.6.2	Depósitos	25
2.6.4	Alimentación de combustible	27
2.6.5	Selectores de combustible	29
2.6.6	Cañerías de combustible	29
2.6.7	Filtros de combustible	30
2.6.8	Inyección de combustible.....	31
2.6.9	Unidad de control de aire-combustible.....	31
2.6.10	Colector-distribuidor de combustible	32
2.6.11	Inyectores de combustible	33
2.6.12	Ventajas del sistema de inyección	34
2.7	SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	35
2.7.1	Bomba de aceite	36
2.7.2	Radiador de aceite (Oil cooler)	36

2.7.3	Filtro de aceite	37
2.7.4	Tapón de llenado y varilla medidora	38
2.7.5	Indicadores	39
2.8	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	40
2.8.1	Generalidades.....	40
2.8.2	Aletas de refrigeración	40
2.8.3	Baffles	41
2.8.4	Temperatura	42
2.9	SISTEMA ELÉCTRICO.....	43
2.9.1	Generalidades.....	43
2.9.2	Batería	43
2.9.4	Alternador	44
2.9.5	Encendido	45
2.9.6	Magnetos Slick.....	46
2.9.7	Arnés de ignición Slick	48
2.9.8	Bujías champion	49
2.10	SISTEMA PROPULSOR (HÉLICE)	50
2.10.1	Funcionamiento de la hélice	50
2.10.2	Hélice Hartzell de paso variable.....	51
2.10.3	Mandos de la propulsión	52
2.10.4	Gobernador de la hélice.....	53
2.10.5	Tacómetro.....	54
2.11	EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP).....	55
2.11.1	Clasificación de los E.P.P	55

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 PRELIMINARES	57
3.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	57
3.2.1 Factor técnico.	58
3.2.2 Factor económico.	58
3.2.3 Factor legal.	58
3.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD APLICADAS	58
3.4 DESARROLLO DEL TEMA.....	59
3.4.1 Instalación del motor Lycoming IO-540.....	59
3.5 INSTALACIÓN DE LOS ACCESORIOS	61
3.5.1 Instalación de los baffles.....	61
3.5.2 Instalación del enfriador de aceite (oil cooler)	62
3.5.3 Instalación de la bomba de vacío.....	63
3.5.4 Instalación del alternador	64
3.5.5 Instalación del motor de arranque.....	65
3.5.6 Instalación de las bujías.....	66
3.5.7 Instalación del arnés de ignición	67
3.5.8 Instalación de la Unidad de Combustible	68
3.5.9 Conexión de las cañerías de combustible.....	69
3.5.10 Instalación del filtro de aire	70
3.5.11 Instalación de los ductos de escape	71
3.5.12 Instalación del sensor de temperatura de gases de escape (EGT) ..	72
3.5.13 Conexión de cañerías y otros	73
3.6 INSTALACIÓN DE LA HÉLICE	74
3.6.1 Limpieza e inspección de la hélice.....	74

3.6.2	Instalación.....	74
3.6.3	Instalación del gobernador.....	75
3.7	CONEXIÓN DE LA BATERÍA	76
3.8	LLENADO DE ACEITE EN EL MOTOR.....	76
3.8.1	Instalación de capotas	77
3.9	AJUSTE Y CALIBRACIÓN.....	78
3.9.1	Ajuste y calibración del gobernador de la hélice	78
3.9.2	Ajuste y calibración de los controles de aceleración y mezcla.....	79
3.10	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO.....	79
3.10.1	Test de operación en tierra	80
3.10.2	Test de operación, luego de la corrida del motor	81
3.11	DIAGRAMAS DE INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN	83
3.10	ESTUDIO ECONÓMICO.....	86
3.10.1	Costos directos	87
3.10.2	Costos indirectos	87
3.10.3	Costo total.....	88

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	CONCLUSIONES	89
4.2	RECOMENDACIONES.....	90
	GLOSARIO	91
	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aeronave Piper Cherokee Six PA 32-300.....	7
Figura 2. Dimensiones de la Aeronave Piper Cherokee six PA 32-300.....	8
Figura 3. Los cuatro tiempos de un motor recíproco.....	10
Figura 4. Motor de cilindros opuestos	11
Figura 5. Motor Lycoming IO-540	12
Figura 6. Numeración del motor Lycoming	13
Figura 7. Cilindros.....	14
Figura 8. Partes de un pistón	16
Figura 9. Segmentos.....	17
Figura 10. Partes de una biela	19
Figura 11. Partes de un cigüeñal	20
Figura 12. Partes de una válvula	21
Figura 13. Árbol de levas	22
Figura 14. Cáster.....	23
Figura 15. Castillo	24
Figura 16. Esquema del sistema de combustible.....	25
Figura 17. Válvula de drenaje	26
Figura 18. Indicadores de cantidad de combustible.....	27
Figura 19. Bomba reforzadora (booster pump).....	28
Figura 20. Bomba mecánica	29
Figura 21. Selectores de depósito	29
Figura 22. Cañería de combustible	30
Figura 23. Filtro de combustible.....	31
Figura 24. Unidad de control de aire-combustible.....	32
Figura 25. Colector-distribuidor de combustible.....	33
Figura 26. Inyector de combustible	34
Figura 27. Bomba de aceite	36
Figura 28. Radiador de aceite (Oil cooler)	37
Figura 29. Filtro de aceite	38
Figura 30. El tapón de llenado de aceite y varilla medidora.....	38
Figura 31. Indicadores de presión y temperatura de aceite	39

Figura 32. Refrigeración por aire	41
Figura 33. Baffles.....	41
Figura 34. Batería	44
Figura 35. Motor de arranque	44
Figura 36. Alternador	45
Figura 37. Magneto.....	47
Figura 38. Sistema de doble encendido.....	48
Figura 39. Arnés de la magneto.....	49
Figura 40. Bujías.....	50
Figura 41. Hélice.....	51
Figura 42. Hélice de paso variable.....	52
Figura 43. Mandos de la propulsión.....	53
Figura 44. Gobernador de la hélice.....	54
Figura 45. Tacómetro.....	54
Figura 46. Equipo de protección personal.	56
Figura 47. Levantamiento del motor	60
Figura 48. Colocación de pernos de sujeción	60
Figura 49. Montaje del motor Lycoming IO-540.....	61
Figura 50. Limpieza y pintado de los baffles	61
Figura 51. Instalación de los baffles.....	62
Figura 52. Verificación de la rosca de los acoples	62
Figura 53. Instalación del enfriador de aceite	63
Figura 54. Instalación de las cañerías del enfriador de aceite	63
Figura 55. Instalación de la bomba de vacío	64
Figura 56. Instalación del alternador.....	64
Figura 57. Instalación de la banda del alternador	65
Figura 58. Instalación del motor de arranque	65
Figura 59. Conexión eléctrica del motor de arranque	66
Figura 60. Instalación de las bujías.....	66
Figura 61. Ajuste de las bujías.....	67
Figura 62. Instalación del arnés de ignición.....	67
Figura 63. Conexión de las bujías.....	68

Figura 64. Instalación de la unidad de combustible	69
Figura 65. Instalación de las cañerías y cables de control.....	69
Figura 66. Instalación de las cañerías y mangueras de combustible	70
Figura 67. Reemplazo del filtro de aire	70
Figura 68. Instalación del filtro de aire	71
Figura 69. Instalación de los ductos de escape	71
Figura 70. Instalación de los ductos de escape	72
Figura 71. Instalación del sensor de temperatura de gases de escape (EGT).....	73
Figura 72. Conexión de cañerías y otros elementos.....	74
Figura 73. Instalación de la Hélice	75
Figura 74. Instalación del gobernador de la hélice.....	75
Figura 75. Instalación del gobernador.....	76
Figura 76. Llenado de aceite mineral.....	77
Figura 77. Instalación de las capotas del motor.....	78
Figura 78. Ajuste y calibración del gobernador de la hélice.....	78
Figura 79. Test de operación del motor en tierra.	81
Figura 80. Acople del manómetro	82
Figura 81. Test de compresión de los cilindros.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Test de operación del motor en tierra.	81
Tabla 2. Test de compresión de los cilindros.....	83
Tabla 3. Equipo y Accesorios Empleados.....	83
Tabla 4. Equipo y Accesorios Empleados.....	84
Tabla 5. Proceso de Ensamblaje	85
Tabla 6. Costos directos	87
Tabla 7. Costos indirectos	87
Tabla 8. Costo total.....	88

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Proceso de Instalación	85
--	----

RESUMEN

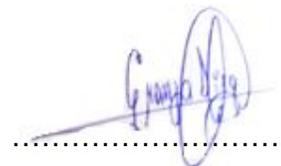
El presente trabajo de graduación, como es el montaje del motor, hélice e instalación de sus accesorios; se realizó por una necesidad existente en la Fundación Amazonía Verde, ya que su aeronave no se encuentra operativa por circunstancias de overhaul de su motor, causando problemas a la colectividad de la Amazonía ya que no pueden hacer uso de este servicio comunitario, teniendo en cuenta que es el único medio de transporte. Por lo tanto se presenta la necesidad de tener la aeronave en óptimas condiciones de aeronavegabilidad. El Capítulo I, se presenta el tema que es una necesidad de la Fundación el cual se busca dar solución mediante el cumplimiento de los objetivos que están planteados para la realización del presente proyecto. En el Capítulo II, contiene el marco teórico en donde se hace referencia a toda la información del motor, hélice y sus accesorios, además de la información referente a fuentes bibliográficas y de documentación técnica de la aeronave. El capítulo III, se detalla todo el proceso de montaje del motor, hélice e instalación de sus accesorios, siguiendo cada uno de los procedimientos establecidos en el manual de mantenimiento, manual de overhaul del motor y el catálogo ilustrado de partes. Tomando en cuenta todas las normas de seguridad, pruebas de funcionamiento del motor en tierra y finalizar con el respectivo vuelo de prueba de la aeronave. En el capítulo IV, contienen las conclusiones que se obtiene luego de haber finalizado con todo el trabajo, para realizar sus respectivas recomendaciones durante el proceso de realización del mismo.

PALABRAS CLAVES:-Montaje- Motor- Hélice- Manual- Aeronavegabilidad.

ABSTRACT

The present work is the assembly of engine, propeller and installation accessories. It was made because of the necessity in the Amazon Green Foundation. It is because of its aircraft is not working for circumstances of its engine overhaul. It causes problems to the community of the Amazon because they can not make use of this community service, taking into account that it is the only mean of transport. Therefore arises the need to have the aircraft in an optimal airworthy. Chapter I, the topic is presented as a need of the Foundation that seeks to provide a solution by meeting the goals that are set for the implementation of this project. Chapter II contains the theoretical framework which refers to all information of engine, propeller and accessories, as well as the information concerning to bibliographical sources and technical documentation of the aircraft. Chapter III, mentions about the entire engine assembly process, propeller and accessories installation following each of the procedures in the maintenance manual, the engine overhaul manual and the illustrated parts catalog. It also takes into account all safety standards, engine performance ground testing and finally the respective test flight of the aircraft. Chapter IV contains the conclusions obtained after having completed all the work to make their recommendations during the making process.

KEYWORDS: Assembly- Engine- Propeller- Manual- Airworthiness



Checked by:

Lic. Diego Granja

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 ANTECEDENTES

La Fundación Amazonía Verde se encuentra ubicada en la ciudad de Macas Provincia de Morona Santiago, Aeropuerto Coronel Edmundo Carvajal Avenida Amazonas y 5 de Agosto, la cual está encaminada a realizar vuelos comunitarios hacia los diferentes lugares dentro de la Amazonía Ecuatoriana.

La Fundación Amazonía Verde viene brindando su servicio de transporte aéreo comunitario desde hace muchos años atrás, y muchas personas de la Amazonía especialmente de la provincia de Morona Santiago son beneficiadas, ya que este es el único medio de transporte hacia las comunidades, las personas se trasladan con sus productos y pueden venderlos en la ciudad de Macas, de esta manera obtienen sus ingresos para poder llevar el sustento diario de sus familias, por lo que la Fundación cuenta con dos aeronaves para prestar este servicio.

En la actualidad la Fundación cuenta con sus aeronaves en proceso de mantenimiento programado o “Revisión Periódica”, ya que sus motores han cumplido con su ciclo de horas de funcionamiento (T.B.O) debido a que sus aeronaves vuelan todos los días brindando su servicio a la colectividad por lo que se necesita realizar el **“MONTAJE DEL MOTOR LYCOMING MODELO IO-540-K1A5 CON NÚMERO DE SERIE RL-10048-48E, HÉLICE DE PASO VARIABLE HARTZELL E INSTALACIÓN DE SUS ACCESORIOS, EN LA AERONAVE PIPER CHEROKEE SIX CON MATRÍCULA HC-BOJ”**, por lo tanto la Fundación al momento no puede prestar su servicio de transporte aéreo comunitario.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Fundación Amazonía Verde al momento cuenta con sus aeronaves en proceso de mantenimiento, ya que los motores cumplieron su ciclo de horas de funcionamiento T.B.O, por lo tanto la Fundación no puede prestar sus servicios de transporte aéreo comunitario debido a que sus aeronaves no se encuentran operativas; mediante el cual sus usuarios se ven afectados ya que este es el único medio de transporte y obligadamente necesitan trasladarse hacia los diferentes destinos dentro de la Amazonía, así como también la Fundación es afectada por pérdida de ingresos económicos.

Las personas de la Amazonía no se pueden trasladar desde las comunidades hacia la ciudad de Macas, generando un gran inconveniente porque no pueden vender sus productos y esto representa pérdidas económicas ya que este es el medio de ingreso económico más importante para ellos.

La Fundación Amazonía Verde necesita realizar el montaje del motor, hélice e instalación de sus accesorios en la aeronave PIPER CHEROKEE SIX con matrícula HC-BOJ, la misma que debe encontrarse lista para la certificación de operación después de su mantenimiento programado.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Los niveles de conocimientos adquiridos en La Unidad de Gestión de Tecnologías por parte del estudiante en el mantenimiento de aeronaves, permite emprender un mayor interés con el cumplimiento de leyes y parámetros impuestos por la autoridad aeronáutica tanto la inspección, el control, el mantenimiento y reparación de equipos y sistemas aeronáuticos, obteniendo así un monitoreo de cada uno de sus componentes, partes y equipos instalados.

En el presente proyecto se encuentran involucrados los diferentes sistemas de la aeronave y el motor, los mismos que se encuentran detallados

por capítulos en los manuales de mantenimiento, dando la facilidad al estudiante para el proceso de Montaje del motor, hélice y sus respectivos accesorios en la aeronave antes mencionada, cumpliendo con todos los parámetros permisibles.

Para ello es necesario la utilización de los diferentes manuales específicos para dicho trabajo, manipulando herramientas necesarias y equipo adecuado, tomando en cuenta todas y cada una de las normas de seguridad; bajo la supervisión de técnicos capacitados quienes van a dirigir las operaciones de trabajo dando mayor seguridad y realce al trabajo de graduación.

Mediante el montaje del motor, hélice e instalación de sus accesorios en la aeronave PIPER CHEROKEE SIX con matrícula HC-BOJ, se pretende dar solución al inconveniente suscitado, porque sin su realización la mayoría de las personas que viven dentro de la Amazonía en las diferentes comunidades se verían afectadas, tomando en cuenta que la aviación es su único medio de transporte. Este proyecto de grado busca dar solución a una necesidad que se ha encontrado en la Fundación antes mencionada, con la ayuda al personal técnico de mantenimiento en la rehabilitación de la aeronave, la misma que cumplirá con todos los estándares de aeronavegabilidad. Favoreciendo a toda la colectividad de la Amazonía, mediante el transporte aéreo con un servicio de calidad y altos estándares de seguridad hacia todas las comunidades de la región amazónica de la provincia de Morona Santiago.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Realizar el montaje del motor Lycoming modelo IO-540-K1A5 con número de serie RL-10048-48E, hélice de paso variable Hartzell e instalación de sus accesorios, en la aeronave Piper Cherokee Six con matrícula HC-BOJ para la Fundación Amazonía Verde ubicada en la ciudad de Macas provincia de Morona Santiago, utilizando toda la documentación técnica necesaria como guía para su desarrollo.

1.4.2 Objetivos específicos

- Recopilar y clasificar la información necesaria de los manuales de mantenimiento para realizar el montaje del motor, hélice y sus accesorios en la aeronave.
- Realizar el montaje del motor y hélice (productos clase uno), con sus respectivos accesorios (productos clase dos) en la aeronave, tomando en cuenta todas y cada una de normas de seguridad.
- Realizar las pruebas de funcionamiento y operación del motor, hélice y accesorios.

1.5 ALCANCE

Este proyecto de grado, montaje del motor Lycoming modelo IO-540-K1A5 con número de serie RL-10048-48E, hélice de paso variable Hartzell e instalación de sus accesorios, en la aeronave Piper Cherokee Six PA-32 300 con matrícula HC-BOJ, está dirigida a colaborar en las necesidades de todos los técnicos del área de mantenimiento de la Fundación Amazonía Verde, ya que con la ayuda de dicho personal de la Fundación se puede realizar el presente proyecto, habilitando la aeronave para que pueda seguir con sus operaciones normales, de esta manera se contribuye con el desarrollo de la región, manteniendo las aeronaves que cumplan con todos los estándares de aeronavegabilidad y operación, brindando de esta manera medios de transporte con altos estándares de calidad y seguridad a todos los usuarios de las diferentes nacionalidades dentro de la Amazonía Ecuatoriana.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 AERONAVE PIPER CHEROKEE SIX PA 32-300.

