



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“Inspección de 150 horas de las palas del rotor principal, de acuerdo a la carta de trabajo 62-11-00 e información técnica, aplicable al Helicóptero Ecureuil h125-c3e perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército n. 15 “Paquisha”

Molina Guainilla, Irene Patricia

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Mecánica Aeronáutica

Monografía Previa a la Obtención del Título de Tecnóloga en Mecánica Aeronáutica

Mención Aviones

TLGO. Arévalo Rodríguez, Esteban Andrés

11 de agosto del 2021



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA AERONAUTICA MENCIÓN AVIONES

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, “Inspección de 150 horas de las palas del rotor principal, de acuerdo a la carta de trabajo 62-11-00 e información técnica, aplicable al Helicóptero Ecureuil h125-c3e perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército n. 15 “Paquisha” fue realizado por la señorita Molina Guainilla, Irene Patricia el cual ha sido revisado y analizado 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 las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, julio del 2021



Firmado digitalmente por:
ESTEBAN ANDRES
AREVALO RODRIGUEZ

TLGO. Arévalo Rodríguez, Esteban Andrés

DIRECTOR

C.C: 0604248062



Document Information

Analyzed document	TESIS _ MOLINA GUAINILLA IRENE PATRICIA.pdf (D110862698)
Submitted	7/30/2021 3:58:00 AM
Submitted by	
Submitter email	ipmolina2@espe.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	eaarevalo1.espe@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Tesis final.docx Document Tesis final.docx (D57409025) Submitted by: alejandroversah97@gmail.com Receiver: maarellano3.espe@analysis.orkund.com		1
W	URL: https://www.definicionabc.com/general/helicoptero.php Fetched: 7/30/2021 3:59:00 AM		1
W	URL: http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum19/vdm023.htm Fetched: 7/30/2021 3:59:00 AM		1
W	URL: https://www.ecocopter.com/nuestra-flota/airbus-helicopters-as-350-b3/ Fetched: 7/30/2021 3:59:00 AM		1
W	URL: https://avia-es.com/blog/fyuzelyazh-vertoleta Fetched: 7/30/2021 3:59:00 AM		1
W	URL: https://slideplayer.es/slide/14233368/ Fetched: 6/6/2021 12:30:59 PM		1
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Jessica Mejia Cerna Revisión Urkund.docx Document Jessica Mejia Cerna Revisión Urkund.docx (D78569772) Submitted by: jdm Mejia7@espe.edu.ec Receiver: eszabala.espe@analysis.orkund.com		6
W	URL: https://www.josemiguelatehortua.com/practicas-estandar/tips-criterios-de-inspecci%C3%B3n/ Fetched: 7/30/2021 3:59:00 AM		2
SA	MONOGRAFÍA CALDERON 18 ENERO.docx Document MONOGRAFÍA CALDERON 18 ENERO.docx (D62721855)		1
SA	MENDOZA ORTIZ LUIS ANTONIO.docx Document MENDOZA ORTIZ LUIS ANTONIO.docx (D63480383)		1



Firmado digitalmente por:
**ESTEBAN ANDRÉS
ARÉVALO RODRÍGUEZ**

TLGO. Arévalo Rodríguez, Esteban Andrés

DIRECTOR

C.C: 0604248062



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA AERONAUTICA MENCIÓN AVIONES

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, Molina Guainilla, Irene Patricia, con cédula de ciudadanía n° 1727408286, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía : “Inspección de 150 horas de las palas del rotor principal, de acuerdo a la carta de trabajo 62-11-00 e información técnica, aplicable al Helicóptero Ecureuil h125-c3e perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército n. 15 “Paquisha” 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, julio del 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Irene Patricia Molina Guainilla', is placed over a light blue rectangular background.

Molina Guainilla, Irene Patricia

C.C: 1727408286



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA AERONAUTICA MENCIÓN AVIONES

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Molina Guainilla, Irene Patricia**, con cédula de ciudadanía n°1727408286, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: “Inspección de 150 horas de las palas del rotor principal, de acuerdo a la carta de trabajo 62-11-00 e información técnica, aplicable al Helicóptero Ecureuil h125-c3e perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército n. 15 “Paquisha” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, julio del 2021

Molina Guainilla, Irene Patricia

CC: 1727408286

Dedicatoria

Dedico esta tesis a Dios y a mi padre que con su infinito amor y virtud quienes inspiran mi espíritu para poder alcanzar mis más anhelados sueños y metas, y la meta más importante de mi vida la culminación de mi carrera profesional, la misma que fue realizada con tanto esfuerzo y dedicación, para el día de mañana ser alguien en la vida y al vez útil para la sociedad.

Y a las personas que confiaron en mí, especialmente a mi madre que me dio la vida, con su inmenso amor, sacrificio y apoyo me dio la más grande herencia que es mi formación académica y profesional además me ensoñó a no rendirme y seguir luchando por mis objetivos.

Molina Guainilla, Irene Patricia

Agradecimiento

Agradezco a Dios que con su infinita fe me ha guiado por el buen camino, a mi madre que fue el motor fundamental que impulso mis sueños, quien estuvo siempre a mi lado en lo las buenas y en las malas, en los días y las noches más difíciles de mis estudios.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas Tecnologías ESPE por a verme permitido desempeñarme todos estos años, a mi tutor y docentes que me han brindado su conocimiento, su paciencia y sus palabras de aliento gracias por su orientación.

Agradezco a todas las personas que confiaron en mí, a mi compañero que me daba palabras de aliento para seguir con mi formación profesional y estuvo con migo en la buenas y malas y por ser una maravillosa persona sencilla y humilde ante todo.

Molina Guainilla, Irene Patricia

Tabla de Contenido

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Urkund	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Tabla de Contenido.....	8
Tabla de Figuras	11
Indice de Tablas.....	14
Resumen.....	15
Abstract	16
Tema	17
Antecedentes.....	17
Planteamiento del problema.....	18
Justificación e importancia	20
Objetivos.....	21
<i>Objetivo General</i>	21
<i>Objetivos Específicos</i>	21
Alcance	22
Marco Teorico	23
Helicóptero	23
<i>Historia del helicóptero</i>	23
Que es un helicóptero.....	24

<i>Funcionamiento aerodinámico del helicóptero</i>	25
Descripción del helicóptero ECUREUIL H125-C3e.....	27
Características generales del helicóptero ECUREUIL H125-C3e.	28
Fuselaje del helicóptero ECUREUIL H125-C3e.....	28
Rotor principal del helicóptero ECUREUIL H125-C3e	30
Características del Rotor Principal.....	31
Palas del rotor principal del helicóptero ECUREUIL H125-C3e.....	31
Características de las palas del rotor principal del helicóptero ECUREUIL H125-C3e.....	32
Descripción de los componentes de las palas.....	33
Daños y tipos de daños.....	36
Tipos de daños en las palas	36
Inspección y medidas a tomar en las palas	38
Desarrollo del Tema.....	41
Inspección de 150h de las palas del rotor principal del helicóptero ECUREUIL H125 C3e.....	41
Tareas de mantenimiento según carta de trabajo 62-11-00	47
Procedimiento sustitución total o parcial de la tira de poliuretano intradós.....	48
<i>Referencias</i>	48
<i>Herramientas especiales</i>	48
<i>Consumibles</i>	48
<i>Repuestos sistemáticos</i>	49
<i>Condiciones de trabajo</i>	49
<i>MTC (manual de técnicas Corrientes) 20-60-00-401</i>	50
<i>Desmontaje de las palas</i>	50

<i>Preliminares con respecto a la fabricación del soporte</i>	50
<i>Estudio técnico del Soporte</i>	51
<i>Cálculo de la fuerza</i>	52
<i>Factor de seguridad</i>	52
<i>Simulación de esfuerzos</i>	53
<i>Construcción de la herramienta</i>	55
<i>Manufactura del material</i>	56
<i>Ensamble de la estructura</i>	58
<i>Elaboración del soporte de madera</i>	59
<i>Colocación de la madera en el soporte y las llantas</i>	60
<i>Pintado y acabo del soporte</i>	61
<i>Pruebas funcionales</i>	62
<i>Pruebas operativas</i>	64
<i>Desmontaje de la tira</i>	65
<i>Preparación de la zona y de la tira</i>	66
<i>Encolado de la banda</i>	69
<i>Polimeración</i>	74
<i>Acabado</i>	75
Pruebas operacionales	80
Conclusiones y Recomendaciones	81
Conclusiones.....	81
Recomendaciones	82
Glosario	83
Bibliografía.....	84
Anexos	86

Tabla de Figuras

Figure 1. <i>Historia del Helicóptero</i>	24
Figura 2. <i>Primer Helicóptero us-300</i>	25
Figura 3. <i>Fuselaje, rotor principal y rotor de cola</i>	26
Figura 4. <i>Helicóptero ECUREUIL H125-C3e</i>	27
Figura 5. <i>Secciones del helicóptero</i>	29
Figura 6. <i>Main rotor blades</i>	32
Figura 7. <i>Materiales compuestos en las palas del helicóptero</i>	35
Figura 8. <i>Inspección visual</i>	40
Figura 9. <i>Inspección de las palas del HELICOPTERO H125</i>	42
Figura 10. <i>Inspección en el borde de ataque</i>	43
Figura 11. <i>Componentes de la pestaña</i>	43
Figura 12. <i>Desmontaje de las palas del helicóptero</i>	45
Figura 13. <i>Desmontaje de las palas</i>	46
Figura 14. <i>Instalar la pala en su soporte</i>	46
Figura 15. <i>Desgaste de la banda de poliuretano</i>	48
Figura 16. <i>Palas en posición de desmontaje</i>	51
Figura 17. <i>Soporte de las palas del helicóptero ECUREUIL.H125</i>	53
Figura 18. <i>Detalles de malla</i>	54
Figura 19. <i>Estructura del soporte</i>	54
Figura 20. <i>Tensión</i>	54
Figura 21. <i>Deformación</i>	55
Figura 22. <i>Factor de Seguridad</i>	55
Figura 23. <i>Tubo cuadrado con base anti corrosiva</i>	57
Figura 24. <i>Corte del tubo cuadrado</i>	57
Figura 25. <i>Suelda con electrodos E6011</i>	58

Figura 26. <i>Suelda con electrodos E6013.....</i>	59
Figura 27. <i>Parte superior del soporte hecho de madera.....</i>	60
Figura 28. <i>Soporte sin colocar madera y llantas.....</i>	61
Figura 29. <i>Soporte colocado madera, llantas y agarraderas.....</i>	61
Figura 30. <i>Proceso de pintado.....</i>	62
Figura 31. <i>Soporte de las palas terminado.....</i>	62
Figura 32. <i>Pruebas funcionales.....</i>	63
Figura 33. <i>Pruebas operativas.....</i>	64
Figura 34. <i>Retiro de banda de poliuretano.....</i>	66
Figura 35. <i>Limpieza de la zona afectada.....</i>	66
Figura 36. <i>Colocación del adhesivo.....</i>	67
Figura 37. <i>Corte de la gasa de nylon.....</i>	67
Figura 38. <i>Banda de poliuretano.....</i>	68
Figura 39. <i>Limpiar zona de unión.....</i>	69
Figura 40. <i>Preparación de la cola CM6096.....</i>	69
Figura 41. <i>Encolado de la banda.....</i>	70
Figura 42. <i>Colocación del tejido.....</i>	70
Figura 43. <i>Colocación de la tira de poliuretano.....</i>	71
Figura 44. <i>Recubierto toda la zona con tejido para des laminar.....</i>	71
Figura 45. <i>CHAPA DE 2500X300.....</i>	72
Figura 46. <i>Colocación de BIDIM B2.....</i>	72
Figura 47. <i>Bolsa al vacío.....</i>	73
Figura 48. <i>Colocación de la válvula de vacío.....</i>	74
Figura 49. <i>Extracción de aire con la válvula de vacío.....</i>	74
Figura 50. <i>Bolsa de vacío.....</i>	75
Figura 51. <i>Tira de poliuretano polimerizado.....</i>	75

