



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**“INSPECCIÓN DE 400 HORAS DE LAS PALAS PRINCIPALES DEL HELICÓPTERO
LAMA 315-B, DE ACUERDO A LA TAREA DE MANTENIMIENTO 57.10.601-1/16,
ESPECIFICADA EN EL MANUAL DE MANTENIMIENTO, PERTENECIENTE A LA
BRIGADA DE AVIACIÓN DE EJÉRCITO N.15” PAQUISHA.”**

Farinango Pulamarín, Diego Armando

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica Mención Aviones

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica
Mención Aviones

Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastián

Latacunga, 15 de enero del 2021



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONAÚTICA MENCIÓN AVIONES

Certificación

Certifico que la monografía, **“INSPECCIÓN DE 400 HORAS DE LAS PALAS PRINCIPALES DEL HELICÓPTERO LAMA 315-B, DE ACUERDO A LA TAREA DE MANTENIMIENTO 57.10.601-1/16, ESPECIFICADA EN EL MANUAL DE MANTENIMIENTO, PERTENECIENTE A LA BRIGADA DE AVIACIÓN DE EJÉRCITO N.15 ”PAQUISHA”** fue realizado por el señor **FARINANGO PULAMARÍN, DIEGO ARMANDO** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos, y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 15 de enero del 2021.



firmado electrónicamente por:
GABRIEL
SEBASTIAN INCA
YAJAMIN

Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastián

C.C.: 1722580329

Reporte de verificación



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Capitulo 1-4 Fairnango Diego.pdf (D98337988)
Submitted: 3/15/2021 2:06:00 AM
Submitted By: dafairnango1@espe.edu.ec
Significance: 1 %

Sources included in the report:

Monografía_Gueput_Franklin.pdf (D97787641)
IMPRIMIR.docx (D26426422)

Instances where selected sources appear:

2



GABRIEL
SEBASTIAN INCA
YAJAMIN

Ing. Inca Yajamin, Gabriel Sebastián

C.C.: 1722580329



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONAÚTICA MENCIÓN AVIONES

Autoría de responsabilidad

Yo, **DIEGO ARMANDO FARINANGO PULAMARÍN**, con cedula de ciudadanía N° **1720340346** declaro que la monografía “**INSPECCIÓN DE 400 HORAS DE LAS PALAS PRINCIPALES DEL HELICÓPTERO LAMA 315-B, DE ACUERDO CON LA TAREA DE MANTENIMIENTO 57.10.601-1/16, ESPECIFICADA EN EL MANUAL DE MANTENIMIENTO, PERTENECIENTE A LA BRIGADA DE AVIACIÓN DE 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, 15 de enero del 2021.

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Diego Farinango Pulamarín'.

Farinango Pulamarín, Diego Armando

C.C.: 1720340346



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONAÚTICA MENCIÓN AVIONES

Autorización

Yo, **FARINANGO PULAMRÍN DIEGO ARMANDO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE a publicar en la biblioteca virtual de la institución la presente monografía **“INSPECCIÓN DE 400 HORAS DE LAS PALAS PRINCIPALES DEL HELICÓPTERO LAMA 315-B, DE ACUERDO CON LA TAREA DE MANTENIMIENTO 57.10.601-1/16, ESPECIFICADA EN EL MANUAL DE MANTENIMIENTO, PERTENECIENTE A LA BRIGADA DE AVIACIÓN DE EJÉRCITO N.15 “PAQUISHA”** cuyos contenidos, ideas, criterios y conclusiones son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 15 de enero del 2021.

Una firma manuscrita en tinta azul que parece leerse 'Diego Farinango Pulamarín'.

Farinango Pulamarín, Diego Armando

C.C.: 1720340346

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación va dedicado primeramente a Dios, porque gracias a su infinito amor y bondad me ha permitido culminar una etapa más en mi vida, prestándome salud y fuerza todos los días. En este trayecto universitario hubo días malos, pero gracias a mi Dios he podido superar cada una de estas adversidades.

A mi amada madre Rosa Ofelia Pulamarín Escobar, quien con el ejemplo desde que tengo uso de razón, siempre me ha motivado a superarme trabajando duro para alcanzar mis metas y sobre todo por brindarme el más sincero amor, cariño y afecto en todo momento siendo mi fuente de admiración.