La aeronave Piper Cherokee Six es una serie de aeronaves ligeras de tren fijo y de seis o siete asientos fabricadas por la compañía estadounidense Piper Aircraft entre 1965 y 2007, esta aeronave consta de un solo motor de cilindros opuestos con sistema de inyección de combustible y con una hélice de paso variable.

La aeronave tiene ala baja, la misma que está unida a cada lado del fuselaje mediante pernos de fijación.

Los asientos pueden ser removidos por lo que la aeronave se puede utilizar para pasajeros o para carga.

El fuselaje de la Aeronave Piper Cherokee Six es de una estructura convencional semi-monocoque y tiene un compartimiento para equipaje en la parte derecha de la nariz entre la cabina y el motor, una puerta en la cabina para la tripulación así como una gran puerta doble en la parte posterior izquierda que facilita el acceso de los pasajeros y también de la carga.

Posee dos depósitos de combustible principales y dos depósitos auxiliares que se encuentran en la misma ala.



Figura 1. Aeronave Piper Cherokee Six PA 32-300

2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES

- **Tripulación:** 1
- **Capacidad:** cinco pasajero (seis con asiento opcional)
- **Longitud:** 8,4 m (27,56 ft)
- **Envergadura:** 10 m
- **Altura:** 2,4 m
- **Superficie alar:** 16,5 m (177,61 ft)
- **Peso vacío:** 811 kg (1.787,44 libras)
- **Peso cargado:** 1.542 kg (3.398,57 libras)
- **Peso máximo de despegue:** 2450lbs.
- **Peso básico vacío:** 1820,50 lbs.
- **Capacidad máxima de combustible:** 432,72 lbs.
- **Equipaje máximo:** 200 lbs.
- **Peso rampa:** 2758 lbs.

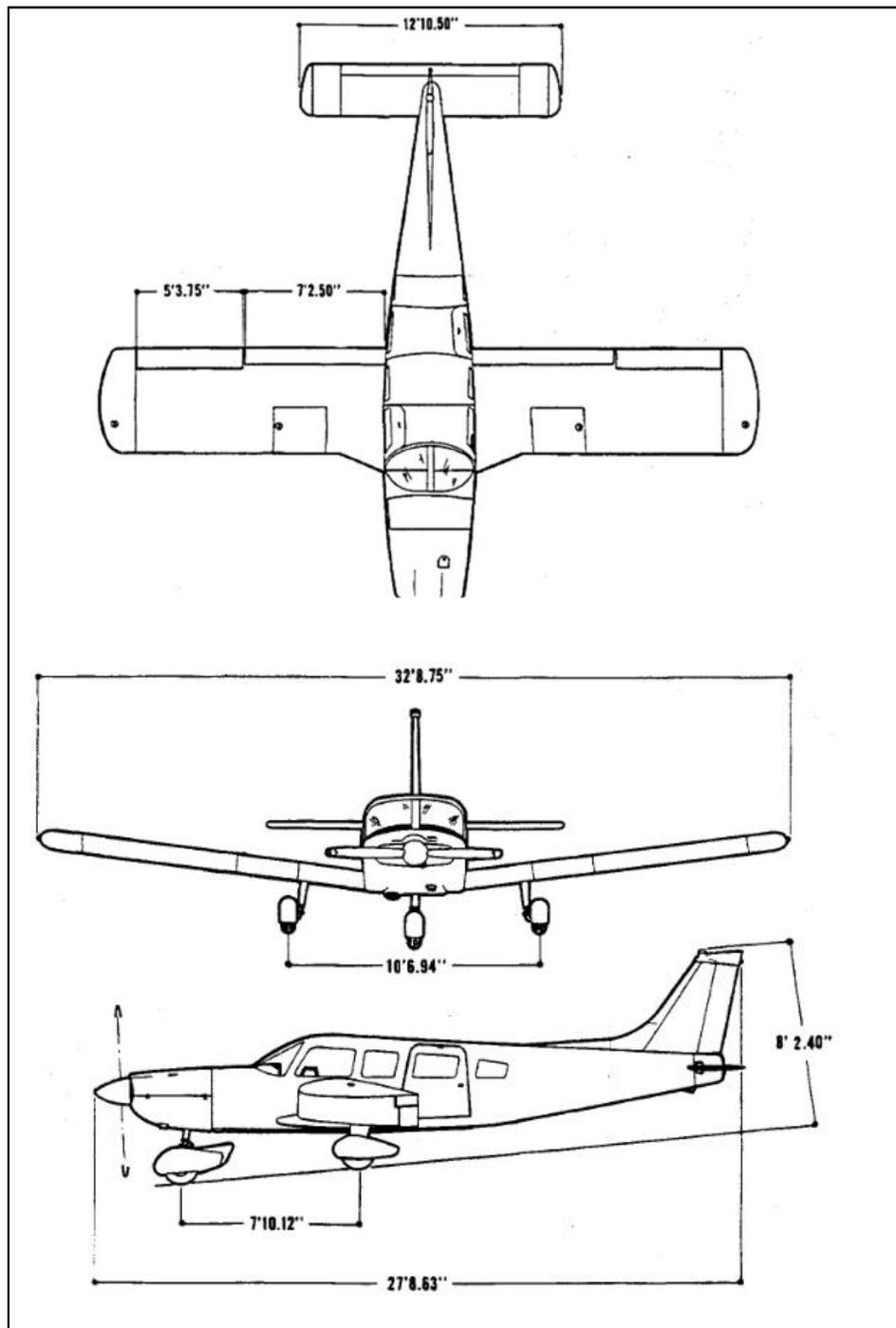


Figura 2. Dimensiones de la Aeronave Piper Cherokee six PA 32-300

Fuente: (Piper Aircraft, 1967)

2.3 MOTORES DE AVIACIÓN.

Los motores de aviación o motores aeronáuticos son aquellos que se utilizan para la propulsión de aeronaves mediante la generación de una fuerza que desplaza al avión o aeronave hacia adelante. Los motores son los mecanismos que transforman la energía química presente en el combustible en energía mecánica.

2.3.1 Motores de explosión o pistón.

La aviación como se conoce comenzó con la propulsión de aeronaves mediante motores a pistón, también llamados motores alternativos o recíprocos.

Este tipo de motor consta básicamente de cilindros, pistones, bielas y un cigüeñal. En el interior de cada cilindro, un pistón realiza un movimiento de arriba abajo, movimiento que mediante una biela transmite al cigüeñal, de forma que el movimiento rectilíneo del pistón se convierte en movimiento giratorio del cigüeñal.

En aviación, la mayoría de estos motores son de cuatro tiempos, llamados así porque un ciclo completo de trabajo se realiza en cuatro movimientos del pistón.

- **Admisión:** El pistón situado en la parte superior del cilindro (punto muerto superior), realiza un movimiento de bajada con la válvula de admisión abierta succionando una mezcla de aire y combustible.
- **Compresión:** Desde la parte inferior del cilindro (punto muerto inferior), el pistón hace un movimiento de subida estando las válvulas cerradas, lo cual comprime la mezcla admitida en la fase anterior.

- **Explosión:** Con el pistón en la parte superior, una chispa procedente de las bujías hace explotar la mezcla comprimida de aire y combustible. Esta explosión lanza violentamente al pistón hacia abajo.
- **Escape:** Desde la parte inferior, al realizar la carrera hacia arriba con la válvula de escape abierta, el pistón empuja y expulsa los gases del cilindro. Al llegar al punto muerto superior, se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión comenzando de nuevo el ciclo.

El movimiento del cigüeñal se transmite a través de engranajes o correas dentadas al árbol de levas, el cual mediante unos empujadores y balancines o a veces directamente, se encarga de abrir y cerrar las válvulas en el momento adecuado. Este giro también se transmite al sistema de ignición, el cual hace saltar la chispa en las bujías en el instante justo.

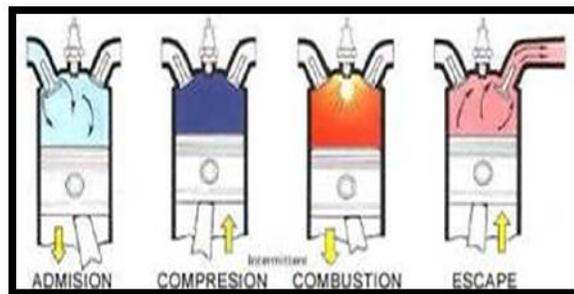


Figura 3. Los cuatro tiempos de un motor recíproco

Fuente: (Grupo Aracuan, 2016)

2.3.2 Motor de cilindros horizontalmente opuestos.

Estos motores son de 4, 6 y excepcionalmente de 8 cilindros que se ubican en bancadas con pares de cilindros en contraposición. Los motores de cilindros opuestos impulsaron la aviación general son relativamente pequeños, livianos y pueden ajustarse en compartimientos de aviones pequeños donde los motores radiales podrían resultar demasiado grandes, o resultaban ser aviones muy pequeños y baratos como para albergar una

turbina. Estos motores se siguen fabricando hasta la actualidad por diversas compañías generalmente estadounidenses, alemanas, francesas y rusas, ya que son usados por una amplia gama de aviones ligeros tanto de aviación general, como de aviación militar y comercial. Eventualmente el octanaje ofrecido para operarlos se incrementó hasta la actual medida de 100 a 110 octanos en la gasolina AvGas.



Figura 4. Motor de cilindros opuestos

2.4 MOTOR LYCOMING IO-540.

- **Descripción del modelo del motor.**

I: Sistema de inyección de combustible.

O: Motor de cilindros opuestos.

540: Desplazamiento.

K1A5: Serie de actualización del motor.

El motor Lycoming IO-540-K1A5 tiene una capacidad de 300 hp a 2700 rpm. Este motor tiene una relación de compresión de 8.7 a 1 y requiere combustible con un octanaje mínimo entre 100-130 octanos.

El motor tiene seis cilindros opuestos refrigerados por aire, la cabeza de los cilindros esta construida de aleación de aluminio.

Este motor esta equipado con un arrancador de engranaje, un alternador de 60 amperios, dos magnetos, una bomba de vacío, una bomba de combustible tipo diafragma y con un sistema de inyección de combustible.



Figura 5. Motor Lycoming IO-540

2.4.1 Numeración de los cilindros

Los cilindros se identifican con un número para todos los efectos prácticos, tanto de operación como de mantenimiento.

La regla es que siempre se considera que la hélice es la parte delantera del motor, independiente de la posición de montaje del motor en el avión.

El ultimo cilindro de la derecha el más cercano a la hélice, tiene el número 1, el último de la izquierda el 2, el penúltimo de la derecha el 3, y así sucesivamente.

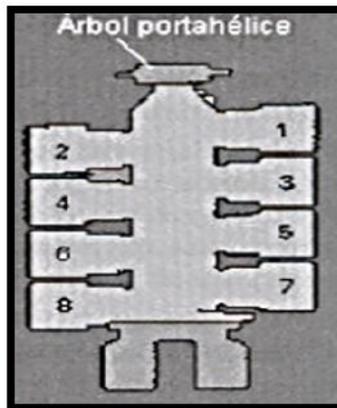


Figura 6. Numeración del motor Lycoming

Fuente: (Esteban, 2007)

2.5 PARTES DEL MOTOR LYCOMING.

2.5.1 Cilindros.

Se llama cilindro la cámara interna del motor donde se desarrolla la compresión, combustión de la mezcla de aire y gasolina, y expansión de los gases.

De las tres funciones básicas que cumple el cilindro (como cámara interna donde se desarrolla la compresión del aire, combustión, y expansión de los gases), se derivan los requisitos siguientes:

- a. El cilindro tiene aberturas apropiadas para permitir la entrada de la mezcla carburada en su interior, y la salida de los gases quemados del cilindro.
- b. El cilindro debe tener uno o varios dispositivos para inflamar la mezcla de aire y de combustible, en el momento oportuno. Este dispositivo se llama bujía.
- c. El cilindro debe tener así mismo, algún medio para disipar el calor que genera la combustión. La refrigeración del motor por aire de impacto es el medio físico que permite la evacuación de calor del cilindro.

El cilindro consta de cuerpo y culata. Las dos partes se fabrican independientes y se ensamblan durante la fase de montaje del motor.

El cuerpo es el cilindro propiamente dicho y se fabrica en acero, la parte interior es una camisa de acero al cromo-níquel, muy resistente.

La culata es una pieza moldeada o forjada de aleación ligera de aluminio, de gran resistencia mecánica.

La culata es la zona más poblada con aletas de refrigeración. En esta zona las aletas alcanzan mayor profundidad y superficie, con el fin de aumentar la transmisión de calor al máximo.

Los cilindros son de dos tipos: Cilindros cromados y nitrurados.

El cromado es un tratamiento electroquímico que tiene por objeto depositar una capa de cromo sobre la pared interna del cilindro.

Los cilindros nitrurados se someten a un tratamiento térmico llamado nitruración. La nitruración consiste en difundir en la pared interior del cilindro un elemento químico endurecedor.

La gran desventaja de los cilindros nitrurados es que no son resistentes a la corrosión, como es el caso de los cilindros cromados.



Figura 7. Cilindros

2.5.2 Émbolo.

Se llama émbolo o pistón un cuerpo cilíndrico, en forma de vaso invertido, que se desplaza alternativamente por el interior del cilindro. El émbolo se fabrica en aleación de aluminio de alta resistencia mecánica.

El desplazamiento del émbolo se debe a la presión que ejercen los gases quemados en la cámara de combustión, durante el tiempo de expansión, tiempo activo del ciclo de funcionamiento del motor.

La parte superior del émbolo es la superficie que cierra el volumen interno hermético del cilindro. Esta zona del émbolo recibe directamente la presión del gas, que es la fuerza de desplazamiento del mismo. El trabajo que recibe el émbolo debido a la presión de los gases se transmite al cigüeñal, la transmisión de éste movimiento se efectúa a través de la biela.

Las partes principales del émbolo son cabeza, falda, bulón y segmentos.

- **Cabeza del émbolo.**- Es la parte superior, sobre la cual actúa directamente la presión de la mezcla aire combustible.

Su forma es diversa, puede ser plana, cóncava o convexa, según la forma más conveniente para producir una combustión rápida.

- **Falda.**- La falda es la parte lateral del émbolo. Es característico de la falda la presencia de ranuras circulares que sirven para alojar los aros metálicos de estanqueidad, entre el émbolo y la pared interna del cilindro. Los segmentos impiden la fuga directa de los gases desde la parte superior del cilindro hasta el interior del motor.

- **Bulón.-** El bulón es un pasador cilíndrico de acero cementado muy duro, que conecta el émbolo y un extremo de la biela. Este extremo de la biela (que se llama pie de biela) recibe el movimiento alternativo del émbolo, hacia arriba y hacia abajo.

El bulón se monta muy ajustado en el alojamiento del émbolo, la razón es que el bulón es de acero y el émbolo de aleación de aluminio. Cuando está en funcionamiento y alcanzan la temperatura normal de trabajo, la holgura es la adecuada a la condición flotante del montaje.

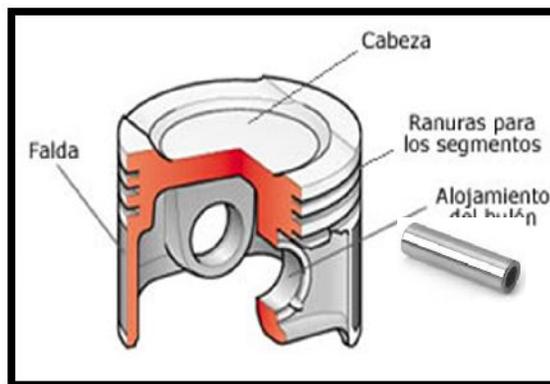


Figura 8. Partes de un pistón

Fuente: (Dani Meganeboy, 2014)

2.5.3 Segmentos

Los segmentos son aros metálicos situados en la parte superior de la falda del émbolo. Producen la estanqueidad entre el émbolo y el cilindro.

Los aros se sitúan en unas ranuras mecanizadas en el émbolo, que se llaman gargantas.

Los segmentos se clasifican en tres grupos, de acuerdo con su función:

- **Segmentos de compresión.** - Son los más cercanos a la parte superior del émbolo, y su función es impedir la fuga de gas de la cámara de combustión. Realizan la función de estanqueidad propiamente dicha.
- **Segmentos de engrase.**- Los segmentos de engrase se colocan en las gargantas que están inmediatamente debajo de los segmentos de compresión, aunque por arriba del bulón. Tienen la función principal de regular el espesor de la película de aceite lubricante que se forma entre la falda del émbolo y la pared interna del cilindro.
- **Segmento recogedor de aceite.**- Está situado en la parte inferior e instalado en una garganta al final de la falda del émbolo. Su función es "barrer" o "rascar" el aceite lubricante que ha quedado en la pared interna del cilindro, y devolverlo al sistema de lubricación. Por esa razón se llama también "segmento rascador" o "recuperador de aceite". A veces, el segmento recogedor se instala invertido. En este caso recibe el nombre de "segmento de fondo".