Figura 52. <i>Masilla CM 6032</i>	76
Figura 53. <i>Colocación de macilla CM 6932</i>	76
Figura 54. <i>Polimerización</i>	77
Figura 55. <i>Lijado con papel abrasivo N°220 Y N°400</i>	78
Figura 56. <i>Pintura Aeronáutica</i>	78
Figura 57. <i>Sustitución total o parcial de la banda de poliuretano</i>	79
Figura 58. <i>Instalación de la pala del rotor principal</i>	80
Figura 59. <i>Corrección de vibraciones</i>	80

Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Características generales del helicóptero ECUREUIL H125-C3e</i>	28
Tabla 2. <i>Características del Rotor Principal del helicóptero helicóptero ECUREUIL H125-C3e</i>	31
Tabla 3. <i>Características de las palas del rotor principal del helicóptero ECUREUIL H125-C3e</i>	32
Tabla 4. <i>Repuestos sistemáticos</i>	49
Tabla 5. <i>Pruebas funcionales</i>	63
Tabla 6. <i>Pruebas funcionales</i>	65

Resumen

El documento que se detalla a continuación, contiene información de las tareas efectuadas a realizar la inspección de 150 horas y reparación de la palas del rotor principal del helicóptero, para lo cual se desglosó en cuatro capítulos, en el primer capítulo en donde se escribe textualmente por qué era necesario realizar la inspección de 150 horas y reparación de las palas del rotor principal descrita por la tarea de trabajo, y cuáles son los objetivos y el alcance a seguir previo a dar mantenimiento a las palas del helicóptero, en el segundo capítulo se detalla las teorías para comprender todo lo referente al helicóptero ecureuil h125 c3e, desde la historia del helicóptero, que es un helicóptero, descripción, las características, como está formado el fuselaje, también se detalla los conceptos para las palas del rotor principal como es su funcionamiento de que material están formadas, tipos de daños, inspecciones que se deben realizar y medidas a tomar, en el capítulo tres se desarrolla la inspección de 150 horas, seguida de la reparación de la tira de poliuretano, el cual cumple con procedimiento basados en los manuales de mantenimiento del helicóptero y a la vez la construcción de un soporte para el desarrollo de dicha tarea acompañado de imágenes y el relato textual a todo aquello implicado en la inspección y reparación de la tira de poliuretano de las palas del helicóptero además de las pruebas operacionales, para finalizar se concluye que el helicóptero ecureuil h125 c3e se debe realizar inspecciones visuales posterior a un vuelo así poder detectar con anticipación los daños que se desarrolla en las palas del rotor principal.

Palabras Clave

- **HELICÓPTERO ECUREUIL H125-C3E**
- **HELICÓPTEROS - REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO**
- **HELICÓPTEROS - PALAS DEL ROTOR PRINCIPAL**

Abstract

The document detailed below, contains information of the tasks carried out to perform the inspection of 150 hours and repair of the main rotor blades of the helicopter, for which is broken down into four chapters, in the first chapter where it is written verbatim why it was necessary to perform the inspection of 150 hours and repair of the main rotor blades described by the job task, and what are the objectives and scope to follow prior to give maintenance to the helicopter blades, in the second chapter details the theories to understand everything about the helicopter ecureuil h125 c3e, from the history of the helicopter, what is a helicopter, description, characteristics, as the fuselage is formed, also the concepts for the main rotor blades are detailed, how they work, what material they are made of, types of damage, inspections and measures to take, in chapter three, the 150-hour inspection is developed, followed by the repair of the polyurethane strip, which complies with procedures based on the helicopter maintenance manuals and at the same time the construction of a support for the development of such task accompanied by images and the textual account of everything involved in the inspection and repair of the polyurethane strip of the helicopter blades, in addition to the operational tests, to conclude, it is concluded that the ecureuil h125 c3e helicopter should be visually inspected after a flight in order to detect in advance the damages developed in the main rotor blades.

Key Words:

- **ECUREUIL H125-C3E HELICOPTER**
- **HELICOPTERS - REPAIR AND MAINTENANCE**
- **HELICOPTERS - MAIN ROTOR BLADES**

CAPÍTULO I

1.Tema

“INSPECCIÓN DE 150 HORAS DE LAS PALAS DEL ROTOR ACUERDO A LA CARTA DE TRABAJO 62-11-00 E INFORMACIÓN TÉCNICA, APLICABLE AL HELICÓPTERO ECUREUIL H125-C3e PERTENECIENTE A LA BRIGADA DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N. 15 “PAQUISHA”.

1.1 Antecedentes

La Brigada de Aviación del Ejército N° 15 “PAQUISHA” ejecuta operaciones aéreas cumpliendo con estándares de calidad para satisfacer los requerimientos del Ejército, Fuerzas Armadas, Instituciones Gubernamentales, Públicas y Privadas por lo que cuenta con una flota de aeronaves de fabricación francesa modelos AS 550C3 que por su maniobrabilidad permite desplazarse por todo el territorio nacional.

La Brigada de Aviación del Ejército No. 15 “PAQUISHA”, a través del Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército planifica y ejecuta el mantenimiento preventivo, correctivo y restaurativo de la flota de aeronaves con que cuenta la Fuerza Terrestre. Por consiguiente el CEMAE realiza los diferentes tipos de mantenimiento aeronáutico que consiste básicamente en una serie de inspecciones manteniendo un alto nivel de calidad, eficiencia y seguridad en la ejecución de mantenimiento a sus aeronaves que aseguren la aeronavegabilidad.

El Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército cuenta con una sección de mantenimiento de estructuras aeronáuticas y con personal capacitado en conocimientos de manejo de equipos y herramientas necesarias para realizar tareas de mantenimiento, reparaciones e inspecciones siguiendo las instrucciones de los manuales de mantenimiento del fabricante. El presente proyecto propone llevar a cabo los ítems de inspección de las palas del helicóptero Ecureuil.

Según el Programa Recomendado de Mantenimiento del Helicóptero AS 550C3 emitido por el fabricante de la aeronave ha llevado a cabo un mantenimiento adecuado y responsable, que redundará en la eficiencia y seguridad de las operaciones aéreas tomando en cuenta el amplio trabajo que se realiza en el centro de mantenimiento CEMAE a si haciendo factible el proyecto presentado, existen otras investigaciones las cuales se han realizado debido a las necesidades de los mecánicos el cual han sido de mucha ayuda y logran cumplir con las cartas de trabajo emitida por el fabricante.

1.2 Planteamiento del problema

El CC.FF.AA., a través del Estado Ecuatoriano, adquirieron dos helicópteros ECUREUIL H125-C3e, los mismos que fueron entregados a la Brigada de Aviación del Ejército N. 15 "PAQUISHA" hasta Mayo del 2018 quienes a partir de mencionada fecha han asumido el mantenimiento aeronáutico de dichas aeronaves a través del Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército donde se realiza las tareas de mantenimiento cumple con las normas, desde la llegada de las primeras aeronaves al ejército y con el

pasar el tiempo se realizan las tareas de mantenimiento programadas y no programadas además de las inspecciones que establecía el fabricante al igual de las modificaciones y actualizaciones de los manuales, muchas de las herramientas adquiridas con la aeronave tienden a deteriorarse con el pasar del tiempo de la misma tienden a deformarse por la carga excesiva y el esfuerzo o a la vez carecen de ellas.

Tomando en cuenta otro aspecto es el factor del gasto que se producen en el ejército ecuatoriano que está conformado por distintas unidades las cuales necesitan al igual de financiamiento para material bélico, transporte entre otros. Recalcando que el CEMAE es una unidad dependiente del ejército ecuatoriano y este a la vez de una identidad gubernamental por el cual para adquirir distintas herramientas o materiales de aviación tienen que ser evaluado para saber el nivel de importancia ya que el país se encuentra en austeridad económica por lo cual no puede financiar algunos gastos de militares, como la herramienta que funciona como soporte para el Desmontaje – Montaje e inspección de las palas principales del helicóptero ECUREUIL H125 es de suma importancia y a la vez cumple con las necesidades del personal técnico y así no verse afectado la estructura de la aeronave.

Es necesario puntualizar que la aeronave a la que hace referencia esta investigación tiene distintos programas de inspección como diarias, mensual, anual pero en la que nos vamos a enfocar es en la inspección programada de 150 Horas en las palas del helicóptero para lo cual es de suma importancia el soporte mencionada ya que a la no existencia de dicha herramienta existe un retraso de trabajo y al no realizarse dicha inspección las palas del helicóptero tienden a generar corrosión y

deteriorarse además de la incomodidad de los técnicos en el desmontaje y montaje ,corren el riesgo de tener un incidente perjudicando a la aviación del ejército.

1.3 Justificación e importancia

El presente proyecto que se propone tiene aspectos positivos para cumplir la carta de trabajo 62-11-00 y seguir paso a paso los procedimientos de Desmontaje - Montaje de las Palas del rotor principal emitida por el Manual de Mantenimiento de la Aeronave (AMM) la misma que permitirá realizar las tareas de mantenimiento de una manera segura y eficiente. El proyecto mejoraría la manipulación de las palas además brindaría la seguridad al personal de técnicos que trabajan en esta aeronave y la vez se evitaría el esfuerzo físico del personal con el objetivo de mejorar la calidad del trabajo, garantizar la seguridad y a la vez se alargarías la vida útil del helicóptero.

Una vez realizada la inspección de las palas del rotor principal del helicóptero ECUREUIL H125 el principal beneficiario sea la Brigada de Aviación del Ejército N.15 "PAQUISHA", el centro de mantenimiento (CEMAE), El grupo fennec encargado de la aeronave, técnicos y los técnicos de la sección de estructuras encargados de la inspección y del mantenimiento de las palas principales helicóptero antes mencionado ya que realizaban los trabajos programados de mantenimiento con la carencia de soportes así teniendo un resultado favorable pero riesgoso para los beneficiarios y para el producto aéreo.

Para concluir es recalable que previo a la presentación de este documento de anteproyecto se había realizado inspecciones visuales, y planteado al mando militar que se encuentra a cargo del Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército. Tomado en cuenta que dicho proyecto es factible ya que se cuenta con el apoyo de la biblioteca del CMAE, con la documentación necesaria a la vez con la disponibilidad de la aeronave, la supervisión de los técnicos a cargo de la aeronave y el presupuesto necesario para el desarrollo del proyecto obteniendo un resultado favorable y dando la vía libre para la presentación previa aprobación de proyecto.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Efectuar la inspección de 150 horas de las palas del rotor principal, de acuerdo a la carta de trabajo 62-11-00 e información técnica, aplicable al helicóptero ECUREUIL H125-C3e perteneciente a la brigada de aviación del ejército N. 15 "PAQUISHA".

1.4.1 Objetivos Específicos

- Recolectar información técnica necesaria de las palas del rotor principal de la aeronave en manuales, registros y reglamentaciones aeronáuticas vigentes.
- Implementar el soporte necesario para realizar la tarea de mantenimiento N° 62-11-00 durante la inspección de 150 horas en las palas del helicóptero.
- Ejecutar la carta de trabajo 62-11-00 del Manual de Mantenimiento de la Aeronave para garantizar la calidad de trabajo y garantizar la seguridad.
- Realizar pruebas funcionales y operaciones para verificar los parámetros de aceptación y seguridad en la manipulación del soporte.

1.4 Alcance

El presente proyecto se pretende realizar el mantenimiento al helicóptero ECUREUIL H125-C3e específicamente en las palas del rotor principal las cuales entran en una inspección de 150 horas donde se desarrollará la inspección en las distintas áreas de las palas ,en la parte superior y esquinas de las bandas de poliuretano así cumpliendo con los parámetros de aceptación y también el remplazo de mencionada banda según lo dicte el manual de mantenimiento el cual poder desarrollarlo en el menor tiempo posible proporcionando un mantenimiento de calidad, eficiencia y seguridad optimizando el tiempo y recursos.

