



Inspección de los cone bolt mount de los motores Rolls Royce Dart 532-7I en base al manual de mantenimiento AMM 54-00 de la aeronave Fairchild FH-227 mediante la implementación de soportes rotatorios

Ortiz Santillan, Anderson Froilan

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de tecnología en Mecánica Aeronáutica Mención Motores

Monografía, previa a la obtención del Título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica Mención Motores

Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastian

28 de marzo del 2021



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA
AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“Inspección de los cone bolt mount de los motores Rolls Royce Dart 532-71 en base al manual de mantenimiento AMM 54-00 de la aeronave Fairchild FH-227 mediante la implementación de soportes rotatorios”** fue realizado por el señor **ORTIZ SANTILLAN, ANDERSON FROILAN** el cual ha sido revisado en su totalidad, por la herramienta de verificación de similitud de contenido, por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 29 de marzo del 2021

Firma:

Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastian

C.C.: 1722580329

REPORTE DE VERIFICACIÓN



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS ANDERSON ORTIZ CAP I- AL IV.pdf (D100906491)

Submitted: 4/7/2021 7:48:00 PM

Submitted By: afortiz3@espe.edu.ec

Significance: 4 %

Sources included in the report:

Monografía Pablo David Benavides Marin.pdf (D63480088)

Jessica Mejía Cerna Revisión Urkund.docx (D78569772)

Boris Vivanco Tesis completa actual.pdf (D80990961)

TESIS MISHEL VILLALBA FLORES.pdf (D63152628)

MONOGRAFIA PLAGIO INVAQUINGO JORMAN.pdf (D95325528)

Instances where selected sources appear:

14

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Gabriel Inca", written over a horizontal dotted line.

Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastian

DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGIA EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCIÓN MOTORES**

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Ortiz Santillan, Anderson Froilan**, con cedula de ciudadanía N° 1750441873 declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía; **Inspección de los cone bolt mount de los motores Rolls Royce Dart 532-71 en base al manual de mantenimiento AMM 54-00 de la aeronave Fairchild FH-227 mediante la implementación de soportes rotatorios**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 29 de marzo del 2021

Firma:

Ortiz Santillan, Anderson Froilan

C.C.: 1750441873



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGIA EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCIÓN MOTORES**

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Yo, **Ortiz Santillan, Anderson Froilan**, con cedula de ciudadanía N° **1750441873** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe publicar la monografía: Titulo: **Inspección de los cone bolt mount de los motores Rolls Royce Dart 532-71 en base al manual de mantenimiento AMM 54-00 de la aeronave Fairchild FH-227 mediante la implementación de soportes rotatorios**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 29 de marzo del 2021

Firma:

Ortiz Santillan, Anderson Froilan

C.C.: 1750441873

DEDICATORIA

El presente proyecto para la obtención del título de profesión se lo dedico a mi familia que está conformada por los seres más importantes y valiosos en mi vida quienes son mi padre, madre y hermana, pues a pesar de las circunstancias, han sabido apoyarme en todo aspecto, claro es que el sendero que escogemos es incierto pero nuestros padres con sus consejos y enseñanzas logran aclarar este rumbo, forjándonos como personas y dejan todo de lado para ver a sus hijos crecer, por eso este trabajo no solo será me enorgullece si no a mis padres a quien se lo debo.

A mi abuelita quien anhelaba que llegará este momento, que esperaba llevarme de su brazo y verme cumplir esta meta, sin embargo, ahora me da su bendición desde el cielo y seguro estará orgullosa y feliz de ver a su nieto crecer, porque su amor incondicional, consejos y su personalidad nunca se irán de nuestros corazones.

Anderson Ortiz

AGRADECIMIENTO

Ser agradecido es una de las cualidades que vuelven virtuosa a una persona, por tanto, doy gracias a Dios en primer lugar, por brindarnos este maravilloso regalo que es la vida, regalándonos la dicha de la existencia misma, que nos permite forjarnos como individuos y gracias a ese libre albedrio que nos enseña las dificultades de un camino porque no sabemos lo que es bueno o malo, sin embargo, el tiempo nos enseña y aún más cuando obramos con bien.

Como dejar de lado a seres tan importantes que son mis padres, pues gracias a su amor y su voluntad de ver a sus hijos progresar y crecer esta meta podrá ser posible, ellos nos toman de su mano y nos llevan en su regazo por toda la vida, no hay que olvidar el sentido de la gratitud porque todo tiene que ser reciproco y no olvidar, estar presentes para ellos cuando nos necesiten así como están para nosotros en todo momento y de forma desinteresada, sin esperar nada a cambio con ese amor más puro.

Agradezco también a todas esas personas que se cruzaron en este camino, pues nada es fácil y aquellas personas bien te amargan tu tiempo o te regalan su amistad con la cual las cosas se hacen más llevaderas y sencillas, y aun así aquellos que te quieren poner el pie te enseñan a ser más fuertes y a no confiar en quien se ponga en frente tuyo, pues bien dice la palabra que debemos cuidarnos para estar cuidados y bendecidos.

Ortiz Santillan, Anderson Froilan

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----------|
| Carátula..... | 1 |
| Certificación | 2 |
| Reporte de verificación | 3 |
| Responsabilidad de autoría | 4 |
| Autorización de publicación | 5 |
| Dedicatoria | 6 |
| Agradecimiento | 7 |
| Tabla de contenidos | 8 |
| Índice de figuras..... | 12 |
| Índice de tablas..... | 16 |
| Resumen | 17 |
| Abstract..... | 18 |
| Tema..... | 19 |
| Antecedentes..... | 19 |
| Planteamiento del problema | 20 |
| Justificación e importancia | 21 |
| Alcance..... | 23 |
| Marco teórico | 24 |
| Síntesis histórica de la aviación en general | 24 |

| | |
|---|-----------|
| Aeronaves de motor turbohélice | 29 |
| Aeronaves Fairchild | 30 |
| Modelos de Aeronaves Fairchild | 30 |
| <i>Fairchild FC1 / FC2.....</i> | 30 |
| <i>Fairchild 71.....</i> | 31 |
| <i>Fairchild AT-21 Gunner</i> | 32 |
| <i>Fairchild C-119 Flying Boxcar.....</i> | 33 |
| <i>Fairchild C-123 Provider</i> | 34 |
| <i>Fairchild Hiller 227.....</i> | 34 |
| Desarrollo y especificaciones del FH-227 | 35 |
| Motores de Aviación | 36 |
| <i>Motores de aviación alternativos</i> | 37 |
| <i>Motores de aviación a Reacción</i> | 38 |
| <i>Clasificación de los motores a Reacción</i> | 39 |
| Motor Rolls Royce Dart 532-7L..... | 46 |
| <i>Especificaciones del Motor Rolls Royce Dart 532-7L</i> | 46 |
| Montantes del motor Rolls Royce Dart 532-7L..... | 48 |
| <i>Inspección de los montantes del motor.....</i> | 49 |
| Ensayos no destructivos | 50 |
| <i>Inspección Visual</i> | 52 |
| <i>Inspección por líquidos penetrantes</i> | 53 |
| <i>Inspección por corrientes de Foucault.....</i> | 54 |
| <i>Inspección Ultrasónica</i> | 56 |

| | |
|--|------------|
| Mantenimiento aeronáutico..... | 57 |
| <i>Tipos de mantenimiento aeronáutico</i> | <i>57</i> |
| <i>Tipos de inspección aeronáutica.....</i> | <i>59</i> |
| Soportes para motores de aviación | 63 |
| <i>Tipos de soportes para motor.....</i> | <i>64</i> |
| <i>Especificaciones de soportes del motor por modelo</i> | <i>65</i> |
| Desarrollo del tema | 69 |
| Introducción al capítulo..... | 69 |
| Implementación de los soportes rotatorios para el motor Rolls Royce Dart 532-7L..... | 69 |
| <i>Selección del modelo de soporte para el motor Rolls Royce Dart 532-7L</i> | <i>69</i> |
| <i>Materiales y herramientas.....</i> | <i>71</i> |
| <i>Cálculo del factor de seguridad y planos del soporte</i> | <i>72</i> |
| <i>Elaboración del prototipo del soporte y dimensiones</i> | <i>75</i> |
| <i>Elaboración del sistema de rotación del soporte del motor</i> | <i>77</i> |
| <i>Proceso de fabricación de los soportes del motor.....</i> | <i>82</i> |
| Inspección de los cone bolt mount del motor Rolls Royce Dart 532-7L | 91 |
| Desmontaje de los motores Rolls Royce Dart en base al AMM-71-00 | 91 |
| <i>Herramientas necesarias.....</i> | <i>92</i> |
| <i>Remoción del motor Rolls Royce Dart 532-7L.....</i> | <i>92</i> |
| Inspección de los cone bolt mount en base al AMM 54-00..... | 102 |
| <i>Pernos montantes del motor – Inspección y chequeo</i> | <i>102</i> |
| Inspección de los cone bolt mount por NDT de tintes penetrantes | 106 |

| | |
|--|-----|
| <i>Preliminares</i> | 106 |
| <i>Aplicación del tinte limpiador - removedor</i> | 106 |
| <i>Aplicación del líquido penetrante</i> | 107 |
| <i>Aplicación del tinte revelador</i> | 108 |
| <i>Análisis de resultados y remoción de tintes</i> | 109 |
| Epílogo del capítulo | 109 |
| Definiciones y abreviaturas | 110 |
| Conclusiones y recomendaciones | 111 |
| Bibliografía | 113 |
| Anexos | 117 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| Figura 1. Tornillo aéreo de da vinci | 24 |
| Figura 2. Primer aeroplano moderno | 25 |
| Figura 3. Línea de tiempo de la historia de la aviación..... | 26 |
| Figura 4. Aeronave Fairchild FC-1..... | 31 |
| Figura 5. Fairchild Super 71 | 32 |
| Figura 6. Fairchild AT-21 Gunner..... | 33 |
| Figura 7. Fairchild C119..... | 33 |
| Figura 8. Fairchild Hiller 227..... | 34 |
| Figura 9. Avión escuela FH-227 HC-BHD..... | 35 |
| Figura 10. Motor alternativo tipo estrella F4U Corsair..... | 38 |
| Figura 11. Turborreactor seccionado, ilustrando el ciclo de brayton | 39 |
| Figura 12. Motor turbohélice seccionado | 41 |
| Figura 13. Ilustración del motor turbo ventilador | 43 |
| Figura 14. Ilustración seccionada del motor turboeje | 44 |
| Figura 15. Pulsorreactor..... | 45 |
| Figura 16. Esquema del estatorreactor..... | 45 |
| Figura 17. Motor rolls royce dart seccionado | 46 |
| Figura 18. Componentes del motor Rolls Royce Dart 532-7I..... | 47 |
| Figura 19. Estructura de tripe v para el montaje del motor | 49 |

| | |
|--|-----------|
| Figura 20. <i>Esquema de clasificación de los ensayos no destructivos</i> | 51 |
| Figura 21. <i>Inspección visual para detección de grietas</i> | 53 |
| Figura 22. <i>Ensayo no destructivo por tintes penetrantes</i> | 54 |
| Figura 23. <i>Método de inspección por corrientes de foucault</i> | 55 |
| Figura 24. <i>Aplicación de la inspección por ultrasonido</i> | 56 |
| Figura 25. <i>Diagrama de los tipos de mantenimiento aeronáutico</i> | 58 |
| Figura 26. <i>Motores asentados en soportes</i> | 63 |
| Figura 27. <i>Soporte para motor rotatorio a 360° tronair</i> | 65 |
| Figura 28. <i>Soporte del motor rolls royce dart 532-71 fijo</i> | 66 |
| Figura 29. <i>Soporte del motor rolls royce dart 532-71 fijo - móvil</i> | 67 |
| Figura 30. <i>Soporte del motor rolls royce dart 532-71 rotatorio - móvil</i> | 68 |
| Figura 31. <i>Vista lateral del soporte y simulación del motor</i> | 73 |
| Figura 32. <i>Alzado del soporte</i> | 74 |
| Figura 33. <i>Vista frontal del soporte</i> | 74 |
| Figura 34. <i>Estructura base para el soporte del motor</i> | 76 |
| Figura 35. <i>Brazos para soporte del motor y refuerzo</i> | 76 |
| Figura 36. <i>Placa base para el sistema de rotación</i> | 77 |
| Figura 37. <i>Soporte fijo mayor del sistema de rotación</i> | 78 |
| Figura 38. <i>Soporte fijo menor del sistema de rotación y refuerzo</i> | 79 |
| Figura 39. <i>Soporte rotatorio circular con ángulos de inclinación</i> | 79 |

| | |
|--|-----------|
| Figura 40. <i>Soportes de sujeción del motor superior e inferior</i> | 80 |
| Figura 41. <i>Sistema de rotación del soporte del motor</i> | 81 |
| Figura 42. <i>Soporte rotatorio del motor rr d532-7l</i> | 81 |
| Figura 43. <i>Base estructurada y brazos del soporte</i> | 83 |
| Figura 44. <i>Union de los brazos del soporte a la base</i> | 83 |
| Figura 45. <i>Perforación y fijación de rodamientos en soportes fijos</i> | 84 |
| Figura 46. <i>Disco del sistema de rotación perforado</i> | 85 |
| Figura 47. <i>Proceso de moldeo del soporte de agarre</i> | 86 |
| Figura 48. <i>Sistema de rotación ensamblado</i> | 87 |
| Figura 49. <i>Sistema de rotación fijado en los brazos del soporte</i> | 87 |
| Figura 50. <i>Aplicación de refuerzos estructurales mediante suelda</i> | 88 |
| Figura 51. <i>Instalación de ruedas y palanca para remolque</i> | 89 |
| Figura 52. <i>Limpieza y pintura de los soportes rotatorios del motor</i> | 90 |
| Figura 53. <i>Soportes rotatorios del sistema de rotación del motor</i> | 90 |
| Figura 54. <i>Soportes del motor rolls royce dart 532-7l terminados</i> | 91 |
| Figura 55. <i>Desmontaje de las capotas del motor</i> | 93 |
| Figura 56. <i>Pared de fuego del motor y receptáculos tapados</i> | 93 |
| Figura 57. <i>Drenaje del combustible</i> | 94 |
| Figura 58. <i>Línea de admisión de agua – metanol</i> | 95 |
| Figura 59. <i>Línea de distribución del agente extintor y sensores</i> | 95 |

| | |
|---|------------|
| Figura 60. <i>Conjunto fijo de drenaje y admisión del combustible</i> | 96 |
| Figura 61. <i>Puntos de conexión de los cables de ignición</i> | 96 |
| Figura 62. <i>Varillas de control del motor</i> | 97 |
| Figura 63. <i>Eje de conducción de la caja de engranajes</i> | 98 |
| Figura 64. <i>Eje del motor separado de la sección de engrane</i> | 99 |
| Figura 65. <i>Ajuste de la eslinga en los puntos de sujeción</i> | 99 |
| Figura 66. <i>Montantes del motor en la pared del fuego</i> | 100 |
| Figura 67. <i>Desmontaje del motor usando el tecl</i> | 101 |
| Figura 68. <i>Motor asentado correctamente en su soporte</i> | 101 |
| Figura 69. <i>Perno de montaje del motor siendo extraído de la brida</i> | 103 |
| Figura 70. <i>Estado visual del perno en general y tuerca</i> | 104 |
| Figura 71. <i>Junta del perno de cabeza y vástago</i> | 104 |
| Figura 72. <i>Vista del perno libre de corrosión e hilos</i> | 105 |
| Figura 73. <i>Perno limpio previo a la aplicación del removedor skc</i> | 107 |
| Figura 74. <i>Perno en proceso de penetración por tinte skl-wp2</i> | 108 |
| Figura 75. <i>Perno bajo tinte revelador skd-s2</i> | 108 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----------|
| Tabla 1. <i>Clasificación de las aeronaves</i> | 27 |
| Tabla 2. <i>Especificaciones del FH-227</i> | 36 |
| Tabla 3. <i>Clasificación de los motores a reacción</i> | 40 |
| Tabla 4. Información del motor Rolls Royce Dart 532-7L | 47 |
| Tabla 5. <i>Inspección de rutina recomendadas</i> | 60 |
| Tabla 6. <i>Características del soporte, modelo A</i> | 66 |
| Tabla 7. <i>Características del soporte, modelo B</i> | 67 |
| Tabla 8. <i>Características del soporte, modelo C</i> | 68 |
| Tabla 9. <i>Ponderaciones de calificación de acuerdo a la característica</i> | 70 |
| Tabla 10. <i>Análisis de características cuantitativas de los soportes para el motor</i> | 70 |

RESUMEN

Realizar una tarea de mantenimiento aeronáutico conlleva una gran responsabilidad y de la misma forma un cualificado proceso que asegure la aeronavegabilidad de una aeronave, con este fin el presente proyecto está enfocado a dar detalle de una de estas tareas, que consiste en la inspección de los cone bolt mount o pernos de montaje de los motores Rolls Royce Dart 532-7L de la aeronave Fairchild FH-227, de tal forma que para llevar a cabo este proyecto se inició desmontando estos motores, tarea que fue empleada bajo el manual de mantenimiento AMM 71-00 con la finalidad de extraer los pernos de montaje para ser sometidos a la inspección y chequeo basada en el manual de mantenimiento AMM 54-00 el cual dicta este proceso, que implicó una examinación visual rigurosa para detectar daños superficiales y corrosión junto la aplicación de un ensayo no destructivo por tintes penetrantes normalizado por la Sociedad Americana de Ensayos no Destructivos ASNT, de las cuales se pudo deducir que los pernos se encuentran libres de defectos superficiales y por ende funcionales. Al mismo tiempo se implementaron dos soportes rotatorios para los motores los cuales fueron diseñados y fabricados con material normalizado ASTM A36, dichas herramientas cumplen la función de dar asiento a los motores y la accesibilidad para realizar otras tareas de mantenimiento.

PALABRAS CLAVES:

-) INSPECCIÓN
-) NDT
-) SOPORTE
-) ESTRUCTURACIÓN
-) MONTANTE

ABSTRACT

Carrying out an aeronautical maintenance task entails a great responsibility and in the same way a qualified process that ensures the airworthiness of an aircraft, for this purpose this project is focused on giving details of one of these tasks, which consists of the inspection of the taper bolt mounting or mounting bolts of the Rolls Royce Dart 532-7L engines of the Fairchild FH-227 aircraft, in such a way that to carry out this project, it was started by disassembling these motors, a task that was used under the AMM 71-00 maintenance manual in order to extract the mounting bolts to be subjected to the inspection and check based on the manual. maintenance AMM 54-00 which dictates this process, which involved a rigorous visual examination to detect surface damage and corrosion together with the application of a non-destructive test by penetrating dyes standardized by the American Society for Non-Destructive Testing ASNT, from which it was possible to deduce that the bolts are free of superficial defects and therefore functional. At the same time, two rotary supports were implemented for the engines, which were designed and manufactured with standardized material ASTM A36, these tools fulfill the function of giving seat to the engines and accessibility to perform other maintenance tasks.

KEY WORDS:

-) INSPECTION
-) NDT
-) STAND
-) STRUCTURING
-) MOUNT

CAPÍTULO I

1.1. Tema

Inspección de los cone bolt mount de los motores Rolls Royce Dart 532-71 en base al manual de mantenimiento AMM 54-00 de la aeronave Fairchild FH-227 mediante la implementación de soportes rotatorios

1.2. Antecedentes

La Carrera de mecánica aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas de Espe campus Unidad de Gestión de Tecnologías al ser una entidad certificada bajo la Regulación de Aviación Civil RDAC 147, es un centro de instrucción de aeronáutica civil aprobado CIAC y tiene el objetivo de formar profesionales en el campo de mantenimiento de aeronaves para empresas aeronáuticas en cualquier ámbito de operación. La fundamentación teórica de las ciencias aplicadas al campo de la aviación impartidas en la Unidad de Gestión de Tecnologías requiere una retroalimentación mediante la experimentación de diversos procedimientos aplicados al mantenimiento aeronáutico en base a la documentación técnica ya establecida.