El motivo de esta instalación es que suele mejorar la lubricación de los segmentos de compresión.

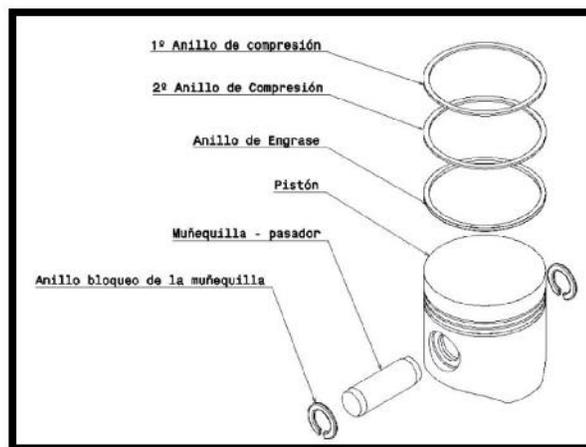


Figura 9. Segmentos.

Fuente: (Dani Meganeboy, 2014)

2.5.4 Biela

Se llama biela la barra articulada que une el émbolo con el eje del motor. La biela transforma el movimiento alternativo del émbolo en movimiento de rotación del eje del motor.

La biela está sometida a grandes esfuerzos por lo que se fabrica en materiales de gran resistencia mecánica, normalmente aleación de aluminio de alta resistencia.

Se llama pie de biela el extremo que se acopla al bulón del émbolo.

La cabeza de biela es el extremo que se une al eje del motor. Se llama caña la barra o cuerpo de la biela que tiene forma de "H" o de "I".

Las bielas de los motores de cilindros horizontales y opuestos pertenecen a lo que llamamos biela simple.

La biela simple tiene un cojinete de apoyo en cada extremo. La cabeza de la biela es el extremo que abraza el eje del motor y está dividida en un plano diametral para permitir el montaje.

El cojinete de este extremo también está dividido en dos mitades, una que encaja a presión en la biela y la otra mitad en el sombrerete.

El cojinete del pie de biela se lubrica mediante aceite a presión que pasa por un orificio taladrado en el cuerpo de la biela.

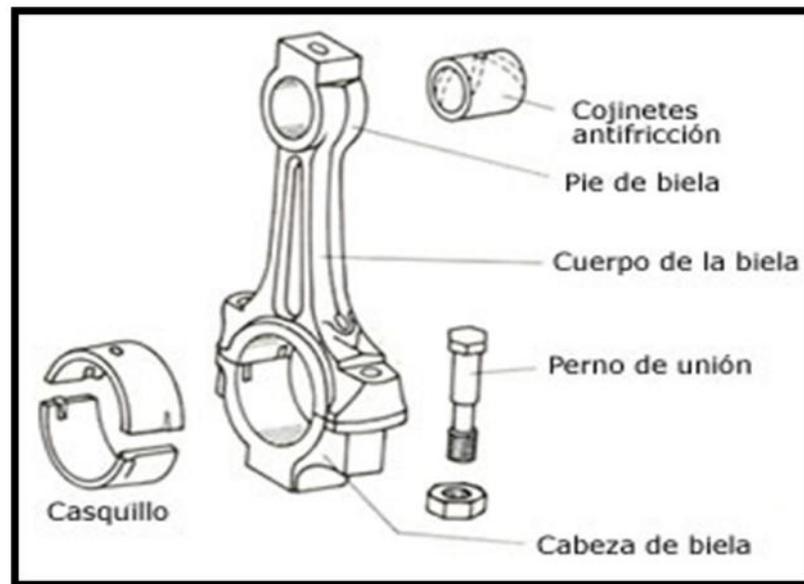


Figura 10. Partes de una biela

Fuente: (Dani Meganeboy, 2014)

2.5.5 Cigüeñal

El movimiento alternativo de los émbolos se transforma en movimiento de rotación del cigüeñal.

El cigüeñal tiene tres partes: muñón, muñequilla y brazos.

- Los muñones son las puntas de apoyo del cigüeñal en la bancada o soporte del eje.
- La muñequilla es el codo donde se ajusta la cabeza de la biela.
- Los brazos del cigüeñal son los tramos rectos que unen la muñequilla con los muñones.

Se llama manivela o codo el conjunto formado por dos brazos y una muñequilla.

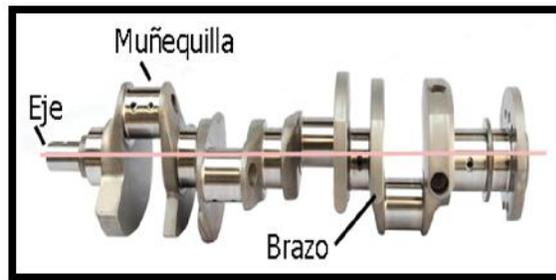


Figura 11. Partes de un cigüeñal

Fuente: (Dani Meganeboy, 2014)

2.5.6 Válvulas

Las válvulas son los mecanismos que regulan la entrada y salida del aire y de los gases de combustión en el cilindro.

Hay dos tipos de válvulas: de admisión y de escape. La válvula de admisión tiene por misión regular el paso de entrada de la mezcla fresca de aire-combustible en el cilindro, mientras que la válvula de escape es la vía de expulsión de los gases quemados del cilindro.

Las válvulas se deslizan sobre guías cuando realizan sus movimientos de abertura o de cierre. Las guías de válvula son unos tubos que se fabrican en bronce o en acero, y se roscan o ajustan en la culata.

El cierre o sellado de la cámara de combustión depende del asiento perfecto que la válvula hace en los orificios. Los asientos de las válvulas son unos anillos circulares, de un material muy duro y resistente, con el fin de proteger la culata del golpeteo continuo de las válvulas al abrir y cerrar.

Las válvulas tienen dos resortes, a veces tres, concéntricos. Una vez comprimidos y montados, los resortes mantienen la válvula contra el asiento del cilindro.

Cada resorte tiene diámetro distinto, el número de espiras de los resortes por unidad de longitud también es diferente.

Esto se hace con el fin de que no entren ambos muelles en vibración al mismo tiempo; de esta forma no hay posibilidad de que se produzcan situaciones donde la válvula "flota", perdiendo sus tiempos correctos de abertura y cierre, ya que cada muelle tiene distinta frecuencia de vibración.

En lo referente a fabricación, las válvulas se fabrican en una pieza en aceros especiales.

Las válvulas de escape están sometidas a condiciones muy severas de funcionamiento, con temperatura de trabajo muy alta y en un ambiente muy corrosivo debido a los productos de la combustión y se fabrican en súper aleaciones (materiales que soportan altas temperaturas de trabajo).

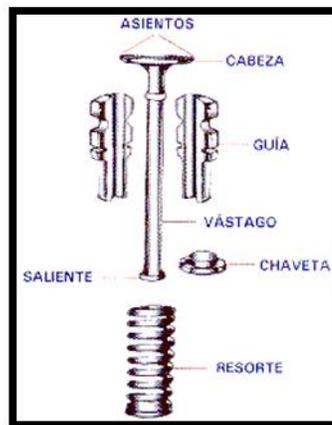


Figura 12. Partes de una válvula

Fuente: (Dani Meganeboy, 2014)

2.5.7 Árbol de levas

El mecanismo que desplaza las válvulas del motor horizontal de cilindros opuestos se llama árbol de levas. Es un eje de acero que tiene mecanizadas

en el mismo las levas que transmiten al taque el movimiento de apertura y de cierre de las válvulas.

El árbol de levas gira a la mitad de vueltas que el cigüeñal.

Los taques de los motores de cilindros horizontales y opuestos pueden ser mecánicos e hidráulicos.

Los taques mecánicos consisten en una varilla de acero de gran dureza y resistencia mecánica. El extremo mayor del taque se apoya en la leva, a la que sigue fielmente en su recorrido. La leva empuja el taque y éste transmite el movimiento al empujador, de esta manera se convierte el movimiento circular de la leva en movimiento alternativo del taque.

La mayor parte de los motores actuales emplean taques hidráulicos. La característica fundamental de los taques hidráulicos es que eliminan en todo momento, la holgura que existe entre la roldana del balancín y la cola o extremo final del vástago de la válvula.

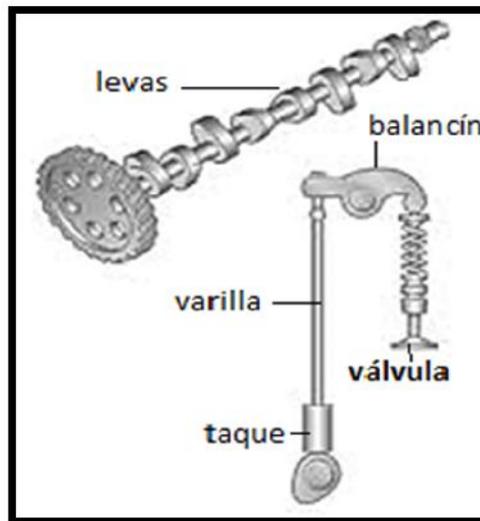


Figura 13. Árbol de levas

Fuente: (Dani Meganeboy, 2014)

2.5 8 Cárter

Es el sumidero de aceite lubricante en los motores de baja potencia.

El cárter húmedo contiene el aceite de lubricación del motor, actúa como depósito interno del lubricante. El cárter mantiene un cierto nivel de aceite, que es aspirado por la bomba de lubricación y puesto en circulación por las cañerías y pasadizos internos del motor.



Figura 14. Cárter

2.5.9 Otros elementos

- **Castillo del motor.-** El castillo no es solo la conexión del motor con la estructura de la aeronave, también sirve para distribuir el peso del motor y disminuir los efectos de la tracción, torque y vibraciones.

Solamente un castillo bien diseñado, adecuadamente construido y correctamente instalado podrá darnos su mejor eficiencia.

En los aviones livianos el castillo se hace en tubo cromo molibdeno (4130) los que son soldados para formar una unidad simple y liviana. Para su soldadura se emplea comúnmente oxiacetileno.

Algunos castillos son diseñados de tal manera de impartir un empuje hacia arriba o hacia abajo, con relación a la línea de vuelo o de acuerdo al

larguero superior del fuselaje, mientras otros castillos están ligeramente inclinados hacia la derecha o hacia la izquierda, a fin de compensar el torque producido por el giro del motor.

La determinación de la inclinación del castillo y obviamente del motor es algo que depende del diseñador de la aeronave, quien conoce y ha calculado los requerimientos aerodinámicos del avión.



Figura 15. Castillo

2.6 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

2.6.1 Combustible

La energía que propulsa a un avión, independientemente del tipo de motor utilizado, se obtiene a partir de la conversión de la energía química contenida en el combustible a energía mecánica, es decir quemando combustible.

Todo avión propulsado por un motor requiere un sistema capaz de almacenar el combustible y transferirlo hasta los dispositivos que lo mezclan con el aire, o lo inyectan en los cilindros.

Los aviones equipados con motores de pistón utilizan gasolina de aviación, producto líquido, volátil e inflamable, compuesto por una mezcla de hidrocarburos.

El octanaje define el poder antidetonante de un carburante en relación a una mezcla de hidrocarburos tomada como unidad base, y se expresa con un término denominado número de octano.

La gasolina de aviación se clasifica por número de octano o grados, y cada fabricante especifica el grado de combustible a utilizar para ese motor, siendo el más común el denominado Av Gas 100-130 (de color azul).

El sistema está compuesto por depósitos, cañerías, sistema de inyección, instrumentos de medida, bombas de combustible, selectores de combustible, distribuidor, inyectores entre otros.

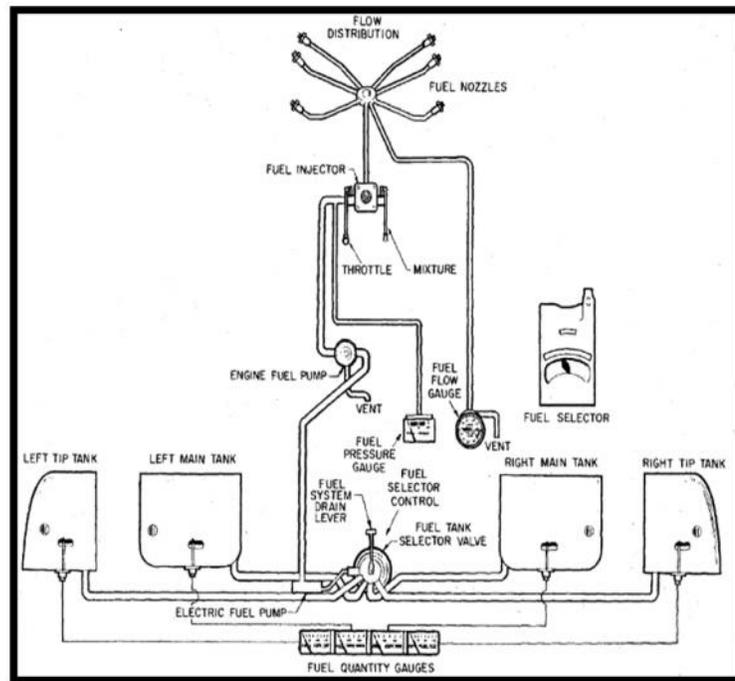


Figura 16. Esquema del sistema de combustible

Fuente: (Piper Aircraft, 1967)

2.6.2 Depósitos

La mayoría de los aviones están diseñados para utilizar el espacio interior de las alas como depósitos lo que se llaman "alas húmedas", en que la propia estructura del ala hace de depósito, utilizándose selladores especiales para impedir el escape del combustible.

Los depósitos tienen una abertura para llenado con su tapa de cierre, unas válvulas para proceder a su drenado, y una toma de aire ambiente. El objetivo de esta toma es permitir que el aire sustituya al combustible gastado, manteniendo así una presión ambiente en la parte vacía del depósito.

Es posible que por condensación se formen gotas de agua en los depósitos, las cuales se depositan en la parte más baja debido a su mayor peso. Lo mismo sucede con las impurezas. Las válvulas de drenado situadas en la parte más baja, sirven para drenar el agua y las impurezas. En algunos aviones, también hay una válvula de drenado en la parte del motor.



Figura 17. Válvula de drenaje

Fuente: (Miguel Ángel Muñoz , 2015)

2.6.3 Indicación de combustible

La cantidad de combustible contenida en cada depósito se muestra al piloto mediante los correspondientes indicadores en el cuadro de mandos, la indicación se da en galones USA debido a que es un avión de construcción estadounidense (1 galón USA equivale aproximadamente a 3,8 litros).



Figura 18. Indicadores de cantidad de combustible.

2.6.4 Alimentación de combustible

En aviones de plano bajos utilizan unas bombas mecánicas y/o eléctricas que envían el combustible a presión, desde los depósitos hacia el motor.

La mayoría de los aeroplanos disponen de dos sistemas a este efecto: un sistema principal cuya bomba es movida mecánicamente por el giro del motor, y un sistema auxiliar que cuenta con una bomba activada eléctricamente, la cual se utiliza para proveer presión adicional al sistema, especialmente en el arranque del motor, en despegue y aterrizaje o en cualquier emergencia o anomalía en el sistema de combustible.

2.6.4.1 Bombas de combustible

Las bombas de combustibles que utiliza un sistema se pueden clasificar como eléctrica (bomba reforzadora) y mecánica (bomba impulsada por el motor.)

- **Bomba reforzadora (booster pump).**- La bomba reforzadora (BOOSTER PUMP), que comúnmente está ubicada en punto más bajo del depósito de combustible, debe estar disponible en la partida del motor, el despegue, el aterrizaje y para utilizarla a grandes alturas. Esta bomba debe tener la capacidad de sustituir o reemplazar a la bomba de combustible accionada por el motor en el momento en que esta fallase.

Este tipo de bomba es parte esencial del sistema de combustible, y se necesita a grandes alturas para mantener la presión a un nivel suficiente en el lado de admisión de la bomba impulsada por el motor, para que nunca sea tan baja y el combustible no forme espuma. La bomba reforzadora también se utiliza para la transferencia de combustible de un depósito a otro, cuando se pone en marcha el motor, y como una unidad de emergencia para suministrar combustible a la unidad de combustible en caso de falla de la bomba impulsada por el motor.

La bomba reforzadora va montada a la salida del estanque en un colector separado, o está sumergida en el fondo de él.

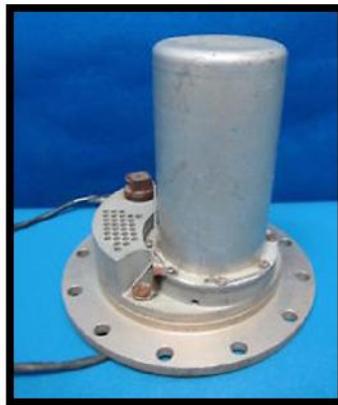


Figura 19. Bomba reforzadora (booster pump)

- **Bomba mecánica.-** Estas bombas deben abastecer de combustible a la unidad de control de combustible a la presión especificada para cada modelo en particular. Esta aeronave utiliza una bomba de combustible tipo diafragma.