CAPÍTULO II

2. Marco Teorico

2.1 Helicóptero

2.1.1 Historia del helicóptero

Se cuenta que en la antigua China había un juguete que se accionaba a mano, al que a veces se llamaba “trompo volador” y que se elevaba al tiempo que giraba rápidamente. Pero lo más probable es que la primera persona que contempló la posibilidad de un helicóptero con suficiente potencia como para transportar a un ser humano, y que de hecho experimentó con modelos diseñados por él, fue el artista, ingeniero y arquitecto italiano del siglo XV Leonardo da Vinci, quien hacia el año 1500 hizo dibujos donde se ve un artefacto volador con un rotor helicoidal. Leonardo había pensado usar la fuerza muscular para mover el rotor, pero esta energía nunca habría sido suficiente para poner en funcionamiento un helicóptero de este tipo. (Gomez, 2010)

Entre quienes experimentaron durante el primer cuarto del siglo XX se encuentran los franceses Maurice Léger, Louis Charles Bréguet, Étienne Oehmichen y Paul Cornu, el húngaro-estadounidense Theodor von Karman, Raoul Pescara en España, Jacob Christian Ellehammer en Dinamarca, Igor Sikorski en Rusia y Emile Berliner y su hijo Henry en Estados Unidos. El ruso George DeBothezat y su colaborador Ivan Jerome desarrollaron un aparato de cuatro rotores para las Fuerzas Aéreas de Estados Unidos. Corradino d’Ascanio en Italia, Oscar von Asboth en Hungría y otros más se enfrentaron a los numerosos problemas de la sustentación vertical. El helicóptero Berliner fue probablemente el primer aparato que realizó un vuelo controlado utilizando rotores motorizados. La distancia era tan sólo de unos 90m y la altura de unos 4,6 m, pero el helicóptero se movía a voluntad del piloto, Henry Berliner. La invención

de la pala de rotor de batimiento, articulada para su autogiro, del español Juan de la Cierva, hizo posible el desarrollo de helicópteros útiles. (Gomez, 2010)

Figure 1

Historia del Helicóptero



Nota: Intentos de manipular un helicóptero tomado de icarito2009

2.2 Que es un helicóptero

Aerodino que se mantiene en vuelo principalmente en virtud de la reacción del aire sobre uno o más rotores propulsados por motor, que giran alrededor de ejes verticales o casi verticales. (aviacion civil, 2019). Un helicóptero es un tipo de aeronave sumamente popular que se caracteriza y distingue porque está sustentada y es impulsada a partir de uno o más rotores horizontales. El rotor está compuesto por dos o más palas y es aquella parte rotativa de la aeronave que permite la sustentación aerodinámica de la nave. Cabe destacar, que podremos encontrarnos con el rotor principal, el cual aparece montado en un mástil en la parte superior del helicóptero y el

rotor de cola, que consiste en una hélice aplicada sobre el larguero de cola del helicóptero. (Ucha, 2012)

Figura 2

Primer Helicóptero us-300



Nota: El primer helicóptero según tomado de curiosfera-historia.com.

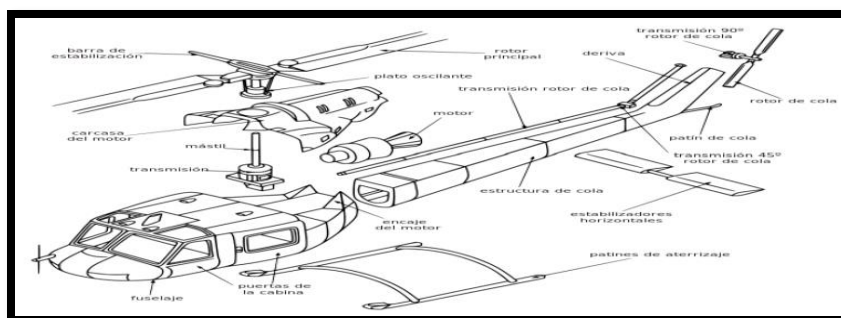
2.2.1 Funcionamiento aerodinámico del helicóptero

La planta motriz de estas aeronaves, que pueda estar compuesta por uno o varios motores, proporciona la potencia necesaria para hacer girar el rotor. Esta transmisión de potencia, de la planta motriz a las palas, se realiza a través de una caja de transmisión. El rotor del helicóptero está compuesto por dos o más palas, las cuales tienen un perfil aerodinámico similar al de las alas de los aviones. Se sabe que la sustentación en los aviones está directamente relacionada con el ángulo que forma el perfil del ala con la dirección del viento, esto mismo ocurre con las palas de los helicópteros, con la salvedad de que éstos, las palas en vez de ser perfiles aerodinámicos fijos están dotadas de un movimiento circular. (AIP-España, 2015)

Otra diferencia entre las alas del avión y las palas de los helicópteros es la siguiente: mientras que en los aviones las alas tienen una unión fija al fuselaje, en los helicópteros las palas varían este ángulo de incidencia con el aire, oscilando estos valores entre 3 y 14 grados. De tal forma que cuando las palas alcanzan la velocidad de rotación idónea, mediante un mando que se encuentra en el interior del helicóptero y que se denomina "paso colectivo" se modificará el paso de las palas, y así a mayor paso mayor sustentación; llegará un momento en que esta fuerza de sustentación será igual al peso, es entonces cuando el helicóptero despegará. Descritos ya los elementos de potencia, rotor y mando colectivo, sólo nos queda por analizar otro elemento fundamental, el mando cíclico. Mediante el movimiento del mando cíclico, palanca que se encuentra en el interior de la aeronave, el disco del rotor principal (que se encuentra girando a unas revoluciones fijas) se inclina en la dirección hacia la que se dirige el mando citado, produciéndose en ese momento un desplazamiento del helicóptero en esa dirección. (AIP-España, 2015)

Figura 3

Fuselaje, rotor principal y rotor de cola



Nota: secciones del helicóptero obtenido deproteccioncivil.es.

2.3 Descripción del helicóptero ECUREUIL H125-C3e.

El H125 es un miembro de la robusta y probada familia Ecureuil de han entregado unos 6.600 miembros de la familia Ecureuil (AS350, AS355, AS550, AS555, H125, H125M, EC130, H130) en casi 120 países para cerca de 2.000 operadores. Juntos, estos aviones han acumulado más de 34 millones de horas de vuelo. El H125 es el líder indiscutible de su clase durante los últimos 30 años. (AIRBUS, 2020)

Aproximadamente 950 aviones H125 (AS350 B3e) están actualmente en servicio en todo el mundo y se utilizan principalmente para misiones de alto rendimiento en condiciones altas y calurosas. El H125 está equipado con un motor turbo eje Safran Helicóptero Engines Arriel 2D con una unidad de control de motor digital de autoridad total de doble canal (FADEC), más un tercer canal de respaldo automático e independiente y un arranque automático. El motor está equipado con un registrador de datos del motor. (AIRBUS, 2020)

Figura 4

Helicóptero ECUREUIL H125-C3e.



Nota: aeronave entregada al ejército ecuatoriano obtenido de militaryfactory.

2.4 Características generales del helicóptero ECUREUIL H125-C3e.

Tabla 1

Características generales del helicóptero ECUREUIL H125-C3e

Tribulación	1
Capacidad	5 + Piloto / Configuración alta densidad 6 + Piloto
Longitud	12.94 m
Diámetro Rotor Principal	10.69 m
Altura	3.14 m
Área circular	-
Peso Vacío	1.300 kg
Peso Máximo de Despegue	2.250 kg
Carga colgante Máxima a Nivel del Mar	1.400 kg
Planta Motriz	1 x turbomeca Arriel 2B / 2D, 632 kw (847 SHP)

Nota: En esta tabla detalla las características de la aeronave tomado de ecocopter.com

2.5 Fuselaje del helicóptero ECUREUIL H125-C3e.

El fuselaje del helicóptero está diseñado para dar cabida a la tripulación, el equipo y la carga útil. El fuselaje se puede colocar de combustible, chasis, motores. Durante el desarrollo del volumen y el peso se determinan por la configuración de diseño del fuselaje del helicóptero y sus parámetros geométricos, la ubicación, el tamaño y la naturaleza de las cargas que tienen que ser percibida elementos de refuerzo. (AVIA.PRO, 2015)

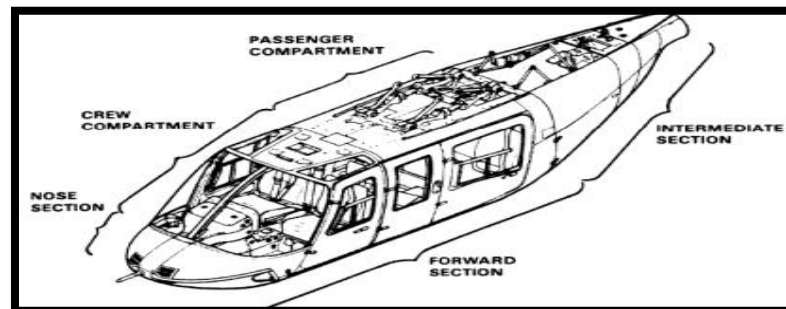
Según lo detallado en el proyecto de (Segovia, 2018) procede a realizar una descripción somera de la estructura, dividida en 4 partes:

- Fuselaje ("Fuselage"). Es el componente de mayor tamaño, afectando su aerodinámica en la global del helicóptero. Está totalmente inmerso en la estela del rotor. Se divide en dos secciones:
- Sección delantera, subdividida en la sección de nariz, cabina de tripulación y compartimento de o pasajeros en el caso de que lo hubiera.
- Sección intermedia, sirve como enlace o unión entre la sección delantera y el puro de cola. Sirve como plataforma para el motor y alojar sistemas auxiliares y equipaje.
- Puro o mástil de cola ("Tail boom"). En helicópteros de un rotor principal con rotor de cola sirve de soporte tanto para los estabilizadores horizontal y vertical, así como el propio rotor de cola y su eje de transmisión.

Cubiertas del motor y transmisión principal ("Cowlings"). Tren de aterrizaje ("Landing gear"). Puede ser fijo o retráctil (más complejo pero mejora la aerodinámica)

Figura 5

Secciones del helicóptero



Nota: Toda aeronave se divide en secciones o en zonas.

2.6 Rotor principal del helicóptero ECUREUIL H125-C3e

EL rotor principal es la parte giratoria del helicóptero que genera la sustentación. El encargado de proveer el movimiento rotativo a las palas de tal forma que se produce la fuerza aerodinámica necesaria para sustentar y mantener la aeronave en el aire y donde están ubicados los sistemas de control lo que permite el desplazamiento en cualquier dirección. (ROMERO & VAZQUEZ, 2014)

Como lo especifica el MANUAL DE SECCION DE DESCRIPCION DEL SYSTEMA (eurocopter, 2019), El rotor principal genera la sustentación y la tracción transferida al helicóptero, Permite el control de la aeronave en el balanceo y el cabeceo junto con el rotor de cola.

El buje del rotor es un laminado de material compuesto por fibra de vidrio y resina el cual se une al mástil de acero inoxidable, por un anillo de brida y un anillo de retención. El rotor starflex es comparable con un rotor articulado, con regreso elástico en las direcciones de flapeo y arrastre. Las vibraciones del rotor se absorben por un anillo de brida localizado en la parte superior del mástil. (ROMERO & VAZQUEZ, 2014)

La pala del rotor principal se compone de:

- LAS PALAS PRINCIPALES
- EL CONJUNTO DEL BUJE DEL ROTOR PRINCIPAL STARFLEX
- EL CONJUNTO DEL MÁSTIL DEL ROTOR

2.7 Características del Rotor Principal

Tabla 2

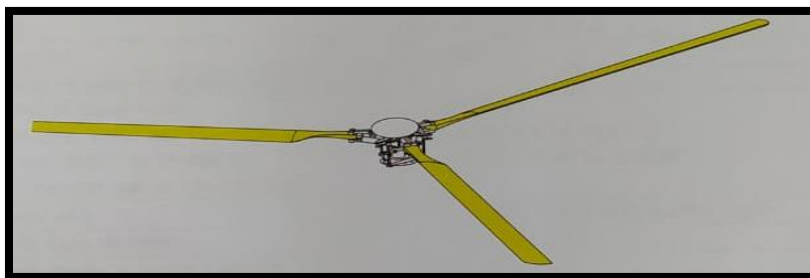
Características del Rotor Principal del helicóptero ECUREUIL H125-C3e

diámetro del rotor	10.69m (35.0ft)
número de palas	3
dirección de rotación	avance de la pala izquierda
velocidad de rotación	390rpm

Nota: El rotor principal consta de cuatro características importantes obtenido de Manual de descripción.