Para cubrir esta demanda, en la Universidad de las Fuerzas Armadas de Espe campus Unidad de Gestión de Tecnologías yacen diversos laboratorios que cuentan con la implementación necesaria para la práctica sustentada y tutoriada de los estudiantes, pues cuenta con diferentes tipos de motores, prototipos didácticos, material de apoyo y la documentación técnica necesaria.

Gracias a la oportunidad brindada por la Universidad de las Fuerzas Armadas de Espe campus Unidad de Gestión de Tecnologías se empleará este proyecto a fin de aportar para el mejoramiento de las prácticas de mantenimiento aplicadas al motor Rolls Royce Dart 532-7L de la aeronave Fairchild FH-227.

1.3. Planteamiento del problema

La Universidad de las Fuerzas Armadas de Espe campus Unidad de Gestión de Tecnologías ubicada en la ciudad de Latacunga es el único centro aprobado de instrucción aeronáutica civil a nivel nacional, razón por la cual debe presentar un alto rango de calidad con respecto a la formación académica, por lo que es necesario la utilización de herramientas y materiales que permitan la realización de prácticas adecuadas como se establece en la documentación técnica.

En la realización de una práctica de mantenimiento es necesario el acceso a un área de trabajo que posea todas las adecuaciones e implementación necesaria para el óptimo cumplimiento de una tarea, priorizando la seguridad operacional como un factor primordial, dando como resultado un trabajo eficiente y libre de accidentes, por tal requerimiento, es indispensable que la organización ofrezca materiales de trabajo que permitan la elaboración de una práctica segura y eficaz.

En el laboratorio de motores de la Unidad de Gestión de Tecnologías se encuentran diversos materiales que posibilitan la práctica de diferentes procedimientos de mantenimiento aeronáutico, sin embargo, existe una falencia de accesibilidad a los motores Rolls Royce Dart 532-7L posterior al desmontaje imposibilitando la realización de tareas de mantenimiento y diversas prácticas.

Al ser este un factor que dificulta la adquisición de experiencia y conocimiento se empleara este proyecto a fin de mejorar dicha tesitura para lo cual se verificara el estado de los cone bolt mount para el montaje y desmontaje del motor y se implementarán nuevos equipos que servirán como una herramienta técnica de apoyo, mismos que ofrecerán un amplio rango de acceso permitiendo la realización de prácticas propicias y seguras en los motores Rolls Royce Dart 532-7L.

1.4. Justificación e importancia

La adquisición de experiencia técnica es un factor primordial en la formación de profesionales de Mecánica Aeronáutica, pues el perfil de este personal incluye la capacidad para desarrollar tareas de mantenimiento en cualquier aeronave y ámbito de operación razón por lo que es necesario la realización de prácticas pre profesionales en diversos fundamentos y estas deben ofrecer resultados de aprendizaje de calidad tomando en cuenta la seguridad laboral.

Ahora bien, las practicas académicas de laboratorio deben asegurar una correcta experimentación para la adquisición de conocimiento de los estudiantes por lo que se requiere implementación de primera, razón por la cual se desarrollara este proyecto en fin de ofrecer un acceso para la realización de prácticas técnicas en los motores Rolls Royce Dart 532-7L posterior al desmontaje, garantizando la seguridad y la fiabilidad de calidad del cual la Universidad de las Fuerzas Armadas de Espe campus Unidad de Gestión de Tecnologías será beneficiada al igual que sus estudiantes.

Objetivos

Objetivo General:

Inspeccionar los Cone Bolt Mount de los motores Rolls Royce Dart 537-7L en base al manual de mantenimiento AMM 54-00 de la aeronave Fairchild FH-227 para verificar el estado operacional de los bolts.

Objetivos Específicos:

- Recopilas información técnica pertinente en los manuales del motor Rolls Royce Dart 532-7L y la aeronave Fairchild FH-227

- Implementar los soportes rotatorios para los motores Rolls Royce Dart 532-7L de la aeronave Fairchild FH-227

- Desmontar el motor de acuerdo al manual de mantenimiento AMM71-00.

- Realizar la inspección de los cone bolt mount del motor acorde lo establecido en el manual de mantenimiento AMM 54-00.

- Realizar pruebas de NDT a los cone bolt mount, para verificar su estado y funcionalidad.

1.5. ALCANCE

El presente proyecto tiene como finalidad ofrecer una mejora en el estándar de calidad para la realización de prácticas de mantenimiento aeronáutico razón por la cual va dirigido para todo aquel personal que utilice las instalaciones del laboratorio de motores perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías, tales como estudiantes y docentes de la carrera de mecánica aeronáutica, permitiendo la elaboración de un trabajo eficaz y regulado dando como resultado una práctica con un índice libre de riesgos operacionales.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

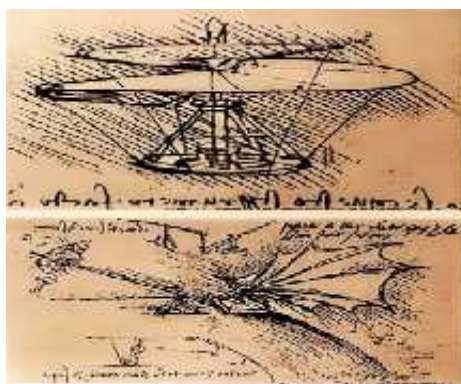
2.1. Síntesis histórica de la aviación en general

La aviación se remonta al deseo del ser humano por alzar el vuelo en la tercera dimensión cuya expresión hace mención al cielo en la antigüedad. Este anhelo delirante el afán de simular la habilidad de las aves para elevarse por los aires. Así fue como grandes pensadores utilizaron su intelecto para desarrollar ideas cimentadas que con el tiempo dieron lugar a una evolución significativa al campo aeronáutico.

Desde la edad moderna fue suscitado el estudio de la dinámica del vuelo por parte de Leonardo Da Vinci en el año 1505, quien no solo paro ahí, sino que también elaboro artefactos como el ala, el tornillo aéreo que fue el ancestro directo del helicóptero y paracaídas. No obstante, sus experimentos no tuvieron resultados por falta de fuerza propulsora, más bien su aporte teórico fue una pieza fundamental para el desarrollo de la aviación moderna. (Inventos Revolucionarios, 2013)

Figura 1

Tornillo aéreo de da Vinci



Nota. Prototipos de Da Vinci que simulaban el vuelo, sin embargo, eran incapaces de realizar esta acción debido a su forma. Tomado de (Inventos Revolucionarios, 2013)

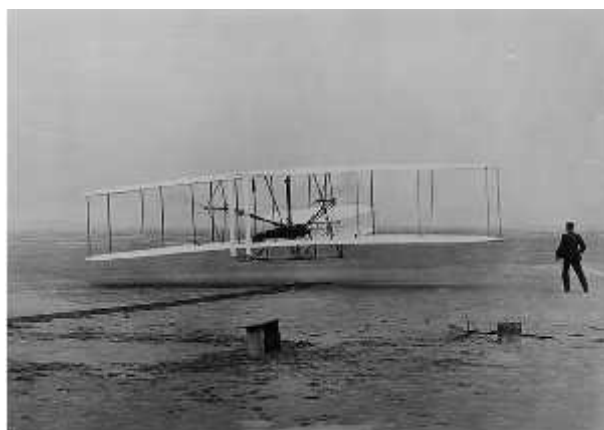
Continuando en la línea del tiempo se fueron desarrollando varias innovaciones empezando con el descubrimiento del hidrogeno ya que al ser un aire inflamable llamado así por Henry Cavendish quien noto que este gas ascendía al someterlo al calor dando paso a la creación del globo aerostático y la ascensión tripulada en el año 1733.

El afán del ser humano por dominar los aires continuó en esa época, se efectuó el ensayo del primer planeador, y viajes internacionales en globo. Hacia inicios del siglo 20 a manos de Von Zeppelin se creó el dirigible que surco el cielo con una tripulación de cinco personas además de su creador, volando 6 kilómetros. (Mendez, 2013)

Al construirse el primer planeador se siguió una secuencia de invenciones que daban resultados desde lo poco eficientes hasta llegar al primer vuelo sustentado continuo de una aeronave más ligera que el aire por parte de los hermanos Wright en el Kitty Hawk en el año de 1903. (Benson, 2014)

Figura 2

Primer aeroplano moderno



Nota. Primer vuelo exitoso de la aeronave Kitty Hawk en el año 1903 siendo el primer aeroplano más ligero que el aire. Tomado de (Benson, 2014)

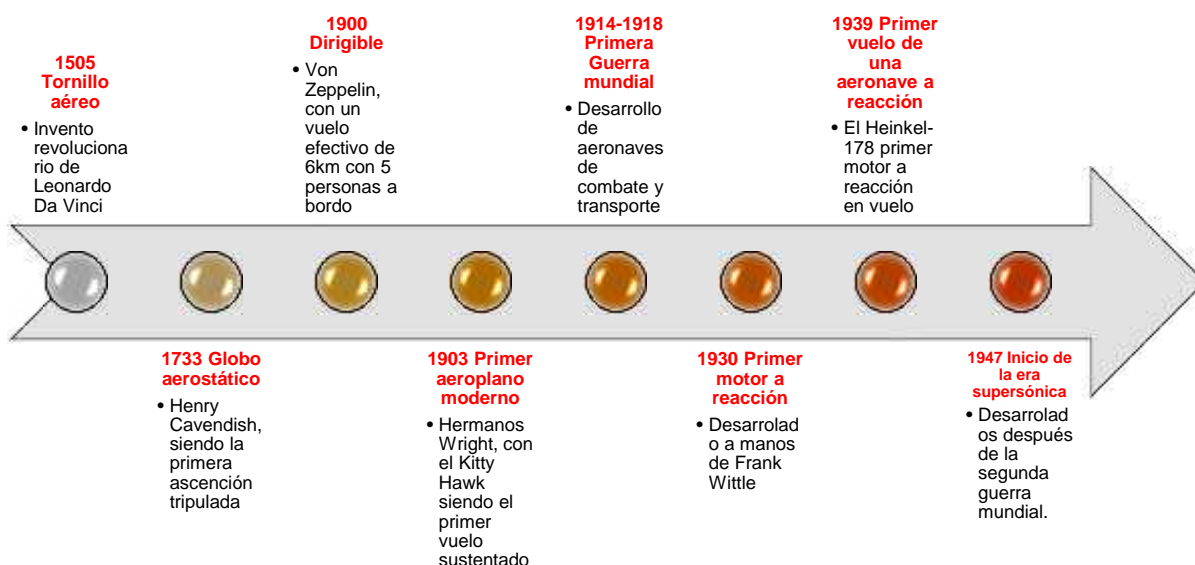
Las expectativas de mejoría no cesaron en instante alguno, y así fue como la evolución de la aviación llegó a la modernidad, tras los vuelos tripulados con motor se vinieron avances al implementar nuevos diseños, modelos bimotores hasta modelos con cuatro motores, cabe recalcar que en estos instantes era empleado el uso de materias primas rústicas como maderas buscando la ligereza del material.

La primera guerra mundial en los años 1914 a 1918 fueron de gran influencia para el desarrollo de la aviación ya que se emplearon aeronaves con nuevos materiales metálicos y armados para los combates, modelos proscuentes sirvieron para el transporte aéreo de pasajeros e incluso a escala intercontinental.

En los próximos años se llevó a cabo el primer ascenso exitoso del autogiro De la Ciervo y se patentaron aviones de transporte internacional, así como también se dominó el transporte trasatlántico desde New York hasta Paris en viajes solitarios en los años de 1927 a 1930, dando un avance tremendamente significativo en este último año con la aparición del primer motor a reacción patentado por Frank Wittle.

Figura 3

Línea de tiempo de la historia de la aviación



Nota. En la siguiente línea de tiempo se puede apreciar los más significativos eventos históricos de la evolución de la aviación, desde el afán de conceder el vuelo hasta llegar a la era supersónica previo la segunda guerra mundial.

El desarrollo innato de la aviación se vio potencializada durante la Segunda Guerra Mundial ya que las exigencias de armamento y transporte dieron como resultado un mejoramiento a los sistemas de navegación y también de ingeniería, pues se construyeron diversas aeronaves con una larga duración de autonomía y mayores velocidades.

Las altas exigencias de armamento bélico, hicieron que la ambición del hombre dominara las alturas, así se llevó a cabo el primer vuelo de una aeronave con motores a reacción el Heinkel-178, en el año 1939. Pues a partir del primer bombardeo aéreo en Hiroshima y Nagasaki se buscó incrementar la fuerza propulsora, control y navegación de las nuevas generaciones de aeronaves, dando inicio a la era supersónica en el año de 1947 y la aparición de diversos tipos de aeronaves empleadas acorde a sus estructuras, tipos de alas y motores. (Barros, 2001)

Tabla 1

Clasificación de las aeronaves

| Tipos de aeronaves según diferentes criterios | | | | | |
|--|--------------------|-------------------|------------------------|-------------------|-------------------|
| En función a | En | En función | En función de | En | En |
| la | función a | de la | las | función al | función |
| sustentación | su | autonomía | características | motor | de los |
| | utilización | | externas | | trenes de |
| | | | | | aterrizaje |

Tipos de aeronaves según diferentes criterios

| | | | | | |
|--------------------|------------------|----------------|------------------------|--------------------|------------------|
| <i>Aerostatos:</i> | <i>Aeronaves</i> | <i>Corto</i> | <i>Situación del</i> | <i>De motor</i> | <i>Tren de</i> |
| Globos | <i>militares</i> | <i>alcance</i> | <i>ala:</i> | <i>alternativo</i> | <i>aterriaje</i> |
| aerostáticos y | | | -Parte alta | <i>o de pistón</i> | <i>fijo sin</i> |
| dirigibles. | | | - Parte media | | <i>carenado</i> |
| | | | - Parte baja | | |
| | | | - Ala volante | | |
| | | | - Parasol | | |
| <i>Aerodinos:</i> | <i>Aeronaves</i> | <i>Medio</i> | <i>Número de</i> | <i>De motor a</i> | <i>Tren de</i> |
| - Ala fija: | <i>civiles</i> | <i>alcance</i> | <i>alas:</i> | <i>reacción</i> | <i>aterriaje</i> |
| - Ala variable | | | -Monoplanos | - Motor | <i>fijo con</i> |
| - Ala Giratoria | | | - Biplanos | turbohélice | <i>carenado</i> |
| | | | - Triplanos | - Turbo | |
| | | | | reactor | |
| | | | | - Turbo | |
| | | | | ventilador | |
| | | | | - Turbo eje | |
| | | <i>Largo</i> | <i>Forma de la</i> | <i>Número de</i> | <i>Tren de</i> |
| | | <i>alcance</i> | <i>planta del ala:</i> | <i>motores</i> | <i>aterriaje</i> |
| | | | - Rectangular o | - Se | <i>retráctil</i> |
| | | | recta | emplean | |
| | | | - Trapezoidal | de 1 a 8 | |
| | | | - Elíptica | motores | |
| | | | - Flecha | | |
| | | | - Delta | | |

Tipos de aeronaves según diferentes criterios

| <i>Tipo de cola:</i> | <i>Ubicación</i> | <i>De</i> |
|----------------------|-------------------|------------------|
| En forma de T | <i>de motores</i> | <i>patines</i> |
| En forma de + | - En las | <i>en ala</i> |
| Cola fuselada | alas | <i>para</i> |
| Cola doble | - En el | <i>amerizaje</i> |
| | morro | |
| | - En el | |
| | fuselaje | |
| | - En el ala | |
| | más | |
| | empenaje | |

Nota. Existen más funciones para clasificar las aeronaves. Tomado de (Kimerius, 2008)

2.2. Aeronaves de motor turbohélice

Los aviones de turbohélice son conocidos de ese modo ya que su fuente de propulsión son las hélices impulsadas por la turbina de un motor a reacción. Este modelo de aeronave es confundido con motores de aeronaves pequeñas por su forma, sin embargo, en el campo técnico se conoce que en realidad son diferentes por su funcionamiento y operación.

Las aeronaves de turbohélice utilizan una turbina para propulsar la hélice, misma que genera el empuje necesario, este tipo de aviones surgió durante la segunda guerra mundial con fines bélicos. Fue el motor Cs1 el pionero del turbohélice diseñado por el húngaro Gyorgy Jendrassik en la aeronave bombardera Varga RMI1 X/H que pronto fue reemplazado por tratados durante la guerra. Sin embargo, los turbohélices fueron

dejados de lado, desarrollándose de primera mano los turborreactores, pero dadas las circunstancias y altos costes de combustible se retomó el desarrollo del turbohélice siendo una solución para el campo comercial ya que estas aeronaves consumían menos combustible y con una mayor capacidad de carga a coste de una velocidad menor y altitud. (Gonzales, 2014)

Una de las deficiencias de estos modelos son el ruido, vibración y velocidad que pueden alcanzar, sin embargo, con el tiempo la nueva tecnología innova para disminuir y aumentar en estos puntos de observación. Dejando de lado estos aspectos negativos cabe recalcar que estas aeronaves pueden ser operadas en pistas con menos recorrido ya que la carrera necesaria para el despegue es muy inferior a las del reactor. (Nosoloaviones, 2015)

2.3. Aeronaves Fairchild

Las Aeronaves fabricadas por Fairchild Aircraft a través de los años han sido desarrollados por un selecto grupo de ingenieros aeronáuticos, estos modelos fueron fabricados desde 1920, a partir de entonces se ha ido mejorando la interfaz y el diseño de las aeronaves. Cabe recalcar que la mayoría de modelos constan de motores turbo propulsores pues son propulsadas con hélices.

2.4. Modelos de Aeronaves Fairchild

2.4.1. Fairchild FC1 / FC2

Esta aeronave fue el primer modelo desarrollado por Fairchild en el año 1920, con el propósito de servir para la elaboración de topografías y estudio de territorio para este año fue prototipo para ser uno de los modelos más eficientes para este propósito. La compañía Fairchild Aircraft, realizó el primer vuelo del FC-1 por la mitad del año 1926 esta aeronave era un monoplano de ala alta plegable de almacenaje, propulsada

por un motor Curtiss Ox-5 de 8 cilindros, siendo remplazado por un Wright J-4 Whirlwind radial de nueve cilindros cuyo rediseño fue llamado FC-1A, que constaba de espacio para el piloto y tres pasajeros, con un alto rango de visibilidad por sus amplias ventanas. (Aviastar, 2015)

Figura 4

Aeronave Fairchild fc-1.



Nota. La Fairchild FC-1 estacionada en pista rupestre. Tomado de (Aviastar, 2015)

El FC-2 y su versión posterior como el FC-2s fueron construidos en el año de 1927 con mejoras para el cumplimiento de su labor. Estos constaban de un cockpit más grande además de una mejora en el motor siendo el J-5 Whirlwind y teniendo la posibilidad de utilizar un tren de aterrizaje adaptable. (Aviastar, 2015)

2.4.2. Fairchild 71

Este modelo construido entre los años de 1928 al 30, fueron mejoras directas de los modelos anteriores como el FC-2. Esta aeronave constaba de un cockpit más amplio permitiendo 6 pasajeros y se propulsaba con un motor de nueve cilindros de tipo radial de la marca Pratt and Whitney Wasp, procedentes de este surgieron nuevos modelos como el F 71A que desplazó su predecesor, esta versión de aeronaves fue usada

principalmente para el transporte ligero de pasajeros, así como también para la topografía terrenal, empleada en el campo civil y militar. (Aviastar, 2015)

Figura 5

Fairchild Super 71



Nota. Fairchild Super 71 tenía la capacidad de cambiar su tipo de tren de aterrizaje, para nieve o agua. Tomado de (Aviastar, 2015)

Para satisfacer la necesidad de carga se desarrolló en el año 1934 el modelo F Super 71 que era un hidroavión construido con materiales ligeros de fuselaje alargado y capacidad de 8 pasajeros siendo los asientos removibles lo que facilitaba el transporte de carga en la cabina.