Las bombas de diafragma son un tipo de bombas de desplazamiento positivo (generalmente alternativo) que utilizan paredes elásticas (membranas o diafragmas) en combinación con válvulas de retención (check) para introducir y sacar fluido de una cámara de bombeo.

El aumento de presión se realiza por el empuje de unas paredes elásticas que varían el volumen de la cámara aumentándolo y disminuyéndolo alternativamente. Las válvulas de retención controlan que el movimiento del fluido se realice de la zona de menor presión a la de mayor presión.



Figura 20. Bomba mecánica

2.6.5 Selectores de combustible

Con independencia de la forma de alimentación, los conductos de combustible pasan a través de un selector localizado en la cabina, el cual provee al piloto la posibilidad de abrir o cerrar el paso de combustible, y además seleccionar el depósito del cual se alimenta al sistema.

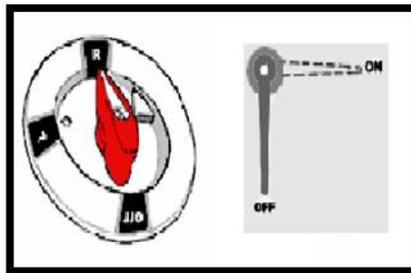


Figura 21. Selectores de depósito

Fuente: (Dani Meganeboy, 2014)

2.6.6 Cañerías de combustible

Cada cañería metálica o manguera de combustible se identifica por una franja clave de color rojo y una estrella, la cual está puesto alrededor de cada extremo. Las tuberías son de metal o de manguera flexible; las primeras de aleación recosida de aluminio, mientras que las otras se fabrican de caucho sintético y de tejido. El grosor de las cañerías o mangueras depende del régimen de consumo del motor.

Las mangueras comúnmente tienen 2 o más capas de tejidos entre el revestimiento interior y la capa exterior, y pueden utilizarse cuando no se requieran mangueras de obturación a prueba de llamas.



Figura 22. Cañería de combustible

2.6.7 Filtros de combustible

Estos filtros son elementos destinados a atrapar las impurezas que pueda contener el combustible, para evitar que estas lleguen a la unidad de combustible y obstruyan los ductos del mismo. Hay diferentes tipos de elementos filtradores, entre los que cabe mencionar los filtros de malla y micrónicos.



Figura 23. Filtro de combustible

Fuente: (Ferros Clásicos, 2015)

2.6.8 Inyección de combustible

Como su nombre lo indica, un motor de inyección inyecta directamente el combustible durante el ciclo de admisión, en los cilindros o en la entrada de la válvula de admisión, mezclándose de esta manera con el aire. Este tipo de sistema requiere bombas de alta presión, una para todos los cilindros o una por cilindro (multi bomba), una unidad de control de aire y combustible, un distribuidor de combustible e inyectores de descarga en cada cilindro, lo cual lo encarece respecto a los sistemas de carburador. Al igual que en los motores con carburador, el piloto controla el flujo de combustible ajustando el control de la mezcla.

2.6.9 Unidad de control de aire-combustible

Tiene una doble función regular la cantidad de aire que entra en el motor; y ajustar la presión del combustible con el fin de obtener la relación de mezcla correcta. La unidad de control tiene tres componentes montados todos ellos sobre el colector de admisión del motor.

- Válvula de estrangulación del aire (corresponde a la válvula mariposa).
- Válvula de control de mezcla (mando de mezcla).
- Válvula medidora de combustible (mando de gases del motor).

La válvula de estrangulación de aire y la válvula medidora de combustible son dos dispositivos acoplados mecánicamente: ambos se mueven mediante la misma palanca de mando. El movimiento de las dos válvulas es armónico, de manera que cuando aumenta el consumo de aire del motor y se abre la válvula de estrangulación, aumenta también el flujo de combustible en la válvula medidora (mando de gases).

La válvula de control de mezcla se desplaza mediante la palanca de mezcla y adopta posiciones desde el corte de combustible (Idle-cutoff) hasta la posición de mezcla rica (Full-rich).



Figura 24. Unidad de control de aire-combustible

2.6.10 Colector-distribuidor de combustible

Es el centro de distribución y de reparto de la gasolina a los cilindros. Tiene la función de suministrar la cantidad de gasolina exacta a cada cilindro, a través de cañerías de acero inoxidable.

Una vez que la gasolina sale de la válvula medidora de combustible (válvula del mando de gases) se dirige hacia el colector distribuidor de combustible.

El colector de combustible cumple dos funciones:

- Distribuir la gasolina dosificada, procedente de la válvula medidora, a cada uno de los cilindros.
- Contribuir a la parada rápida y efectiva del motor, cortando el paso de combustible hacia los inyectores.



Figura 25. Colector-distribuidor de combustible

2.6.11 Inyectores de combustible

Los inyectores de descarga de combustible (uno por cilindro) tienen la función de inyectar gasolina frente a la válvula de admisión del cilindro. La gasolina se transporta por cañerías desde el colector de combustible a los inyectores. Los inyectores están montados en la culata de los cilindros.

Los inyectores descargan el combustible en la puerta de entrada de la válvula de admisión de cada cilindro. El flujo de combustible sale del colector-distribuidor y se reparte por las cañerías que conducen a los cilindros.

El combustible pasa en primer lugar por el orificio calibrado del inyector. Alrededor del cuerpo del inyector hay orificios radiales que permiten la entrada de aire y su mezcla con la gasolina. Se forma así una emulsión que ayudará, posteriormente, a la vaporización completa y rápida de la gasolina.

El porta inyector tiene una rejilla filtro cilíndrica que impide que las impurezas del aire puedan pasar al interior del inyector.



Figura 26. Inyector de combustible

Fuente: (ECURED, 2015)

2.6.12 Ventajas del sistema de inyección

La inyección de combustible presenta varias ventajas, en relación con los sistemas de carburador, que compensan su mayor costo y complejidad.

- Al no existir carburador no hay posibilidad que se produzca hielo en el mismo, aunque en ambos sistemas el hielo que entra por el conducto de admisión del aire puede bloquearlo.
- Mejor flujo de combustible.
- Respuesta más rápida del acelerador.
- Control exacto de la mezcla.
- Mejor distribución del combustible.
- Arranques más fáciles a bajas temperaturas.

La inyección de combustible presenta también algunas desventajas tales como:

- Es más difícil poner en marcha un motor caliente.

- Se forman tapones de vapor durante las operaciones en tierra en días calurosos.
- Es más difícil arrancar un motor parado por falta de combustible.

2.7 SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Recibe este nombre el método utilizado para reducir en lo posible el contacto directo entre dos componentes que se mueven uno respecto al otro, reduciendo la fricción, lo cual se consigue interponiendo una fina película de lubricante entre estas los componentes. El sistema de lubricación tiene como función mantener y renovar de forma continua esta película, y además refrigerar mediante el propio lubricante las partes del motor a las que no puede acceder el sistema de refrigeración. Los lubricantes comúnmente empleados son aceites que provienen del refinado del petróleo, debiendo cumplir una serie de requisitos, principalmente relativos a su viscosidad, de acuerdo con la severidad de las condiciones de operación del motor.

Para determinar la viscosidad del aceite, se utilizan varios sistemas de números, de forma que cuanto menor sea el número más ligero es el aceite. La mayoría de los aceites contiene aditivos para reducir la oxidación e inhibir la corrosión, y los hay que abarcan distintos grados de viscosidad (multigrado). En cualquier caso el aceite utilizado debe corresponder siempre al grado y tipo determinado por el fabricante.

El depósito o sumidero del aceite está localizado en la parte baja del motor. Una bomba accionada por el motor, cuya toma de entrada está sumergida en el depósito, toma el aceite y lo envía a presión pasando por un filtro, a los elementos a lubricar mediante una serie de conductos internos del motor. Estos conductos además de depositar el aceite en los sitios necesarios, se comunican con la mayoría de los ejes giratorios (cigüeñal, árbol de levas) y otros elementos (bielas, bulones de pistón, cojinetes) permitiendo su

lubricación. Una vez cumplida su función, el aceite vuelve al depósito o sumidero por su propio peso.

2.7.1 Bomba de aceite

La bomba que se emplea en los sistemas de lubricación es del tipo de engranajes.

Esta bomba es de desplazamiento constante y por tanto la presión de impulsión depende de la velocidad de rotación de la bomba. Este tipo de bomba precisa de un sistema de regulación de presión con una válvula de alivio para que retorne el aceite al cárter.

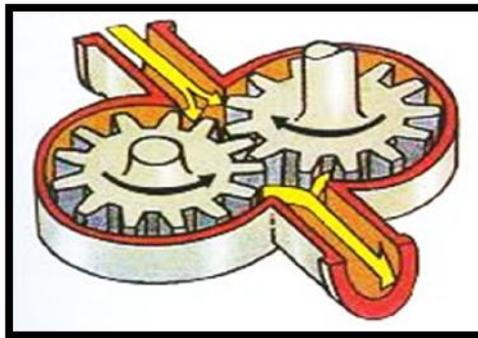


Figura 27. Bomba de aceite

Fuente: (Awesome Inc, 2011)

2.7.2 Radiador de aceite (Oil cooler)

El radiador de aceite es un intercambiador de calor. El radiador está expuesto a la corriente de aire de impacto que enfría el aceite que circula por las celdillas internas del radiador, fabricadas en aluminio o cobre.

La válvula de control de flujo es una válvula termostática, de cápsula sensible a la temperatura del aceite.

Tiene la función de abrir o cerrar el paso del aceite por el interior del radiador.

Así, cuando el aceite está a temperatura normal o frío, la válvula de flujo está abierta.

El aceite entonces tiene dos opciones de circulación: pasar por las celdillas del radiador, un camino muy restrictivo, o seguir la vía más fácil de escapar por la válvula de flujo.



Figura 28. Radiador de aceite (Oil cooler)

2.7.3 Filtro de aceite

El filtro del sistema de lubricación tiene la función de retener los productos contaminantes (partículas y lodos) que pueden obturar las galerías de paso del lubricante por el motor.

En los motores de aviación se emplea por lo general el filtro de flujo total, con filtración en profundidad.

El filtro está hecho de fibra impregnada con resina, formando una hoja que se plisa para formar una superficie arrugada. La hoja plisada está unida a un barril de acero que se encaja en un soporte que forma parte del filtro.



Figura 29. Filtro de aceite

Fuente: (GXE, 2015)

2.7.4 Tapón de llenado y varilla medidora

El tapón de llenado de aceite y varilla medidora (para medir la cantidad de aceite) son generalmente accesibles a través de un panel en la cubierta del motor. Si la cantidad no se ajusta a los niveles recomendados por el fabricante de funcionamiento, el aceite debe ser agregado. El manual proporciona la información sobre el tipo correcto de aceite y el peso, así como mínima y máxima cantidad de aceite.



Figura 30. El tapón de llenado de aceite y varilla medidora

2.7.5 Indicadores

Debido a la importancia de la lubricación en los motores, es de suma importancia chequear tres valores del aceite: cantidad, presión y temperatura. Si la presión del aceite es baja, éste no llegará a todos los elementos a lubricar pudiendo dar lugar a gripajes; por el contrario si la presión es alta, puede haber fugas de aceite por roturas en las conducciones o un exceso de consumo, y en consecuencia dar lugar a gripajes por falta de aceite. Si la temperatura es baja, el aceite no tendrá la fluidez suficiente y dificultará el movimiento entre las piezas, pero si la temperatura es alta el aceite se vuelve demasiado fluido, pierde parte de su capacidad de lubricación y disminuye la presión del sistema.

La monitorización de la presión y la temperatura se realiza por medio de los indicadores correspondientes en el cuadro de mandos. Cada uno de estos indicadores consiste en un dial, graduado a veces, consistente en un arco con unas marcas de colores, sobre el cual una aguja muestra el valor de la medición. La aguja en el arco blanco indica que el aceite está por debajo de los valores normales de operación; el arco verde corresponde al rango de valores normales; en el arco amarillo los valores están por encima de los normales (precaución), y el arco rojo indica peligro en el sistema de lubricación.



Figura 31. Indicadores de presión y temperatura de aceite

2.8 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

2.8.1 Generalidades

Debido a la incapacidad del motor para convertir en trabajo útil toda la energía liberada por la combustión, existe una gran cantidad de calor residual producto de dicha combustión, parte de la cual se elimina con los gases, quedando una parte que debe ser disipada para evitar un calentamiento excesivo del motor. De esa parte, una pequeña cantidad se transfiere al lubricante y la restante (hasta cierto límite) se disipa gracias al sistema de refrigeración.

En el proceso de refrigeración por aire, éste penetra en el compartimento del motor a través de aberturas en la parte frontal del avión. El aire no circula de forma aleatoria sino que gracias a la disposición del compartimento, es forzado a fluir rápidamente, sobre todo hacia los cilindros; unas finas aletas de metal en la parte exterior de los cilindros aumentan la tasa de transferencia de calor exponiendo mayor superficie metálica al aire en circulación; cumplida su función, el aire caliente sale de nuevo a la atmósfera. Las aleaciones ligeras utilizadas en la construcción de los motores modernos aportan una buena ayuda en el proceso de refrigeración.

2.8.2 Aletas de refrigeración

Algunos aeroplanos tienen unos dispositivos conocidos como aletas de refrigeración (cowl flaps), mediante las cuales el piloto controla de forma manual la temperatura del motor en las distintas fases de vuelo. Si la temperatura es baja, el piloto puede cerrar las aletas restringiendo la circulación de aire; si por el contrario es alta, puede abrirlas para incrementar el flujo de aire de refrigeración. Lo habitual es que en operaciones a baja velocidad y mucha potencia, tales como despegues y ascensos, las aletas se

abran mientras que con alta velocidad y baja potencia, tal como en vuelo de crucero o descensos, las aletas se cierran.



Figura 32. Refrigeración por aire

2.8.3 Baffles

Para la refrigeración del motor también es muy importante la circulación del aire dentro del carenado.

Para que sea la adecuada se utilizan unos baffles, para forzar al aire a pasar por todos los cilindros.

Estos baffles pueden ser de chapa o de goma, es importante chequearlos en la revisión pre vuelo, para asegurarnos que no están doblados o rotos.



Figura 33. Baffles

2.8.4 Temperatura

La operación de un motor con una temperatura superior a la esperada, puede causar un consumo excesivo de aceite, detonación y pérdida de potencia, y si la situación no se ataja puede producirse una avería grave en el motor lo cual conlleva poner en riesgo al avión y su tripulación. Aunque el problema principal con la temperatura proviene de un exceso de la misma, tampoco es conveniente que se mantenga por debajo de la adecuada porque resta eficiencia al motor.

Si el avión tiene un indicador de temperatura de los cilindros, el piloto dispondrá de forma directa e inmediata de información respecto a cambios de temperatura en el motor.

Operar el avión con alta potencia y baja velocidad, por ejemplo durante un ascenso prolongado, hace que la temperatura del motor se incremente; por el contrario, las operaciones a poca potencia y alta velocidad, por ejemplo un descenso rápido, la disminuyen. Es lógico, a mayor velocidad mayor flujo de aire de refrigeración y a menor potencia menor cantidad de calor a disipar. Conviene recordar los efectos de la mezcla sobre la temperatura del motor.

El piloto puede influir sobre la temperatura de las siguientes maneras:

- Actuando sobre las aletas de refrigeración. Abrir para disminuir la temperatura y cerrar para aumentarla.
- Cambiando de potencia, mientras más potencia sea implica mayor temperatura y menos potencia menor temperatura.
- Cambiando la velocidad. Supuesta la misma potencia, un aumento de la velocidad incrementa el flujo de aire y por tanto disminuye la temperatura. Por la misma razón, disminuir la velocidad aumenta la temperatura.
- Regulando la mezcla. Mezclas más ricas disminuyen la temperatura mientras que más pobres la aumentan.

2.9 SISTEMA ELÉCTRICO

2.9.1 Generalidades

La energía eléctrica es necesaria para el funcionamiento de muchos sistemas e instrumentos del aeroplano: arranque del motor, radios, luces, instrumentos de navegación, y otros dispositivos que necesitan esta energía para su funcionamiento (bomba de combustible, en algunos casos accionamiento de flaps, subida o bajada del tren de aterrizaje, calefacción del pitot, avisador de pérdida entre otros)

Los aviones actuales cuentan con un sistema eléctrico cuya energía alimenta a otros sistemas y dispositivos. No obstante, para el encendido del motor se sigue utilizando un sistema de magnetos independiente, es decir que los magnetos no necesitan del sistema eléctrico para su operación. Gracias a esta característica, el corte del sistema eléctrico en vuelo no afecta para nada al funcionamiento normal del motor.

2.9.2 Batería

La batería o acumulador como su propio nombre indica, transforma y almacena la energía eléctrica en forma química. Esta energía almacenada se utiliza para arrancar el motor, y como fuente de reserva limitada para uso en caso de fallo del alternador o generador.

Por muy potente que sea una batería, su capacidad es notoriamente insuficiente para satisfacer la demanda de energía de los sistemas e instrumentos del avión, los cuales la descargarían rápidamente. Para recompensar esta insuficiencia, los aviones están equipados con generadores o alternadores.