2.8 Palas del rotor principal del helicóptero ECUREUIL H125-C3e

En base a un documento expuesto por (ROMERO & VAZQUEZ, 2014) detalla que: Las palas del rotor principal están fabricadas con material compuesto con el perfil aerodinámico OA209, cada pala pesa 33.9 kg y está equipada con protecciones en el borde de ataque y elementos de balanceo estáticos, a al vez en el manual de descripción del sistema nos detalla que el e rotor principal está equipado con tres palas de materiales compuestos, cada una de ellas unida a la cabeza del rotor con dos pasadores de liberación rápida.

Figura 6*Main rotor blades*

Nota: Palas en el rotor principal obtenido de Manual de descripción.

2.9 Características de las palas del rotor principal del helicóptero ECUREUIL

H125-C3e

Tabla 3

Características de las palas del rotor principal del helicóptero ECUREUIL H125-C3e

Número de palas por aeronave	3
Composición de las palas	Material compuesto
Peso	33.9 kg (72.70 lb)
Radio del rotor L1	5344 mm (210.394 in)
Longitud L2	4679mm (184.213 in)
Eje del rotor y eje de las palas con distancia de centro a centro L3	665mm (26.181 in)
Cuerda real L4	350 mm (13.780 in)
Perfil asimétrico	0 A 209
Torsión teórica considerada en el eje del rotor	12°
Torsión desde el punto de fijación: -0 A 220 mm(0A 8.661 in) -220 a 800 mm(8.661 a31.496 in) -800 a 4677 mm (31.496 a 184.134 in)	-sin torceduras - lineal de 0° a + 6.4° -lineal de + 6.4 a – 2.3038°
Posición del eje de torsión	87.5 mm (3.445 in) desde el borde de ataque
Diámetro del casquillo de fijación	30mm (1.181 in)
Fijación del casquillo de la distancia entre centros	70 mm (2.756 in)

Nota: Las palas del rotor principal tiene distintas características obtenido de Manual de descripción.

2.10 Descripción de los componentes de las palas.

Las palas del helicóptero tienen que ser resistentes y sufrir deformaciones. Alabes tiene que tener el menor peso posible por lo cual se los fabrican de materiales compuestos, según el manual de sección de descripción del sistema con respecto al helicóptero ECUREUIL H125-C3e describe los siguientes materiales compuestos (eurocopter, 2019):

- Protecciones del borde de ataque (1)
- Banda de sellado de la raíz (2)
- Trenza de unión eléctrica(3)
- Casquillos de fijación (4)
- Refuerzos de raíz(5)
- Objeto que muestra el centro de gravedad de la pala(6)
- Cuña de poliuretano (7)
- Lengüetas (8)
- Protección de poliuretano de cara a la presión incorporada en el perfil
- rovings de vidrio(10)
- Bolsillo de fibra de vidrio para el chispazo (11)
- Piel de tela de vidrio (12)
- Borde de fuga de roving (13)
- Relleno de espuma del borde de fuga (14)

- Relleno de espuma del larguero (15)
- Contrapesos de equilibrio (16)
- Cuñas de fijación (17)
- Soporte de contrapesos de equilibrio (18)
- Tapones roscados (19)
- Contrapesos de equilibrio dinámico(20)
- Retenedores de caída (21)
- Dedo de seguimiento de la placa de cierre (22)
- Punto de fijación de los objetivos de equilibrio dinámico (23)

Larguero: antes de la instalación en la pala, la chapa pre curada incluye: varillas de vidrio (10) impregnadas de resina, enrolladas alrededor de los casquillos de fijación (4) y de las cuñas (17). las varillas están alineadas sobre un relleno de espuma (15).

Los contrapesos 16 están incorporados en la zona del borde de ataque, así como un soporte de peso de equilibrio 18 en la punta. (eurocopter, 2019)

Piel , refuerzos y rellenos: la piel 12 en ambos lados de la hoja está formada por: para las palas P7N 355A11.0020.00. Dos capas de tela de vidrio pre impregnada con resina de 0,31 m (in) de espesor. para las cuchillas P/N 355A11.0030.00, tres capas de tela de vidrio pre impregnada con resina, una capa de 0,31 m (pulg.) de espesor, una capa de 0,25 mm (pulg) de espesor y una capa de 0,06 mm (pulg.) de espesor utilizada como fusible. (eurocopter, 2019)

La cara de presión está protegida por una tira de poliuretano (9) incorporada en el perfil del extremo de la hoja, Los refuerzos de fibra de vidrio pre impregnados (5) bajo la piel aseguran una excelente rigidez torsional de la raíz de la pala ,un relleno de espuma (14) bajo el larguero forma el perfil del borde de fuga . (eurocopter, 2019)

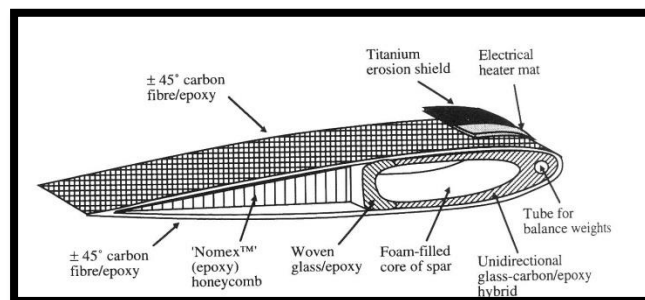
Pestaña del borde de fuga: La piel del borde de fuga está reforzada por tela de vidrio y tiras de roving que constituyen el saliente (13). (eurocopter, 2019)

Protección del borde de ataque: El borde de ataque de la pala está cubierto por dos protecciones de acero inoxidable (1) adheridas al larguero, Una tira de sellado de poliuretano (2) protege el borde de ataque en la zona de la raíz. (eurocopter, 2019)

Protección de la piel: La pintura de poliuretano aplicada a la hoja protege la resina contra los rayos ultravioleta de la radiación solar.

Figura 7

Materiales compuestos en las palas del helicóptero ECUREUIL H125-C3e



Nota: Las Palas del helicóptero está fabricada de materiales compuestos obtenido de madrimasd.org.

2.11 Daños y tipos de daños.

Las Palas de un helicóptero están sujetas a cuatro estados de carga como : tracción, torque, fuerza centrífuga y cargas aerodinámicas, una hélice mantenida apropiadamente está diseñada a operar normalmente bajo tales cargas , pero al momento de la manipulación se le imponen tenciones adicionales , los márgenes de seguridad utilizados durante el diseño pueden verse reducidos en forma considerable . las hélices pueden quedar sobre-tensionadas y fallas debido al daño mecánico producido por piedras ,grave o ripio. La mayoría de estos daños tienden a ser muescas en el borde de ataque y raspaduras originadas por el desplazamiento de material por la superficie de las Palas, estos pequeños daños provocan concentración de tención en áreas afectadas provocando fisuras , con la propagación de la fisura las tenciones se concentran cada vez más incrementando el desarrollo de la fisura cada vez más, así provocando la ruptura de la pala . Otros tipos de daños tales como la corrosión en las palas, golpes contra el suelo y fallas mecánicas en la brida o en el cubo, pueden causar la falla de la hélice o ayudar a producirla. (anac.gov.ar, 2021)

2.12 Tipos de daños en las palas

Las palas del helicóptero está conformada por materiales compuestos y la ves con aleación de aluminio por lo cual genera los siguientes daños (anac.gov.ar, 2021):

a) CORROSION

La corrosión en los componentes metálicos de una pala se puede clasificar en tres distintos tipos:

1. **SUPERFICIAL:** pérdida superficial de metal debido a la acción química o electroquímica, con productos de oxidación visibles que usualmente tienen un color contrastante y textura respecto del metal base.
 2. **PICADURA:** las picaduras pueden estar presentes bajo las calcomanías o extendidas sobre la pala estas consisten en cavidades visibles extendidas que penetran la superficie metálica. En los casos severos, las picaduras pueden extenderse bajo la superficie de la pala y reaparecer en otro lugar.
 3. **INTERGRANULAR:** esto a veces se denomina des laminación metálica o exfoliación. La presencia de corrosión intergranular puede ser el resultado de impurezas de la aleación.
- b) **CARAS DESALINEADAS:** Las palas se curvan alrededor del eje de la cuerda de la hélice y las palas no derrotaran.
- c) **MUESCA :** Una marca con forma de una muesca aguda, usualmente localizada en los bordes de ataque y fuga
- d) **EROSION :** Pérdida de metal de la superficie de las palas por la acción pequeñas partículas tales como arena o agua, usualmente sobre el borde de ataque cerca de la puntera
- e) **RASGUÑOS:** Pequeños cortes superficiales sobre la superficie de la pala, localizados usualmente sobre la zona plana de la palas.
- f) **ENTALLADURA:** Desgarro superficial o rotura sobre una pala, que tiene una profundidad y longitud que esta entre un rasguño y una ranura.
- g) **RANURA:** Muesca profunda sobre la pala producida por una elevada presión por contacto con un objeto sólido.

- h) **CORTE:** Pérdida de metal profunda, larga y estrecha producida por un golpe oblicuo de un objeto agudo.
- i) **FISURA:** Abertura entre 2 secciones contiguas de una pala. La fisura puede comenzar por cortes, muescas, o corrosión severa en el área.
- j) **MELLADURA:** Depresión en la pala como resultado de un impacto directo de un objeto sólido, usualmente encontrada sobre el borde de ataque. (anac.gov.ar, 2021)

La aviación es un medio de transporte más seguro ya que es el único transporte que cumple con a cabalidad todos sus mantenimientos e inspecciones. El helicóptero ECUREUIL H125-C3e lleva a cabo una serie de inspecciones y chequeos diarios en las Palas del rotor principal ya que estas sufren de cargas y esfuerzos ya mencionados por lo cual desarrolla los daños descritos en la parte superior, ya que las Palas están fabricadas de materiales compuesto y aleación de aluminio con el pasar el tiempo estos materiales llegan a desgastarse o tener danos internos y externos uno de esto son las bandas de poliuretano de las Palas del helicóptero a las cuales se refiere este trabajo estas mencionadas bandas tienden a desgastarse, tener abolladuras y picaduras dependiendo como sea el daño se realiza la respectivo mantenimiento.

2.13 Inspección y medidas a tomar en las palas

Las inspecciones de una aeronave o de un helicóptero son importantes dado que previene daños en los componentes de la aeronave y a la vez prolonga la vida útil de los mismos por lo tanto se realiza las siguientes inspecciones:

A. Inspección Visual (IV)

La inspección visual es considerada un método de Ensayo No Destructivo, el más común y más básico. Se aplica a una gran variedad de tipos de materiales y productos, las posibilidades de detección de esta técnica se limitan, obviamente, a aquellos defectos que son visibles, tales como grietas, poros, desgaste, decoloraciones, corrosión, etc., así como al control dimensional. Se puede realizar por métodos directos o indirectos durante el proceso de fabricación o después de que el componente en cuestión haya sido puesto en servicio. (ARENAS)

La calidad de la inspección depende muchos factores, resumidos principalmente en:

- La calidad del detector (ojo ó cámara).
- Las condiciones de luminosidad.
- La capacidad de procesar los datos obtenidos.
- El nivel de entrenamiento y la atención a los detalles. (ARENAS)

B. Inspección Especial Detallada (Special Detail Inspection - SDI):

Es un examen intensivo de uno o varios elementos específicos, de su instalación o montaje para detectar el daño, la falla o irregularidad. El examen es probable que pueda requerir un amplio uso de técnicas de inspección especializadas y / o equipos especializados (Ej. equipos para Inspección No Destructiva- NDE). Su preparación a veces evidencia un acceso complicado para la limpieza y un desmontaje amplio puede ser requerido. (ARENAS)

C. La Inspección detallada (Detail Inspection - DET):

Es un examen intensivo de una determinada área estructural del sistema, instalación o montaje para detectar el daño, falla o irregularidad. La iluminación disponible se complementa normalmente con una fuente directa de buena iluminación con una intensidad (Ej... 120 lúmenes) considerada apropiada por el inspector.

Esta inspección requiere de ayuda de elementos como espejos, lentes de aumento, etc. La limpieza de superficies y elaborados procedimientos de acceso pueden ser requeridos. (ARENAS)

D. Inspección General Visual (General Visual Inspection - GVI):

Es un examen visual del interior o zona exterior, instalación o montaje para detectar daños evidentes, insuficiencia o irregularidad. Este nivel de inspección se realiza bajo condiciones de iluminación normalmente disponibles, tales como luz del día, iluminación del hangar, linterna, y puede requerir la apertura de paneles o puertas de acceso. (ARENAS)

Figura 8

Inspección visual



Nota: Las aeronaves tanto helicópteros como aviones necesitan de inspecciones tomado de josemiguelatehortua.com.