2.4.3. Fairchild AT-21 Gunner

Hacia el año 1940 durante la segunda guerra mundial, el desarrollo de aviones bombarderos era crucial para el combate aéreo. El Fairchild AT-21 era un avión de fuselaje elaborado de aleación ligera, propulsado por motores Ranger V-770, constaba con un tren de aterrizaje capaz de retraerse con superficies aerodinámicas en el empenaje. Este bombardero constaba de una cabina con una cabina para alojar a cinco tripulantes. (Aviastar, 2015)

Figura 6

Fairchild AT-21 gunner



Nota. Aeronave de combate para bombardear en vuelo. Tomado de (Aviastar, 2015)

2.4.4. Fairchild C-119 Flying Boxcar

En 1947 se desarrolló este modelo, siendo una mejora directa de los modelos C-82, el cockpit de este modelo era diferente al de otras generaciones, pues se extendía hasta la nariz y era propulsado por motores de 28 cilindros radiales Pratt & Whitney R-4360-4. De las primeras versiones es conocido el C-119B con una gran capacidad de carga permitiendo el ascenso de 62 paracaidistas y brindando otros campos de operación pesados en el campo civil y militar. (Aviastar, 2015)

Figura 7

Fairchild C119



Nota. Una de las primeras aeronaves de carga. Tomado de (Aviastar, 2015)

2.4.5. Fairchild C-123 Provider

El FC-123 fue un avión de alta demanda para el año 1953, su uso principal era empleado para el transporte aéreo y también en las fuerzas aéreas. La propulsión utilizaba motores turborreactores cambiando así el uso de los motores radiales, equipado con motores FJ44 en las alas para servir de unidad de potencia auxiliar, en la siguiente gama de aeronaves se vieron mejor empleados el uso de turborreactores como fuente de energía y propulsión auxiliar. (Aviastar, 2015)

2.4.6. Fairchild Hiller 227

El avión FH-227 data al año de 1956 cuando la empresa Fokker en acuerdo con Fairchild Aircraft desarrollaban la serie F27, algunos modelos fueron ensamblados en Holanda, pero Fairchild diseño la nueva línea con un fuselaje más amplio dando lugar al FH-227. Este modelo tiene la capacidad de albergar 52 pasajeros incluyendo una cabina con dos asientos, teniendo un amplio espacio para carga y equipaje funciona con los motores turbo hélice Rolls Royce 532-7, la fabricación de este diseño ascendió a los 79 ejemplares que operaron con normalidad hasta 1991. (Aviastar, 2015)

Figura 8

Fairchild Hiller 227



Nota. Aeronave Fairchild FH 227 en vuelo. Tomado de (Aviastar, 2015)

2.5. Desarrollo y especificaciones del FH-227

Esta aeronave construida a mediados del siglo XX fue construida por Fairchild Aircraft, cuyo modelo fue empleado para uso comercial y de carga. Este avión voló con normalidad hasta el año 1991 cuando fue reemplazado por nuevas versiones modernas. Se propulsaba con un motor turbo hélice Rolls Royce Dart 532-7L.

Figura 9

Avión escuela fh-227 HC-BHD



Nota. Aeronave Fairchild FH-227 en las instalaciones de la UGT- ESPE. Fotografía tomada en campo.

El modelo era de ala alta con los motores instalados cerca del fuselaje, constaba de un sistema de combustible integral pues este se alojaba en las alas. Se diseñaron modelos posteriores como el FH-227B con algunas mejoras, como en el sistema de navegación y eficiencia de autonomía en Ecuador hubo algunos ejemplares uno de ellos que ahora se encuentra en la Universidad de las Fuerzas Armadas como modelo de avión escuela, siendo funcionales algunos de sus sistemas como el de arranque, las luces y algunos instrumentos de aviación.

Tabla 2*Especificaciones del FH-227.*

| | |
|---------------------|---|
| FABRICANTE | Fairchild Aircraft |
| MODELO | Fairchild Hiller FH-227 |
| AÑO DE CONSTRUCCIÓN | Data al año 1958 |
| TIPO DE MOTOR | 2 motores Rolls Royce Dart RDa-7 MK.532 de 1655kW |
| TRIPULACION | De 2 a 3 tripulantes |
| PASAJEROS | Capacidad para 44 a 56 personas |
| PESO DE DESPEGUE | 45504 libras |
| PESO VACIO | 27509 libras |
| ENVERGADURA | 29 metros, (95 ft 2 in) |
| LONGITUD | 25.5 metros, (84 ft 8 in) |
| ALTURA | 8.4 metros, (28 ft 7 in) |
| ÁREA DEL ALA | 70m ² (753.47 sq ft) |
| VELOCIDAD MAXIMA | 483 km/h, (300 mph) |

Nota. Tabla de especificaciones del motor. Tomado de (Royce, Dart Engine, 1962)

2.6. Motores de Aviación

En la aviación se emplean diferentes tipos de motor los cuales tienen la finalidad de ofrecer la fuerza de propulsión y empuje a las aeronaves. Estos se clasifican de acuerdo a diversos parámetros, en la aviación menor se emplean motores alternativos, los cuales también son conocidos como recíprocos, ya que funcionan con el mismo mecanismo de los motores utilizados en el campo automotriz y se desarrollan con el ciclo de Otto mediante un sistema de presurización del combustible en las cámaras utilizando pistones.

Por otro lado, están los motores a reacción, que fueron desarrollados después de los motores a pistón. Estos funcionan con diferentes secciones que cumplen un ciclo para comprimir el aire y expulsarlo en un chorro que propulse a la aeronave, se utilizan en diversos regímenes de operación, desde la aviación mayor y en aeronaves que superan la velocidad del sonido, este tipo de motor es el más desarrollado en la actualidad y se busca mejorar su rendimiento además que economizar el uso de combustible tomando en cuenta el impacto ambiental que estos generan y para sus diferentes propósitos existen algunos tipos de motores a reacción.

2.6.1. Motores de aviación alternativos

En la aviación se emplean diferentes tipos de motor los cuales tienen la finalidad de ofrecer la fuerza de propulsión y empuje a las aeronaves. En la aviación menor se emplean motores alternativos, también son conocidos como motores recíprocos ya que funcionan y tienen los componentes que el motor de un automóvil, en base al ciclo de Otto, cumpliendo los ciclos de admisión, compresión y escape. Estos motores reciben la fuerza del par motor en una hélice.

La hélice gira empujando el aire hacia atrás lo que permite que la aeronave avance. Para que esto suceda las palas de las hélices son fabricadas con precisión, y siguen todas las leyes de la aerodinámica para poder ser controladas.

Los motores alternativos fueron los primeros en desarrollarse en el campo de la aviación, su configuración depende de la disposición de los pistones, pues algunos poseen desde 12 hasta 2 pistones. La clasificación está ligada a este dato. (Gizmo, 2011)

Figura 10

Motor alternativo tipo estrella F4U Corsair



Nota. Este tipo de motor es obsoleto en la actualidad. Tomado de (Gizmo, 2011)

2.6.2. Motores de aviación a Reacción

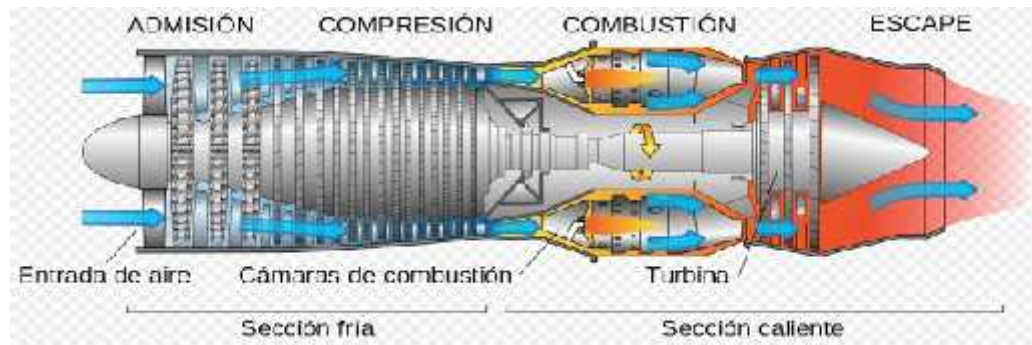
Durante y después la segunda guerra mundial la ambición por mejorar el rendimiento y potencia de las aeronaves llevo al ingeniero Frank Whittle a inventar el turboreactor en 1950 que revoluciono completamente a la aviación dando el salto necesario para dar paso al desarrollo de la aviación comercial y militar. Los motores a reacción llevan este nombre ya que funcionan en base a la tercera ley de Newton de acción y reacción, pues el aire que absorbe el motor por la entrada sale disparado en forma de chorro y en sentido opuesto otorgando así la fuerza de propulsión a los motores y por la fuerza de empuje.

Los motores a reacción realizan su trabajo en base a un ciclo térmico y de presión constante llamado ciclo de Brayton, que consta de 4 fases; la admisión y compresión; calentamiento o combustión; expansión adiabática en la turbina y escape y enfriamiento. Cada una de estas etapas del ciclo, toman parte en las diferentes secciones del motor, empezando desde la entrada de aire o ventilador, pasando a la

sección compresora donde el aire se comprime y pasa a las cámaras de combustión formando un chorro que se expande en las turbinas y finalmente siendo expulsado por la tobera de escape. (Trillo, 2017)

Figura 11

Turborreactor seccionado, ilustrando el ciclo de Brayton



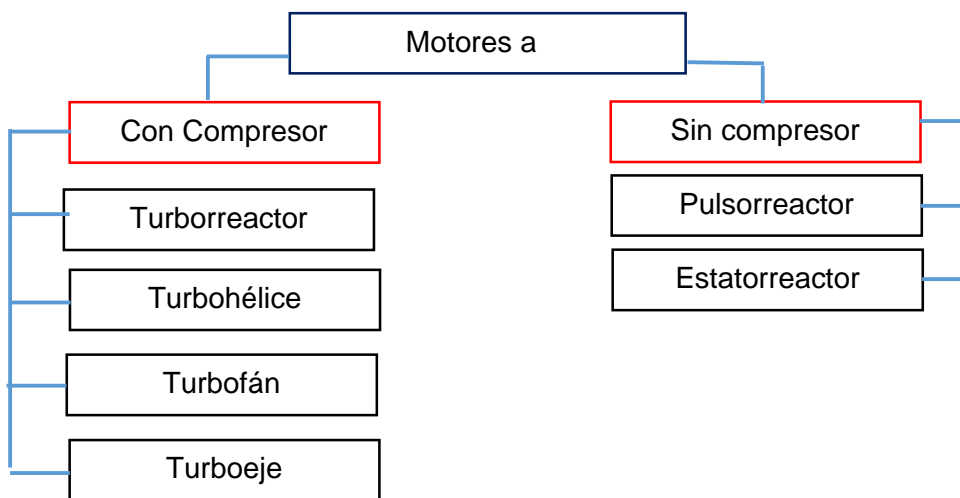
Nota. El motor a reacción consta de dos secciones de aire. Tomado de (Trillo, 2017)

2.6.3. Clasificación de los motores a Reacción

Los motores a reacción se clasifican en dos complejos grupos aplicados al campo aeronáutico y aeroespacial, este tipo de propulsión se genera a partir del principio de la tercera ley de Newton, aplicando diferentes métodos de energía. En el siguiente esquema podremos observar la clasificación de los motores a reacción aplicados en el campo aeronáutico.

Tabla 3

Clasificación de los motores a reacción



➤ **Turborreactor**

Los turborreactores fueron los primeros motores a reacción y fueron desarrollados antes y durante la segunda guerra mundial. El principio de este motor consiste en una entrada de aire con una configuración difusora que permite una proporcionada y direccionada porción de aire que pasa a ser comprimida por un compresor, para después pasar por las cámaras de combustión donde el aire se mezcla con el combustible, este chorro de energía se expande en la turbina, siendo la que genera la fuerza centrífuga que también mueve a los compresores todo esto permitido por un eje central que pasa a través de todo el motor. Finalmente, el chorro sale por la tobera de escape.

➤ **Motor Turbohélice**

Este motor consta de una hélice, seguida por un conjunto de compresores, cámara de combustión y un conjunto de turbinas unas conectadas al eje con los compresores y una turbina libre impulsada por los gases calientes que propulsa a la

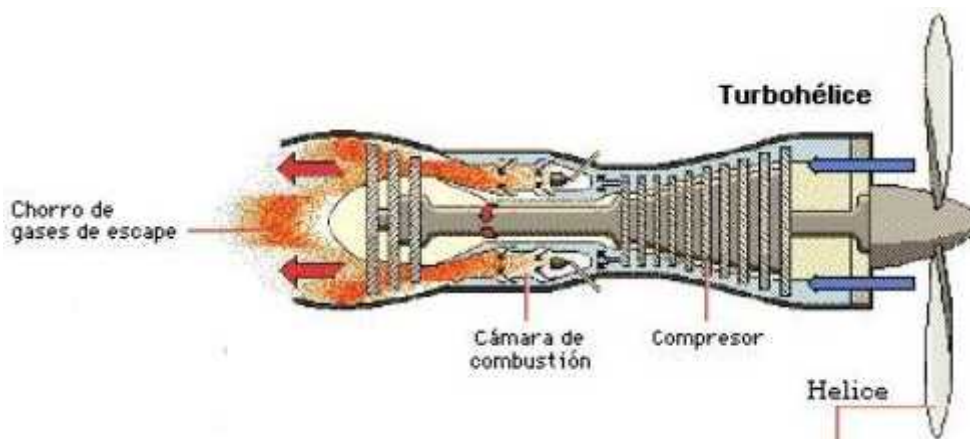
hélice. La mayor parte de la energía producida por los gases y esta turbina libre son aprovechados para ejercer potencia sobre la hélice y una pequeña porción se emplea en el escape de gases.

La tracción producida por la rotación de las hélices permite el empuje de la aeronave, y la razón por la cual esta tiene su turbina independiente se debe a condiciones de optimización, pues el eje puede llegar a revoluciones mayores al diez mil rpm, por esta razón el eje cuenta con un conjunto de engranajes que permiten reducir las rpm de las hélices, evitando así que exceda el límite estructural y de velocidad de las palas.

Este tipo de motor se utiliza generalmente en aeronaves pequeñas y medianas, llegando a alcanzar velocidades de 500 o 600 km/h. (Barbara, 2020)

Figura 12

Motor turbohélice seccionado



Nota. La fuerza de rotación de la hélice es regulada por un conjunto de engranajes evitando la sobre revolución. Tomado de (Barbara, 2020)

➤ **Motor Turboventilador**

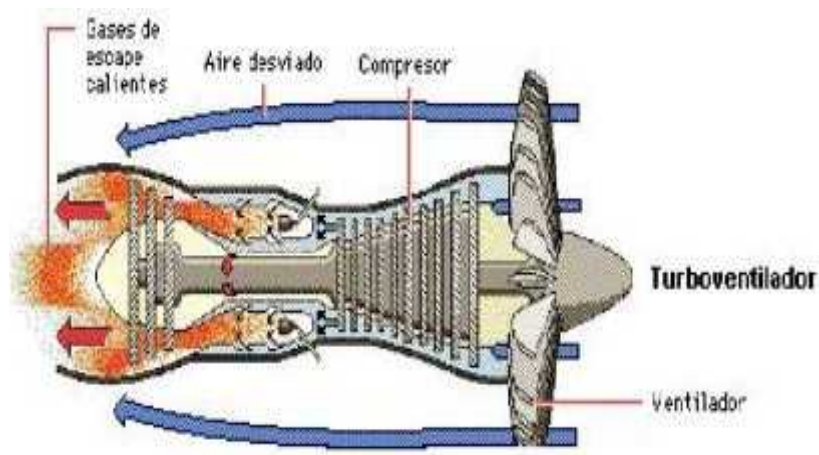
Los motores turboventilador conocidos como turbofán, se caracterizan por su entrada de aire ya que constan de un gran ventilador que permite el ingreso de una gran masa de aire que se distribuye a través del motor, este chorro ingresa por el ventilador con gran velocidad para generar empuje siguiendo un proceso. En los modelos modernos la mayor parte de esta masa fluye por la parte exterior del motor y una porción más pequeña por el núcleo del motor, dando como resultado una mejor eficiencia, menor consumo de combustible, refrigeración y reducción del ruido gracias a la masa exterior que rodea al motor.

Al igual que los turborreactores estos constan de un grupo de compresores que aceleran la masa de aire que ingresa a las cámaras de combustión para después expandirse en las turbinas y existen dos tipos de motores turbofán, que se clasifican de acuerdo a su índice de derivación, esto significa la porción de aire que ingresa por cada sección.

Existen los motores turboventilador de bajo índice de derivación (low- bypass) en los cuales el aire que ingresa al núcleo es mayor al que atraviesa la parte exterior, y por otro lado están los modelos más eficientes conocidos como de high- bypass o de alto índice de derivación. (Barbara, 2020)

Figura 13

Ilustración del motor turbo ventilador



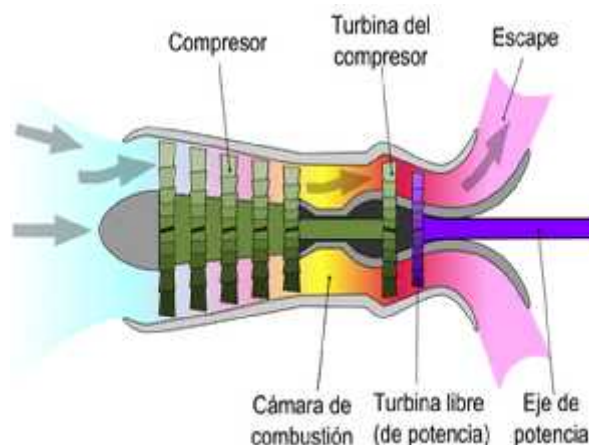
Nota. Este es un motor con alto índice de derivación. Tomado de (Barbara, 2020)

➤ Motor Turboeje

Los motores turboeje o turboshaft, son empleados en helicópteros, su funcionamiento es similar a los motores turbohélice ya que cuentan con una turbina libre que se impulsa con el chorro de aire caliente generado por la primera sección del motor que consta de compresores, una cámara de compresión y una turbina, de esta el chorro de gases impulsa a la turbina libre que está conectada a un eje llamado eje de potencia al cual esta incrustada las palas del helicóptero mediante un conjunto de engranajes que ayudan a nivelar las revoluciones por minuto, evitando que las palas del rotor lleguen a una velocidad supersónica. (Ibadomar, 2013)

Figura 14

Ilustración seccionada del motor turboeje



Nota. Este tipo de motor es mayormente empleado en helicópteros. Tomado de (Ibadomar, 2013)

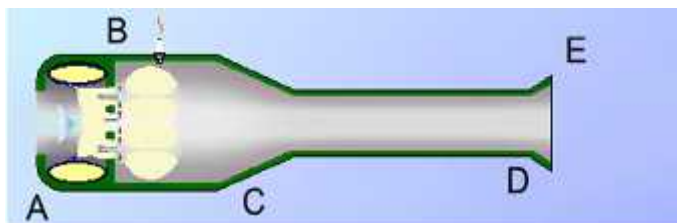
➤ **Motores del tipo pulsorreactor y estatorreactor**

Los pulsorreactores son aerorreactores sin compresores mecánicos ni turbina, en cambio constan de un conjunto de válvulas que se abren para dar paso a una carga e aire que al ingresar a la cámara de combustión se mezcla con el combustible generando un gran incremento de presión y es cuando las válvulas se cierran para que el chorro se expulse por la tobera, una vez la masa de aire es expulsada las válvulas vuelven abrirse para dar paso al ingreso de otra masa de aire que genera otra explosión, lo que significa que el chorro es intermitente, actualmente los pulsorreactores quedaron obsoletos pero fueron de gran utilidad durante la segunda guerra mundial.