A mi amada esposa Betsy Vera y mi hijo Yeray Farinango, quienes desde el primer día que empezó la travesía como estudiante en la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE", me brindaron todo su apoyo y comprensión, convirtiéndose en un pilar fundamental para alcanzar esta meta.

También va dedicado para mis abuelitos Luis Fidel Pulamarín y Hercilia Escobar, seres maravillosos y valientes, quienes hasta el último día de sus vidas lucharon contra toda adversidad, inculcando en mí, honestidad, valor y respeto hacia todas las personas, convirtiéndose en mi más grande motivación para alcanzar cualquier meta propuesta.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme salud y vida, también por permitirme compartir la obtención de un nuevo logro en el ámbito profesional junto a mi familia y seres queridos, quienes han sacado la mejor versión de mí, inculcando valores, respeto, honestidad, y por brindarme su apoyo incondicional en todo momento.

Cabe mencionar mi eterna gratitud con todos los Docentes de la carrera de Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas armadas "ESPE", por compartir sus experiencias y conocimientos lo que me permitirá ser un mejor profesional dentro y fuera del campo laboral. Hago mención especial al Sr. Ing. Inca Yajamín Gabriel Sebastián por todo su tiempo y conocimientos impartidos hacia mi persona con el fin de lograr un excelente Proyecto de Titulación y que sea utilizado por personal de mecánicos de la Brigada de Aviación de Ejercito No 15 "PAQUISHA".

Tabla de contenidos

Carátula	1
Certificación	2
Reporte de verificación	3
Autoría de responsabilidad	4
Autorización	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Tabla de contenidos	8
Índice de tablas	12
Índice de figuras	13
Resumen	15
Abstrac	16
Planteamiento del problema	17
Antecedentes	17
Planteamiento del problema	18
Justificación e importancia	19
Objetivos	20
<i>Objetivo general</i>	20
<i>Objetivos específicos</i>	20
Alcance	20

Marco teórico	22
Reseña histórica de la Aviación del Ejército	22
Brigada de Aviación de Ejército.....	23
<i>Flota de helicópteros de la Brigada de Aviación de Ejército.....</i>	<i>24</i>
Helicóptero Lama 315 B	25
<i>Características generales.....</i>	<i>26</i>
<i>Datos técnicos.....</i>	<i>26</i>
Rotor	28
<i>Tipos de rotor</i>	<i>29</i>
Palas	30
Palas principales del helicóptero Lama 315-B	32
<i>Elementos constituyentes.....</i>	<i>32</i>
Tipos de mantenimiento que se realiza al helicóptero Lama 315- B	32
<i>Mantenimiento preventivo.....</i>	<i>33</i>
<i>Mantenimiento correctivo</i>	<i>33</i>
<i>Mantenimiento restaurativo</i>	<i>33</i>
Tipos de inspecciones desarrolladas en el helicóptero Lama	34
<i>Inspecciones de puesta en servicio.....</i>	<i>34</i>
Inspecciones periódicas y tiempos de inspección.....	34
<i>Inspecciones progresivas</i>	<i>36</i>
<i>Inspecciones especiales</i>	<i>36</i>

	10
<i>Inspecciones complementarias</i>	36
Herramienta especial para transporte de palas principales	37
Desarrollo del tema.....	42
Introducción.....	42
Beneficiarios.....	42
Coche transportador de palas	43
Selección de la herramienta	44
Descripción del coche transportador de palas	45
<i>Factor de seguridad del coche transportador de palas</i>	45
Implementación del coche transportador de palas principales	46
Inspección de las palas principales del helicóptero Lama 315- B.....	50
<i>Herramientas utilizadas en la inspección</i>	50
<i>Verificación de pie de pala y herraje</i>	52
<i>Verificación de las punteras</i>	53
<i>Verificación del revestimiento de la pala</i>	55
<i>Verificación de corrosión en el revestimiento</i>	55
<i>Defectos en el borde de ataque y grietas</i>	57
<i>Defectos en los controles auxiliares de vuelo</i>	57
Conclusión de la tarea de mantenimiento	59
Conclusiones y recomendaciones	60
Conclusiones.....	60