CAPÍTULO III

3. Desarrollo del Tema

3.1 Inspección de 150h de las palas del rotor principal del helicóptero ECUREUIL H125 C3e

Las Palas del helicóptero h125 c3e entran en una inspección de 150 FH (HORAS) Por lo tanto tomamos en cuenta lo que nos dicta el manual de Criterios de inspección visual, para lo cual comenzamos a realizar la inspección como nos detalla el manual.

Primero instale los medios de acceso, Segundo limpia las palas del rotor principal: para realizar este proceso el manual nos menciona que tenemos que realizar la limpieza según el manual de mantenimiento (AMM), se tomó en cuenta lo que nos dicta el manual, si las palas están instaladas en el helicóptero primero debe aplicar el freno del rotor.

Para realizar la limpieza tome en cuenta que se debe utilizar únicamente el producto de limpieza C135: con tela limpia y seca retiramos el aceite y la grasa, en una cubeta se preparó la solución de limpieza con agua como siguiente con una esponja empapada de la solución de limpieza procedemos a limpiar las Palas después de haber aplicado el producto de limpieza empapamos con agua limpia antes de que se seque la solución limpiadora y se procedió a secar las Palas con aire comprimido seco después lo limpiamos con tela pañal para finalizar el trabajo.

Después de haber realizado la limpieza se procede a la revisión visual:

- A. Primero asegúrese de que la piel esté en buenas condiciones (sin distorsiones, marcas de impacto, rayones, corrosión, etc.). En este paso que nos especifica el manual mediante la inspección visual y un test tapping se verifica si la piel consta con estos daños detallados.

Figura 9

Inspección de las palas del HELICOPTERO H125



- B. Asegúrese de que las protecciones del borde de ataque estén en buen estado: marcas de impacto, grietas, áreas despegadas, etc. Verifique visualmente si la tira de acero inoxidable está abierta. Si se encuentra boquiabierto, aplique los criterios dados en (AMM 62-11-00,6-1). En el paso B de la inspección se verificó que el borde de ataque está en buen estado y sin impactos para verificar esto lo palpamos con la mano y se determinó que está en buen estado.

Figura 10.

Inspección en el borde de ataque



C. Asegúrese de que los componentes de la pestaña estén en buenas condiciones (sin distorsiones, grietas, etc.). los componentes de las pestañas están en buenas condiciones.

Figura 11

Componentes de la pestaña



Debido a que en el literal F.2 inspección de la piel de la pala no aplica ya que en la piel está en buenas condiciones pero en la inspección desarrollada se encontró el deterioro de la banda de poliuretano y a la vez estaba blanda y

suave el manual nos menciona una nota que detalla en caso de duda, durante la inspección visual, realice una inspección detallada de las palas del rotor principal (AMM 62-11-00,6-1). En el manual de inspección de 150 horas nos detalla los posibles daños que puede ocurrir en las palas pero no nos detallan todos los daños que se produce en las Palas y esta es la situación el daño no consta en el manual de inspección por lo tanto nos tenemos que dirigir al manual de mantenimiento donde si nos detalla las soluciones y otros daños que pueden ocurrir en las Palas, así que nos dirigimos al manual de mantenimiento a la parte de criterios de inspección en donde encontramos todo lo relevante a las palas del rotor principal, el manual nos pide retirar las palas si es necesario, para tener una mejor amplitud del daño encontrado se procede a desmontar las palas del helicóptero:(anexo A)

Antes de desmontar las palas, asegúrese de que el stick colectivo no esté bloqueado en la posición de paso bajo. Manipule con cuidado las palas para evitar dañarlas durante la operación de desmontaje

PASO 1: Coloque la eslinga de las palas del rotor principal la marca (círculo blanco) que muestra el centro de gravedad de la pala a retirar. En el primer paso no se procedió a colocar la eslinga ya que el centro de mantenimiento no consta con esta herramienta, y para esto se colocó una escalera para poder sostener adecuadamente y con cuidado la Palas del helicóptero.

Figura 12

Desmontaje de las palas del helicóptero



PASO 2 Fijar la eslinga de las palas del rotor principal al gancho del sistema de elevación utilizado. El paso dos se omitió ya que ya que carece de herramienta para el desmontaje de las palas.

PASO 3: desconectar los cables de descarga estática en el manguito.

PASO 4: LOS MANGOS SE DESTIENDE POR COLORES AMARILLO, ROJO Y AZUL

Para la pala del manguito amarillo: Retire el pasador de seguridad y los pasadores de la pala, Para la hoja de la manga roja o azul: Retire el pasador de seguridad, la varilla de seguridad, la tuerca y el tornillo de los pasadores. Retire los pasadores de la pala y Retire la raíz de la pala del manguito. En el paso cinco se desmonta las palas pero tomando en cuenta que para desmontar cada pala se gira alado derecho colocando el freno, las palas se identifican por colores, comenzamos con el color amarillo retiramos los ping de seguridad y cuidadosamente lo retiramos las palas del helicóptero.

Figura 13

Desmontaje de las palas



PASO 5: bajar cuidadosa mente las Palas e Instale la pala en su soporte el cual es de fabricación local. (AIRBUS HELICOPTERS, 2017)

Figura 14

Instalar la pala en su soporte



Realizar una limpieza pero como esto ya se lo realizo, no hay la necesidad de repetirlo. Tomamos encuentra el literal F numeral 7 Criterios de inspección: protección de poliuretano

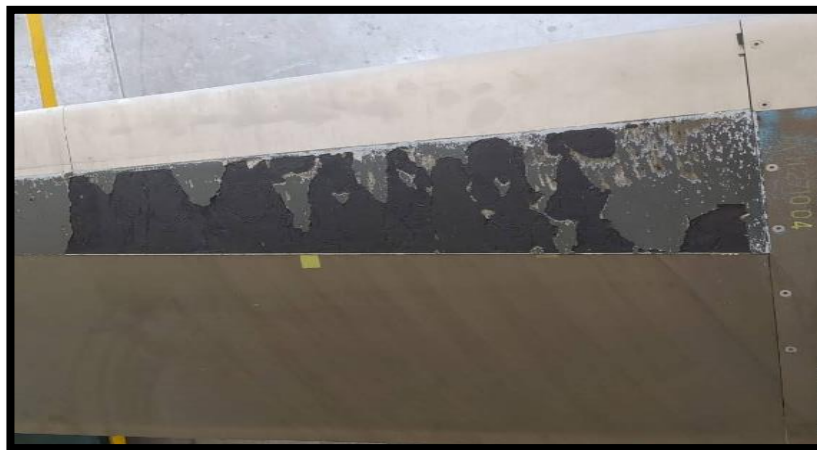
En la tira restante si el despegado o el blíster están abiertos o son más grandes que las siguientes dimensiones: Área total de despegado de 5100 mm² (7,905 pulgadas cuadradas) y ancho de anomalía de 80 mm (3,149 pulgadas) longitud de anomalía de 150 mm (5,905 pulgadas). Reemplazar la superficie inferior tira de poliuretano según (62-11-00, 8-4). Pero no solo por este caso se realiza el remplazo de la tira de poliuretano también se realiza esta tarea de trabajo por condición y estado del material.

3.2 Tareas de mantenimiento según carta de trabajo 62-11-00

Con respecto a los manuales: Manual de Mantenimiento de la Aeronave (AMM), Manual de Reparación Estructural (MRS), Manual de Técnicas Corrientes (MTC), se procedió a la investigación de la tarea de trabajo 62-11-00 del helicóptero ECUREUIL H125 en la biblioteca en el centro de mantenimiento de la brigada de aviación del ejército N°15 "PAQUISHA", ya que dicho helicóptero entro en una inspección de 150 horas en las Palas principales al cual se le encontró un desgastes fuera del rango de aceptación en la banda de poliuretano el cual se procedió a desarrollar la reparación (sustitución total o parcial de la tira de poliuretano intradós).

Figura 15

Desgaste de la banda de poliuretano



3.3 Procedimiento sustitución total o parcial de la tira de poliuretano intradós

3.3.1 Referencias

Consignas generales aplicable a las reparaciones de las palas (AIRBUS HELICOPTERS, 2017)

3.3.2 Herramientas especiales

- Tijera de peluquero
- Pincel plano ancho 40mm
- Rodillo para sacar burbuja
- Chapa AU 4G esp.06.2500x300
- Chapa AU4G esp.06.500x300
- Malta para enmasillar (AIRBUS HELICOPTERS, 2017)
- **CARRITO DE MANIPULACIÓN**

3.3.3 Consumibles

- Agente de limpieza
- Cola
- Masilla

- Adhesivo PTFE ancho 50mm ECA3014.10
- Compresa de gasa
- Película de fluorglass
- Guantes de algodón
- Papel abrasivo N°220
- Papel abrasivo N°400
- Tejido para des laminar
- Tejido bidim B2 (AIRBUS HELICOPTERS, 2017)

3.3.4 Repuestos sistemáticos

Tabla 4

Repuestos sistemáticos

MRM		Nomenclatura	IPC
Fig.	Marca		Referencia
Figura 701	(1)	Tira de poliuretano	(P/N 330ª.11.1533.20)
		Marquesina	ECS 2335.10

Nota: En la tabla de se detalló los repuestos necesarios para la realización de la reparación obtenido del manual de reparación.

3.3.5 Condiciones de trabajo.

- 1) Consultar las instrucciones generales 20-60-00-401MTC.
- 2) Comprobar que la temperatura está comprendida entre 18°C Y 25°C.
- 3) Comprobar que la hidrometría es <60%
- 4) Controlar la aplicabilidad de los productos (AIRBUS HELICOPTERS, 2017).

3.3.6 MTC (manual de técnicas Corrientes) 20-60-00-401

El manual de técnicas corrientes es aquel que detalla el procedimiento de manipular productos aeronáuticos como pegamento entre otros, el manual prescribe los medios necesarios, la condición de trabajo, el control de validez del producto que se utiliza, preparación de la mezcla y polimerización. El manual también detalla técnicas de reparación como la técnicas de la bolsa de vacío, los materiales que se necesita para realizar y también el objetivo al desarrollar la técnica y los productos utilizables.

3.3.7 Desmontaje de las palas

- 1) Desmontaje de las palas, según el desmontaje de las palas ya se lo realizo en la inspección detallada descrita en la parte superior de este proyecto.
- 2) Colocar la pala en el carrito de manipulación. El centro de mantenimiento no consta con un soporte para las palas se procede a fabricarlo ya que en el manual nos detalla que puede ser de fabricación local.

3.3.8 Preliminares con respecto a la fabricación del soporte

El problema que surge en el centro de mantenimiento CMAE y el helicóptero ECUREUIL H 125 es que recién forma parte de la brigada de la aviación del ejército por lo cual los técnico asignados al mantenimiento de la aeronave y encargados de la misma realizan inspecciones diaria en las Palas del helicóptero ya que el rotor principal genera la sustentación aerodinámica y el empuje, el rotor al estar en movimiento llega a tener contacto con el ambiente y entre esto está por ejemplo: piedras, arena, basura, etc. o más llamado FOD. Por lo cual al llegar a tener contacto con las palas puede ocasionar ralladura, hundimientos entre otros debido a esto se debe tener en constante inspección. Cuando las palas llegan a tener inspecciones de 100,150, 600,1000 horas proceden a desmontarse pero no solo en inspecciones para una reparación que no

sea con respecto a las palas también es necesario desmontarlas como por ejemplo en inspección del motor, pintar la aeronave entre otros.

Los técnicos de mantenimiento a la hora de desmontar las Palas del helicóptero no constan con dicho soporte descrito en el manual , al no a ver este soporte la Palas del helicóptero eran colocadas en mesas y para trasportarlas al taller los mecánicos sabrían de esfuerzo que afectaban a su salud y al a vez las palas tendían a tener daños producidos por su inestabilidad en el hangar, por lo cual es ahí donde se encuentra el problema para la solución de descrito problema se procede a la realización del soporte de las Palas para el desmontaje y montaje de las mismas.