Figura 34. Batería

2.9.3 Motor de arranque

Un motor de arranque es un motor eléctrico auxiliar que se alimenta de la batería de la aeronave para que pueda arrancar.

El motor de arranque tiene la función de darle vueltas a una rueda dentada del motor, que se conecta con la hélice, la misma que al completar su vuelta sincronizada al sistema de encendido dará arranque al motor. Al suceder esto el motor queda funcionando, y el motor de arranque regresa a su posición inicial.



Figura 35. Motor de arranque

2.9.4 Alternador

Movido por el giro del motor, proporcionan corriente eléctrica al sistema y mantienen la carga de la batería.

Un alternador produce suficiente corriente y muy constante a distintos regímenes de revoluciones, son más ligeros de peso, menos caros de mantener y menos propensos a sufrir sobrecargas.

El sistema eléctrico del avión se nutre pues de dos fuentes de energía: la batería y el alternador. La batería se utiliza en exclusiva (salvo emergencias) para el arranque del motor; una vez puesto en marcha, es el alternador el que pasa a alimentar el sistema eléctrico.

El voltaje de salida del alternador es ligeramente superior al de la batería. Por ejemplo, una batería de 12 voltios suele estar alimentada por un alternador de 14 voltios o una batería de 24 voltios se alimenta con un alternador de 28 voltios. Esta diferencia de voltaje mantiene la batería cargada, encargándose un regulador de controlar y estabilizar la salida del alternador hacia la batería.

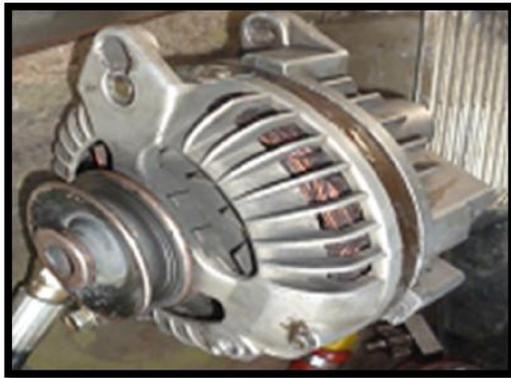


Figura 36. Alternador

2.9.5 Encendido

En la mayoría de los motores de los aviones se utiliza el sistema de encendido por magnetos, debido a que:

- Este sistema es autónomo, es decir no depende de ninguna fuente externa de energía, tal como el sistema eléctrico (batería, generador). Esta autonomía posibilita que aunque el sistema eléctrico del avión sufra alguna avería en vuelo, el motor funcione con normalidad pues las magnetos continúan suministrando la energía necesaria para la ignición.
- Las magnetos generan una chispa más caliente a mayores velocidades del motor que la generada por el sistema de batería.

El sistema de encendido de los motores aeronáuticos se compone de magnetos, bujías, y los cables de conexión entre estos elementos. De forma simplificada el funcionamiento del sistema es como sigue: las magnetos generan una corriente eléctrica, la cual es encaminada a las bujías adecuadas a través de los cables de conexión. El conjunto funciona de forma sincronizada con los movimientos del cigüeñal para hacer saltar la chispa en el cilindro correspondiente y en el momento adecuado.

2.9.6 Magnetos Slick

Una magneto es un generador de corriente diseñado para generar un voltaje suficiente para hacer saltar una chispa en las bujías, y así provocar la ignición de los gases comprimidos en un motor de combustión interna.

Una magneto está compuesta de un rotor imantado, una armadura con un arrollamiento primario compuesto de unas pocas vueltas de hilo de cobre grueso y un arrollamiento secundario con un amplio número de vueltas de hilo fino, un ruptor de circuito y un capacitador.

Cuando el rotor magnético accionado por el movimiento del motor gira, induce en el primario una corriente que carga el capacitador; el ruptor interrumpe el circuito del primario cuando la corriente inducida alcanza su máximo valor, y el campo magnético alrededor del primario colapsa. El capacitador descarga la corriente almacenada en el primario induciendo un

campo magnético inverso. Este colapso y la reversión del campo magnético producen una corriente de alto voltaje en el secundario aproximadamente de 10000 a 15000 voltios que es distribuido a las bujías para la ignición de la mezcla.



Figura 37. Magneto

Fuente: (Champion Aerospace, 2016)

- **Doble encendido.-** Prácticamente todos los motores aeronáuticos están equipados con un sistema doble de encendido, compuesto por dos magnetos independientes que suministran corriente eléctrica a dos bujías en cada cilindro (una magneto suministra corriente a un juego de bujías y la otra alimenta al otro juego), por seguridad y eficacia:
 - Si falla un sistema de magnetos, el motor puede funcionar con el otro hasta que pueda realizarse un aterrizaje seguro.
 - Dos bujías en cada cilindro no solo dan mayor seguridad sino que además mejoran la combustión de la mezcla y permiten un mayor rendimiento.

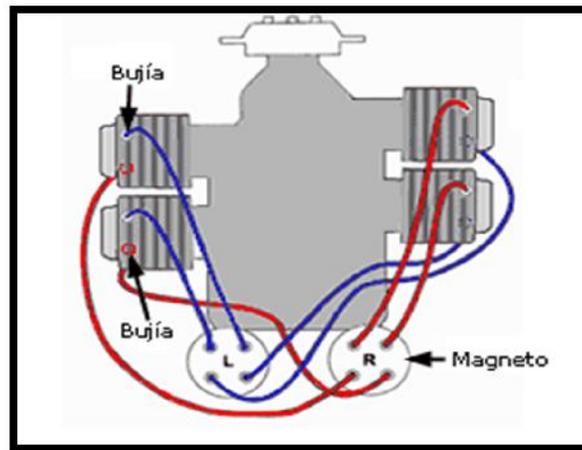


Figura 38. Sistema de doble encendido

Fuente: (Miguel Ángel Muñoz, 2015)

2.9.7 Arnés de ignición Slick

Los arneses Slick son capaces de transportar la máxima energía producida por cualquier sistema de encendido certificado por la FAA. En efecto, los arneses Slick pueden fácilmente entregar más energía que la requerida por las bujías, aún en operación de máxima potencia de emergencia.

Los arneses Slick usan resortes de contacto duros que están exclusivamente espiralados para proveer mayor área de contacto y hacer presión dentro de la bujía. El resultado es una reducción de arco eléctrico y máxima entrega de energía que otorga mayor vida útil al arnés y a la bujía.

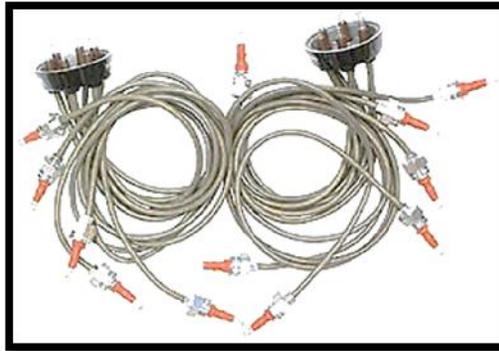


Figura 39. Arnés de la magneto.

Fuente: (Champion Aerospace, 2016)

2.9.8 Bujías champion

La bujía además de suministrar la chispa que enciende la mezcla de combustible en la cámara de combustión, la bujía puede ser un instrumento muy exacto del estado y funcionamiento de un motor. El rango térmico, expresado por un número, indica la temperatura medida sobre los electrodos y el aislador. Sobre la punta del aislador la temperatura operativa que oscila es de 400° y 850°C. Hay que intentar superar siempre los 400°C, ya que a esta temperatura limpia automáticamente del carbón que se acumulan en ella.

Hay dos bujías en cada cilindro, para que el encendido de la carga se haga desde dos puntos, proporcione un encendido más eficiente y de mejor potencia.

La parte principal de la bujía es el conductor o electrodo central que conduce el alto voltaje desde el alambre de encendido a la cámara de combustión. La parte externa de la bujía la mantiene la cámara y suministra una base para el electrodo de la puesta a tierra, la distancia entre estos dos electrodos forman la abertura.



Figura 40. Bujías

Fuente: (Champion Aerospace, 2016)

2.10 SISTEMA PROPULSOR (HÉLICE)

La hélice es un dispositivo constituido por un número variable de aspas o palas que al girar alrededor de un eje producen una fuerza propulsora. Cada pala está formada por un conjunto de perfiles aerodinámicos que van cambiando progresivamente su ángulo de incidencia desde la raíz hasta el extremo (mayor en la raíz, menor en el extremo).

La hélice está acoplada directamente o a través de engranajes o poleas (reductores) al eje de salida de un motor el cual proporciona el movimiento de rotación.

2.10.1 Funcionamiento de la hélice

Los perfiles aerodinámicos que componen una hélice están sujetos a las mismas leyes y principios que cualquier otro perfil aerodinámico, por ejemplo un ala. Cada uno de estos perfiles tiene un ángulo de ataque, respecto al viento relativo de la pala que en este caso es cercano al plano de revolución de la hélice, y un paso (igual al ángulo de incidencia). El giro de la hélice, que es como si se hicieran rotar muchas pequeñas alas, acelera el flujo de aire hacia el borde de salida de cada perfil, a la vez que deflecta este hacia atrás. Este proceso da lugar a la aceleración hacia atrás de una gran masa de aire,

movimiento que provoca una fuerza de reacción que es la que propulsa el avión hacia adelante.

Las hélices se fabrican con "torsión", cambiando el ángulo de incidencia de forma decreciente desde el eje (mayor ángulo) hasta la punta (menor ángulo). Al girar a mayor velocidad el extremo que es la parte más cercana al eje, es necesario compensar esta diferencia para producir una fuerza de forma uniforme. La solución consiste en disminuir este ángulo desde el centro hacia los extremos, de una forma progresiva, y así la menor velocidad pero mayor ángulo en el centro de la hélice se va igualando con una mayor velocidad pero menor ángulo hacia los extremos.

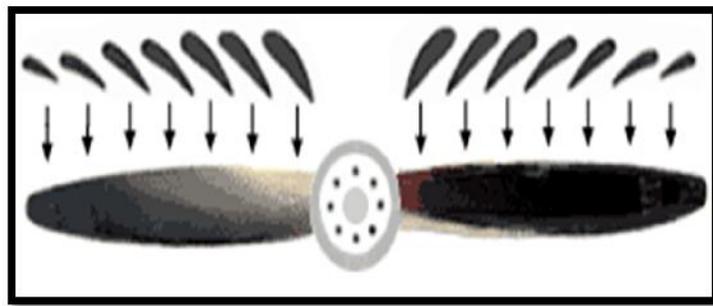


Figura 41. Hélice

Fuente: (Miguel Ángel Muñoz, 2015)

2.10.2 Hélice Hartzell de paso variable

Este tipo de hélice permite al piloto ajustar el paso, acomodándolo a las diferentes fases de vuelo, con lo cual obtiene su rendimiento óptimo en todo momento. El ajuste se realiza mediante la palanca de paso de la hélice, la cual acciona un mecanismo que puede ser mecánico, hidráulico o eléctrico. En algunos casos, esta palanca solo tiene dos posiciones: paso corto (menor ángulo de las palas) y paso largo (mayor ángulo de las palas), pero lo más común es que pueda seleccionar cualquier paso comprendido entre un máximo y un mínimo.

El paso corto, implica menor ángulo de ataque de la pala y por tanto menor resistencia inducida, por lo que la hélice puede girar más libre y rápidamente, permitiendo el mejor desarrollo de la potencia del motor. Esto le hace el paso idóneo para maniobras en las que se requiere máxima potencia: despegue y ascenso, aunque no es un paso adecuado para régimen de crucero.

El paso largo, supone mayor ángulo de ataque y por ello mayor resistencia inducida, lo que conlleva menos RPM en la hélice y peor desarrollo de la potencia del motor, pero a cambio se mueve mayor cantidad de aire. Con este paso, decrece el rendimiento en despegue y ascenso, pero sin embargo se incrementa la eficiencia en régimen de crucero. La hélice necesita unos cuidados básicos para que no pierda efectividad: mantenerla libre de suciedad, melladuras, grietas entre otros.

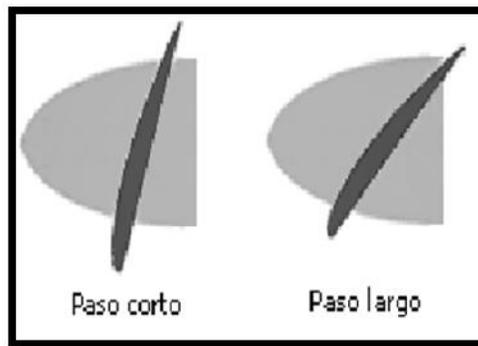


Figura 42. Hélice de paso variable

Fuente: (Miguel Ángel Muñoz, 2015)

2.10.3 Mandos de la propulsión

Los mandos mediante el cual el piloto controla la propulsión son: la palanca de gases y la palanca de paso de la hélice.

La palanca de gases actúa sobre la unidad de control de combustible y la presión en el colector de admisión; a mayor apertura mayor potencia desarrollada y viceversa. La posición más adelantada de la palanca de gases

corresponde a la máxima potencia y la posición más retrasada corresponde a la mínima potencia (ralentí).

La palanca de paso actúa, como su propio nombre indica, sobre el paso de la hélice. La posición más retrasada de esta palanca corresponde a un paso largo (mayor ángulo en las palas) mientras que la posición más adelantada corresponde a un paso corto (menor ángulo en las palas).

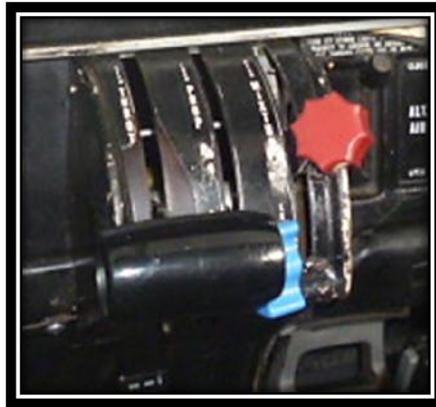


Figura 43. Mandos de la propulsión

2.10.4 Gobernador de la hélice

El gobernador de la hélice es el dispositivo encargado de aumentar o disminuir la presión del sistema hidráulico de la hélice, y en consecuencia aumentar o disminuir el paso, en función de las RPM de ésta. El objetivo es mantener constantes las RPM de la hélice, que serán seleccionadas desde la cabina por el piloto a través de la palanca de color azul.

El gobernador funciona mediante una válvula la cual cuando se mueve a la derecha, permite el paso de aceite a alta presión que proporciona la bomba hacia el pistón que actúa en la hélice, creando así una presión que vencerá la acción del muelle por lo que el pistón se desplazará hacia abajo moviendo así las palas y aumentando el paso de la hélice. Cuando la válvula se desplaza

hacia la izquierda, ésta cerrará el paso de aceite de alta presión que proporciona la bomba y abrirá el drenaje de retorno.

El aceite que se encuentra en el cilindro en ese momento se verá obligado a salir debido a la acción del muelle, que desplaza el pistón hacia arriba, disminuyendo el ángulo de paso. El aceite circulara por el drenaje hasta el depósito de aceite.



Figura 44. Gobernador de la hélice

2.10.5 Tacómetro

El tacómetro es un medidor de RPM las cuales representa en un dial, calibrado de 100 en 100 RPM con marcas mayores cada 500 RPM. Este instrumento suele tener un arco verde que indica el rango normal de operación en vuelo de crucero, y un arco rojo que muestra el rango que no es conveniente mantener de una forma sostenida.



Figura 45. Tacómetro

Fuente: (Miguel Ángel Muñoz, 2015)

2.11 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

Los EPP comprenden todos aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas de diversos diseños que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones.

Los equipos de protección personal (EPP) constituyen uno de los conceptos más básicos en cuanto a la seguridad en el lugar de trabajo y son necesarios cuando los peligros no han podido ser eliminados por completo solo se puede disminuir el riesgo.

2.11.1 Clasificación de los E.P.P

- **Protección visual.-** Todos los trabajadores que ejecuten cualquier operación que pueda poner en peligro sus ojos, dispondrán de protección apropiada para estos órganos.
- **Protectores del oído.-** Los protectores auditivos son equipos de protección individual que, debido a sus propiedades para la atenuación de sonido, reducen los efectos del ruido en la audición, para evitar así un daño en el oído.
- **Protección respiratoria.-** Los equipos de protección respiratoria son equipos de protección individual de las vías respiratorias en los que la protección contra los contaminantes aerotransportados se obtiene reduciendo la concentración de éstos en la zona de inhalación por debajo de los niveles de exposición recomendados.
- **Protección de Manos**
 - Los guantes serán seleccionados de acuerdo a los riesgos a los cuales el usuario este expuesto y a la necesidad de movimiento libre de los dedos.