Recomendaciones	61
Glosario de términos.....	62
Abreviaturas.....	64
Bibliografía	65
Anexos	66

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Aeronaves de ala rotatoria</i>	24
Tabla 2. <i>Aspectos generales y características del helicóptero Lama 315-B.</i>	26
Tabla 3 <i>Carreta transportadora de palas principales No. 1</i>	37
Tabla 4 <i>Coche transportador de palas No. 2</i>	39
Tabla 5 <i>Coche transportador de palas No. 3</i>	40
Tabla 6 <i>Características de coches transportadores para palas principales</i>	43
Tabla 7 <i>Valores cuantitativos</i>	44
Tabla 8 <i>Materiales Utilizados</i>	46
Tabla 9 <i>Listado de herramientas comunes y especiales</i>	50

Índice de figuras

Figura 1. Estructura organizacional de la Brigada de Aviación del Ejército	23
Figura 2. Helicóptero Lama 315-B, mostrado en diferentes planos de observación.	25
Figura 3. Plano frontal del helicóptero Lama 315- B.....	27
Figura 4. Plano superior y medidas laterales del helicóptero Lama.....	27
Figura 5 Dimensiones y capacidades del helicóptero Lama 315- B.....	28
Figura 6. En esta clasificación, podemos observar cuatro tipos de rotores principales. 29	
Figura 7. Helicópteros con diferentes números de palas.....	30
Figura 8. Estructura interna de una pala	31
Figura 9 Características principales de las palas del helicóptero Lama 315- B.....	32
Figura 10 Inspecciones que se realizan en el helicóptero Lama 315- B.....	34
Figura 11 Tipos de inspecciones periódicas	35
Figura 12 Coche transportador de palas principales 8AT- 9801- 00.....	38
Figura 13 Coche para transporte de palas principales RA- AS332GSE- 1608- 0.....	40
Figura 14 Coche transportador de palas principales 3160- 98- 11.020	41
Figura 15 Adquisición de material	47
Figura 16 Proceso de soldadura parte inferior de la estructura.....	48
Figura 17 Armado y unión de toda la estructura	49
Figura 18 Herramienta terminada.....	49
Figura 19 Preparación de mesa de trabajo	51
Figura 20 Afloje de pernos cónicos y desmonte de palas	52
Figura 21 Identificación de grietas y corrosión en pie de pala, herraje y puntal	52
Figura 22 Verificación de condición y limpieza de pernos cónicos.....	53
Figura 23 Desmontaje de la puntera de la pala	54
Figura 24 Se limpió la parte interna de la puntera	54
Figura 25 Búsqueda de burbujas de aire o desprendimientos internos	55

Figura 26 <i>Búsqueda de anomalías en el revestimiento de la pala</i>	56
Figura 27 <i>Zona no permitida para rayaduras</i>	56
Figura 28 <i>Búsqueda de grietas y defectos en el borde de ataque</i>	57
Figura 29 <i>Revisión de controles auxiliares de vuelo</i>	58
Figura 30 <i>Montaje de pala y ajuste de pernos cónicos</i>	58
Figura 31 <i>Tuerca asegurada, finalización de la inspección</i>	59

Resumen

La presente monografía detalla paso a paso los ítems que se siguieron para realizar la inspección de 400 horas de las palas del helicóptero Lama 315- B descritos en la tarea de mantenimiento 57.10.601- 1/16, esta información fue obtenida del manual de mantenimiento de la aeronave que provee el fabricante cuando se adquieren las aeronaves, cabe mencionar que este helicóptero es de fabricación francesa. Las palas fueron desmontadas de la aeronave, ya en la revisión detallada a cada una, se pudo observar que existía suciedad en el revestimiento de las palas, el pie de pala y los herrajes no presentaron anomalías, la banda de acero inoxidable no presentó desprendimiento, los controles auxiliares de vuelo no presentaron grietas y el revestimiento de la pala se encontró en buen estado sin rajaduras ni rastros de corrosión. Se realizó la limpieza de las palas quedando a punto para ser montadas nuevamente. Fue de gran ayuda la implementación del coche transportador de palas, se lo utilizó como soporte mientras las palas estaban desmontadas y se realizaba la inspección, el coche demostró ser muy seguro en cuanto al soporte de peso de las palas y a la vez muy estable, cubriendo perfectamente las necesidades que presentaba el personal de técnicos al realizar este tipo de tareas de mantenimiento.