Figura 16

Palas en posición de desmontaje



3.3.9 Estudio técnico del Soporte.

Para proceder a desarrollar el soporte se toma en cuenta el modelo que nos indica en el manual de mantenimiento, el cual especifica que puede ser de fabricación local, primero comenzamos a realizar estudios de resistencia y peso y el desarrollo

del modelo del soporte para lo cual necesitamos de la ayuda del programas Solidworks (programa de diseño por computadora) para el desarrollo del soporte se tomó en cuenta tubo cuadrado de acero estructural de 2mm, el cual posee una capacidad de compresibilidad de 400000000 N/m2 suficiente para soportar las Palas del helicóptero.

3.3.10 Cálculo de la fuerza

Al considerarse a la fuerza G como una aceleración (m/s²) es necesaria la conversión a unidades de fuerza (Newton, psi, Kgf, dina, Kp) para el análisis de esfuerzo del *blade rack*.

Para tal efecto se emplea la ecuación de la segunda ley de Newton:

$$\mathbf{Fuerza = Masa \times aceleración}$$

Masa: Se considera el peso de una pala (según el manual):33,9Kg

Número de palas: x 3

TOTAL: 101,7Kg

Aceleración: Se asume el valor estándar de la gravedad = 9,8 m/s²

$$\mathbf{F = m \times a}$$

$$\mathbf{Fuerza = 101,7Kg \times 9,8 \text{ m/s}^2 \quad (\text{Newton= Kg.m/s}^2)}$$

$$996,6 \approx \mathbf{1000 \text{ Newton}}$$

3.3.11 Factor de seguridad

En diseño ingenieril se emplea el factor de seguridad para asegurarse contra condiciones inciertas o desconocidas. Si se tiene que evitar una falla estructural, las cargas que una estructura es capaz de soportar deben ser mayores que las cargas a las que se va a someter cuando este en servicio. Como la resistencia es la capacidad de una estructura para resistir cargas, el criterio anterior se puede replantear como sigue:

La resistencia real de una estructura debe ser mayor que la resistencia requerida. La relación de la resistencia real entre la resistencia requerida se llama factor de seguridad

$$\text{Factor de seguridad } n = \frac{\text{Resistencia real}}{\text{Resistencia requerida}}$$

El factor de seguridad debe ser mayor que 1.0 para evitar falla.

Figura 17

Soporte de las palas del helicóptero ECUREUIL.H125



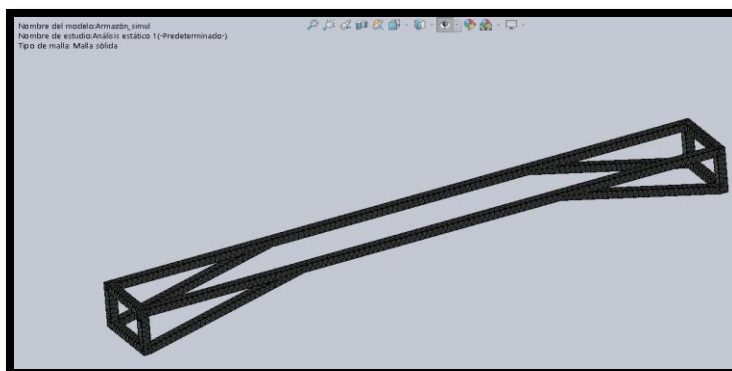
3.3.12 Simulación de esfuerzos

Es muy importante para el lector tener en cuenta ciertos temas de mecánica de materiales por lo cual es importante realizar la simulación de esfuerzos al cual está sometido el material con el cual se va a fabricar el soporte. Dichos esfuerzos son: elasticidad, la deformación que puede llegar a tener, tensión y mallado. El primero que vamos a ver es el mallado en donde se analiza el comportamiento de la estructura del blade rack simplificada y optimizada inicialmente para este propósito ante una fuerza de 1000 Newtons.

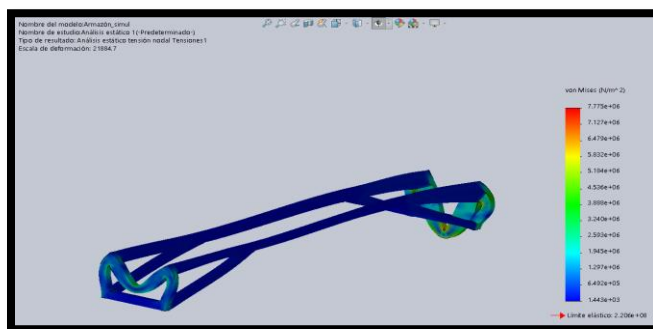
Mallado por elementos finitos, con los siguientes resultados:

Figura 18.*Detalles de malla*

Malla Detalles	
Nombre de estudio	Análisis estático 1 (-Predeterminado-)
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado	Malla estándar
Transición automática	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Tamaño de elementos	31.7556 mm
Tolerancia	1.58778 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	26601
Número total de elementos	14411
Cociente de aspecto máximo	164.7
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto < 3	49.5
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto > 10	22.5

*Nota: detalles de la malla.***Figura 19***Estructura del soporte*

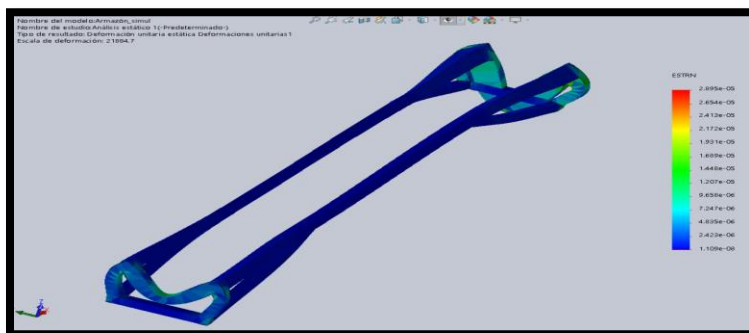
Tensión de VonMises (Sin deformación significativa)

Figura 20*Tensión*

Deformación unitaria (No existe deformación unitaria)

Figura 21

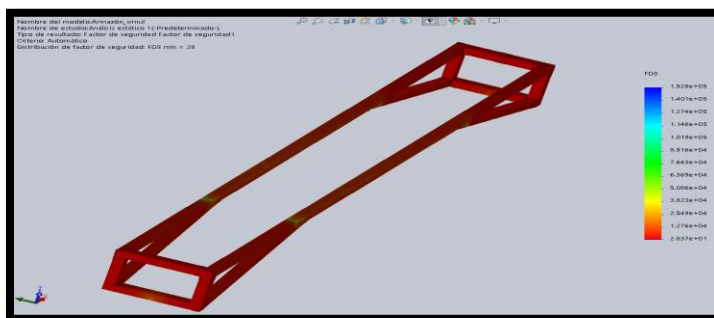
Deformación



Factor de seguridad (Es óptimo $28 > 1$)

Figura 22

Factor de Seguridad



3.3.13 Construcción de la herramienta

En este ítem de desarrollar todo el procedimiento del armazón, ya realizado el diseño del soporte con las pruebas de resistencia, elasticidad comenzamos a desarrollar la fase de la fabricación para lo cual primero se procedió a la búsqueda y obtención del material. Debido a la distancia del lugar de mi residencia y de la unidad el desarrollo del material se lo realizó en mi domicilio y la compra del material se lo realizó alrededor del mismo ya que el procesos de soldadura y pintado no se

desarrollarán problema ya que se consta con estos materiales necesario. Se recuerda que los costos se detallara en otro ítem, continuación los materiales para la fabricación del armazón:

- 3 Tuvo galvanizado 50x50mm de 2mm de espesor.
- 1 Tuvo redondo de 1pulg x 3.16.
- Electrodo E 6011 (62000 lb / pulg2) como raíz.
- Electrodo 6013 (62000 lb / pulg2) terminado.
- Madera de chanol 1 m 4 cm y espesor 4. 6 líneas .
- 4 Llantas de 3 pulg.
- Suelta SMAW y components.
- Moladora .
- Discos de moladora.
- Estropajo metálico.
- Lija para metal grano grueso *8.
- Lija para metal grano fino *8.
- Cepillo metálico para retirar escoria de suelta.
- Base anti corrosiva.
- Pintura terminados laca automotriz.
- Tiñer de laca.
- Caucho de goma.
- Pegamento.

3.3.14 Manufactura del material

Para la preparación del material primero se procedió a la limpieza de los tubos cuadrado y redondos para lo cual se utilizó el tiñer ya que el tubo contiene grasa

y tiñado negro que al trabajar mancha en todo lugar por lo cual se procedió a colocar una base anti corrosiva color plateada y se esperó que seque para manipular los tubos, después que este pasa ya esté listo con la ayuda de una moladora con base angular se procede a cortar el tubo cuadrado con cortes de 45 grados el cual a unir nos tiene que dar Angulo de 90 para el lado derecho e izquierdo tienen igual medida. Para poder realizar este procedimiento es necesario tener el plano que se desarrolló ya que allí especifica las medidas del tubo al cual se debe realizar el corte una vez ya cortado los tubos de las medidas adecuadas con una moladora pequeña se procede a alinear los cortes para que no de un desbalance y coincida correctamente los 90 grados.

Figura 23

Tubo cuadrado con base anti corrosiva



Figura 24

Corte del tubo cuadrado

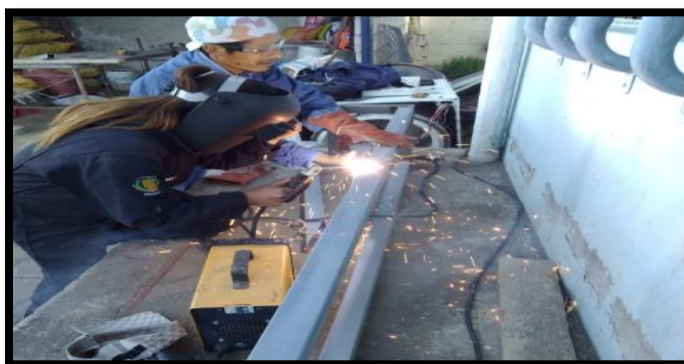


3.3.15 Ensamble de la estructura

Continuación se procede a realizar la unión estructural del soporte, para comenzar el ensamblaje se debe tomar en cuenta desde principio a fin la utilización del equipo de protección o mas llamado EPP y las medidas de seguridad ya que al tener en cuenta descripciones evitamos tener accidenté e incidentes. Para el ensamble se necesita los Electrodo E 6011 (62000 lb / pulg2) como raíz y la soldadura de tipo SMAW , este proceso se aplica la técnica de soldadura por arco con electrodo metálico revestido muy común en esta rama al igual , el electrodo a utilizar es muy resistente y es manipulable en todas las posiciones de soldadura

Figura 25

Suelda con electrodos E6011



Ya realizada la raíz con los electrodos Electrodo E 6011 (62000 lb / pulg2) se procede a dar el terminado del armazón con el electrodo Electrodo E6013 (62000 lb / pulg2) el lector se preguntara porque la utilización de dos electrodos si con el que mencionamos primeros es resistente y se lo puede manipular en todas formas y sirve como acabado, pero aquí la explicación del electrodo E 6013 este electrodo nos

permite la manipulación de la posiciones descendente o vertical el cual nos brinda mejor penetración en el metal logrando uniones de mejor calidad.

Figura 26

Suelda con electrodos E6013



3.3.16 Elaboración del soporte de madera

Ya teniendo listo el armazón se procede a desarrollar con el tablón de madera de chanol 1 m 4 cm y espesor 4. 6 líneas. En esta madera es donde se colocara las palas del helicóptero por qué se realizó de madera es por lo que las Palas no pueden entrar en contacto con el metal ya que sobraría de corrosión entre metales y ralladuras por ese motivo se lo realizado de madera a esta madera se la manipulo haciendo los trazos en la misma según nos especifica el plano al cual nos dice que el radio de la parte de arriba a la parte de debajo de 90 grados es de 18 cm. Se trazó, se cortó de la manera más cuidadosa para que no sufra daños.