(Ibadomar, 2013)

Figura 15

Pulsorreactor

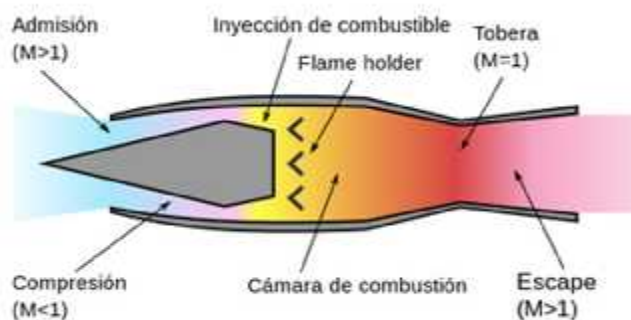


Nota. El pulsorreactor es empleado en torpedos o misiles. Tomado de (Ibadomar, 2013)

Por otro lado, tenemos al estatorreactor un motor que carece de compresores mecánicos y turbinas, sin embargo, este modelo consta de un sistema de compresión dinámica que funciona con el accionamiento de un difusor de aire que permite la entrada de aire variando su presión lo cual permite aprovechar el flujo de aire para incrementar la velocidad del flujo de aire permitiendo llegar hasta velocidades mayores a las del sonido. Este modelo de motores es utilizado en aeronaves supersónicas y para ser propulsadas requieren plantas neumáticas que proporcionen el suficiente chorro de aire para que el motor se accione. (Ibadomar, 2013)

Figura 16

Esquema del estatorreactor



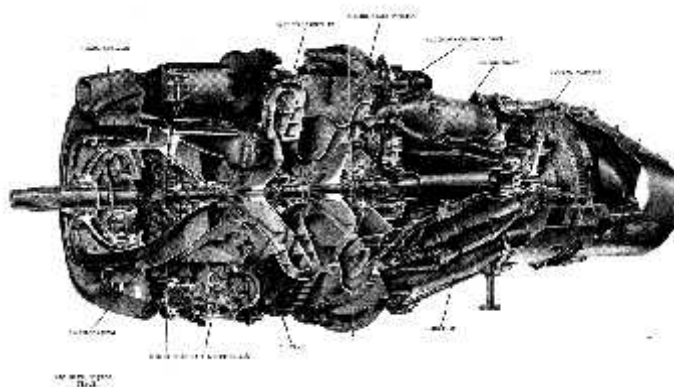
Nota. Empleado en aeronaves supersónicas. Tomado de (Ibadomar, 2013)

2.7. Motor Rolls Royce Dart 532-7L

El motor RR- Dart 532-7L es un motor turbohélice que consta de dos etapas de compresores centrífugos y una hélice que son conducidas por dos etapas de turbinas. En este los compresores están directamente conectados con las turbinas y a su vez los compresores conducen la hélice a través de una caja de reducción de engranajes. (Royce, Dart Engine, 1962)

Figura 17

Motor Rolls Royce Dart seccionado



Nota. Motor seccionado para apreciar los componentes internos. Tomado de (Royce, Dart Engine, 1962)

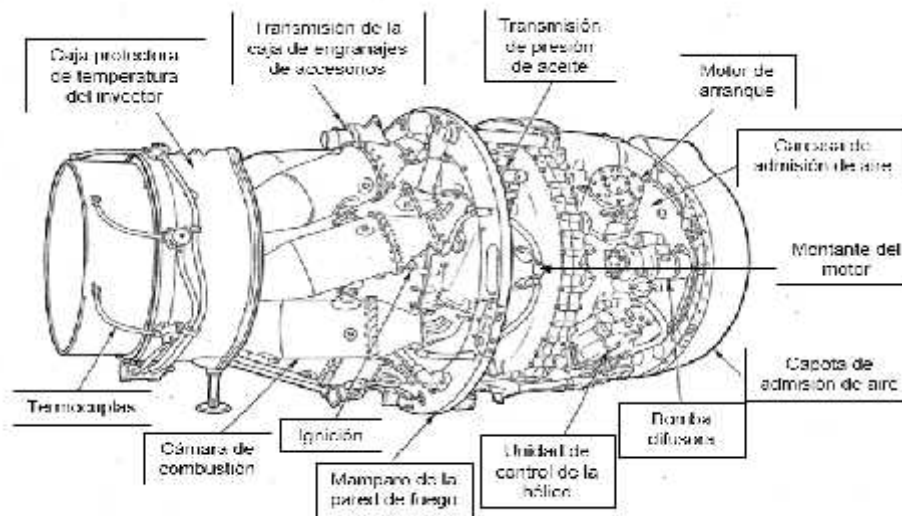
2.7.1. Especificaciones del Motor Rolls Royce Dart 532-7L

➤ Sistemas y componentes principales del motor

La siguiente figura ilustra los componentes principales del motor Rolls Royce Dart 532-7L, tomando en cuenta la aproximación a los montantes del motor. Observe el **ANEXO C** para visualizar todos los componentes.

Figura 18

Componentes del motor Rolls Royce Dart 532-7I



Nota. En la siguiente figura podemos visualizar los principales componentes del motor desde la vista a mano izquierda. Tomado de (Royce, Dart Engine, 1962)

Tabla 4

Información del motor Rolls Royce Dart 532-7L

| Información del Motor | | |
|------------------------|---|---|
| Dirección de rotación: | Motor: Sentido horario visto desde atrás. | Hélice: Sentido Antihorario visto desde atrás. |
| Índice de Compresión: | 5,5:1 | |
| Diámetro Máximo | 38 pulgadas aproximadamente | |
| Longitud total: | 91 ½ pulgadas aproximadamente. | |

| Información del Motor | | |
|------------------------------|---|---|
| Peso del motor en seco: | 1254 libras | |
| Centro de Gravedad: | 0.4 pulgadas después del pie del motor. | |
| Rendimiento Mínimo: | Caballos de fuerza del eje: | Equivalente total de caballos de fuerza: |
| Despegue (Seco) | 1535 | 1670 |
| Despegue (Agua /Metanol) | 1710* | 1860 |
| Máximo continuo | 1535 | 1670 |
| Rendimiento Máximo | | |
| Despegue (Seco) | 1600 | 1750 |
| Despegue (Agua /Metanol) | 1725* | 1875 |
| Máximo continuo | 1600 | 1750 |

Nota. Especificaciones del motor. Tomado de (Royce, Dart Engine, 1962)

2.8. Montantes del motor Rolls Royce Dart 532-7L

Generalmente un motor va fijado al fuselaje por las nacelas de la aeronave, bien por ajuste de pernos o la instalación en las nacelas. En el caso de nuestro motor, va sujeto a la pared de fuego por un sistema de montaje que consta de seis pilares tubulares, unidos entre si con forma de una triple V que circunvala el motor, los mismos que están unidos por estructuras de alta resistencia en forma de Y.

Estas uniones sirven en el motor para ser puntos de sujeción, los cuales nos dan una referencia del centro de gravedad del motor para poder asentarlos en un soporte. En total son los tres puntos de unión que cumplen esta función.

Las aberturas de este tripe V, dan lugar a cuatro puntos equilibrados que permiten montar al motor en la pared del fuego de la nacela de la aeronave. Estos puntos constan de una perforación que coincide con una doble argolla por cada punto, por la que pasan cuatro pernos de alta resistencia, conocidos como cone bolt mount que traducido al español serían los pernos de sujeción cónica del motor.

Figura 19

Estructura de tripe v para el montaje del motor



Nota. Como se puede apreciar esta estructura forma una tripe v la cual termina sujeta a la pared de fuego y adicionalmente consta de puntos de sujeción para desmontar el motor y acomodarlo en soportes. Tomado de (AVRO, 1961)

2.8.1. Inspección de los montantes del motor

Para inspeccionar cualquier zona de una aeronave, se sigue un riguroso procedimiento que consta de una limpieza adecuada del componente involucrado, la remoción de los componentes necesarios para el acceso a la zona o componente, y la verificación minuciosa de liquesos.

Es indispensable tener en mente que tipo de inspección se va a realizar en base a documentación técnica aplicable, para lo cual se recurren a diversas fuentes de

información, pudiendo ser el manual mantenimiento, directivas de aeronavegabilidad o boletines de servicio. Por lo cual existen las inspecciones periódicas.

Cabe recalcar que para hacer una inspección se debe siempre recurrir a las check list traducida al español la lista de requerimientos, que nos permitirá conocer específicamente para que realizamos dicha inspección y si es aplicable para el modelo de la aeronave o componente.

Según el manual del técnico de mantenimiento de aviación en general, comprende que: *“Para el grupo de nacela y de motor, específicamente a el montaje del motor, se realizan inspecciones para verificar roturas, grietas y flojura en el montaje del motor. Además, para los pernos se realizan inspecciones en busca de fisuras y un torque adecuado”*. (FAA, 2018)

Para inspeccionar el sistema de montaje del motor se pueden recurrir diversos métodos de inspección, como en este caso tenemos una superficie, podemos recurrir a métodos de ensayos no destructivos que revelen daño en las superficies.

2.9. Ensayos no destructivos

Los ensayos no destructivos se emplean como inspecciones reformativas, que permiten identificar la aeronavegabilidad de un componente por lo cual se identifican daños que pueden afectar a un material de cierta estructura, principalmente la corrosión. La buena práctica de inspecciones periódicas permite la preservación de un componente, así como la breve detección de fallos, tanto operacionales como funcionales que puedan alterar el rendimiento de una aeronave o motor.

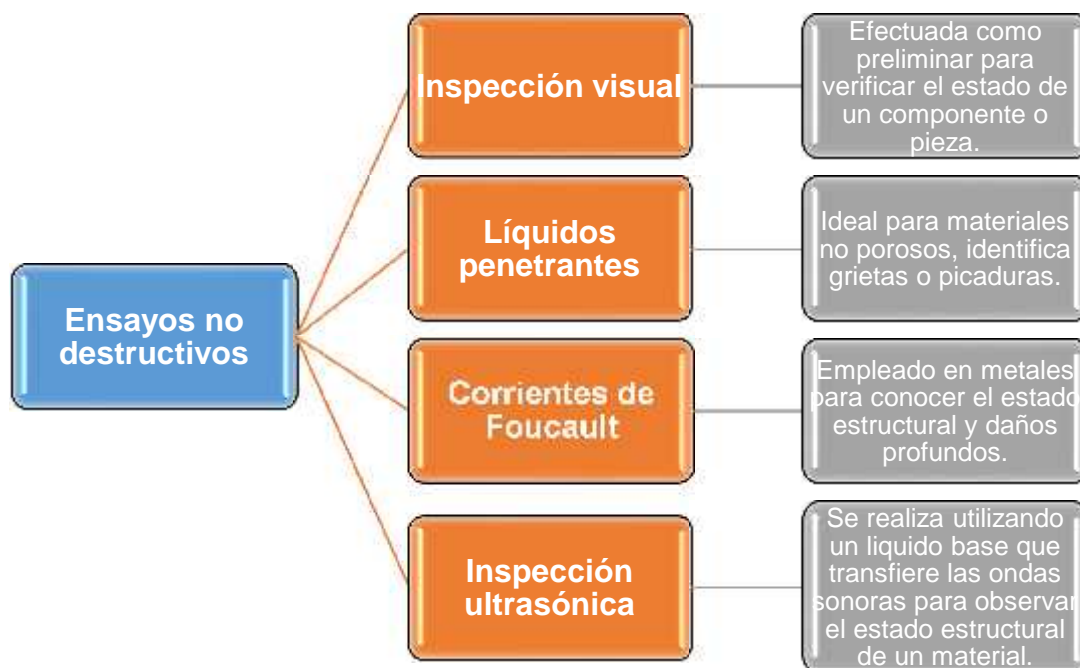
Se aplican diferentes métodos de ensayos dependiendo el componente que se vaya a inspeccionar, no es lo mismo inspeccionar una superficie que una zona interna de un motor, pues para una estructura, se emplean tintas penetrantes, radiográficas,

partículas magnéticas y otras, mientras que para una zona interior se realizan inspecciones visuales con boroscopia y aparatos especiales extensores. Sin embargo, hay preliminares que deben ser practicadas antes de recurrir a un método de inspección, y siempre se visualiza minuciosamente cualquier detalle de la estructura, utilizando una linterna, espejos, hasta lupas, procedimiento conocido como inspección visual. En el siguiente título vamos a especificar más a fondo las inspecciones por ensayos no destructivos que se aplican en el campo de la aviación.

Estas se realizan bajo rigurosos parámetros que deben ser llevados a cabo por personal calificado bajo la especificación de la FAA, u otra aceptada como la MIL. - STD:410 o la A4A iSPec2200. (Federal Aviation Administration, 2018)

Figura 20

Esquema de clasificación de los ensayos no destructivos



Nota. Esquema de ensayos no destructivos mayormente empleados, también existen otros métodos. Tomado de (Federal Aviation Administration, 2018)

2.9.1. Inspección Visual

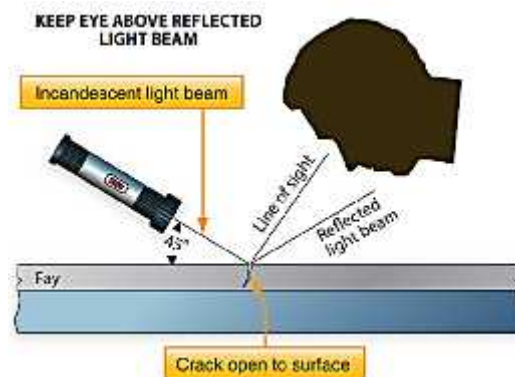
La inspección visual, es la preliminar ante cualquier aplicación de otro método de inspección, pues mediante un procedimiento de limpieza y apreciación sensorial se puede delimitar que método aplicar, siempre y cuando se esté apegado a una base aplicada, siendo en este caso el manual de mantenimiento de la aeronave u overhaul, boletines de servicio, directivas de aeronavegabilidad, o documentos suplementarios de inspección estructural (SSID) que lo requieran. Es importante que el personal que realice la inspección este capacitado para poder analizar el tipo de daño y entender que medidas deben ser tomadas.

Cabe recalcar que la inspección visual es muy usual en el campo de la aviación, pues desde que inicia la jornada se empieza con un chequeo antes de vuelo, en el que verificamos toda la aeronave alrededor y los motores usando solo la vista y lo mismo al terminar chequeo después del vuelo, utilizando linternas, espejos de inspección de ser necesario y lupas, cuando se requiere se profundiza más la inspección en mantenimientos programados.

Sucede igual en los procedimientos de mantenimiento programado, pues cada cierto tiempo se requiere una inspección general de todas las estructuras de la aeronave para asegurar el estado funcional de cada parte, pues en esta inspección se procura detectar cualquier indicio de corrosión o daño estructural – grietas (cracking). Después se procede con la aplicación de recubrimientos que permiten la preservación y funcionalidad de las estructuras. Así también se emplean inspecciones en los motores utilizando instrumentos especiales como el boroscopio.

Figura 21

Inspección visual para detección de grietas



Nota. Aplicación correcta de luz y ángulo vista eficiente. Tomado de (Federal Aviation Administration, 2018)

2.9.2. Inspección por líquidos penetrantes

Entre los NDI (Non Destructive Inspection/ Testing) el ensayo por líquidos penetrantes es uno de los más usuales, en vista de su practicidad y fácil empleo. Este método es utilizado para la detección de grietas o picaduras provocadas por diferentes factores, bien sean físicos o ambientales. Las grietas aparecen por fatiga del material o por contracciones. Los tintes penetrantes se pueden aplicar solamente sobre una superficie homogénea, ya que también revela la porosidad. Es ideal para metales y aleaciones no porosas. Debe ser llevada a cabo por personal capacitado, y siempre que se requiera en base a la documentación técnica aplicable.

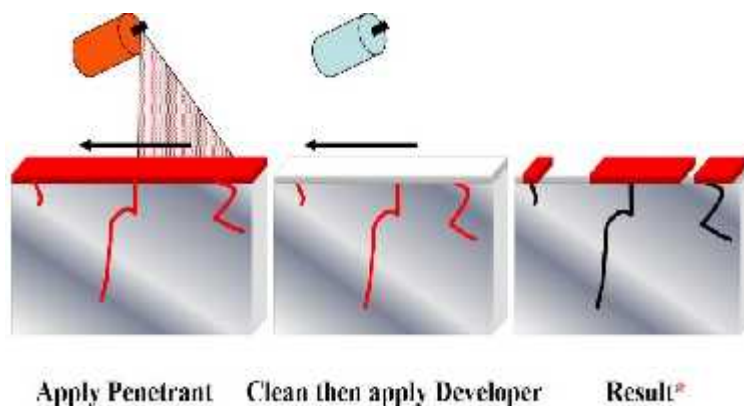
El procedimiento consta de diferentes fases que deben ser realizadas con meticulosidad y control del tiempo. Estos tintes penetrantes, ingresan en la abertura del material revelando los defectos, pero esta es una desventaja ya que necesariamente

debe haber una grieta. Se utilizan tintes fluorescentes para detectar con luz negra en un cuarto oscuro, o el visible que se aprecia mejor a la luz del día o con linternas.

En el procedimiento se emplea un kit de tintes penetrantes para esta inspección, el líquido penetrante el cual debe ser aplicado a la superficie una vez haya sido limpiada, se deja actuar al penetrante durante 5 a más minutos dependiendo de las especificaciones del fabricante dando el tiempo necesario para que el tinte ingrese. Seguida esta acción se debe limpiar la superficie con un líquido limpiador, o emulsificante. Hay que dejar secar y después se aplica el líquido revelador, que es el encargado de reaccionar en la superficie, haciendo visible el tinte penetrante, con lo cual se puede apreciar los defectos del material. Finalmente se inspecciona y se interpretan los resultados. (Federal Aviation Administration, 2018)

Figura 22

Ensayo no destructivo por tintes penetrantes



Nota. Proceso de inspección con tintes penetrantes. Tomado de (Wellden, 2017)

2.9.3. Inspección por corrientes de Foucault

La inspección electromagnética es aplicada de diversas formas sobre superficies metálicas capaces de ser magnetizadas, en la que se aplican corrientes que generan

campos magnéticos y corrientes circulares. Las corrientes de Foucault, que consiste en la inducción de corriente sobre un campo magnético el cual fluctúa cuando sobre la superficie se detecta grietas, corrosión, picaduras, porosidad y permite identificar la aleación en la que se está aplicando y su tratamiento.

Las corrientes de Foucault en el mantenimiento aeronáutico se utilizan para piezas aleadas que se sujetan a altos esfuerzos, se inspeccionan periódicamente en alabes de compresores y turbinas y su eje; se emplea en estructuras como los paneles de cubierta para detectar grietas o roturas; en los trenes de aterrizaje y ruedas, así como en pernos.

Para tener una correcta lectura se tiene en conocimiento las lecturas de cada material y su dureza. Tres herramientas son usadas principalmente para inducir la corriente y los campos magnéticos, una fuente de voltaje, una bobina y un medidor de corriente. La pieza es introducida por la bobina siendo afectada directamente por el campo magnético, y en zonas donde hay grietas o daños estructurales se concentran corrientes parásitas que hacen que la lectura de la corriente varíe. (FAA, 2018)

Figura 23

método de inspección por corrientes de Foucault



Nota. Herramientas usadas para esta inspección. Tomado de (FAA, 2018)

2.9.4. Inspección Ultrasónica

Este método de inspección no destructivo, utiliza la energía del sonido para envolver a una superficie o estructura, para así detectar inconsistencias, este proceso se lleva a cabo utilizando rayos catódicos a través de un tubo, por el cual pasa la energía sonora y una pantalla digital que entrega los datos de ondas verticales que oscilan dependiendo la uniformidad de la estructura interna y externa, pues estas varían cuando hay grietas o porosidad.

Los dos métodos utilizados difieren en su empleo, por un lado, el método de inmersión, en el cual la pieza a probar se sumerge en un líquido acoplado, al igual que la herramienta de detección.