Palabras Clave:

- **CONTROLES AUXILIARES DE VUELO**
- **REVESTIMIENTO- PALAS**
- **DESPRENDIMIENTO- BORDE DE ATAQUE**
- **MANTENIMIENTO- PALAS**

Abstrac

This monograph details step by step the items that were followed to perform the 400 hour inspection of the Lama 315- B helicopter blades described in maintenance task 57.10.601-1/16, this information was obtained from the aircraft maintenance manual provided by the manufacturer when the aircraft is purchased, it is worth mentioning that this helicopter is of French manufacture. The blades were disassembled from the aircraft, and in the detailed inspection of each one, it was observed that there was dirt on the blade coating, the blade foot and hardware did not present anomalies, the stainless steel band did not show any detachment, the auxiliary flight controls did not present cracks and the blade coating was found in good condition with no cracks or traces of corrosion. The shovels were cleaned and ready to be reassembled. The implementation of the blade transporter car was a great help, it was used as a support while the blades were disassembled and the inspection was being carried out. The car proved to be very safe in terms of supporting the weight of the blades and at the same time very stable, perfectly covering the needs of the technicians when performing this type of maintenance tasks.

Key words:

- **AUXILIARY FLIGHT CONTROLS**
- **COATING- BLADES**
- **DETACHMENT- ATTACK EDGE**
- **MAINTENANCE- BLADES**

Capítulo I

1. Planteamiento del problema

1.1 Antecedentes

La primera pala de un helicóptero tomó forma en los bosquejos de Leonardo De Vinci, en la cual mostraba cierta máquina con una sola hélice en forma de espiral, esta necesitaba de la fuerza humana para girar, sin embargo, este movimiento manual era insuficiente para generar la potencia necesaria para elevarse, debido a la complejidad que esto representaba en aquella época, no contó con el apoyo necesario para su desarrollo, quedando solo en proyecto.

Con el pasar de los años las palas o hélices de las aeronaves de ala rotatoria han evolucionado en todas sus formas, así se han ido adaptando al medio en que se desenvuelven de mejor manera, las primeras palas eran rígidas y pesadas lo que dificultaba que las aeronaves tengan buen desempeño, la vibración era fuerte, en cambio hoy las palas han evolucionado de gran manera, son livianas y flexibles no son rectas y tienen curvatura que ayuda a eliminar vibración y aumentar el performance de la aeronave. Están hechas de elementos compuestos y están rellenas de materiales muy livianos pero resistentes como son en muchos casos el panal de abejas de materiales compuestos o metálicos.

Las palas del helicóptero Lama 315-B, necesitan una inspección detallada cada 400 horas de funcionamiento o una vez por año, lo primero que llegue, esto permitirá corregir fallas o defectos sobre las palas evitando que se afecten otros elementos de la aeronave.

1.2 Planteamiento del problema

La Brigada de Aviación de Ejército N°15 “Paquisha”, se formó con la misión de brindar apoyo aéreo en las misiones que desempeña el Ejército, en base a esto en el año de 1973 el Estado Ecuatoriano adquiere dos helicópteros Lama 315- B, de fabricación francesa, poniendo a cargo de la Brigada Aérea su administración, funcionamiento, operación y mantenimientos.

Han pasado ya 47 años desde la llegada de estas aeronaves al país, y en esas adquisiciones nunca incluyeron una herramienta especial para transportar las palas principales cuando estas deban ser desmontadas. La sección del helicóptero Lama, estaba conformada por un buen número de técnicos que realizaban las tareas de mantenimiento sin mayores complicaciones, pero en la actualidad debido a la llegada de varios helicópteros nuevos, este personal se ha desvinculado y ha pasado a formar parte de otras secciones de mantenimiento como son la del helicóptero Super Puma y MI 171, quedando tres técnicos solamente en la sección Lama, dificultando las inspecciones periódicas que requieran desmonte de las palas, dando origen a:

- Demora en el transporte de las palas hacia su respectivo taller.
- Al llevar manualmente las palas, puede ocasionar lesiones físicas al personal técnico.
- El tiempo de duración de las inspecciones de 400 horas de las palas principales del helicóptero Lama 315-B, aumentará y no se cumplirá con el objetivo de mantener operables las aeronaves el mayor tiempo posible.