Figura 27

Parte superior del soporte hecho de madera



3.3.17 Colocación de la madera en el soporte y las llantas

Para continuar con el desarrollo del armazón procedimos a unir las piezas que nos faltaba por lo cual se colocó la madera en la parte superior del armazón de la parte derecha e izquierda se las coloco a presión con pegamento de madera aunque para mayor seguridad se le coloco dos pernos a los costado aso garantizar la firmeza y estabilidad del soporte, después de realizada esta tarea se procedió en la parte inferior en las cuatro esquinas a colocar las llantas de 3 pulgadas con frenos incluidas para lo cual utilizamos la soldadura SMAW invertida con el electrodo E 6011 ya por su resistencia y acabado. En este paso también se procedió a soldar las agarraderas realizadas con el tubo tuvo redondo de 1pulg x 3.16 con dobles de 1m x 60 cm para el lado derecho e izquierdo con el mismo electrodo.

Figura 28

Soporte sin colocar madera y llantas

**Figura 29**

Soporte colocado madera, llantas y agarraderas



3.3.18 Pintado y acabo del soporte

Para finalizar se procedió a pintar con pintura terminados laca automotriz de color amarillo todo el soporte tomando en cuenta la protección de las llantas ya que a esta no se las puede manchar de pintura. se procede a dar dos pasadas de pintado para que el acabado sea estático y llamativo se esperó el tiempo de secado de dos a cuatro horas,

Ya esperado este tiempo en los filos de la madera se procede a colocar con pegamento el caucho de goma para que las palas se mantenga y no sufra de daños.

Figura 30

Proceso de pintado



Figura 31

Soporte de las palas terminado



3.3.19 Pruebas funcionales

Las pruebas funcionales es aquella que busca los parámetros adecuados que debe mantener el soporte o la herramienta realizada el cual debe cumplir con estándares descritos a la necesidad del técnico que manipulara dicho soporte. Para la realización de las pruebas se procedió a llevar el soporte a las instalaciones del centro de mantenimiento CEMAE ubicado en la brigada de la aviación del ejército N° 15

“PAQUISHA” (la Balbina). En el cual con la ayuda de los técnicos encargados del helicóptero se procedió a realizar dichas pruebas.

Figura 32

Pruebas funcionales



Tabla 5

Pruebas funcionales

Pruebas funcionales				
N°	Descripción	Criterio de aprobación	Favorable	desfavorable
1	El soporte es estable	Soporta bien, no tiene desbalances	x	
2	El soporte se transporta con facilidad	Posee ruedas, las ruedas se desplazan con facilidad en los espacios del taller	x	
3	Las llantas del soporte, soportan el peso prescrito Más de 100 NEWTON	Las llantas soporta el peso indicado	x	
4	Los frenos del soporte se mantienen en fijación	Los frenos son adecuados para el soporte, al colocar los frenos no debe haber movimiento.	x	
5	El soporte se encuentra bien protegida de la corrosión	Se encuentra pintada	x	
6	El soporte no representa un peligro para el operador	Es segura, y carece de elementos que puedan generar un perjuicio a las palas del helicóptero y al operador si este cumple la normativa de seguridad	x	

Nota: En el anterior cuadro se detalla todos los ítems que se tomó en cuenta para las pruebas funcionales

3.3.20 Pruebas operativas

Para la realización de dichas pruebas se procedió a realizar el desmontaje de las palas del helicóptero ECUREUIL H125, los técnicos encargados del helicóptero por lo cual son los que evaluaron las condiciones del soporte. (ANEXO B)

Figura 33

Pruebas operativas



Tabla 6*Pruebas funcionales*

Pruebas funcionales				
N°	Descripción	Criterio de aprobación	Favorable	Desfavorable
1	El soporte soporta la Palas.	Las palas están seguras en el soporte realizado.	x	
2	El soporte se transporta con facilidad.	La Palas puede ser transportada en el soporte al taller de mantenimiento en forma segura.	x	
3	El soporte contiene frenos soporta el peso de las palas y se mantiene en fijación.	Los frenos son adecuados para soportar el peso de las palas y es de fácil manipulación.	x	
4	El soporte fue de fácil limpieza.	El soporte de las palas es de lavado y limpieza fácil al igual resistente al agua y también sirve para la limpieza de las palas.	x	

Nota: El soporte aprobó las pruebas funcionales que se detallan en el cuadro.

3.3.21 Desmontaje de la tira

Según 20-60-00-406 mtc prescribe se debe retirar la tira de poliuretano desgastada o con corrosión granular primero se retira la pintura de la zona afectada con una lija fina hasta llegar a la tira de poliuretano con un scraper, también utilizando gasas limpias y pinzas para proceder a retirar la tira de poliuretano con methil ethil ketone antes de retirar se procede a proteger las zonas de la pala que no estén afectadas con papel industrial a continuación se procede a retirar cuidado mente sin dañar el material que está debajo de la banda de poliuretano. (AIRBUS HELICOPTERS, 2017)

Figura 34

Retiro de banda de poliuretano



3.3.22 Preparación de la zona y de la tira

- 1) Limpiar la zona de encolado con compresas de gasa del agente de limpieza CM217. Se procedió a dar una limpieza con methil y una gasa para ello utilizamos guantes de látex y una pinza para limpiar la zona.

Figura 35

Limpieza de la zona afectada



- 2) Delimitar la zona de encolado con el adhesivo PTFE ancho 50MM ECA 3014.10. con el adhesivo se le fue colocando alrededor de la zona donde va la banda de poliuretano cuidadosamente sin salirse del rango

Figura 36

Colocación del adhesivo



- 3) Utilice unas tijeras para cortar la gasa de nylon CM 796 contenida en el conjunto empaquetado a las dimensiones del poliuretano. En este paso se procede a cortar la gasa de nylon en las dimensiones de la zona e donde va la banda de poliuretano.

Figura 37

Corte de la gasa de nylon



- 4) Retirar la tira de su bolsa protectora
- 5) ajustar la tira a la marca de la pala dejar un juego de 2mm aproximadamente utilizar las tijeras. En el paso cuatro y cinco recortamos la tira de poliuretano de

la medida de donde se va a colocar mencionada banda para ello utilizamos una regla en milímetros y pulgadas.

Figura 38

Banda de poliuretano



- 6) Limpie la zona de unión de la cuchilla y la cara opaca de la banda de poliuretano con gasas empapadas en el producto de limpieza CM 217 o en el producto de limpieza CM 203.
- 7) Cubrir las 2 caras de la placa de 2500 x 300 (98,425 x 11,811 pulg.) mm con autoadhesivo fluorglas CM 6020. con respecto al paso 6 y 7 el agente de limpieza es el methil tanto la parte de donde se coloca la banda se debe limpiar nuevamente sin que quede ni una hulla de o marcación de las manos y dedos así también la banda poliuretano para esto se debe manipular con guantes de látex y no dejar impurezas en el material y en zona de colocación. (AIRBUS HELICOPTERS, 2017)

Figura 39

Limpiar zona de unión

**3.3.23. Encolado de la banda**

1. Preparar la cola CM 6096 según 20-60-00-126 MTC. Para la preparación de la cola CM 6096 primero se verificar la caducidad del producto después comenzamos a realizar la mezcla en un recipiente limpio y seca , 100 partes ponderadas de pasta epóxido y 22 partes ponderales de endurecedor para lo cual se utiliza una balanza, mezclar los componentes con una espátula de metal.

Figura 40

Preparación de la cola CM6096



2. Aplicar en la pala y en la cara mate de la tira una capa fina de la cola CM 6096 utilizar la paleta para enmasilla. Se aplicó en la zona limpiada la cola CM 6096 con la utilización de una espátula realizando una capa fina a la vez también se coloca cuidadosa mente en la tira en la cara mate si mancha la otra cara de la tira.

Figura 41.

Encolado de la banda



3. Colocar en la pala el tejido sin tensarlo o dejar pliegues. Se coloca el tejido anterior mente cortado encima de la capa fina de la cola CM 6096, sin arrugarla y tampoco tensarla para que no genere grumos después colocamos un poco más de la cola si es necesario pero con mucho cuidado.

Figura 42

Colocación del tejido



4. Colocar la tira de poliuretano en la pala.

Figura 43

Colocación de la tira de poliuretano



5. Mediante el rodillo para sacar burbujas, eliminar cualquier presencia de aire entre la pala y la banda para. Ello, eliminar las burbujas en toda la superficie de la tira: con el rodillo se procede a pasarlo por toda la tira de poliuretano así eliminando las burbujas entre la superficie de la pala y la del material colocado.
6. Recubrir toda la zona con tejido para des laminar ECA 3018.10: en este paso se procedió a cortar del tamaño de la tira de poliuretano la tela peel ply y lo colocamos en la zona del material.

Figura 44

Recubierto toda la zona con tejido para des laminar



7. Instalar en la zona la chapa AU 4G esp.0.6 2500x 300:posicionarla justo por detrás del borde de ataque. cuidar también que la chapa AU4G esp .0.6 2500x300 no se traslade sobre el enrasado en los bordes de atraque n°1y n°2 ni sobre el que está entre los bordes de ataque n°1 y n°2.

Figura 45

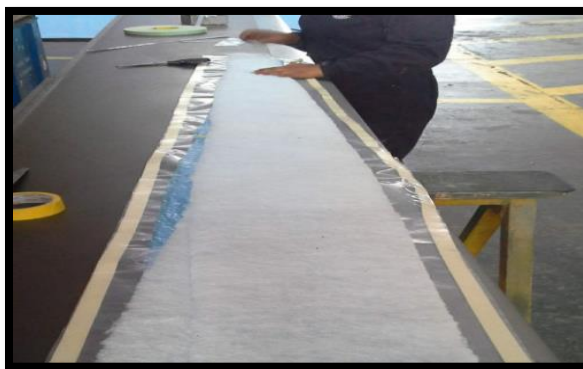
CHAPA DE 2500X300



8. Cubrir toda la zona con un tejido bidim B2: después de colocar la chapa se coloca el tejido bidim B2 que es una ayuda para realizar la técnica de bolsa al vacío.

Figura 46.

Colocación de BIDIM B2



9. Realizar una bolsa de vacío en la zona según el 20-60-00-410MTC (AIRBUS HELICOPTERS, 2017) : para la realización de la técnica bolsa al vacío necesitamos UNA BOLSA DE PASTICO del mismo tamaño de la manda de poliuretano solo aumentado 10cm a cada lado en cada lado de la bolsa se coloca la cinta doble faz le colocamos las boquillas del instrumento de absorción que es una válvula de vacío con nanómetro de 0.9 psi en la parte superior e inferior de la bolsa ,ya colocado esto se comienza a pegar la bolsa alrededor del material que este bien compactado sin ninguna fuga de aire esta a la ves lo sellamos con cinta adhesiva, luego con el instrumentó comprimimos el aire que se localizaba dentro de la bolsa de vacío así para que se desarrolle la polimerización.

Figura 47

Bolsa al vacío

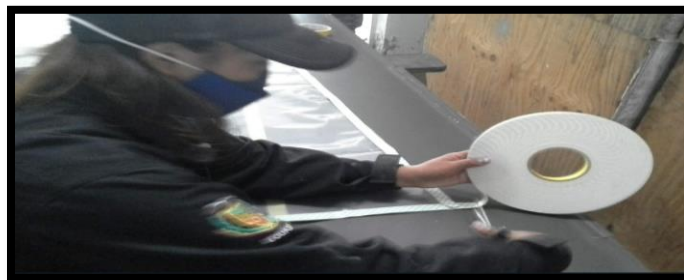


Figura 48

Colocación de la válvula de vacío

**Figura 49**

Extracción de aire con la válvula de vacío



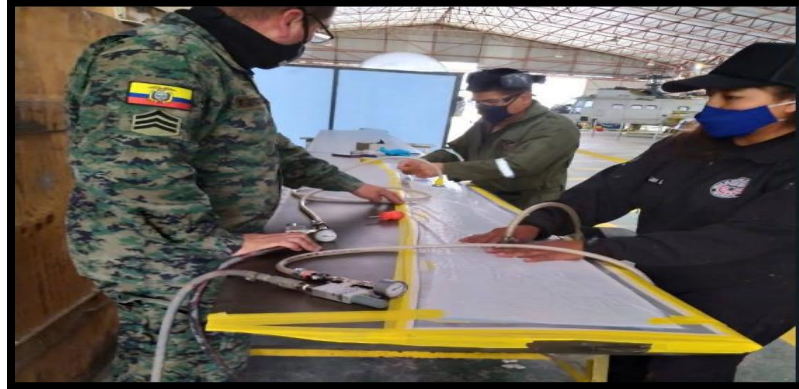
3.3.24 Polimeración

Dejar compresión bajo la bolsa durante 12 horas y luego desmontarla.