El otro método, la prueba de contacto es el más usado por su fácil aplicación, este puede ser empleado en superficies amplias sin necesidad de ser sumergidas, por lo cual es más accesible. Consiste en la aplicación de un líquido derivado a cierto índice de viscosidad sobre la superficie a probar y la herramienta de detección. (Federal Aviation Administration, 2018)

Figura 24

Aplicación de la inspección por ultrasonido



Nota. Inspección en proceso. Tomado de (Federal Aviation Administration, 2018)

2.10. Mantenimiento aeronáutico

Según la RDAC 43 una persona habilitada que haya demostrado aptitud y conocimiento para la realización de tareas técnicas en base a educación o experiencia podrá dar mantenimiento certificado a una aeronave cuando haya adquirido las licencias habilitantes rigiéndose a documentación técnica aprobada. De tal forma que se da la definición de mantenimiento a toda ejecución de trabajos requeridos en fin de asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves lo que incluye a diversas tareas como: inspección, reacondicionamiento, inspección, rectificación de partes defectuosas y modificación o remoción y remplazamiento de piezas. (DGAC, 2012)

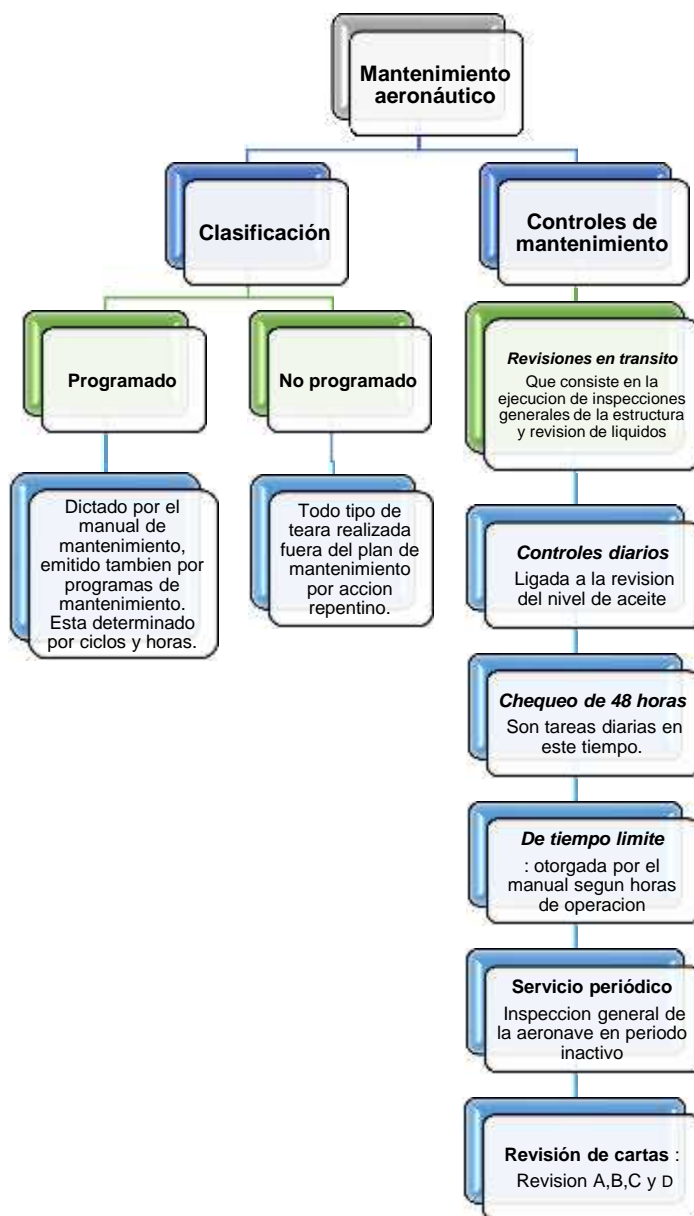
El tema de mantenimiento aeronáutico va ligado a la aeronavegabilidad de una aeronave permitida gracias a las tareas preventivas realizadas de forma programada y no programada a la aeronave, cabe recalcar que el manual de mantenimiento es el que dicta el mantenimiento preventivo en el programa de mantenimiento de la aeronave mientras que tareas imprevistas por daños repentinos o irregularidades se realizan fuera de este programa son otorgadas por el manual, boletines de servicios, directivas de aeronavegabilidad u ordenes de trabajo.

2.10.1. Tipos de mantenimiento aeronáutico

En el siguiente diagrama se especificará el mantenimiento que tiene la finalidad de preservar la vida útil de la aeronave y como objetivo principal la preservación de la aeronavegabilidad de la aeronave. Para ello vamos a mencionar que el mantenimiento se clasifica en mantenimiento programado el cual es desarrollado en horas y ciclos, por otro lado, el mantenimiento no programado. Que conjuntos forman una gama variada de tareas que se realizan a lo largo de la vida de una aeronave.

Figura 25

Diagrama de los tipos de mantenimiento aeronáutico



Nota. La siguiente tabla detalla el mantenimiento aeronáutico y su clasificación de acuerdo al tiempo de recurrencia y periodicidad. Tomado de (EASA, 2012)

2.10.2. Tipos de inspección aeronáutica

Entre las tareas de mantenimiento destacan las inspecciones que se realizan periódicamente tomando en cuenta su tiempo de ejecución pudiendo ser por tiempo y por ciclos destacando inspecciones por horas y anuales en el primer caso, y para el segundo debemos comprender que un ciclo consiste en el despegue y aterrizaje de una aeronave y tienen la finalidad de verificar el estado de un componente o estructura, procurando detectar fallos que pudieran alterar el funcionamiento de la aeronave o ponerla en riesgo.

Por tanto, las inspecciones son de vital importancia para poder tener conocimiento temprano de la integridad de una parte o componente. Vamos a utilizar como ejemplo el manual de nuestro motor Rolls Royce Dart 532-7L en el que podemos visualizar el periodo de inspección del motor en el capítulo 5 el cual nos detalla tareas de inspección acorde horas de operación.

De acuerdo al manual de mantenimiento del motor se toma en cuenta que la definición de **inspección** establece la condición de un componente o sistema utilizando ayudas visuales y equipos de medición y todos los procesos detallados en la verificación de inspección relevante. Cuando corresponda, aplique los estándares de aceptación aprobados. Mientras que el termino **examinar** hace alusión al establecimiento de la condición de un componente o sistema usando solo la vista o equipo visual. (Rolls Royce, 1979)

El tiempo descriptivo operacional de inspecciones se clasifica en horas, para lo cual el manual determina las siguientes acciones:

- Chequeo diario: inspeccione y examine antes del primer vuelo, entre vuelos y después del vuelo.

- 50 horas: inspeccione y examine en periodos que no superen las 50 horas acumuladas de operación del motor.

- 250 horas: inspeccione y examine en periodos que no superen las 250 horas acumuladas de operación del motor.

- 600 horas: inspeccione y examine en periodos que no superen las 600 horas acumuladas de operación del motor.

- 1000 horas: inspeccione y examine en periodos que no superen las 1000 horas acumuladas de operación del motor.

- 1600 horas: inspeccione y examine en periodos que no superen las 1600 horas acumuladas de operación del motor. (Rolls Royce, 1979)

Tabla 5

Inspección de rutina recomendadas

| Inspecciones de rutina del motor | | | | | | | |
|----------------------------------|--------|---------|---------|----------|----------|---|------------------------|
| Check Diario | 50 hrs | 250 hrs | 600 hrs | 1000 hrs | 1600 hrs | Naturaleza de la inspección | Capítulo de referencia |
| 1 | * | | | | | Chequee el nivel de aceite, reabastezca si es necesario. | 12 |
| 2 | * | | | | | Gire la hélice a mano para chequear la resistencia a la rotación, también entre vuelos. | 71-00 |

Inspecciones de rutina del motor

| | | | | |
|---|---|--|---------|---------|
| 3 | * | <p>Examine la entrada de aire y forro descongelador, enfriador de aceite y ducto (también entre vuelos), si hay signos de ingestión de residuos evidentemente, también examine la primera etapa de alabes rotatorios del compresor con una linterna potente.</p> | 30-30-0 | 79-20-1 |
| 4 | * | <p>Examine la turbina y la unidad de escape usando una linterna potente.</p> | 72-50 | |
| 5 | * | <p>Chequeo funcional de los controles del motor y bomba difusora.</p> | 76-11-0 | 61-20-2 |
| 6 | * | <p>* Remueva y examine el conector detector del chip magnético.</p> | | 72-01-0 |
| 7 | | <p>Remueva y examine la presión y el filtro de barrido de aceite.</p> | | |

Inspecciones de rutina del motor

| | | | |
|---------|---|--|--------------------------------------|
| 8 | | Eliminada | |
| 9 | * | Examine la carga del conector de arranque H.T. y chequee auditivamente el sistema de ignición por correcto funcionamiento. | 80-20-1 |
| 10 | * | Remueva las capotas y examine por liqueos de aceite, aceite o gas. Examine cada tubería de alimentación de combustible caliente. Examine el motor generalmente por condición y seguridad de componentes. | 72-01-0 72-40 73-00 79-20-1 |
| 10 A | * | Remueva y limpie la válvula combinada de drenaje y retorno de resorte. | 71-02-0 |

Nota. La tabla ilustra la el tiempo requerido entre cada inspección como se detalla en el manual de mantenimiento del motor de aeronave. Tomado de (Rolls Royce, 1993)

2.11. Soportes para motores de aviación

Cuando se ensambla un motor y requiere ser transportado o cuando se desmonta, es necesario tener un lugar donde asentarlos y acomodarlos para poder realizar tareas de mantenimiento de manera segura y estable de forma que cumplan con altas normas de seguridad laboral. Estos soportes están contruidos con materiales de acuerdo a normas internacionales con aceros estructurales de acuerdo a la norma ASTM-500, su diseño y fabricación son establecidos por la SAE Aeroespacial ARP1840. La fabricación y diseño va acorde a los más altos estándares de seguridad y practicidad, ya que deben ser sencillos de operar y el índice de seguridad que ofrecen debe ser muy alto, ya que de estos depende el soporte para realizar un mantenimiento y el traslado del motor, también se ensamblan soportes para diferentes partes de la aeronave. (Gilstrap, 2020)

Figura 26

Motores asentados en soportes



Nota. Soportes fijos con sistema móvil. Tomado de (Gilstrap, 2020)

2.11.1. Tipos de soportes para motor

Dependiendo la necesidad del motor, se emplean diferentes soportes los cuales permiten acceder a diferentes componentes del motor o trasladarlo de una estación a otra, entre estos modelos tenemos:

Soportes Rotatorios: Permiten rotar al motor en diferentes ángulos en torno a su eje y también horizontalmente dando acceso minimizando el peso y ofreciendo acceso para realizar tareas de mantenimiento.

Soportes de doble propósito: Brindan la capacidad de transportar un motor y permitan realizar pruebas con puertos hidráulicos o neumáticos, también la rotación del motor ofreciendo un alto índice de seguridad, a la vez aloja todos los componentes del motor en su lugar.

Soportes para motores de aeronaves pequeñas: Son ideales para el mantenimiento de motores en aviación menor, para motores recíprocos de cuatro o seis cilindros con un peso relativo hasta las seiscientas libras, permite el acceso a diferentes componentes gracias a su sistema de rotación radial y sus acoples de montaje, también consta de bandejas para sostener herramientas y liqueo.

Soportes seccionados: Son diseñados con la finalidad de sostener o transportar a una parte del motor o sección, bien pudiendo ser sección de compresores, turbinas, cámara de combustión, etc.

Soportes para ventiladores: Son construidos específicamente para la sección de compresora del motor, para los ventiladores de grandes dimensiones permitiendo su transporte.

Plataformas de transporte y soportes varios: Proporcionan un emplazamiento seguro para poder transportar diferentes tipos de motores, mientras las variaciones constan de soportes para prueba, soportes de ventiladores y soportes de traslado.

(Gilstrap, 2020)

Figura 27

Soporte para motor rotatorio a 360° tronair



Nota. Soporte para turbina tipo rotatorio. Tomado de (Gilstrap, 2020)

2.11.2. Especificaciones de soportes del motor por modelo

Los soportes del motor son una herramienta esencial para efectuar tareas de mantenimiento por lo cual debe ofrecer ciertas prestaciones para un trabajo seguro y que ofrezca la facilidad de acceso a zonas complejas, siempre tomando en cuenta diversos factores como la seguridad, peso, maniobrabilidad, costo, y mantenimiento, por lo cual es esencial usar un equipo adecuado que se acomode a las necesidades que se presenten. Por ejemplo, cuando se vaya a desmontar el motor y no requiera de realizar ninguna tarea se emplean soportes fijos, y lo contrario cuando se necesita realizar inspecciones, o remoción de componentes la mejor opción es un soporte rotatorio que nos brinde la facilidad de acceso a estas partes.

➤ **Soporte del motor Rolls Royce Dart 532-7L fijo sin ruedas**

El siguiente modelo es presentado en el manual de overhaul del motor Rolls Royce Dart 532-7L, el cual nos indica un modelo de soporte fijo sin sistema de traslación lo cual dificulta el traslado por falta de ruedas y una palanca de remolque.

Tabla 6

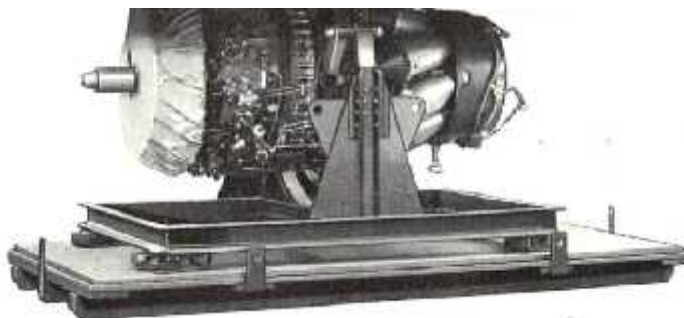
Características del soporte, modelo A

| Especificaciones del soporte. Modelo A. | |
|--|---|
| Peso | 130kg |
| Maniobrabilidad, movilidad | Necesita ser transportado por montacargas de baja maniobrabilidad. |
| Costo | Alto, costos de fabrica norma ISO ronda los \$1200 |
| Mantenimiento | Brindado por el manual del fabricante, no requiere tareas complejas, se realizan chequeos periódicos. |
| Seguridad | Factor de seguridad mayor a 1, bueno |

Nota. Datos rescatados del manual. Tomado de (Rolls Royce, 1997)

Figura 28

Soporte del motor Rolls Royce Dart 532-7l fijo



Nota. Modelo diseñado por el fabricante. Tomado de (Rolls Royce, 1997)

➤ **Soporte del motor Rolls Royce Dart 532-7L fijo – móvil**

El presente fue tomado del manual de mantenimiento del motor Rolls Royce Dart 532-7L, el cual nos indica ser un soporte fijo, pero consta de un sistema de traslación que nos permite maniobrar el motor llevándolo de una estación a otra sin necesidad de emplear un montacargas.

Tabla 7

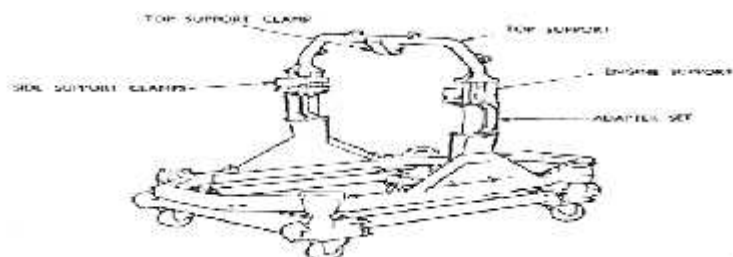
Características del soporte, modelo B

| Especificaciones del soporte. Modelo B | |
|---|--|
| Peso | 150kg |
| Maniobrabilidad, movilidad | Transportable para el traslado de estación, no maniobrable, sin sistema de rotación. |
| Costo | Alto, ronda los \$1200 |
| Mantenimiento | Brindado por el manual del fabricante, requiere tareas de preservación, inspecciones, limpiezas y lubricación. |
| Seguridad | Factor de seguridad mayor a 1, bueno |

Nota. Datos obtenidos del manual. Tomado de (Rolls Royce, 1991)

Figura 29

Soporte del motor Rolls Royce Dart 532-7L fijo - móvil



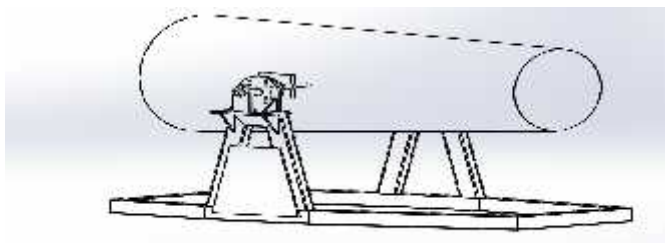
Nota. Modelo del fabricante. Tomado de (Rolls Royce, 1991)

➤ **Soporte del motor Rolls Royce Dart 532-7L rotatorio con ruedas**

El presente modelo, fue diseñado a partir de material normado para brindar un alto índice de seguridad, basado en la norma ASTM con el acero estructural A36. Dicho soporte nos brinda la capacidad de rotar el motor hasta 45° dando acceso a diferentes componentes de la parte baja. Además, consta de un sistema de movilidad.

Figura 30

soporte del motor Rolls Royce Dart 532-7l rotatorio - móvil



Nota. Prototipo realizado en el software de construcción y simulación SolidWorks.

Tabla 8

Características del soporte, modelo C

| Especificaciones del soporte. Modelo C | |
|---|--|
| Peso | 170kg |
| Maniobrabilidad, movilidad | Transportable por ruedas y palanca de tiro; y maniobrable gracias al sistema de rotación. |
| Costo | Alto, ronda los \$1250 |
| Mantenimiento | Brindado por el manual del fabricante, disponible en el anexo D, tareas de preservación y chequeos periódicos. |
| Seguridad | Factor de seguridad mayor a 1, bueno |

Nota. Elaborado a partir de los datos obtenidos en la implementación.

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Introducción al Capitulo

El presente capitulo tiene la finalidad de expresar los procedimientos que han permitido desarrollar la inspección de los cone bolt mount de los motores Rolls Royce Dart 532-7L en base al manual de mantenimiento AMM 54-00 de la aeronave Fairchild FH-227, así como también detallar intrínsecamente los detalles de elaboración de la herramienta para soporte del motor previo a su desmontaje.

3.2. Implementación de los soportes rotatorios para el motor Rolls Royce Dart 532-7L

Como hemos mencionado en capítulos anteriores la necesidad de un área de trabajo segura y adecuada es esencial en el campo de la aviación, específicamente cuando se tratan de tareas de mantenimiento en motores en las cuales deben ser desmontados o requieren transporte es necesario tener un equipo destinado a esta labor, razón por la cual se diseñan y fabrican distintos tipos de soportes para el motor, en este tema abordaremos el procedimiento para la implementación de soportes rotatorios para los motores Rolls Royce Dart 532-7L de la aeronave Fairchild Fh-227, procurando brindar un alto índice de seguridad y resistencia estructural ofreciendo un estándar de calidad para la realización de prácticas y tareas de mantenimiento.

3.2.1. Selección del modelo de soporte para el motor Rolls Royce Dart 532-7L

En el capítulo anterior se pudo observar las características de tres modelos de soportes los cuales son empleados específicamente para nuestro motor, a continuación, se realizará un análisis cuantitativo de selección por características.

Tabla 9

Ponderaciones de calificación de acuerdo a la característica

| Calificación | Característica |
|---------------------|------------------------------|
| 1 | Insatisfactorio |
| 2 | Poco satisfactorio |
| 3 | Bueno – regular |
| 4 | Bueno |
| 5 | Excelentemente satisfactorio |

Nota. La presente tabla demuestra las ponderaciones de calidad que serán aplicadas para cada parámetro tomado en cuenta para la selección del soporte del motor.