Los problemas antes mencionados de no ser solucionados hacen que los trabajos dentro del mantenimiento que se les da a estas aeronaves extiendan sus plazos, afectando directamente las operaciones aéreas militares. Mencionando que en

la aviación civil una aeronave parada conlleva directamente a pérdidas económicas, en la aviación militar se pierde mucho más con aeronaves paradas ya que con estas se puede vigilar desde el aire que grupos subversivos no creen campamentos ilegales en nuestra amazonia, se puede vigilar nuestras fronteras y también se pueden transportar abastecimientos hacia poblaciones o comunidades que no cuenten con una pista de aterrizaje.

1.3 Justificación e importancia

El presente trabajo tiene como finalidad mejorar y facilitar las condiciones de trabajo al elemento humano especializado en esta aeronave, cuando se requiera transportar las palas del rotor principal de un área de trabajo hacia otra. Agilitando las actividades, optimizando al máximo el tiempo que es lo que prima cuando una aeronave se encuentra en mantenimiento. Al contar con la herramienta especial para el transporte de las palas de la aeronave en mención se contribuirá a:

- A tener un mejor desempeño del personal técnico durante el transporte de las palas.
- Agilitar las inspecciones de 400 horas que se deben realizar a las palas principales del helicóptero Lama 315B.
- A estar a la par en cuanto al mantenimiento aeronáutico que realiza la Brigada de Aviación del Ejército con otras Instituciones como son la Fuerza Aérea Ecuatoriana y la Aviación Naval.

Este trabajo beneficiará directamente al personal que trabaja dando mantenimiento a los helicópteros Lama 315- B, el transporte de las palas principales no será dificultoso, una vez puestas las palas sobre el transportador, será más que suficiente de una persona para que genere empuje y sean llevadas de un lado hacia

otro, omitiendo lo del pasado que se necesitaban de tres personas para levantar una pala y llevar hacia otro sector.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

“Realizar la inspección de 400 horas de las palas principales del helicóptero Lama 315- B, en base a la tarea de mantenimiento 57.10.601-1/16, para la verificación de posibles rajaduras o anomalías en el conjunto de la pala”.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar el manual de mantenimiento y la ficha técnica de la herramienta especial, facilitando las tareas de mantenimiento.
- Implementar una herramienta especial para el transporte de las palas principales del helicóptero Lama 315- B.
- Ejecutar la tarea de mantenimiento, en la cual se desmontarán las palas principales del helicóptero Lama 315- B, siendo movilizadas en esta herramienta especial hacia su respectivo taller para ser revisadas.

1.5 Alcance

El presente proyecto tiene como meta principal, reducir el tiempo de trabajo cuando se realicen inspecciones periódicas de 400 horas, en las palas principales del helicóptero Lama 315-B, eliminando el esfuerzo físico que realizan el personal de mecánicos al momento de desmontar las palas y transportarles de un lugar a otro.

La herramienta especial será utilizada en trabajos de mantenimiento del helicóptero Lama 315-B, pero también se podría emplear en otros tipos de aeronaves medianas de ala rotativa como son; los helicópteros Fennec AS 550 C3, Fennec AS 550 C2 (versión civil), estas aeronaves tienen características y dimensiones similares,

además son hechos por la misma casa fabricante "Eurocopter", y actualmente dispone la Brigada de Aviación de Ejército N°15 "Paquisha".

Capítulo II

2. Marco teórico

2.1. Reseña histórica de la Aviación del Ejército

Gracias a las gestiones realizadas por el Sr. Oficial Colón Grijalva en la década de los años cincuenta, surgió la Aviación del Ejército. Transmitió las necesidades a la alta cúpula del Ejército, presentando la respectiva documentación donde evidenció que era de vital importancia contar con el servicio de apoyo aéreo, cuando se llevaba suministros y alimentos a los destacamentos más alejados, el personal se esforzaba al máximo caminando por varios días a través del terreno agreste de la selva.