(AIRBUS HELICOPTERS, 2017)

Figura 50

Bolsa de vacío



3.3.25 Acabado

1. Eliminar los resaltes de cola CM6096: se procedió a retirar todo lo utilizado en la bolsa al vacío luego se retiró todo sobrante de la cola sin dañar la tira de poliuretano.

Figura 51

Tira de poliuretano polimerizado



2. Preparar la masilla CM6932: se preparó la macilla para esto se necesitó agente de limpieza , la macilla CM 6932 , agua desmineralizada , lata de 1L y papel abrasivo, en la lata limpia y seca se prepara 100 partes de resina A con 50 partes de endurecedor B y un 15% de diluyente .

Figura 52

Masilla CM 6032



3. Mediante la paleta para enmasillar, aplicar una capa fina y uniforme de masilla CM 6932 en la cinta. en la superficie de la pala trabajada sobre la banda de poliuretano se colocó la masilla con una espátula haciendo una capa fina que cubra todo el material.

Figura 53

Colocación de macilla CM 6932



Polimerización de la mascarilla: Esperamos que seque la masilla el cual nos dice el manual de técnicas corrientes (MTC) cuatro horas mínimo a temperatura ambiente y una hora con treinta minutos mínimo A 60°C .

Figura 54

Polimerización



4. Luego de la polimeración , realizar un pulido con agua de masilla CM6932: se procede a realizar nuevamente otra mezcla en la cual en un envase limpio y seco y una balanza se procede a realizar la mezcla de 100 partes de resina A más 50 partes de endurecedor B y un 5 % de agua desmineralizada mezclamos bien después se prepara la superficie con un abrasivo n°150 a continuación aplicamos la mezcla con una espátula en la superficie que se está realizando el trabajo.
5. Utilizar papel abrasivo n°220, luego el papel abrasivo N°400 para acabado: pasada las cuatro horas de secado de la masilla se procede a lijar el exceso de masilla pon papel abrasivo para lo cual se necesitó una lijadora.

Figura 55

Lijado con papel abrasivo N°220 Y N°400



6. Realizar el retoque de pintura. (AIRBUS HELICOPTERS, 2017): Para finalizar la tarea de trabajo se realiza el retoque solo d la zona que se realizó la reparación para lo cual se necesitó pintura aeronáutica base y acabado.

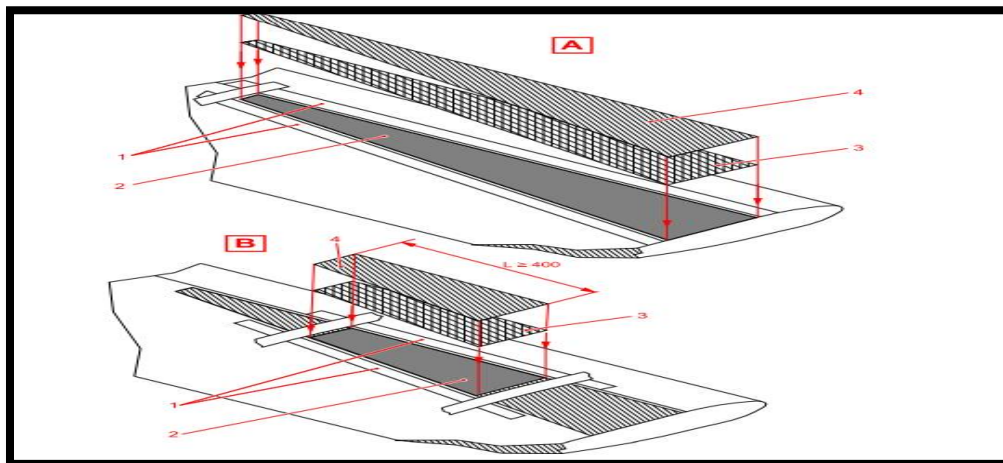
Figura 56

Pintura Aeronáutica



Figura 57

Sustitución total o parcial de la banda de poliuretano



Para la finalización de la tarea de mantenimiento se esperó el secado de la pintura y se regresa al carrito de las palas se dirige al hangar para el montaje de las palas el cual se procede a limpiar la aeronave después se lo lleva al hangar para el proceso de montaje de las palas primero se lubrica los pasadores de las palas se coloca las palas en la eslinga luego se procede a levantar las palas ,siguiente se engancha la raíz de la pala con el manguito ,para la pala de manguito amarillo instalar los pasadores de la pala e instale los pasadores de seguridad para la pala de manguito rojo y azul instale los pasadores de la pala y como se marcó durante la extracción. Instale la varilla de seguridad y el pasador de seguridad e instale el tornillo y la tuerca en el pasado. Por último se conecta los cables de descarga estática en el manguito. (AIRBUS HELICOPTERS, 2018)(Orden de trabajo ANEXO D)

Figura 58

Instalación de la pala del rotor principal



3.4 Pruebas operacionales

En las pruebas operacionales se realiza un traking el cual es un corrido en tierra para la corrección de vibraciones también se verifica que la banda de poliuretano resista a la velocidad y no llegue a desprenderse Alves que soporte las tenciones que se genera y se verifica si está dentro de los límites establecidos de vibración para el posterior vuelo de comprobación para aquello la reparación en la banda de poliuretano está en buenas condiciones y soporta todas las tenciones y vibraciones es decir que la palas están aptas para realizar un vuelo. (ANEXO D)

Figura 59

Corrección de vibraciones

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO	MATERIALES UTILIZADOS
8577	Se realizó la revisión del rotor principal a todo de ella pendiente con los siguientes datos:	
8577	Se realizó la revisión del rotor principal a todo de ella pendiente con los siguientes datos:	
8577	Se realizó la revisión del rotor principal a todo de ella pendiente con los siguientes datos:	
8577	Se realizó la revisión del rotor principal a todo de ella pendiente con los siguientes datos:	

CAPITULO IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Se obtuvo la información técnica de las Palas del rotor principal en los manuales, registros de la aeronave actualizados, dicha documentación es almacenada de forma físicamente y digital así facilitando el mantenimiento del helicóptero, lo cual dieron paso al desarrollo del proyecto de tesis.
- Se implementó un soporte para el desarrollo de la tarea de manteniendo N° 62-11-00 durante la inspección de 150 horas en las Palas, en vista que el manual no especifica los datos de dimensiones del soporte, se realizó basada a las necesidades de los técnicos como fabricación local.
- Se realizó el procedimiento de cambio de banda de poliuretano de la pala del rotor principal siguiendo los procedimientos de la carta de trabajo 62. 11 .00. 84. Quedando en condiciones operables dentro de los límites establecidos por el manual de reparación y mantenimiento respectivamente.
- Se puede concluir que el soporte de fabricación local funciona adecuadamente y cumple con los estándares de seguridad para la aplicación en los trabajos de mantenimiento aeronáutico que se realizan en las Palas del helicóptero ECUREUIL H125 C3E

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda tener todos los manuales de mantenimiento, registros, actualizados al igual de la documentación de la aeronave y así poder realizar las tareas de mantenimiento adecuadamente y eficaz.
- Se recomienda utilizar el soporte de las palas del rotor principal cuidadosamente siguiendo los estándares de protección y mantenimiento especificados en el manual del usuario.
- Se recomienda que el personal este capacitado en la aeronave y tener las habilitación, para el desarrollo de las tareas de trabajo o reparación en las distintas áreas que se necesita para el mantenimiento del helicóptero.
- Se recomienda la utilización de los materiales única y exclusivamente que se detalla en el manual de reparaciones al igual de los agentes de limpieza. desacatar puede generar posibles daños en la aeronave.

Glosario

C135. Momopol agente de limpieza

C217. Agente de limpieza Methil ethil ketone

KG. Kilogramos es una unidad de masa dada por Sistema Internacional

COWLINGS. Carenados estructura de forma aerodinámica en las aeronaves

LANDING GEAR. Tren de aterrizaje componente de la aeronave encargada de absorber la energía cinética.

SDI. Inspección especial detallada

DET. Inspección detallada

GVI. Inspección general visual

SGRAPER. Espátula de plástico

TAKING. Pruebas operacionales de corrección de vibraciones en la aeronave.

TEST TAPPING. Prueba de golpeteo en las Palas del rotor principal.

Bibliografía

- aviacion civil . (2019). *aviacioncivil.gob.ec*. Obtenido de <https://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/06/1.-RDAC-Parte-00123-Mar-10-1.pdf>
- AIP-España. (15 de 10 de 2015). *proteccion civil*. Recuperado el 12 de mayo de 2021, de <http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum19/vdm023.htm>
- AIRBUS. (2020). *AIRBUS*. Recuperado el 10 de junio de 2021, de <https://www.airbus.com/helicopters/civil-helicopters/intermediate-single/h125.html>
- AIRBUS HELICOPTERS. (09 de ENERO de 2017). *AIRBUS* . Obtenido de file:///C:/Users/usuario/Desktop/duc%20tesis/DMC-AS350-B2B3-0000-62-11-00-00004-008T-M_en-EN__014__00.pdf
- AIRBUS HELICOPTERS. (11 de OCTUBRE de 2018). *AIRBUS HELICOPTERS*. Obtenido de file:///C:/Users/usuario/Desktop/duc%20tesis/DMC-AS350-B2B3-0002-62-11-00-00001-004T-M_en-EN__014__00.pdf
- anac.gov.ar. (MAYO de 2021). *anac.gov.ar*. Obtenido de https://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/circ_as/ca-20-37-d.pdf
- ARENAS, O. M. (s.f.). *INGEÑERÍA Y ESTRUCTURAS AERONAUTICAS*. Recuperado el 08 de junio de 2021, de <https://www.josemiguelatehortua.com/practicas-estandar/tips-criterios-de-inspecci%C3%B3n/>
- AVIA.PRO. (17 de 06 de 2015). *AVIA.PRO*. Recuperado el 19 de enero de 2021, de <https://avia-es.com/blog/fyuzelyazh-vertoleta>
- ecocopter. (s.f.). *ecocopter.com*. Recuperado el 26 de enero de 2021, de <https://www.ecocopter.com/nuestra-flota/airbus-helicopters-as-350-b3/>
- eurocopter. (2019). *CAPITULO 62 ROTOR PRINCIPAL*. REINO UNIDO: Airbus SAS.

- Gomez, J. G. (15 de 15 de 2010). *pasion por vola*. Recuperado el 13 de abril de 2021, de <https://www.pasionporvolar.com/helicopteros-como-funciona-e-historia/>
- Historia, C. (26 de 11 de 2020). *curiosfera*. Recuperado el 12 de abril de 2021, de <https://curiosfera-historia.com/historia-helicoptero-inventor/>
- icarito. (6 de 12 de 2009). *icarito*. Recuperado el 13 de abril de 2021, de <http://www.icarito.cl/2009/12/6-4231-9-historia-del-helicoptero.shtml/>
- MOLINA GUAINILLA, I. P. (2021). *INSPECCIÓN DE 150 HORAS DE LAS PALAS DEL ROTOR PRINCIPAL, DE ACUERDO A LA CARTA DE TRABAJO 62-11-00 E INFORMACIÓN TÉCNICA, APLICABLE AL HELICÓPTERO ECUREUIL H125-C3e* .
- Ridruejo, Á. (2012 de enero de 10). *madriod blogs*. Recuperado el 20 de mayo de 2021, de <https://www.madrimasd.org/blogs/ingenieriamateriales/2012/01/10/3/#:~:text=Las%20fibras%20de%20carbono%20orientadas,y%20vidrio%20paralelas%20al%20eje.>
- ROMERO, C., & VAZQUEZ, E. (12 de JUNIO de 2014). *tesis.ipn.mx*. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/14037/2034%202014%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Segovia, F. J. (2018). *bibing.us.es*. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5858/fichero/PFC-5858-RAMIREZ.pdf>
- Ucha, F. (01 de 2012). *Definición ABC*. Recuperado el 22 de junio de 2021, de <https://www.definicionabc.com/general/helicoptero.php>
- Writer, S. (06 de 07 de 2020). *MilitaryFactory.com*. Recuperado el 2021 de junio de 20, de https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=1836

ANEXOS