- Los guantes deben ser de la talla apropiada y mantenerse en buenas condiciones.
- No deben usarse guantes para trabajar con o cerca de maquinaria en movimiento o giratoria.
- **Protección de Pies.-** El calzado de seguridad debe proteger el pie de los trabajadores contra humedad y sustancias calientes, contra superficies ásperas, contra pisadas sobre objetos filosos y agudos y contra caída de objetos, así mismo debe proteger contra el riesgo eléctrico.
- **Ropa de Trabajo.-** Cuando se seleccione ropa de trabajo se deberán tomar en consideración los riesgos a los cuales el trabajador puede estar expuesto y se seleccionará aquellos tipos que reducen los riesgos al mínimo.



Figura 46. Equipo de protección personal.

Fuente: (Jorge Montanares, 2015)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 PRELIMINARES

La Fundación Amazonia Verde, al momento cuenta con su aeronave Piper Cherokee Six PA 32-300 con matrícula HC-BOJ en mantenimiento, ya que el motor de dicha aeronave ha cumplido con su ciclo de horas de funcionamiento (T.B.O), por lo que el motor fue enviado al exterior para realizar su respectivo overhaul de acuerdo a las especificaciones establecidas en el manual del fabricante. Luego de realizar el overhaul el motor debe ser instalado nuevamente en la aeronave.

La información recopilada sobre los manuales técnicos tanto de la aeronave, motor y hélice será un punto clave para el montaje, dando así una mayor facilidad para el proceso, siguiendo todos los procedimientos pre escritos en ellos. Además de haber seleccionado las herramientas, equipo de protección y aplicando todas y cada una de las normas de seguridad establecidas se procederá al respectivo desarrollo del tema.

3.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Para el estudio de factibilidad se debe considerar los siguientes factores:

- Factor técnico.
- Factor económico.
- Factor legal.

3.2.1 Factor técnico.

En este factor se considera el personal técnico de la empresa para poder realizar el presente trabajo, ya que la empresa cuenta con personas debidamente capacitadas y con experiencia, que pueden dar instrucciones para poder realizar el trabajo con seguridad y siguiendo los pasos de acuerdo a los manuales que se van a utilizar.

3.2.2 Factor económico.

Este factor es muy importante ya que se convierte en un elemento decisivo que permite determinar la inversión total en el desarrollo del tema, es necesario analizar los costos de cada uno de los componentes y materiales que se utilizaron durante todo el proceso para analizar su costo total, se consideró también los gastos personales como (estadía, alimentación, pasajes entre otros) que fueron necesarios durante el todo el proceso de montaje del motor.

3.2.3 Factor legal.

En este factor se consideró las normas establecidas en los manuales del fabricante, para verificar que los componentes puedan acoplarse correctamente al motor. De acuerdo con el análisis e investigación desarrollada se logró establecer como factible el uso de materiales y partes disponibles en stock de mantenimiento en la empresa, tomando en cuenta la fecha de almacenaje y la fecha de caducidad de algunos componentes.

3.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD APLICADAS

Para el desarrollo de los procesos de rehabilitación se utilizó equipos de protección personal para resguardar el bienestar de la salud del personal involucrado en este proyecto utilizando equipos de protección como:

- **Audición:** Se utilizó orejeras
- **Protección de manos:** Se utilizó guantes para aflojar los pernos y las tuercas de la aeronave.
- **Protección de pies:** Se utilizó calzado punta de acero para el trabajo.
- **Protección de la vista:** Se utilizó unas gafas protectoras.
- **Ropa de trabajo:** se utilizó el overol de trabajo.

3.4 DESARROLLO DEL TEMA

- Antes de comenzar con el montaje, primero se recopiló toda la información necesaria pre escritas en los manuales de la aeronave, tomando en cuenta que los mismos estuvieran actualizados.
- Además se utilizó las herramientas adecuadas para realizar el presente trabajo.
- Se utilizó el equipo de protección personal adecuado durante todo el transcurso del desarrollo del proyecto.

3.4.1 Instalación del motor Lycoming IO-540

- La aeronave debe estar en un lugar donde se pueda tener libre acceso al levantamiento del tecele.
- Luego se colocó un tecele de una tonelada y media mínimo para levantar el motor, se debe poner una faja entre los puntos de levantamiento del motor.
- El motor se elevó cuidadosamente hasta una altura adecuada donde se pueda mover para que coincidan con los orificios de acoplamiento del castillo.



Figura 47. Levantamiento del motor

- Se insertó una arandela en la cabeza del perno que va en el montante del motor y luego se atravesó el perno entre el conjunto del montante (shock mount).
- Se repitió este procedimiento para los otros tres pernos de sujeción del montante del motor.

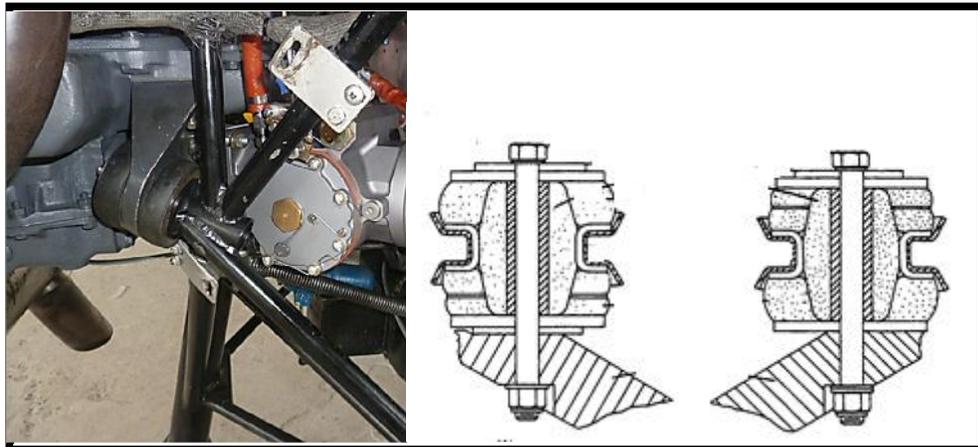


Figura 48. Colocación de pernos de sujeción

- Se posicionó los orificios de montaje del motor para que estén alineados con los puntos de unión, entonces se movió el motor cuidadosamente hacia atrás sobre los montantes.

- Se deslizó sobre los pernos del montante una arandela espaciadora en el conjunto de montante del motor y el castillo.
- El motor debe quedar empotrado sobre el castillo y que todos sus pernos se encuentren totalmente atravesados entre el castillo, el montante y los puntos de sujeción del motor.
- Se colocó arandelas y tuercas en cada perno, luego se aplicó su respectivo torque a cada tuerca de los pernos. (450 a 500 pulgadas/libras.)



Figura 49. Montaje del motor Lycoming IO-540

3.5 INSTALACIÓN DE LOS ACCESORIOS

3.5.1 Instalación de los bafles

- Antes de la instalación de los bafles, se realizó la limpieza y posterior su pintado.



Figura 50. Limpieza y pintado de los bafles

- Luego se ubicó los mismos alrededor de la parte superior del motor y parte delantera, para sujetarlos mediante los pernos de sujeción y luego ajustarlos.
- Se debe tomar en cuenta que ningún cable o cañería queden bajo los baffles ya que no coincidirán correctamente en el alojamiento del motor.



Figura 51. Instalación de los baffles

3.5.2 Instalación del enfriador de aceite (oil cooler)

- Cuando se instaló los acoples de las cañerías del enfriador de aceite se tuvo mucha precaución para prevenir el torque excesivo aplicado a los acoples de las cañerías.
- Para ajustar estos acoples se debe utilizar una llave de boca de la medida adecuada para evitar dañar el acople.
- Antes de instalar el enfriador se revisó que la rosca del acople no se encuentre deteriorada.



Figura 52. Verificación de la rosca de los acoples

- Luego se procedió a la instalación del enfriador con su respectivo empaque, para luego sujetarlo y ajustarlo a su base con los pernos de sujeción.



Figura 53. Instalación del enfriador de aceite

- Se utilizó las llaves de boca 3/4 y 7/8 de pulgada para aplicar el torque en los acoples tomando en cuenta que el torque sea adecuado.(10-15 pies/libras)
- Luego de la instalación se verificó que todas las cañerías estén debidamente conectadas.



Figura 54. Instalación de las cañerías del enfriador de aceite

3.5.3 Instalación de la bomba de vacío

- Se instaló la bomba de vacío con su respectivo empaque en la sección de accesorios en el motor.

- Se alineó con los pernos y el eje en el alojamiento del motor.
- Se colocó las arandelas y tuercas para su respectivo ajuste.
- Por último se conectó las cañerías en la bomba de vacío.



Figura 55. Instalación de la bomba de vacío

3.5.4 Instalación del alternador

- Se procedió a la instalación del alternador en la sección de accesorios.
- Se sujetó la base del alternador en el motor mediante dos pernos.
- Luego se colocó el alternador en la base y se atravesó el perno de sujeción entre la base y el alternador.
- Se tuvo en cuenta que el alternador esté ubicado adecuadamente en su base para que su polea quede alineada con la polea del motor.

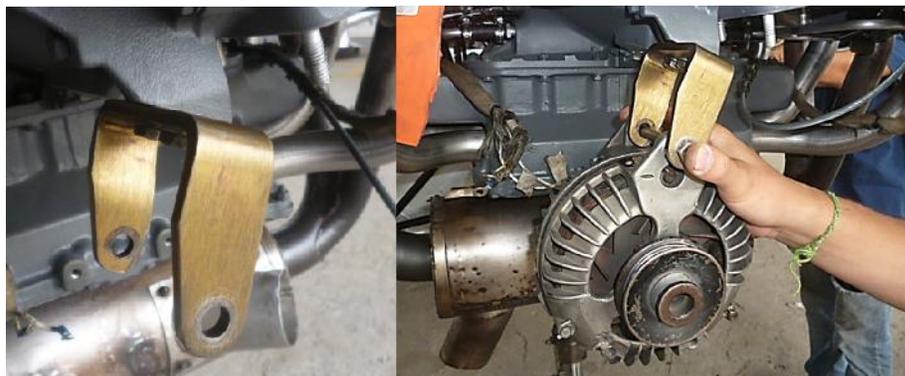


Figura 56. Instalación del alternador

- Se colocó la banda entre las dos poleas, dejando la tensión adecuada mediante un tensiómetro, para luego ajustar el perno del templador y frenarlo con alambre 0.032 in.
- Se instaló todas las conexiones eléctricas del alternador.

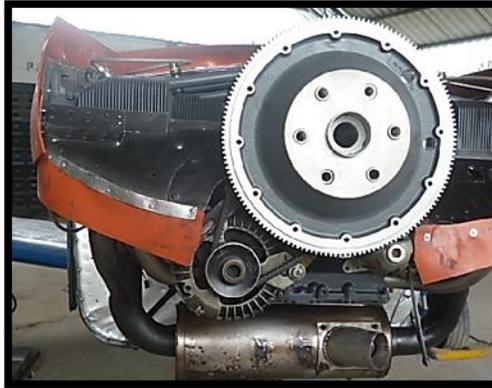


Figura 57. Instalación de la banda del alternador

3.5.5 Instalación del motor de arranque

- Se procedió a instalar el motor de arranque en la parte frontal izquierda del motor.
- Se colocó el motor de arranque en el alojamiento y se ubicó los pernos de sujeción para luego ajustar los mismos.



Figura 58. Instalación del motor de arranque

- Se conectó el terminal positivo de la batería en el terminal positivo del motor de arranque.
- Se conectó el cable de masa al terminal negativo en el motor de arranque.
- Luego se aseguró los cables con abrazaderas.



Figura 59. Conexión eléctrica del motor de arranque

3.5.6 Instalación de las bujías

- Se limpió la rosca de las bujías antes de ponerlas en el motor.
- Se colocó las bujías nuevas en los orificios del motor y se ajustó con la mano, cabe recalcar que no se requirió calibrarlas porque son nuevas.
- Se tuvo precaución con las bujías al momento de ubicarlas ya que se pueden caer y por lo tanto quedarán inoperativas.



Figura 60. Instalación de las bujías

- Una vez que ya están instaladas todas las bujías y ajustadas con la mano se procedió a ajustar con la copa de bujías, tomando en cuenta el torque adecuado (360 - 420 pulgadas-libras).



Figura 61. Ajuste de las bujías

3.5.7 Instalación del arnés de ignición

- Se ubicó todos los cables de las bujías de acuerdo a la numeración de los cilindros y de acuerdo a cada magneto.
- Luego se aseguró los cables de las bujías con abrazaderas y correas plásticas.



Figura 62. Instalación del arnés de ignición

- Se aseguró que los cables no queden sueltos desde las magnetos hasta las bujías.
- Se verificó que los cables queden libres para que no afecten a los otros elementos del motor.
- Por último se conectó los terminales de los cables con cada bujía de acuerdo a su numeración.

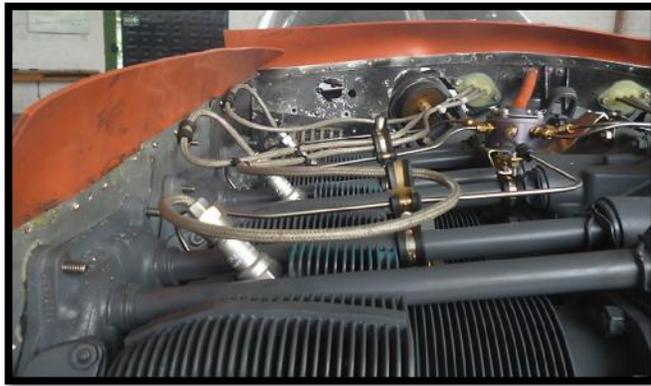


Figura 63. Conexión de las bujías

3.5.8 Instalación de la Unidad de Combustible

- Se procedió a la instalación de la unidad de combustible para lo cual se tapó el orificio de entrada de aire para prevenir que durante la instalación pueda entrar algún objeto extraño en su interior.
- Se ubicó en la sección de accesorios en la parte posterior del motor la unidad de combustible, se colocó y ajustó debidamente todos los pernos de sujeción.

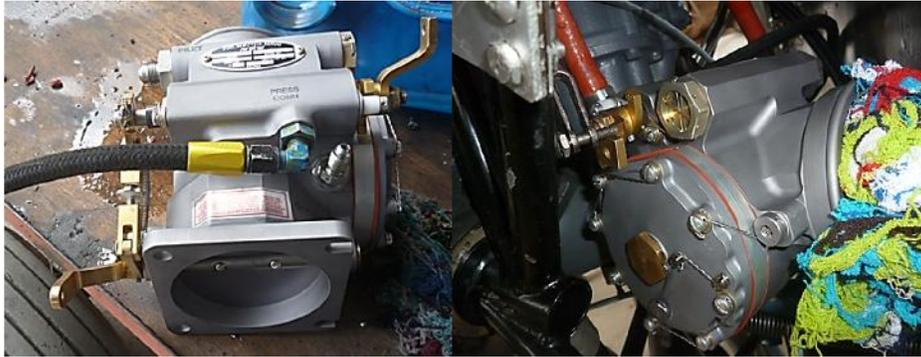


Figura 64. Instalación de la unidad de combustible

- Se conectó las cañerías de entrada y salida de combustible a la unidad de combustible.
- Una vez que ya se instaló la unidad de combustible se procede a conectar los cables de control.
- El cable de la palanca de control de color negro es de aceleración y el cable de la palanca de control color rojo es de mezcla, las cuales se conectaron en la unidad de combustible.
- Posterior se realizó el reglaje de los cables de control y mezcla que conectan a la unidad de combustible de acuerdo al manual y luego se aseguró con abrazaderas.



Figura 65. Instalación de las cañerías y cables de control

3.5.9 Conexión de las cañerías de combustible

- Luego de instalar la unidad de combustible se procedió a conectar la cañería desde la unidad de combustible hacia el distribuidor.
- Se conectó las mangueras de indicación de flujo y presión de combustible.

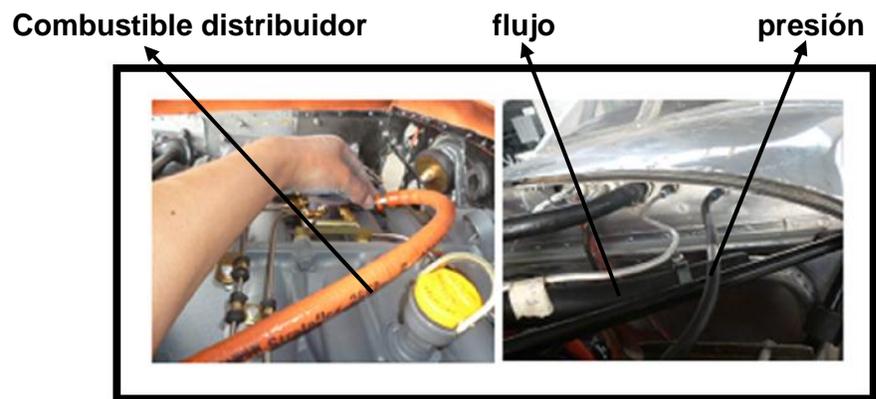


Figura 66. Instalación de las cañerías y mangueras de combustible

3.5.10 Instalación del filtro de aire

- Se desarmó y limpió el alojamiento del filtro de aire y se reemplazó por un filtro nuevo.
- Luego se procedió a armarlo verificando que el filtro se encuentre bien encajado.