Tabla 10

Análisis de características cuantitativas de los soportes para el motor

| Característica | Modelo | Modelo A | Modelo B | Modelo C |
|---------------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Peso | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Maniobrabilidad, movilidad | 2 | 4 | 5 | 5 |
| Estabilidad | 5 | 5 | 4 | 4 |
| Mantenimiento | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Costo | 2 | 3 | 4 | 4 |
| Seguridad | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Total | 22/30 | 25/30 | 26/30 | 26/30 |

Análisis de resultado: El modelo C con la puntuación de 26/30 es el seleccionado para la implementación, pues nos ofrece altas prestaciones para el mantenimiento del motor, ya que gracias a su sistema de rotación se puede llegar fácilmente a componentes de difícil acceso.

3.2.2. Materiales y herramientas

Para la elaboración del soporte rotatorio para el motor Rolls Royce Dart 532-7L se empleará los siguientes materiales:

- Tubo rectangular de acero estructural A36 de 100x50mm con espesor de 4mm
- Placa de refuerzo de acero A36, en forma de trapecio de 4mm de espesor.
- Placa de acero A36 rectangular de 200x300 con espesor 20mm.
- Placa de acero de acero A36 de 200x240 con espesor de 25mm.
- Placa de acero estructural A36 190x100 con espesor 25mm
- Placa de acero A36 de 200x200mm con espesor de 25mm
- Eje de acero de alta resistencia AISI 4340 de 30mm de diámetro
- Placa de acero A36 de 120x140mm con un espesor de 38mm
- Placa de acero A36 de 100x140mm con un espesor de 38mm
- Rodamientos de bola con diámetro interior de 30mm.
- Tubo cuadrado de 50x50mm con espesor de 3mm.
- Tubo redondo de 30mm de diámetro con espesor de 2mm.
- Ruedas estructurales de soporte de 250kg.

Para la construcción se emplearán diferentes procedimientos utilizando una variedad de herramientas detalladas a continuación:

- Maquina cortadora de metal
- Discos de corte, grandes, medianos y pequeños
- Discos de desbaste medianos y grata
- Escuadra recta, escuadra falsa y tiza
- Metro
- Soldadora de arco eléctrico
- Electrodo E-6011, E-6013 y E-7018
- Cizalla
- Fresadora
- Cortador de oxicorte

3.2.3. Cálculo del factor de seguridad y planos del soporte

El factor de seguridad es una herramienta que se emplea en el sector industrial de la construcción e ingeniería, pues gracias a este podemos obtener un resultado de confiabilidad en el montaje de un prototipo, teniendo en cuenta que es necesario tener acceso a propiedades físicas del material que nos permitirán este cálculo.

Procedemos con la recopilación de datos para el cálculo, los cuales son el esfuerzo último del material y el esfuerzo permisible, obteniendo así que:

a) Esfuerzo último del acero A36 = 80Ksi = 550MPa

b) Esfuerzo último del eje AISI 4340 (705) = 176.94 Ksi = 1220MPa

c) Esfuerzo admisible A36= 40Ksi = 275 MPa

d) Peso del motor= 600Kg

➤ **Cálculo del factor de seguridad del soporte**

Para la realización de los cálculos de seguridad tomamos en cuenta el material normado seleccionado que en este caso fue el acero estructural ASTM A36, el cual tiene un límite estructural y un esfuerzo permisible datos que nos permitirán obtener este factor de seguridad tomando en cuenta el peso del motor al que será sometido el material. Revise el **ANEXO E** para visualizar el procedimiento del cálculo del factor de seguridad del soporte del motor Rolls Royce Dart 532-7L.

➤ **Vistas simplificadas del soporte rotatorio**

Las siguientes vistas simplificadas del modelo detallan la estructura y forma del soporte. Revise el **ANEXO F** para visualizar los planos del soporte basado en la norma ISO de dibujo técnico.

Figura 31

Vista lateral del soporte y simulación del motor

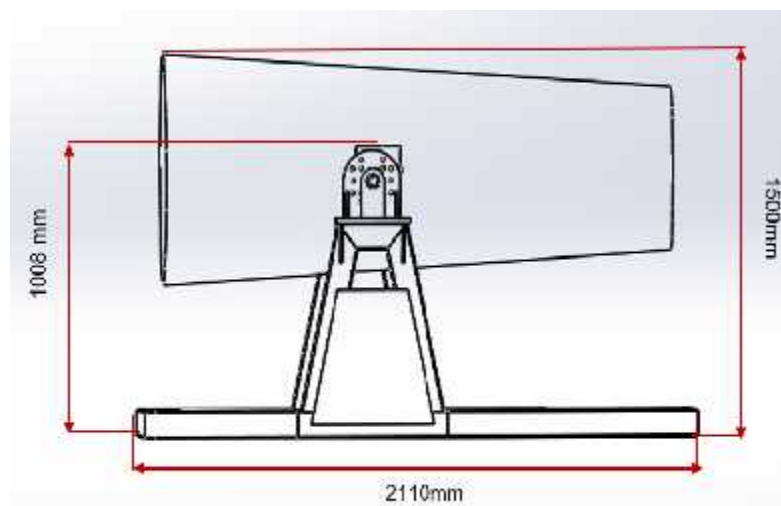
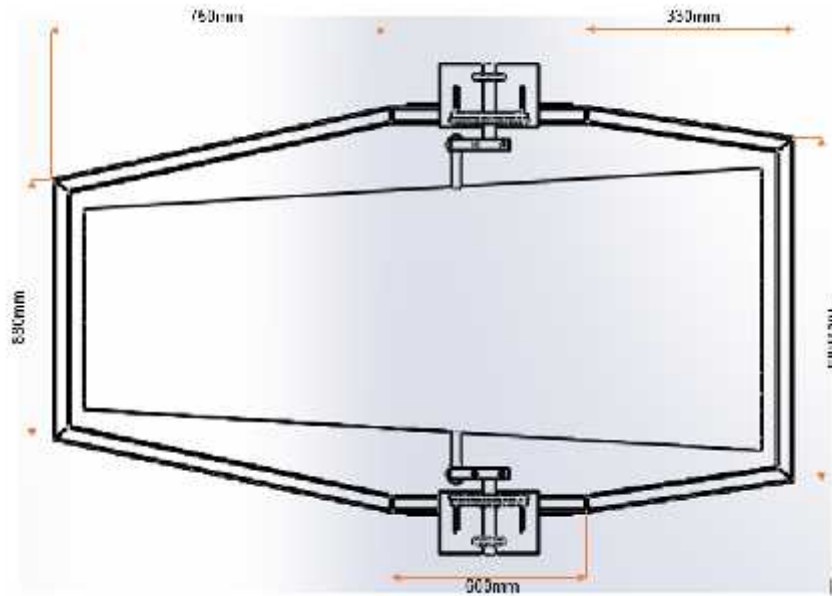
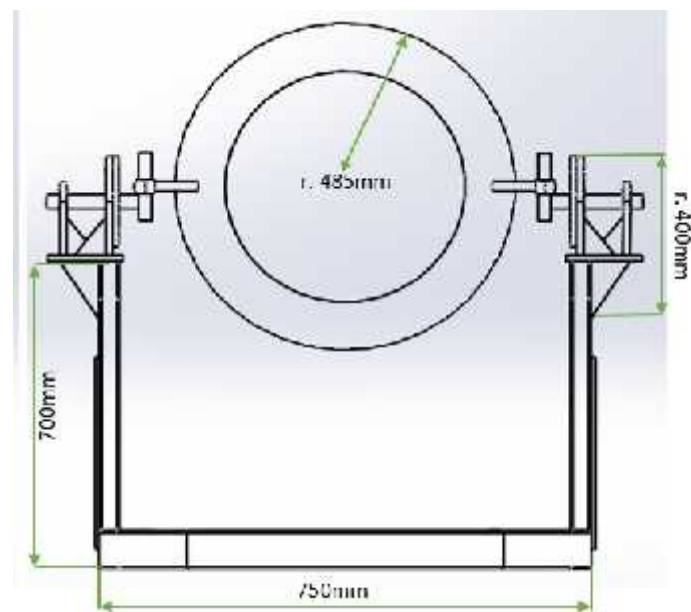


Figura 32*Alzado del soporte***Figura 33***Vista frontal del soporte*

3.2.4. Elaboración del prototipo del soporte y dimensiones

Empleando programas de diseño y simulación de estructuras es posible traer a la realidad un prototipo pensado para satisfacer todas las necesidades que queremos cubrir para nuestro motor, brindando seguridad y resistencia estructural comprobada. En este caso al ser un soporte rotatorio lo principal era el enfoque al sistema que permitiera esta acción, por lo cual se ideó una estructura capaz de rotar hasta 45° de cada lado del motor gracias al empleo de placas perforadas y un eje que las atravesara por un conjunto de rodamientos de bola a la medida y pernos de alta resistencia para el ajuste del ángulo.

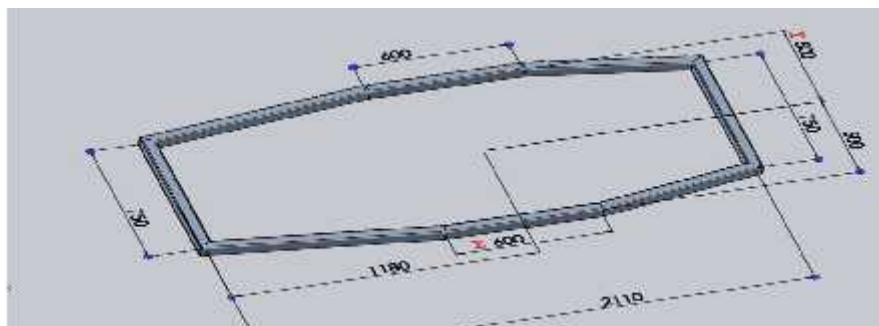
En colaboración con un ingeniero aeronáutico diseñador, se logró plasmar el prototipo pensado, usando como herramienta principal al software SolidWorks el cual nos permite simular la construcción del prototipo con el material seleccionado dando la facilidad de configurar por el grosor y resistencia para el peso establecido. En este caso utilizamos acero estructural normado por la American Society for Testing and Materials por sus siglas en inglés, ASTM A36 seleccionado por su alta dureza y resistencia.

➤ Elaboración de la base de la estructura

Haciendo uso del acero estructural ASTM A36 como base material, procedemos a elaborar por partes el prototipo utilizando tubo rectangular de 5x10mm en un espesor de 4mm, tomando en cuenta las dimensiones del motor y la estabilidad respecto al centro de gravedad y peso, tome en cuenta que las medidas están presentadas en milímetros.

Figura 34

Estructura base para el soporte del motor

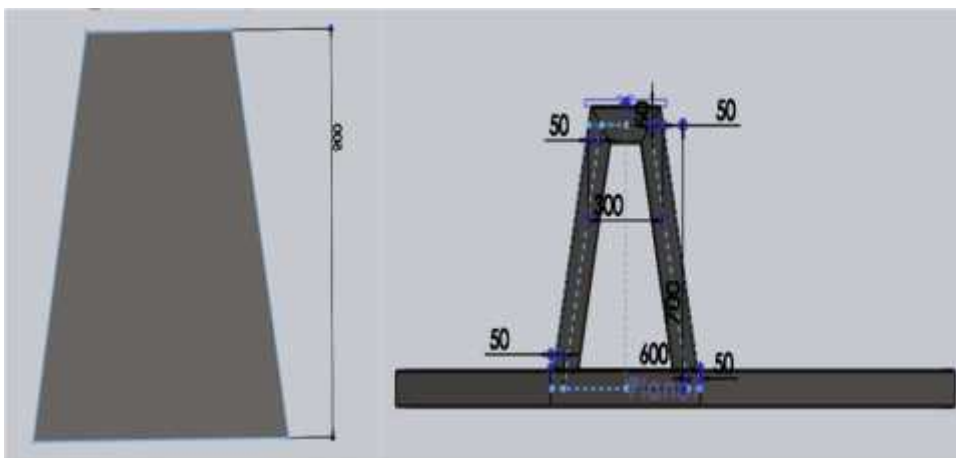


➤ **Elaboración de los brazos del soporte**

Con el mismo tubo rectangular de acero A36 de 4mm de espesor elaboramos los brazos del soporte los cuales van unidos a la base mismos que van a soportar el peso del motor y su sistema de rotación, siempre tomando en cuenta las dimensiones del motor. Adicional tenemos un refuerzo que ira compactada a los brazos para aumentar la resistencia estructural

Figura 35

Brazos para soporte del motor y refuerzo



3.2.5. Elaboración del sistema de rotación del soporte del motor

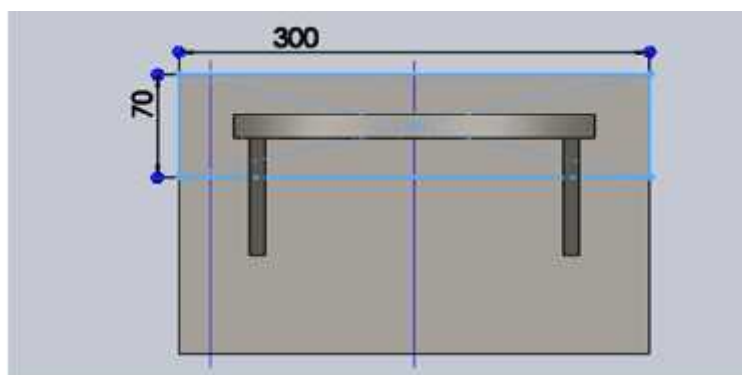
Empleando el acero en diferentes dimensiones aumentamos la rigidez y resistencia del material y siendo el sistema de rotación una estructura sometida a una alta carga de peso y fatiga por lo cual usaremos acero estructural A36 con diferentes espesores que detallaremos en este proceso.

➤ Placa base de estructura para el sistema de rotación

Para lo cual usamos acero estructural A36 de 20mm de espesor, con forma rectangular de 195mm x 300mm para asentar el resto de componentes del sistema de rotación, este tipo de material debido a su espesor se corta con oxígeno con el procedimiento llamado oxicorte. Adicional tenemos refuerzos con forma triangular de 120mm x 100mm en un espesor de 8mm para soportar la estructura y su peso los cuales van en la parte baja de la base a cada lado

Figura 36

Placa base para el sistema de rotación



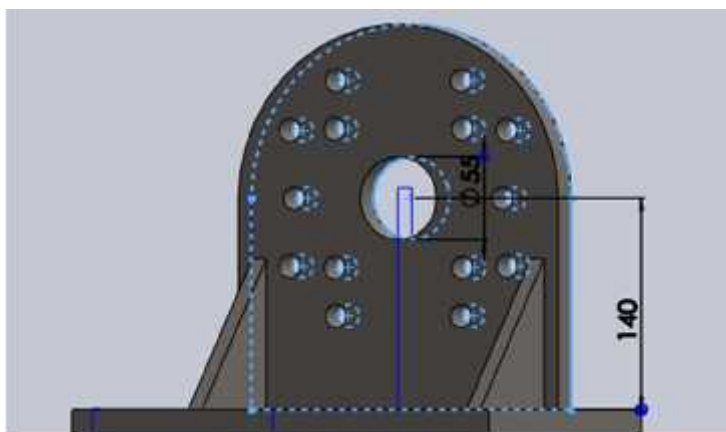
➤ Placa de soporte fijo mayor

Pensando en un sistema capaz de rotar al motor utilizamos placas de acero A36 con un espesor de 24 mm dándoles forma cuadrada con una terminación cóncava en fin

que coincida con el soporte rotatorio para lo cual se emplearon perforaciones, en este dos a cada lado del eje a través del cual pasa el perno para ajustar el ángulo de inclinación del motor, siendo las medidas del mayor con 240mm x 230mm de ancho con un radio al tope de 115mm y una perforación central de 30mm para el eje.

Figura 37

Soporte fijo mayor del sistema de rotación

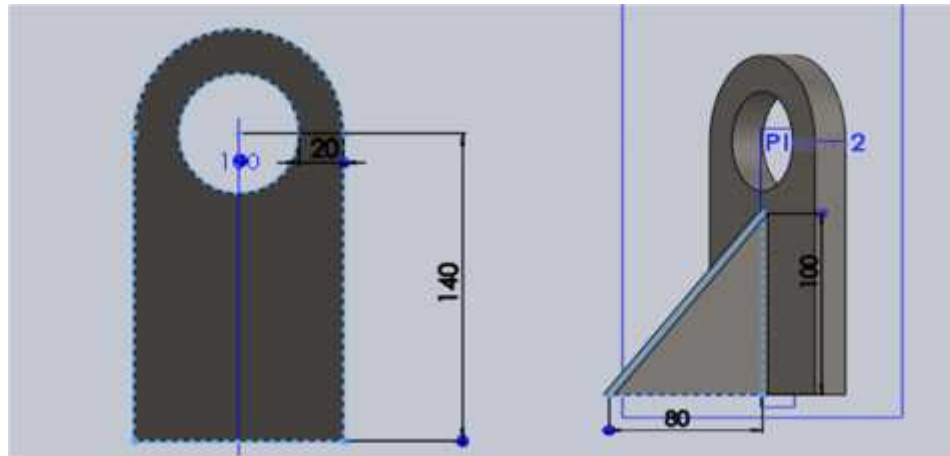


➤ Placa de soporte fijo menor

Con acero estructural A36 en un espesor de 24mm elaboramos el soporte fijo menor del sistema de rotación por el cual ingresa el eje de 30mm a través de rodamientos de bola a la medida, la estructura con forma rectangular de 195mm x 95mm terminado en un radio de 47,5mm. Adicional podemos observar un refuerzo con forma triangular de acero A36 con un espesor de 8mm con una base de 80mm x 100mm de alto que también se usaran en el soporte fijo mayor a los dos lados como se observa en la figura 34.

Figura 38

Soporte fijo menor del sistema de rotación y refuerzo

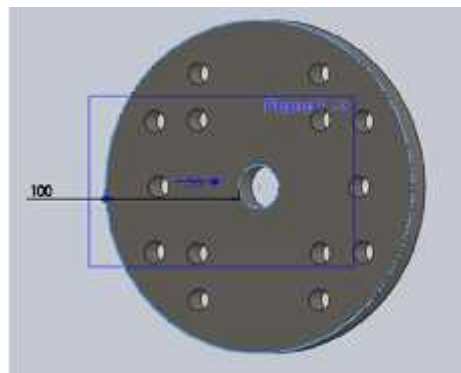


➤ **Soporte rotatorio circular**

Para conseguir un sistema de rotación se idearon soportes fijos donde pasa un eje de 30mm hacia los soportes móviles que giran con el eje, para lo cual se ideó una placa circular de 230 mm de diámetro y espesor de 24mm, con perforaciones medidas en ángulos de 180° en el que el motor queda recto y a sus lados con 30° y 45° siendo el máximo ángulo de inclinación para rotar el motor, estos ángulos son fijados por pernos de alta resistencia M12.

Figura 39

Soporte rotatorio circular con ángulos de inclinación

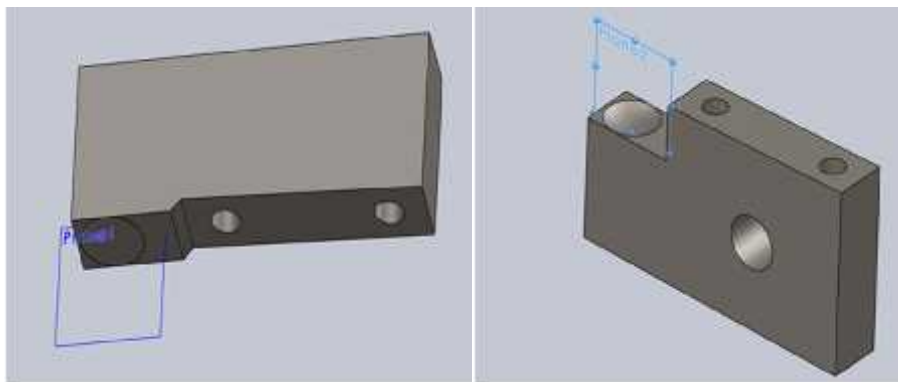


➤ **Soportes de sujeción del motor**

Para sujetar el motor y aprisionarlo al soporte se elaboraron mordazas de presión ajustadas por pernos de alta resistencia M16. Este sistema consta de una base inferior perforada para el paso del eje el cual rotará esta pieza junto a la base superior desde la cual se insertará el pasador de ajuste, ambas elaboradas de acero A36 con un espesor de 37mm y un moldeado adecuado para la estructura de soporte ubicada en los montantes del motor,

Figura 40

Soportes de sujeción del motor superior e inferior

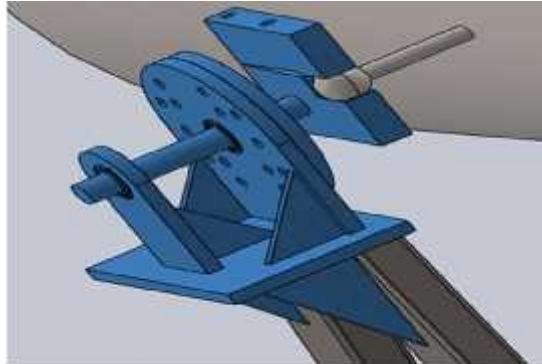


➤ **Eje de conducción y sistema de rotación ensamblado**

Por las perforaciones de las estructuras de los soportes fijos y rotatorios se ajusta un eje conductor que transmite el sentido de rotación a las partes, siendo este un tubo de acero AISI 4340 (705), un acero aleado de alta resistencia a la tracción y por ende al peso, teniendo un diámetro de 30mm y un largo de 250mm el cual pasa a través de un par de rodamientos coreanos de especificación 6206 2RS-22 FBJ de 30mm centrales que van ubicados en los soportes fijos permitiendo rotar este sistema.

Figura 41

sistema de rotación del soporte del motor

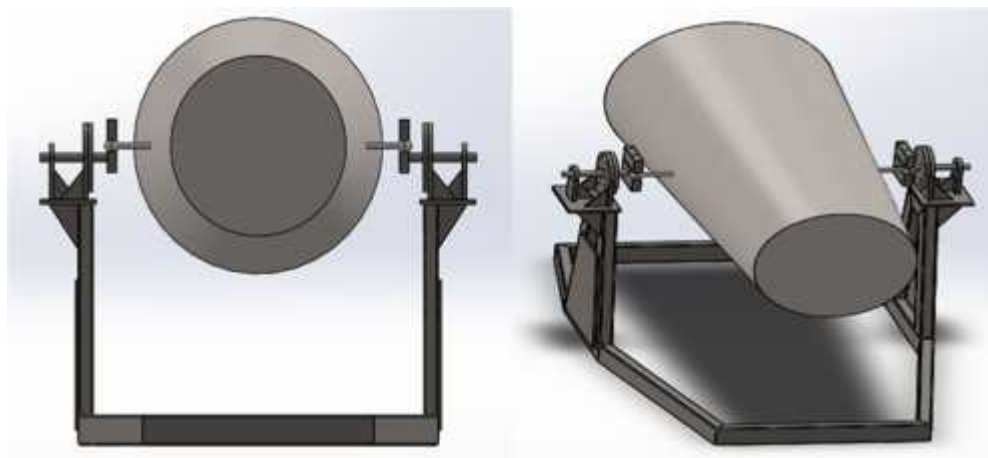


➤ **Soporte rotatorio del motor completamente ensamblado**

Al ensamblar todas las piezas que conforman este soporte del motor Rolls Royce Dart 532-7L obtenemos una estructura compacta que nos ofrece una plataforma segura para el desarrollo de tareas de mantenimiento cuando se requiera desmontar el motor o transportarlo.

Figura 42

Soporte rotatorio del motor RR D532-7I



3.2.6. Proceso de fabricación de los soportes del motor

Una vez teniendo el prototipo completo y demostrada la fiabilidad, seguridad y eficiencia de la estructura empezamos con la fabricación de los soportes, tomando en cuenta que la construcción debe ser llevada a cabo con procedimientos cualificados procurando tener un ensamble de calidad que ofrezca seguridad como en el prototipo, empleando técnicas de mecánica y procedimientos llevados a cabo con seguridad los cuales serán detalladas en este proceso.

➤ Trazado y corte del material

Al tener el material adquirido previo a un cálculo de estructura, procedemos con el trazado para poder cortar las piezas de la forma más eficiente procurando no desperdiciar materia prima. Empezamos con los tubos rectangulares de 10cm x 5cm en un espesor de 4mm, que serán utilizados para la base, de tal forma que trazamos las líneas de corte en base a los planos utilizando una escuadra falsa para marcar y empleando una máquina de disco para cortar las piezas. Es importante usar gafas de seguridad y guantes.

➤ Estructuración y suelda de la base y brazos del soporte

Una vez cortado el material en las medidas y ángulos exactos empleamos el método de suelda por arco eléctrico en los tubos para estructurar la base del soporte, para lo cual usaremos discos de corte para metal, electrodo ASME E-6011 para juntar el material y electrodo ASME E-6013 como perforante reforzador de la junta de suelda. Es importante usar casco para soldar, ropa adecuada y guantes de cuero.

Figura 43

Base estructurada y brazos del soporte



➤ **Unión de la base y brazos del soporte mediante suelda**

Con la base estructurada y los brazos armados procedemos a unirlos mediante suelda por arco eléctrico usando electrodo E-6011 como base para juntar, una vez completos los cordones procedemos a devastar la rebaba con disco de pulir dando espacio para perforar y reforzar la suelda con electrodo E-6013. Procuramos mantener la seguridad utilizando guantes y gafas protectoras.

Figura 44

Unión de los brazos del soporte a la base



➤ **Moldeo de placas estructurales para sistema de rotación**

Fue necesario cortar las placas de acero A36 para dar forma al sistema de rotación, por lo cual empezamos cortando el material empleando el método de corte con oxígeno, método utilizado para obtener la placa, soportes fijos y soportes rotatorios del sistema de rotación, adicionalmente se emplearon diferentes técnicas para moldear y perforar las piezas para dar funcionalidad al sistema.

a) Perforación de los soportes fijos del sistema de rotación e instalación de rodamientos

Las perforaciones fueron hechas utilizando el método de oxicorte en vista de su diámetro de 30mm, sin embargo, fue necesario utilizar la fresadora para lograr el desbaste de la cavidad para poder ajustar el rodamiento al centro de la perforación, la cual fue incrustada a presión. Este procedimiento fue repetido en los dos soportes fijos del sistema de rotación, a la vez se utilizó la fresa para perforar el soporte mayor con dos cavidades opuestas a 180° que previamente fueron roscadas para el ingreso del perno pasante de fijación de ángulo de inclinación del soporte del motor.

Figura 45

Perforación y fijación de rodamientos en soportes fijos



b) Perforación y corte del disco de rotación

Los soportes rotatorios fueron cortados a base de oxicorte dando forma circular al disco rotatorio y realizando una perforación en el centro de 30mm de diámetro por el cual pasara el eje de conducción, adicional se elaboraron perforaciones en el disco empleando la fresa, los cuales irán dispuestos a 180° grados coincidiendo con las perforaciones de entrada del soporte fijo mayor, y adicionalmente ángulos de 30° y 45° de rotación.

Figura 46

Disco del sistema de rotación perforado



c) Perforación y moldeo de los soportes rotatorios de agarre del motor

Los soportes de agarre del motor fueron elaborados con placas de acero A36 de 37mm, cortadas empleando oxicorte en forma rectangular, para después ser moldeadas dándole la forma de tenaza ideal para ajustarse a la estructura de agarre del motor, este sistema va ajustado por un perno de alta resistencia M16, el cual pasa por la perforación realizada a lo largo de las dos tenazas, para obtener esta perforación se utilizó la fresadora y el machuelo para darle rosca. Adicional tenemos una cavidad de 30mm en el soporte de agarre inferior por el cual pasa el eje de conducción de rotación.

Figura 47

Proceso de moldeo del soporte de agarre



➤ **Ensamblaje del sistema de rotación del soporte**

Al tener las piezas listas podemos ensamblar este sistema, para lo cual usaremos la placa base, en la que asentaremos los soportes fijos los cuales irán centrados a lo largo y a 30mm de los bordes a lo ancho, para su fijación utilizamos electrodo E-6013 en vista del grosor del material, ajustando el amperaje para una perforación profunda, una vez juntado el soporte mayor a la placa embonamos el eje pasador por el rodamiento haciendo coincidir con el soporte menor para luego soldarlo a la base.

Soldadas las piezas procedemos a limpiar las rebabas de la suelda utilizando la grata y pulimos ligeramente con disco de desbaste para dar espacio a la perforación y junta de suelda con profundidad y tener un mejor acabado empleando suelda con electrodo E-7018. Montados los soportes también reforzamos la estructura utilizando refuerzos soldados a la placa en forma triangular de 70mm x 100mm en sus catetos, utilizando el mismo procedimiento de suelda.

Figura 48

Sistema de rotación ensamblado



➤ **Unión del sistema de rotación y los brazos de la base**

Una vez ensamblado el sistema de rotación podemos soldarlo a la base del soporte empleando suelda de arco eléctrico, de tal forma que posicionamos el ensamblaje a nivel y lo fijamos a lo largo del brazo, dejando 40mm de fuego desde la parte interior del brazo, dejando suspendida la base en el exterior del brazo para después reforzarlo con placas triangulares de 90mm x 150mm en sus catetos en ambos lados de la placa base. Utilizamos electrodo E-6013 para juntar las partes y pulimos para dar una segunda mano de suelda con electrodo E-7018 obteniendo una estructura firme, compacta y rígida.

Figura 49

Sistema de rotación fijado en los brazos del soporte



➤ **Aplicación de refuerzos estructurales**

Tenemos la estructura de soporte casi lista sin embargo vamos a reforzarla utilizando una plancha de forma trapezoidal para los brazos del soporte, que dará rigidez y resistencia a la base y brazos del soporte. En este caso usaremos acero A-36 de 3mm de espesor cortado a la medida para cubrir desde la base y el espacio entre los tubos de los brazos formando una sola estructura, mediante el empleo de suelda con electrodo E-6011 y E-6013.

Adicionalmente posicionaremos cuatro tubos cuadrados extendidos a cada lado de la base del soporte juntada a los brazos con la finalidad de ofrecer estabilidad y mayor resistencia al peso, los cuales serán cortados tomando en cuenta el ángulo y soldados.

Figura 50

Aplicación de refuerzos estructurales mediante suelda



➤ **Implementación del sistema de traslación para el soporte del motor**

En afán de ofrecer una mejor calidad y eficiencia para la realización de tareas de mantenimiento se añadió un sistema de remolque a los soportes que brindan la facilidad

de mover el motor a donde se requiera, para lo cual instalamos cuatro ruedas de alta resistencia en cada esquina de la base empleando suelda para su junta. Adicional implementamos una palanca para poder tirar al soporte. Se añadió palancas de control en cada lado del eje las cuales brindaran facilidad de rotar al motor.

Figura 51

Instalación de ruedas y palanca para remolque



➤ **Limpieza y pintura de la estructura**

Tenemos el soporte rotatorio del motor estructurada y finalizada, entonces procedemos limpiando toda la superficie utilizando thinner para eliminar la grasa del metal y el polvo, también usaremos la grata para dejar limpios los cordones de suelda, eliminando las rebabas y puntos de suelda pegados a la estructura. Una vez limpio el soporte se pintó con soplete una mezcla de thinner y fondo anticorrosivo de color gris como base la cual preserva el material y evita la corrosión. Una vez seca damos la segunda mano de pintura esta vez usando una mezcla de thinner acrílico y pintura de señalización color amarillo reglamentado por la FAA.

Figura 52

Limpieza y pintura de los soportes rotatorios del motor



➤ **Montaje de los soportes rotatorios y ajuste al motor**

Para finalizar montamos el disco rotatorio y los soportes de sujeción del motor al eje que sobresale del sistema de rotación, para lo cual insertamos las piezas a presión ajustándolas al ancho del motor y la precisión con las estructuras de montaje, se procuró tomar en cuenta el ángulo de 180° para poner al nivel el soporte de agarre inferior el cual va atravesado y conducido por el eje, razón por la cual debe coincidir con las perforaciones guía del soporte fijo mayor quedando recto, teniendo la posibilidad de rotar hasta 45° y ajustado por un perno pasador M16 de alta dureza y resistencia.

Figura 53

Soportes rotatorios del sistema de rotación del motor



Figura 54

Soportes del motor Rolls Royce Dart 532-71 terminados

**3.3. Inspección de los cone bolt mount del motor Rolls Royce Dart 532-7L**

Para la remoción de los cone bolt y previa inspección es necesario realizar como preliminar el desmontaje de los motores, operación que nos refiere el manual de mantenimiento AMM 71-00, seguida esta acción podremos hacernos con los pernos montantes del motor para poder efectuar la tarea de mantenimiento de inspección y chequeo en base al manual de mantenimiento AMM 54-00 y de la misma forma someterlos a una prueba de ensayos no destructivos por tintes penetrantes basados por la Sociedad Americana de Ensayos no Destructivos y la norma ASTM E165.

Cabe recalcar que cada procedimiento será llevado a cabo tomando en cuenta las medidas de seguridad pertinentes, como el uso de equipo de protección personal y herramientas adecuadas para la elaboración de cada tarea.

3.4. Desmontaje de los motores Rolls Royce Dart en base al AMM-71-00

Para la remoción de los cone bolt y previa inspección es necesario realizar como preliminar el desmontaje de los motores, operación que nos refiere el manual de mantenimiento AMM 71-00 que refiere al motor de la aeronave.

3.4.1. Herramientas necesarias

Para el desmontaje de los motores se requieren diferentes herramientas entre especiales y comunes, estas son:

- Eslinga de remoción del motor, que va enganchado a los puntos de sujeción del motor soportado por un tecele hidráulico.
- Plataformas con escalera
- Soporte del motor y tecele para 4,5 toneladas
- Llave de torsión, o torquímetro, también se utilizan llaves mixtas en diferentes medidas.
- Cinta para señalización de partes
- Contenedores para la recolección del aceite drenado del motor.

3.4.2. Remoción del motor Rolls Royce Dart 532-7L

Se realiza el procedimiento después de removida la hélice, en base al AMM 61-00, y para la remoción se emplea el siguiente procedimiento:

- a) Se abren los seguros de las capotas del motor usando un desarmador plano, para tener acceso a los puntos de remoción, procediendo a desmontar las cubiertas desde la parte superior de la aeronave en todos los puntos de sujeción, ajustados con llaves mixtas.

Figura 55

Desmontaje de las capotas del motor



b) De la pared del fuego se desconectan las conexiones eléctricas, entre plugs y cables de tensión procurando la correcta identificación y cuidado, evitando daños en los componentes, realizada la operación se procede a tapar los receptáculos de los puertos de conexión, en este procedimiento hay que ser meticulosos con la manipulación de cableado eléctrico debido a su sensibilidad, generalmente se utilizan manillas antiestática, y llaves de goma para plugs, se identifican bien las partes para reconectarlas en su mismo par.

Figura 56

Pared de fuego del motor y receptáculos tapados



c) Se procede drenando el combustible después de abierta la cubierta, y receptando en un contenedor el combustible aprisionado, para después desconectar las líneas de la pared de fuego y tapándolas, se procura evitar derrame de combustible y dado el caso se recomienda lavar la superficie para evitar accidentes por incendios.

Figura 57

Drenaje del combustible



d) Se repite el procedimiento anterior de drenado con la línea de baja presión de combustible una vez desconectada de la pared de fuego, procurando evitar derrames y almacenando el combustible en un contenedor.

e) De la pared de fuego se debe desconectar la línea de entrada de agua metanol, drenando el líquido enfrascado en la línea, almacenándolo adecuadamente, evitando derrames contaminantes.

Figura 58

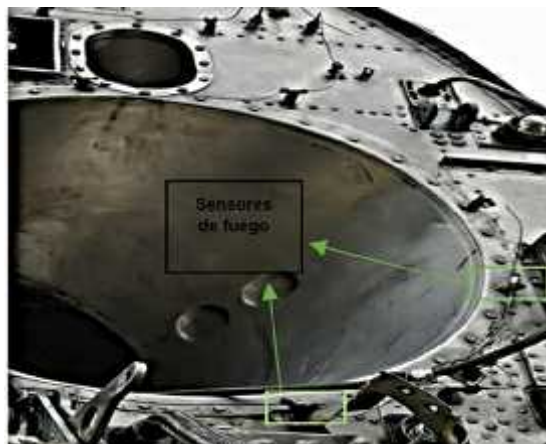
Línea de admisión de agua – metanol



f) Se desconecta las líneas del sistema anti incendios y de prevención, para después sellarlas herméticamente procurando mantener el estado de los detectores de calor.

Figura 59

Línea de distribución del agente extintor y sensores

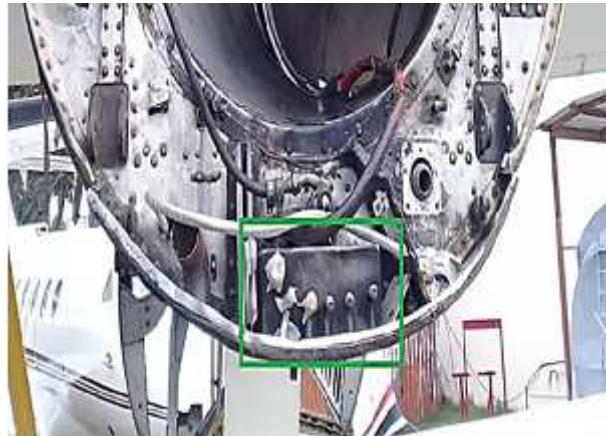


g) De la parte baja de la cubierta se deben desconectar las líneas del conjunto fijo de drenaje y admisión del combustible de los reservorios, y las líneas de

calentamiento del mismo, procurando la correcta identificación de cada tubería, y tapándolas para prevenir el ingreso de polvo u otro tipo de sustancias.

Figura 60

Conjunto fijo de drenaje y admisión del combustible



h) Procedemos desconectando los puertos de cableado con alta tensión del sistema de ignición recordando su posición y punto de conexión, pues de estos depende el encendido y rotación del motor, también removemos las abrazaderas de las tuberías de sujeción.

Figura 61

Puntos de conexión de los cables de ignición.



i) De la pared de fuego desconectamos cuidadosamente las varillas enlazadas a las palancas que permiten el control del motor, procurando su correcta señalización y reconociendo su posición, es necesario que a la hora de desinstalar se realiza la actividad con las herramientas adecuadas, evitando forzar estos componentes.

Figura 62

Varillas de control del motor.



j) Teniendo al motor libre para el desmontaje, procedemos desajustando los pernos del eje de conducción de la caja de accesorios los cuales están distribuidos en cuatro puntos, para lo cual se separan las partes tirando hacia atrás dejando libres las dos partes, hay que procurar que el eje este desenganchado del todo para proceder con el desmontaje del motor.

Figura 63

Eje de conducción de la caja de engranajes



k) Para obtener el eje de la caja de engranajes, se maniobra haciendo un leve levantamiento de la parte previamente aflojada, esto permite la separación del eje con la caja de engranajes.

l) Separe el eje de la unión, la cual esta ajustada por una tuerca tensora, esta acción nos dará acceso al motor dejándolo libre del eje y la pared de fuego.

m) Se procede desinstalando la tapa de la unión del motor, desajustando los cuatro pernos que los junta, procurando dejarlos ajustados en su posición en el motor, para evitar que se pierdan.

n) El eje impulsor aun unido pero desajustado de la caja de engranajes debe ser removido para lo cual desajustamos los pernos de la unión que están alrededor del eje en una estructura cuadrada y plana, teniendo el cuidado de no perder las piezas, por lo cual se recomienda dejar las piezas en su lugar. Dicha acción deja libre al motor de la conexión con la pared de fuego y el eje, listo para el desmontaje.

Figura 64

Eje del motor separado de la sección de engrane.



o) Enganchamos la eslinga a los puntos de sujeción del motor los cuales se distribuyen en cuatro puntos paralelos, que se denotan por su estructura hueca para el paso del sujetador y su simetría, procure ajustarlos bien y en la posición adecuada para poder proceder con el izaje del motor dejando tensas las cadenas permitiendo el acceso a los pernos de montaje.