Figura 67. Reemplazo del filtro de aire

- Una vez que ya está armado se ubicó en la entrada de aire de la unidad de combustible y se ajustó la abrazadera, luego se aseguró con los pernos de sujeción del conjunto del filtro de aire.



Figura 68. Instalación del filtro de aire

3.5.11 Instalación de los ductos de escape

- Se realizó la limpieza de todos los ductos de escape.
- Luego se colocó los ductos laterales del motor previamente puesto su respectivo empaque en cada uno.
- Se colocó las arandelas y las tuercas en todos los espárragos de los ductos de escape para su respectivo ajuste.



Figura 69. Instalación de los ductos de escape

- Y se instaló el silenciador (muffler) en medio de los ductos de escape y se lo ajustó con las abrazaderas.



Figura 70. Instalación de los ductos de escape

3.5.12 Instalación del sensor de temperatura de gases de escape (EGT)

- Una vez que ya se instaló los ductos de escape se procedió a instalar el sensor de EGT.
- Se aflojó la abrazadera del sensor de EGT y se colocó en el ducto de escape.
- Hay que tener precaución de ubicarlo bien ya que puede dañarse.
- Una vez que ya está puesto el sensor de EGT se ajustó la abrazadera dejándole fijo.
- Luego se conectó el cable del sensor.



Figura 71. Instalación del sensor de temperatura de gases de escape (EGT)

3.5.13 Conexión de cañerías y otros

- Se conectó la línea de presión del manifold la cual se encuentra en el lado derecho posterior del motor.
- Se conectó la línea de presión de aceite del motor.
- Se conectó la línea de evacuación (desfogue) del motor.
- Se conectó el cable impulsor del tacómetro.
- Se instaló la línea de abastecimiento de la bomba de combustible y la línea de ventilación.
- Se conectó el terminal del sensor de indicación de temperatura de la cabeza de los cilindros.
- Se conectó el terminal del sensor de temperatura de aceite.
- Se realizó la conexión eléctrica de los terminales de las magnetos.



Figura 72. Conexión de cañerías y otros elementos

3.6 INSTALACIÓN DE LA HÉLICE

3.6.1 Limpieza e inspección de la hélice

- Se chequeó que no exista alguna anomalía o alguna fuga de aceite en la hélice.
- Se limpió el spinner, cubo y las palas de la hélice.
- Se inspeccionó el cubo que no exista rajaduras o abolladuras.
- Se limpió el interior del cubo para remover cualquier suciedad.
- Se chequeó todas las partes visibles de la hélice por desgaste y seguridad.
- Se inspeccionó las palas de la hélice por posibles daños o picaduras, si existen picaduras en los bordes de ataque de las palas se debe consultar en el manual.

3.6.2 Instalación

- Una vez que se realizó la limpieza e inspección de la hélice se procedió a la instalación.
- Se colocó grasa en el O ring y se ubicó en el cubo de la hélice.
- Se chequeó en el interior del cubo de la hélice que el O ring este en la posición adecuada.

- Luego se procedió a poner cuidadosamente la hélice en el motor tomando en cuenta que coincidan los seis pernos y que el O ring no se dañe.
- Poner las seis tuercas hexagonales en los pernos de sujeción de la hélice y ajustar con el torque adecuado. (60-70 pies/libras).



Figura 73. Instalación de la Hélice

3.6.3 Instalación del gobernador

- Se limpió el alojamiento de ubicación del gobernador en el motor.
- Luego se alineó el eje estriado del gobernador con el eje estriado del motor, no forzar el acoplamiento de los ejes. Si no coinciden los ejes mover ligeramente el eje del gobernador dejando alineado para que se acople con el estriado del motor.



Figura 74. Instalación del gobernador de la hélice

- Una vez que ya está correctamente acoplado el gobernador al motor se colocó las arandelas y las tuercas para ajustarlas.
- Después se conectó el cable de control de RPM color azul, con el brazo de control del gobernador para posterior realizar el reglaje del cable.



Figura 75. Instalación del gobernador

3.7 CONEXIÓN DE LA BATERÍA

- Luego de haber culminado con la instalación del motor y todos sus accesorios se procedió a conectar la batería para realizar las pruebas de funcionamiento.
- Se aseguró que en la cabina todos los elementos estén en la posición OFF (apagado) para que no exista ningún incidente luego de conectar la batería.
- Luego se accedió al panel de la batería detrás de la pared de fuego del motor y se verificó que la caja de alojamiento este limpia.
- Se ubicó la batería y se conectó los terminales en los bornes de la batería asegurándose que sea positivo y negativo correctamente.
- Por último se instaló el panel de acceso.

3.8 LLENADO DE ACEITE EN EL MOTOR

- Una vez que el motor se encuentra listo e instalado todos sus accesorios y conectado todos sus cables se procedió al llenado de aceite.
- Se colocó un embudo en la parte superior en la boca de llenado de aceite del motor.
- Se debe poner 12 cuartos de aceite mineral, según especificaciones del manual de Overhaul del motor y manual del fabricante de la aeronave.



Figura 76. Llenado de aceite mineral

3.8.1 Instalación de capotas

- Una vez que se concluyó con toda la instalación del motor y la hélice se instaló las capotas del motor.
- Se puso la capota inferior asegurándose que el ducto de escape no tenga ningún rozamiento, luego se colocó los pernos laterales y se ajustó.
- Antes de colocar la capota superior se conectó la luz delantera de aterrizaje.
- Luego se colocó la capota superior, se ajustó los broches y ponemos los pernos de fijación en la parte superior.



Figura 77. Instalación de las capotas del motor

3.9 AJUSTE Y CALIBRACIÓN

3.9.1 Ajuste y calibración del gobernador de la hélice

- Se encendió el motor en un lugar adecuado.
- Para chequear altas RPM ajustando paso fino, mover la palanca de control de la hélice todo hacia adelante. En esta posición el brazo de control del gobernador debe estar con el tornillo de ajuste en altas RPM.
- Con la aceleración todo hacia adelante observar en la cabina las RPM del motor, el cual debe estar a 2700 RPM con altas RPM propiamente ajustadas.



Figura 78. Ajuste y calibración del gobernador de la hélice.

3.9.2 Ajuste y calibración de los controles de aceleración y mezcla

- Se encendió el motor y se chequeó que la temperatura de aceite y de la cabeza de los cilindros sea la adecuada.
- La bomba eléctrica de combustible debe estar prendida.
- Se chequeó las magnetos, si la caída de tensión es normal se procede con el ajuste de marcha lenta (ralentí).
- El tornillo de aceleración se ajustó al tope, para que el motor funcione en marcha lenta a 550-600 RPM. Si las RPM cambian apreciablemente después de hacer el ajuste de mezcla, durante las etapas sucesivas, reajustar la velocidad de marcha lenta a las RPM deseadas.
- Cuando la velocidad de marcha lenta ha sido estabilizada, mover la palanca control de mezcla en la cabina suavemente, mover hacia atrás a la posición de corte (idle cut off) y observar si en el tacómetro existe algún cambio durante el proceso.
- Se debe tener precaución al ejercer el retorno del control de mezcla a la posición mezcla rica (full rich), antes las RPM pueden caer a un punto de corte del motor.
- Un incremento de más de 10 RPM durante el proceso indica una mezcla excesivamente rica.
- Una inmediata disminución de las RPM indica que la mezcla es demasiada pobre.

3.10 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO

Luego de haber completado correctamente la instalación del motor, hélice y accesorios se procedió a realizar las respectivas pruebas de funcionamiento para comprobar la operación efectiva del motor. De esta manera se concluyó satisfactoriamente con el desarrollo del proyecto investigativo.

3.10.1 Test de operación en tierra

- Antes de iniciar el test de operación en tierra, se examinó el enfriador de aceite, la hélice y el gobernador de la hélice por alguna contaminación.
- Estas partes deben estar limpias y libres de contaminación antes de iniciar con el test de operación en tierra.
- Se ubicó el avión en el lugar indicado para realizar la corrida de motores.
- Se encendió el motor y se miró el indicador de presión de aceite del motor. Si la indicación de presión de aceite del motor no es suficiente luego de 30 segundos de haber encendido el motor se debe apagar.
- La presión de aceite fue suficiente y se operó el motor a 1000 RPM hasta que la temperatura de aceite se estabilice o esté a 140° F (60° C).
- Se incrementó la velocidad del motor hasta 1500 RPM y se mantuvo a esta velocidad durante 15 minutos.
- Se tuvo en cuenta que la temperatura de la cabeza de los cilindros, la temperatura y la presión de aceite sea la adecuada de acuerdo al manual de operación del motor, debe estar en rango verde.
- Se comprobó las magnetos, se revisó la caída de voltaje de cada magneto.
- Se tomó nota de cada instrumento de acuerdo a la velocidad en la que estuvo operando el motor.
- Se subió las RPM del motor hasta llegar a la máxima velocidad 2700 RPM.
- Se comprobó el cambio de paso de la hélice, paso fino y paso largo.
- Luego se operó el motor a full potencia, se disminuyó lentamente las RPM hasta llegar a marcha lenta (ralentí) y se dejó que el motor se estabilice.
- Se realizó un chequeo de ajuste de mezcla en marcha lenta antes de apagar el motor.
- Luego de hacer todos los chequeos se apagó el motor.



Figura 79. Test de operación del motor en tierra.

Tabla 1. Test de operación del motor en tierra.

	RANGO BLANCO	RANGO VERDE	RANGO ROJO
Presión de aceite		X	
Temperatura de aceite		X	
Temperatura de la cabeza de cilindros		X	
Presión de aceite		X	

3.10.2 Test de operación, luego de la corrida del motor

- Se procedió a sacar las bujías inferiores de todos los cilindros y verificar si aún existe líquido preservante en los electrodos de las bujías.
- Una vez que se sacó las bujías se midió la presión diferencial en cada cilindro.
- Para lo cual se colocó un acople en el inserte de la bujía.



Figura 80. Acople del manómetro

- Luego se conectó la línea del manómetro de presión diferencial al acople en el motor y la otra línea al compresor.
- Primeramente se abrió la llave de paso de la válvula hasta que llegue a los 20 PSI en los dos manómetros esto es para que se establezca la diferencia de presiones, luego se subirá a los 80 PSI en un manómetro y por consiguiente debe dar la misma presión proveniente del motor, si los dos manómetros llegan a los PSI indicados por el fabricante quiere decir que la presión existente en cada cilindro está dentro de los parámetros pre establecidos por lo cual el motor está funcionando correctamente.
- Se verificó que el pistón esté en la carrera de compresión y luego se movió la hélice para obtener el valor de la presión.



Figura 81. Test de compresión de los cilindros

Tabla 2. Test de compresión de los cilindros.

NÚMERO DE CILINDRO	PRESIÓN DIFERENCIAL (PSI)
1	78
2	80
3	78
4	78
5	80
6	78

3.11 DIAGRAMAS DE INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN

Tabla 3. Equipo y Accesorios Empleados

EQUIPOS Y ACCESORIOS	DESIGNACIÓN
Manuales Técnicos	C2
Pared de fuego de la aeronave	D3
Base/Castillo del Motor	E4
Componentes (partes fijas y móviles)	F5
Motor	G6
Accesorios del Motor	H7

Hélice	J8
Accesorios de la Hélice	K9
Herramientas (llaves necesarias)	M10
Herramientas Especiales	M11

Tabla 4. Equipo y Accesorios Empleados

FIGURA	DESIGNACIÓN
	Inspección/Verificación
	Operación
	Ensamble/Montaje

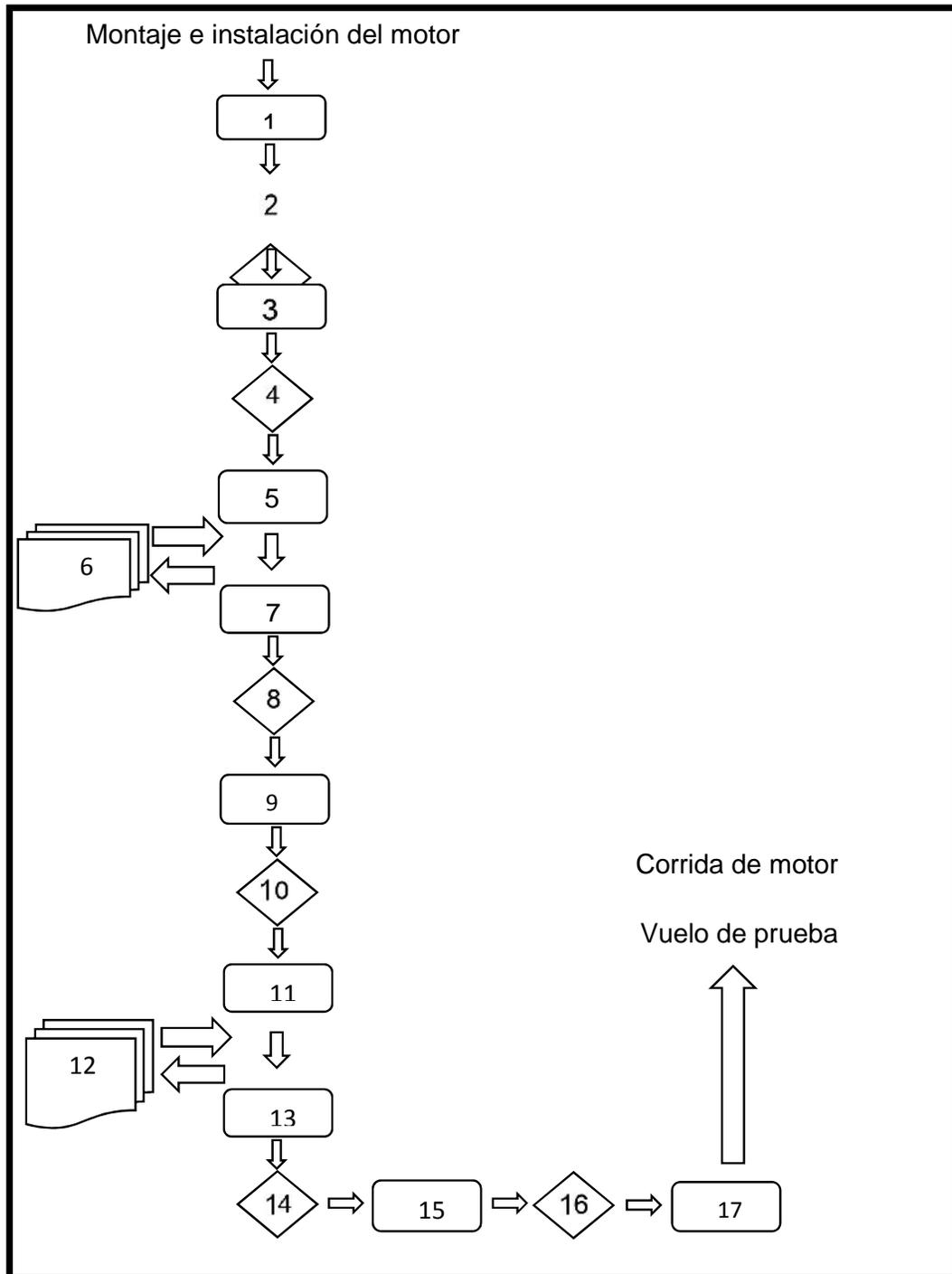
Diagrama 1. Proceso de Instalación

Tabla 5. Proceso de Ensamblaje

N°	OPERACIÓN	EQUIPO	DESIGNACIÓN
1	Inspección/Verificación	Pared de Fuego de la Aeronave	D3
2	Montaje	Base/Castillo del Motor	E4-M10-M11-C2
3	Inspección/Verificación	Base/Castillo del Motor	E4
4	Instalación	Partes fijas	F5-M10-C2
5	Inspección/Verificación	Partes fijas	F5
6	Montaje	Motor	G6-M10-M11-C2
7	Inspección/Verificación	Motor	G6
8	Instalación	Partes Móviles	F5-M10-C2
9	Inspección/Verificación	Partes Móviles	F5
10	Instalación	Accesorios del Motor	H7-M10-M11-C2
11	Inspección/Verificación	Accesorios del Motor	H7
12	Montaje	Hélice	J8-M10MI11-C2
13	Inspección/Verificación	Hélice	J8
14	Instalación	Accesorios Hélice	K9-M10-M11-C2
15	Inspección/Verificación	Accesorios Hélice	K9
16	Ejecución/Corrida/Vuelo de Prueba	Motor	G6-C2
17	Inspección/Verificación	Motor	G6-C2

3.10 ESTUDIO ECONÓMICO

Para los procesos de montaje e instalación del motor, hélice e instalación de sus accesorios, en la aeronave Piper Cherokee Six PA-32 300 con matrícula HC-BOJ, se detallan a continuación los costos, gastos y se suman costos personales para lo cual se ha elaborado una tabla presupuestaria.