Figura 65

Ajuste de la eslinga en los puntos de sujeción



p) Se procede levantando el motor llevándolo a una posición en la cual se libere la presión de los pernos montantes ejercido por el peso del motor, para lo cual usamos un tecele cuyas especificaciones nos brinde la seguridad de aguantar al motor referentemente uno que avance hasta cuatro toneladas, dejando libre para el desajuste del motor de la pared de fuego.

Figura 66

Montantes del motor en la pared del fuego



q) Para desmontar el motor en su totalidad, procedemos desajustando y removiendo los pernos montantes de la parte inferior, de esta manera evitamos riesgos de accidentes provocados por fallas del tecele, al estar seguros de la estabilidad del motor se procede a desajustar y remover los pernos montantes de la parte superior. Al tener el motor suspendido se empieza a jalar el motor hacia afuera apoyándose del tecele y más personas. En este caso se procuró reservar los pernos para su inspección en base al AMM 54-00 detallado en el siguiente tema.

Figura 67

Desmontaje del motor usando el tecele



r) Como paso final de esta tarea de mantenimiento asentamos al motor en una superficie adecuada, lo más recomendable es hacerlo sobre un soporte adecuado de tal forma que evitamos daños de los componentes, adicionalmente cubrimos al motor para evitar el ingreso de polvo y agua. Mas adelante detallaremos la implementación como soporte del motor.

Figura 68

Motor asentado correctamente en su soporte



3.5. Inspección de los cone bolt mount en base al AMM 54-00

Una vez realizado el desmontaje de los motores, extraemos los pernos de montaje del motor traducidos al inglés como cone bolt mount, con la finalidad de realizar una inspección y chequeo de acuerdo al manual de mantenimiento AMM 54-00 de la aeronave Fairchild Fh-227, el cual nos hace referencia a nacelas y pilones.

Cabe mencionar las definiciones de inspección y examinación otorgada por el manual, se toma en cuenta que la definición de **inspección** establece la condición de un componente o sistema utilizando ayudas visuales y equipos de medición y todos los procesos detallados en la verificación de inspección relevante. Cuando corresponda, aplique los estándares de aceptación aprobados. Mientras que el termino **examinar** hace alusión al establecimiento de la condición de un componente o sistema usando solo la vista o equipo visual. (Rolls Royce, 1979)

3.5.1. Pernos montantes del motor – Inspección y chequeo

A. General

1. Esta tarea tiene la finalidad de realizar la inspección y chequeo del perno de montaje del motor, con el objetivo de prevenir la corrosión y daños varios, de tal forma brindar seguridad funcional.

2. Obtenga referencias del manual de mantenimiento AMM 71-20-0 en acuerdo de obtener conocimientos previos del sistema de montaje del motor, para localizar los pernos de montaje del motor.

En el cual encontramos la descripción del sistema de montaje del motor, que consta de una estructura con forma de un tripe v, la cual va sujeta a la pared de fuego del motor por medio de cuatro pernos montantes.

De acuerdo a la inspección visual realizada no se encontraron grietas o roturas en la estructura de los pernos y el estado de la estructura era rígido y uniforme, no se encontraron daños significativos, más la ligera observación de pequeños rayones por el tiempo de uso, de tal manera requerimos una inspección por líquidos penetrantes en fin de certificar la operación de los pernos montantes.

Figura 70

Estado visual del perno en general y tuerca



2. Examine la junta de la cabeza del perno con el vástago procurando verificar que la estructura este compacta y sin grietas o roturas.

Al examinar la junta de la cabeza del perno y el vástago se pudo determinar que el estado es compacto y no se observa fracturas, roturas o deformaciones, la estructura de la junta, se observan ligeros raspones por el tiempo de uso.

Figura 71

Junta del perno de cabeza y vástago



3. Asegúrese que los pernos y tuercas estén libres de corrosión y que los hilos estén en buen estado.

Al verificar la estructura e inspeccionar visualmente se pudo denotar que los pernos no presentan oxidación en ninguna zona o corrosión, tanto en la cabeza, el vástago y la rosca se pudo observar que el perno se encuentra en buen estado de conservación y que los hilos embonan con las tuercas sin atascarse, sin embargo, en la rosca de un perno fue necesario el uso de un roscador metálico para afinar el paso de la rosca a la tuerca permitiendo su correcto ajuste.

Figura 72

Vista del perno libre de corrosión e hilos



4. Examine el estado general del material, y la resistencia estructural verificando que el perno no está doblada o demasiado desgastada.

Apreciado el detalle de la estructura y forma del perno se pudo definir que el perno no presenta corrosión en el material y que está en buen estado estructura; se observa ligeramente que hay desgaste por las repetidas remociones, no hay torceduras, roturas, fracturas, grietas o separaciones que den de baja la funcionalidad de los pernos, de tal forma que la resistencia estructural se encuentra en buena condición.

5. Realice ensayos no destructivos para obtener resultados certificados de inspección basados en las regulaciones de la FAA.

3.6. Inspección de los cone bolt mount por NDT de tintes penetrantes

Al haber finalizado la inspección y chequeo progresivo del manual de mantenimiento, procedemos a la aplicación de ensayos no destructivos normados y aceptados por la Administración Federal de Aviación FAA por sus siglas en inglés, en este caso optamos por recurrir a la inspección por tintes penetrantes, la cual nos brindara información adicional del estado y funcionalidad y operabilidad certificada.

Para la correcta aplicación del ensayo por tintes penetrantes acudimos a un especialista certificado bajo la normativa de la American Society For Nondestructive Testing ASTM-E1655 Standard Test Method for Liquid Penetrant Examination, certificación permitida por la FAA.

3.6.1. Preliminares

Antes de aplicar los líquidos penetrantes es necesario considerar el tipo de material de tal manera conocemos la aptitud y eficiencia de esta técnica con dicha estructura, ya que generalmente aplicamos tintes penetrantes en estructuras homogéneas no porosas. Se pudo conocer el material siendo acero inoxidable con grado GG6 de dureza con lo cual determinamos que el procedimiento es apto para dicha estructura.

3.6.2. Aplicación del tinte limpiador - removedor

Procedemos con la limpieza de los pernos eliminando residuos de polvo y grasa, utilizando el removedor Magnaflux SKC-S a base de solvente, dejando secar por al menos cinco minutos después de su aplicación, el removedor al ser escaso de halógeno

se utiliza para la eliminación de diferentes sustancias entre lubricantes, químicos u otro tipo de factores, dando como resultado la obtención de una superficie limpia como se requiere para proceder con la aplicación del líquido penetrante.

Figura 73

Perno limpio previo a la aplicación del removedor SKC



3.6.3. Aplicación del líquido penetrante

Una vez evaporado el tinte limpiador aplicamos el líquido penetrante sobre toda la pieza, para lo cual vamos a emplear el spray Magnaflux SKL-WP2 que es ideal para superficies amplias o zonas de difícil limpieza, ya que se puede limpiar con agua, es de un color rojizo que es apreciable a simple vista. Una vez colocado en toda la superficie del perno dejamos secar por cinco minutos y dejamos que el tinte penetre a la estructura durante quince minutos en un área seca, libre de humedad y polvo.

Figura 74

Perno en proceso de penetración por tinte SKL-WP2

**3.6.4. Aplicación del tinte revelador**

Pasado el tiempo de penetración procedemos a aplicar el líquido revelador, utilizaremos el spray Magnaflux SKD-S2 que es de alta aplicación en el campo aeronáutico, nuclear en vista de su compatibilidad con materiales aleados debido a su carencia de halógenos podemos aplicar directamente en el penetrante sin necesidad de remover. Al aplicar por toda la superficie esperamos cinco minutos a que se seque y dejamos que el tinte actúe durante 10 minutos para que el penetrante sea revelado a la superficie en caso de haber grietas o porosidades, gracias a la emulsificación del tinte penetrante podemos observar que no hay marcas de daños significativos.

Figura 75

Perno bajo tinte revelador SKD-S2



3.6.5. Análisis de resultados y remoción de tintes

Observando la muestra obtenida con el líquido penetrante se pudo deducir que los pernos están libres de defectos superficiales, no se observan grietas o daños, abolladuras, porosidades o separaciones entre el vástago y la cabeza del perno, hay zonas ligeramente reveladas que muestran un leve desgaste, pero en general están en buen estado y de tal manera están en estado **operativo y funcional**. Obsérvese el certificado de la inspección en el **ANEXO B**.

3.7. Epílogo del capítulo

El capítulo presentado detallo el procedimiento del desarrollo del tema, de tal forma que la inspección de los cone bolt mount de los motores Rolls Royce Dart 532-7L se realizó efectivamente cumpliendo con los parámetros establecidos en el manual de mantenimiento AMM 54-00 y procurando mantener la seguridad laboral en cada tarea efectuada obteniendo como análisis certificado por la empresa ENI con el informe ENI-J-TP-200109 de inspección por tintes penetrantes basada en la norma ASTM E165, que los pernos están libres de defectos superficiales y estructurales así que son operativos y funcionales. Previo a la inspección se implementaron dos soportes rotatorios para el motor Rolls Royce Dart 532-7L los cuales brindan altas prestaciones y permitieron de forma segura el desmontaje de los motores de la aeronave Fairchild FH-227 en base al manual de mantenimiento AMM 71-00.

DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Inspección: Consiste en la examinación de una aeronave o componente de aeronave en fin de establecer la conformidad en base a un dato de mantenimiento. (DGAC, 2012)

Mantenimiento: Ejecución de los trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas: reacondicionamiento, inspección, reemplazo de piezas, rectificación de defectos e incorporación de una modificación o reparación. (DGAC, 2012)

NDT: Non destructive test, traducido al español como ensayos no destructivos.

ASNT: American Society for Non Destructive Testing, traducida al español como Sociedad Americana de Ensayos no Destructivos.

ASTM: American Society for Testing and Materials, traducida al español como Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.

AMM: Aircraft Maintenance Manual traducida al español como Manual de Mantenimiento de la Aeronave.

Soporte: Componente o parte que permite la sujeción y fijación de un objeto, manteniéndolo en una o más posiciones.

Montante: Estructura diseñada para instalar una pieza o componente a otra estructura.

Estructuración: Acción o labor de ensamblar y construir un prototipo a partir de una base o planos estructurales.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

-) En base a la documentación técnica recopilada de la aeronave Fairchild FH-227 e información aplicable fue posible el desarrollo de este proyecto, pues estos brindaron las herramientas necesarias para poder completar cada capítulo, en el ámbito teórico y práctico, haciendo posible la inspección de los cone bolt mount basada en el AMM 54-00 y empleando documentación reglamentada por la FAA.
-) Para desmontar los motores Rolls Royce Dart 532-7L fue de crucial importancia cumplir a cabalidad el proceso dictado por el manual de mantenimiento AMM 71-00, de esta manera se realizó un desmontaje efectivo y seguro.
-) Se logro implementar los soportes del motor tomando en cuenta las cualificaciones del proceso mecánico y basado en normativas como la ASMT, de la cual se seleccionó el acero estructural A-36 logrando obtener un soporte que brinde seguridad para la ejecución de tareas de mantenimiento en ella.
-) En el proceso de inspección de los cone bolt mount basados en el AMM 54-00 de la aeronave Fairchild FH-227 se efectuó un chequeo eficiente gracias al cumplimiento de las tareas tal como fueron especificadas en el manual, de la cual se determinó que los pernos están en buen estado estructural y libres de corrosión, dando paso a la aplicación de ensayos no destructivos para tener un análisis más completo y certificado de la integridad de los pernos montantes.
-) Gracias a la aplicación del método de ensayo no destructivo por tintes penetrantes se logró observar y deducir que los pernos montantes del motor están libres de defectos superficiales y estructurales, por lo tanto, son certificados como funcionales y operativos.

Recomendaciones

-) Se debe procurar realizar las tareas de mantenimiento sin aumentar o disminuir pasos realizando cada actividad con la seguridad correspondiente para la integridad física y laboral, no omita o interprete mal la información proveída por los manuales de la aeronave, así mismo ríjase en documentación técnica aprobada como la proveída por la FAA.
-) Al momento de realizar una inspección o ensayo no destructivo, hay que asegurarse de ejecutarla bajo los parámetros establecidos por entes regulatorios como la ASNT, para ello lo mejor es buscar personal calificado y certificado de tal manera que se puedan percibir los resultados de manera confiable y precisa.
-) Cuando se realiza una plataforma o estructura destinada a prestar servicio en la realización de tareas de mantenimiento hay que tener en cuenta que hay personas trabajando alrededor de ella por ende se prioriza la seguridad, empleando materiales confiables y procedimientos de calidad basándose en entes certificados, así como la ASTM.

BIBLIOGRAFÍA

- Aviastar. (16 de Agosto de 2015). *Aviastar.org*. Recuperado el 13 de noviembre de 2020, de Aviastar: http://www.aviastar.org/air/usa/fair_fc-2.php
- Aviastar. (16 de Agosto de 2015). *Aviastar.org*. Recuperado el 17 de noviembre de 2020, de http://www.aviastar.org/air/usa/fair_71.php
- Aviastar. (16 de Agosto de 2015). *Aviastar.org*. Recuperado el 12 de noviembre de 2020, de Aviastar organization web site: http://www.aviastar.org/air/usa/fair_at-21.php
- Aviastar. (16 de Agosto de 2015). *Aviastar.org*. Recuperado el 25 de noviembre de 2020, de Aviastar organization web site: http://www.aviastar.org/air/usa/fair_fh-227.php
- Aviastar. (16 de Agosto de 2015). *Aviastar.org*. Recuperado el 16 de noviembre de 2020, de Aviastar organization web site: http://www.aviastar.org/air/usa/fair_boxcar.php
- AVRO. (1961). Avro Maintenance Manual. En A. corp., *Engine mounts* (págs. 71-20-0). Gran Bretaña: Avro. Recuperado el 18 de diciembre de 2020
- Barbara, I. S. (09 de 03 de 2020). *IES Santa Barbara Sitio Web*. Recuperado el 20 de noviembre de 2020, de <http://iessantabarbara.es/departamentos/fisica/tecnologia/webquest/maquinas/WebMaquinas/html2/motoresareaccion.html>
- Barros, P. (2001). Historia de la Aviación. *Sucesos N16*, 1-74. Recuperado el 12 de noviembre de 2020

- Benson, T. (12 de junio de 2014). *National Aeronautics and Space Administrations*. Recuperado el 16 de noviembre de 2020, de NASA Web site:
<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/aerosim/LessonHS97/KittyHawk.html>
- DGAC. (abril de 26 de 2012). RDAC 43. En D. g. civil, *Mantenimiento aeronáutico* (pág. 3). Quito: LAR. Recuperado el 8 de diciembre de 2020, de
<https://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/06/5-RDAC-043-Nueva-Edicio%CC%81n-Rev.-6-11-oct-2017.pdf>
- EASA. (5 de febrero de 2012). *Mantenimiento*. Recuperado el 18 de noviembre de 2020, de <https://mantenimiento.win/mantenimiento-aeronautico/>
- FAA. (2018). *Aviation Maintenance Technician handbook General*. Oklahoma: U.S. Department of Transportation. Recuperado el 20 de noviembre de 2020
- FAA. (2018). Non destructive Inspection. En FAA, *AMT General Handbook* (págs. 10-22). Oklahoma: U.S Department of Transportation. Recuperado el 25 de noviembre de 2020
- Federal Aviation Administration. (2018). Aviation Maintenance technician Handbook-General. En FAA, *NDI* (págs. 10-18). Oklahoma: U.S. Department of Transportation. Recuperado el 18 de noviembre de 2020
- Federal Aviation Administration. (2018). Ultrasonic Inspection. En FAA, *AMT General Handbook* (págs. 10-23,25). Oklahoma: U.S Department of Transportation. Recuperado el 10 de diciembre de 2020
- Gilstrap, J. (10 de noviembre de 2020). *e2b calibration*. Recuperado el 16 de diciembre de 2020, de https://calibration.aero/aircraft-engine-stands/?__cf_chl_jschl_tk__=a24cd0149601354f11ff20ee7ca1bb36f55852e6-

1615247825-0-AbrOokIzwJxwvPda1MT6kTWK_aETbRGpDbTC-
ePitrrQxqNvrQsLr9GVnPSwTNjFX54jfSp2Pn5VEsrvuLdijLcgrnHLExOkmiQ0ZZv
Y1BWAri2tKBgcYqOpnRSB6zAzx8c2

Gizmo. (18 de Junio de 2011). *Sandglasspatrol*. Recuperado el 16 de noviembre de 2020, de <http://sandglasspatrol.com/IIGM-12oclockhigh/Motores%20alternativos%20II.htm>

Gonzales, A. (13 de Marzo de 2014). *Scribd*. Recuperado el 18 de noviembre de 2020, de Evolucion del Turbohelice:
<https://es.scribd.com/doc/212199416/EVOLUCION-DEL-TURBOHELICE-docx>

Ibadomar. (julio de 2013). *Los Gelves*. Recuperado el 20 de diciembre de 2020, de <https://losgelves.com/2013/07/02/sobre-helices-y-turbinas/>

Inventos Revolucionarios. (5 de noviembre de 2013). Recuperado el 15 de noviembre de 2020, de <http://losinventosrevolucionarios.blogspot.com/2013/11/el-tornillo-aereo-de-leonardo-da-vinci.html>

Kimerius. (5 de abril de 2008). *Academia*. Recuperado el 15 de diciembre de 2020, de https://www.academia.edu/39361445/2_LA_AERONAVE_2_2_TIPOS_DE_AERONAVES_Convocatoria_de_controladores_de_la_circulaci%C3%B3n_a%C3%A9rea_2008

Mendez, A. (17 de marzo de 2013). *Tinsa Rics*. Recuperado el 5 de enero de 2021, de <https://www.tinsa.es/blog/historia/zeppelin-historia/#:~:text=Este%20nombre%20es%20un%20homenaje,el%20Lago%20Constantanza%20con%20%C3%A9xito.>

- Nosoloaviones. (18 de septiembre de 2015). Recuperado el 16 de enero de 2021, de Nosoloaviones.com: <http://www.nosoloaviones.com/?p=1230>
- Rolls Royce. (1979). Periodos de inspeccion del motor. En *Manual de mantenimiento del motor Rolls Royce Dart 532-7L* (pág. 5). Gt. Bretaña: Fj Drc. Recuperado el 2 de 12 de 2020
- Rolls Royce. (1991). AMM 71-00. En R. R. Dart, *Soporte de motor mobile* (pág. 734). Gran Bretaña. Recuperado el 15 de noviembre de 2020
- Rolls Royce. (1993). Manual de mantenimiento. En R. Royce, *Periodos de inspección del motor* (págs. 3-4). Gt. Bretaña: RtnMDal. Recuperado el 17 de noviembre de 2020
- Rolls Royce. (1997). En R. Royce, *Manual de overhaul del motor Rolls Royce Dart 532-7L* (pág. 71). Gt. Bretaña. Recuperado el 17 de noviembre de 2020
- Royce, R. (1962). Dart Engine. *AMM-52-00*, 4. Recuperado el 6 de diciembre de 2020
- Royce, R. (1962). Dart Engine. *Manual de Mantenimiento*, pag 3 72-00. Recuperado el 27 de noviembre de 2020
- Royce, R. (1962). Dart Engine. *Manual de Mantenimiento*, 72-00 pag 4. Recuperado el 14 de diciembre de 2020
- Trillo, A. (12 de Agosto de 2017). *Alta tecnologia hi-tech*. Recuperado el 28 de noviembre de 2020, de <https://altatecnologia-hi-tech.blogspot.com/2017/11/como-funciona-el-motor-reaccion.html>
- Wellden. (17 de marzo de 2017). *Wellden.mx*. Recuperado el 9 de enero de 2021, de <http://wellden.mx/pasos-basicos-la-inspeccion-liquidis-penetrantes/>

ANEXOS