3.10.1 Costos directos

Tabla 6. Costos directos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
Kit del montante del motor	4	165	660
Pernos (AN7-27A)	4	15	60
Arandelas (AN970-716)	12	0,1	1,2
Cañería de salida del filtro de aceite al motor	1	85	85
Cañería de salida del enfriador de aceite	2	298	596
Cañería del enfriador de aceite	1	169,9	169,9
Cañería de presión de aceite	1	168	168
Cañería de la bomba de combustible	1	62,89	62,89
Aceite Aero Shell para el motor	12	10	120
TOTAL \$			1922,99

3.10.2 Costos indirectos

Tabla 7. Costos indirectos

DESCRIPCIÓN	VALOR \$
Alimentación	160
Vivienda	100
Transporte	100
Impresiones y otros	70
TOTAL \$	430

3.10.3 Costo total

Tabla 8. Costo total

DESCRIPCIÓN	VALOR \$
Costos directos	1922,99
Costos indirectos	430
VALOR TOTAL \$	2352,99

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Luego de obtener todos los manuales necesarios para realizar el montaje del motor, hélice y accesorios se pudo realizar el trabajo de acuerdo a los procedimientos que están descritos en los mismos.
- Con la información obtenida se procedió a seleccionar toda la herramienta necesaria, y equipos debidamente calibrados, tomando en cuenta la fecha de calibración de los mismos.
- Se realizó el trabajo siguiendo el orden pre escritos en los manuales técnicos.
- Durante el montaje del motor, hélice y accesorios se realizaron las debidas inspecciones y chequeos, verificando en los manuales correspondientes todos y cada uno de los procesos de instalación descritos en los mismos.
- Luego de concluir con el trabajo de montaje del motor, hélice y accesorios; se realizó la respectiva prueba de motor, tanto en tierra como en vuelo para verificar su correcto funcionamiento.
- En base a los parámetros de funcionamiento realizados, se pudo determinar que el motor satisface todos los requerimientos operacionales.

4.2 RECOMENDACIONES

- Siempre se debe recopilar información de los manuales técnicos para ejecutar un determinado trabajo y seguir correctamente los procedimientos descritos en los mismos.
- Es importante utilizar solo la herramienta adecuada durante todo el proceso de montaje del motor, hélice y sus accesorios y revisar que la herramienta especial se encuentre dentro de los parámetros de calibración.
- Se debe seguir los procedimientos pre escritos en todos los manuales técnicos de mantenimiento, durante la realización del presente trabajo.
- Luego de cada trabajo realizado se debe realizar una inspección visual y comprobación de componentes para una mayor seguridad.
- Tener precaución mientras se realice todas las pruebas operacionales del motor en tierra y vuelo. Seguir las normas de seguridad para prevenir cualquier incidente o accidente con el personal de mantenimiento y/o aeronaves.
- Una vez culminado con los procedimientos de montaje, se debe ingresar toda la información técnica en los registros de mantenimiento.

GLOSARIO

Aerodinámico.- Dicho de un cuerpo móvil: Que tiene forma adecuada para disminuir la resistencia del aire.

Aeronave.- Vehículo que se emplea para la navegación aérea.

Antiseinsen.- Líquido de color negro que se adhiere a las bujías para evitar que la temperatura dilate las rosca de la misma.

Atomizar.- Pulverizar un líquido o reducirlo a partículas muy pequeñas: atomizar un fluido para producir gotas diminutas.

Articulado.- Que tiene articulaciones o piezas unidas por articulaciones.

Bibliografía.- Descripción, conocimiento de libros, de sus ediciones.

Bulbo.- El bulbo sensor de temperatura, o también denominado bulbo remoto, de las válvulas de expansión termostáticas y válvulas limitadoras de presión es una sonda térmica que mide el grado de sobrecalentamiento del vapor de refrigerante a la salida del evaporador.

Cabina.- Cuarto o recinto pequeño y cerrado donde se encuentran los mandos de un aparato o máquina y tiene un espacio reservado para el conductor, el piloto u otro personal encargado de su control.

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

Capota Carenada.- La cubierta externa cuya principal función consiste en reducir la resistencia al aire. Cubre las zonas de la aeronave donde potencialmente se pueda producir mayor resistencia que en otras.

Cigüeñal.- Es un eje acodado, con codos y contrapesos, transforma el movimiento rectilíneo alternativo en circular uniforme y viceversa.

Cilindro: Pieza de un motor donde se mezcla y se quema el combustible, impulsando el pistón que pone en marcha el árbol motor.

Cojinetes.- Es la pieza o conjunto de ellas sobre las que se soporta y gira el árbol transmisor de momento giratorio de una máquina.

Émbolo.- Es la de constituir la pared móvil de la cámara de combustión, transmitiendo la energía de los gases de la combustión a la biela mediante un movimiento alternativo dentro del cilindro.

Estructura.- En los albores de la aviación, el fuselaje consistía en una estructura abierta que soportaba los otros componentes del avión. La parte inferior de la estructura servía de tren de aterrizaje. Después, la necesidad de aumentar la resistencia y mejorar las prestaciones llevó a desarrollar fuselajes cerrados, afianzados y sujetos por medio de montantes y cables de riostramiento, que mejoraban las condiciones aerodinámicas, proporcionaban protección a los pilotos y pasajeros y conseguían mayor espacio para el equipaje y la carga. Poco tiempo después aparecieron los fuselajes monocasco, una novedad que consistía en integrar en un solo cuerpo la estructura y su recubrimiento

Fricción.- La fuerza entre dos superficies en contacto, a aquella que se opone al movimiento relativo entre ambas superficies de contacto (fuerza de fricción dinámica) o a la fuerza que se opone al inicio del deslizamiento (fuerza de fricción estática).

Ground.- Referente a la tierra o a que un avión está en tierra.

Hangar.- Cobertizo grande, generalmente abierto, para guarecer aparatos de aviación o dirigibles.

Hélice.- Es un dispositivo mecánico formado por un conjunto de elementos denominados palas o álabes, montados de forma concéntrica y solidarias de un eje que, al girar, las palas trazan un movimiento rotativo en un plano.

Implementación.- Poner en funcionamiento, aplicar los métodos y medidas necesarios para llevar algo a cabo.

Inyección.- Dosificar un líquido en las medidas exactas a las que se requiere.

Lubricante.- Es una sustancia que, colocada entre dos piezas móviles, no se degrada, y forma asimismo una capa que impide su contacto, permitiendo su movimiento incluso a elevadas temperaturas y presiones.

Magneto.- Generador eléctrico en el que el inductor está formado por uno o más imanes permanentes y el inducido por una o más solenoides con o sin núcleo ferromagnético.

Monoplano.- Es un avión que consta únicamente de dos alas que le proporcionan la sustentación suficiente para el vuelo.

Manómetro.- Es un instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Se distinguen dos tipos de manómetros, según se empleen para medir la presión de líquidos o de gases.

Montaje.- Es el proceso mediante el cual se coloca cada pieza en su posición de origen dentro de una estructura; piezas las cuales pueden ser de diferentes materiales las cuales son de fácil adaptación a la estructura, esto se realiza con equipos y maquinarias diferentes y aptas para el montaje.

Movimiento.- Cambio de posición de un cuerpo respecto de un sistema de referencia.

Presión Dinámica.- Se puede decir que cuando los fluidos se mueven en un conducto, la inercia del movimiento produce un incremento adicional de la presión estática al chocar sobre un área perpendicular al movimiento.

RDAC.- Regulaciones de la Dirección General de Aviación Civil del Ecuador.

Revolución.- Giro completo en un determinado tiempo.

Revestimiento.- Capa de algún tipo de material con la que se protege o adorna una superficie.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Aero.UPM. (16 de AGOSTO de 2006). *RECIPROCOS, MOTORES*. Obtenido de
de
<https://www.aero.upm.es/departamentos/economia/investiga/Informe%202007/46Motores.html>
- Aircraft, Piper. (1965). Illustrated Parts Catalog, de la aeronave Piper Cherokee Six PA-32 300. Estados Unidos.
- Aircraft, Piper. (1965). Manual de mantenimiento de la aeronave Piper Cherokee Six PA-32 300. Estados Unidos.
- Aircraft, Piper. (1965). Manual de overhaul del motor Lycoming modelo IO-540 series. EEstados Unidos.
- Awesome Inc. (03 de Febrero de 2011). *Dragster de calle*. Obtenido de
http://karinyasser.blogspot.com/2011_02_01_archive.html
- Champion Aerospace. (09 de 02 de 2016). *Champion Aerospace*. Obtenido de
de Slick Magnetos:
<http://www.championaerospace.com/products/slick-magnetos>
- Champion Aerospace. (09 de 02 de 2016). *Champion Aerospace*. Obtenido de
de Ignition Harness:
<http://www.championaerospace.com/products/ignition-harness>
- Champion Aerospace. (09 de 02 de 2016). *Champion Aerospace*. Obtenido de
de Spark Plugs: <http://www.championaerospace.com/products/spark-plugs>
- Dani Meganeboy. (2014). *Aficionados a la Mecánica*. Obtenido de
<http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-elementos-moviles.htm>
- ECURED. (10 de 10 de 2015). *Ecured*. Obtenido de Inyector de combustible
: http://www.ecured.cu/Inyector_de_Combustible

ENGINE, L. (26 de JULIO de 2004). *PREZI*. Obtenido de PREZI:
<https://prezi.com/enopkcqksk72/lycoming-io-540/>

Esteban, O. A. (2007). *Conocimientos del avión*. Madrid: Thomson.

Ferros Clásicos. (11 de Noviembre de 2015). *EL FILTRO DE COMBUSTIBLE – PARA QUE SIRVE? – SU IMPORTANCIA Y CUIDADO*. Obtenido de
<http://www.fierrosclasicos.com/el-filtro-de-combustible-para-que-sirve-su-importancia-y-cuidado/>

FUNCIONALES, M. R. (16 de DICIEMBRE de 1996). *MANUAL DE VUELO*. Obtenido de MANUAL DE VUELO:
http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF36.html#365_inyeccion

Grupo Aracuan. (2016). *MOTORES: DEFINICIÓN Y TIPOS*. Obtenido de
<http://www.aracuan.com.ar/definicionytiposmotores.htm>

GXE. (09 de 10 de 2015). *Soluciones Integradas para el Mundo Industrial*. Obtenido de Filtro de aceite :
<http://www.gxeonline.com/?x16=280&title=Filtros%20de%20Aceite%20para%20Servicio%20Liviano&lang=es>

GXE. (s.f.). *Soluciones Integradas para el Mundo Industrial*.

HISTORY, L. (20 de MAYO de 1978). *LYCOMING*. Obtenido de LYCOMING:
<http://lycoming.com.mx/historia.php>

Jorge Montanares . (09 de 10 de 2015). *INACUI S.A*. Obtenido de Prevención de riesgos : http://www.paritarios.cl/especial_epp.htm

Miguel Ángel Muñoz . (10 de 10 de 2015). *Manual de vuelo* . Obtenido de Sistemas funcionales :
http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF36.html#365_inyeccion

Miguel Ángel Muñoz. (10 de 10 de 2015). *Manual de vuelo* . Obtenido de Sistemas funcionales: <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF35.html>

Miguel Ángel Muñoz. (10 de 10 de 2015). *Manual de vuelo* . Obtenido de Sistemas funcionales: <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html>

Miguel Ángel Muñoz. (10 de 10 de 2015). *Manual de vuelo* . Obtenido de Sistemas funcionales : <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF33.html>

Piper Aircraft. (1965). Illustrated Parts Catalog, del motor Lycoming modelo IO-540 series. Estados Unidos.

Piper Aircraft. (1967). Pilot Operating Handbook. EEUU.

PIPER, A. C. (01 de MAYO de 2010). http://elaviador.mex.tl/921804_piper.html

PROTECCIÓN, E. D. (21 de ENERO de 2000). *DIASOC*. Obtenido de DIASOC: <http://www.diasoc.com/protecciondecuerpocompleto.html>

RECIPROCOS, M. (16 de AGOSTO de 2006). Obtenido de WIKIPEDIA: <https://www.aero.upm.es/departamentos/economia/investiga/Informe%202007/46Motores.html>

TORQUÍMETRO, H. (12 de JULIO de 1997).: <http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientasdemedicion/torquimetro>

VUELO, M. D. (20 de MAYO de 2012). <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html>

ANEXOS

**Documentación de la aeronave Piper
Cherokee Six PA-32 300
y Motor Lycoming IO-540 K1A5**

 REPÚBLICA DEL ECUADOR / REPUBLIC OF ECUADOR DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL / CIVIL AVIATION AUTHORITY		
CERTIFICADO DE MATRÍCULA DEFINITIVA DEFINITIVE REGISTRATION CERTIFICATE		
1. Marca de Nacionalidad y Matrícula / Nationality or common mark and registration mark HC-BOJ	2. Marca y Modelo / Manufacturer and manufacturer's designation of aircraft PIPER PA 32-300	3. Número de Serie / Aircraft serial No. 32-7340104
6. Nombre del Propietario / Name of owner FUNDACION AMAZONIA VERDE Nombre del Operador / Name of Operator FUNDACION AMAZONIA VERDE COMRCIAL / COMMERCIAL		7. Dirección del Propietario / Address of owner MACAS - ECUADOR Dirección del Operador / Address of Operator MACAS - ECUADOR AVION / AEROPLANE
6. Se certifica que la aeronave arriba descrita ha sido debidamente inscrita en el Registro Aeronáutico Ecuatoriano, de acuerdo con el Convenio sobre Aviación Civil Internacional de 7 de Diciembre de 1944, y con los Estatutos y Reglamentos del Ecuador. / It is hereby certified that the above described aircraft has been duly entered on the Register of Aeronautical Aircraft of Ecuador, in accordance with the Convention on International Civil Aviation dated 7 December 1944 and with the Law and Regulations of Ecuador.		
REGISTRADOR AERONAUTICO AERONAUTICAL REGISTRY Fecha de Expedición / Date of Issue 17-Oct-13		DIRECTOR GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL DIRECTOR GENERAL OF CIVIL AVIATION Registro / Registration No. TOMO 09 / F. 001012 A-1 / 03-Oct-13
Este certificado deberá ser exhibido en una parte visible de la aeronave. / This Certificate shall be exhibited in a visible part of the aircraft.		

Form DGAC - 319 RA

 REPUBLICA DEL ECUADOR DIRECCION GENERAL DE AVIACION CIVIL CERTIFICADO DE AERONAVEGABILIDAD ESTANDAR			No. 584-GYE
11. MATRÍCULA REGISTRATION HC-BOJ	2. MARCA Y MODELO MANUFACTURER AND MODEL PIPER PA-32-300	3. NUMERO DE SERIE SERIAL NUMBER 32-7340104	4. CATEGORIA CATEGORY NORMAL
5. AUTORIDAD Y BASE PARA LA EMISION / AUTHORITY AND BASIS FOR ISSUANCE Este CERTIFICADO DE AERONAVEGABILIDAD es emitido de acuerdo a las Reglaciones Técnicas de Aviación Civil (RDAC) vigentes emitidas por la DAC del Ecuador, y certifica que a la fecha de su emisión, la aeronave involucrada ha sido inspeccionada y reúne las condiciones establecidas en su Certificado Tipo, cumpliendo con las exigencias establecidas en el Anexo 8 de OACI excepto como lo anotado a continuación. / This AIRWORTHINESS CERTIFICATE is issued in accordance with current Technical Civil Aviation Regulations (RDAC) published by Ecuadorian CAA, and certifies that as of the date of issuance the aircraft to which issued has been inspected and found to conform to the type certificate, and has been shown to meet requirements provided by ICAO Annex 8 except as noted herein. EXCEPCIONES / EXCEPTIONS RESTRINGIDO VUELOS REGION INTERANDINA			
6. TERMINOS Y CONDICIONES / TERMS AND CONDITIONS A menos que sea suspendido, revocado, cancelado o finalizado el periodo indicado por la DAC, este CERTIFICADO DE AERONAVEGABILIDAD es efectivo siempre y cuando el mantenimiento, mantenimiento preventivo y alteraciones sean ejecutados de acuerdo con las partes 21, 43 y 91 de las Reglaciones Técnicas de Aviación Civil vigentes de la Republica de Ecuador. / Unless sooner suspended, revoked or a termination date is otherwise established by the DAC, this AIRWORTHINESS CERTIFICATE is effective as long as the maintenance, preventive maintenance and alterations are performed in accordance with parts 21, 43, and 91 of current Technical Civil Aviation Regulations (RDAC) published by Ecuadorian CAA. La responsabilidad de su cumplimiento es del propietario u operador de la misma. / The accomplishment of this paragraph is responsibility of the owners or the operator.			
7. LUGAR Y FECHA DE EMISION DATE AND PLACE OF ISSUANCE Quito, 24-OCT-2015	8. FECHA DE VENCIMIENTO EXPIRATION DATE 23-OCT-2016	9. INSPECTOR / DAC INSPECTOR FREDDY ERAZO F.	
10. Cualquier alteración, reparación o emienda será ponada por la DAC. Este certificado debe ser llevado siempre presentarse a cualquier CAA que lo solicite. / Any alteration reproduction or reuse of this certificate will be punishable by the DAC. This Certificate must be carried on board and will be showed at any CAA that requires it.			
11. Fecha de vencimiento del seguro, ver certificado adjunto. / Insurance expiration date see attached certificate.			

DAC FORM 8100-2

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

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

SEMBLANTES SORIA HENRY SANTIAGO

DIRECTORA DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

ING. LUCÍA GUERRERO