(Rivadeneira, 2020)

Debido a las buenas relaciones que tenía el país con otros estados, se pudo recibir tres aeronaves de un motor en calidad de donación, esto ayudó a que pueda formarse el Servicio Aéreo del Ejército, el cual enseguida inició las operaciones, llevando alimentos, dotaciones e implementos requeridos en las unidades militares de la frontera y selva.(Rivadeneira, 2020)

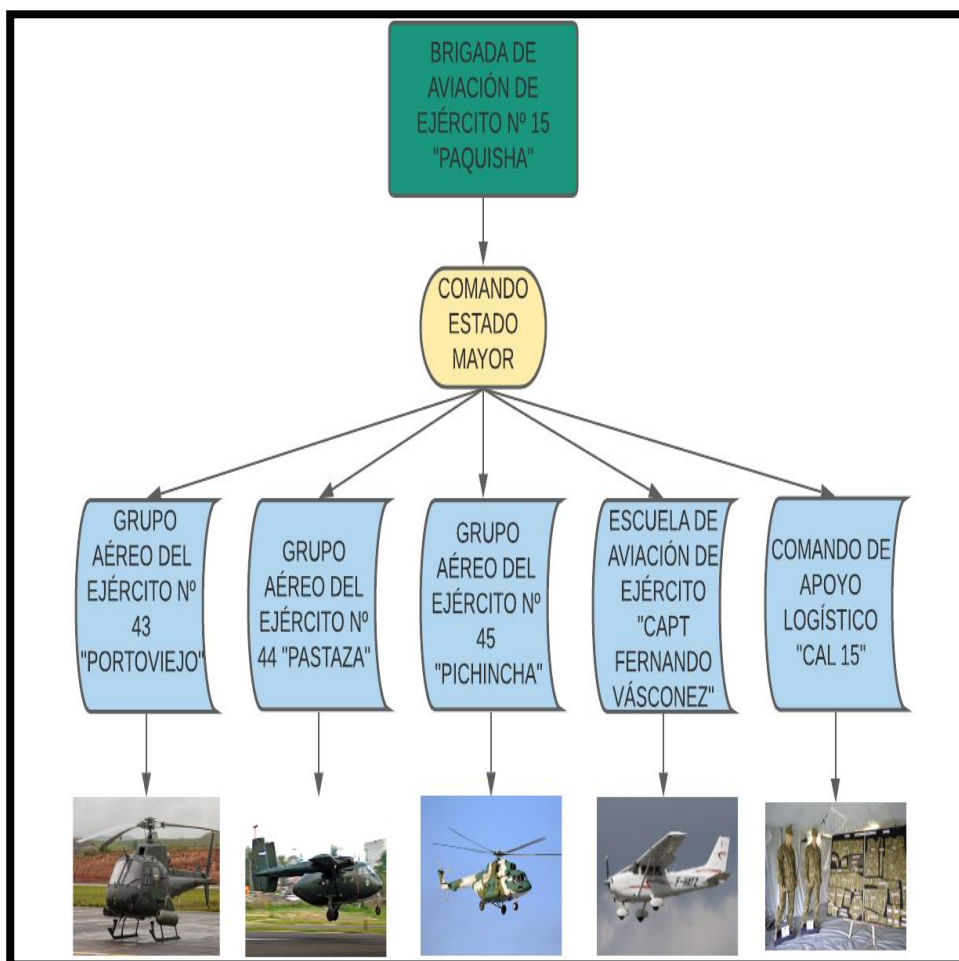
La década de los setenta fue muy importante para el desarrollo de la Aviación del Ejército, se independizó del sector logístico y tomó protagonismo porque se la consideró como Arma, con este nuevo estatus el mando asignó más recursos para que se puedan adquirir nuevas aeronaves tanto de ala fija como rotativas, es así como el Ecuador en la década de los ochenta formó una de las flotas aéreas más numerosas de América del Sur. Gracias a esto se debió asignar más personal a esta área con el objetivo de prepararlos y capacitarlos para que puedan desarrollar las tareas mantenimiento a las diferentes aeronaves y se mantengan operables.(Rivadeneira, 2020)

2.2. Brigada de Aviación de Ejército.

Esta Brigada se encuentra acantonada en la Provincia de Pichincha, en el cantón Rumiñahui, sector Chillo Jijón, forma parte del Fuerte Militar Grab. Marco Aurelio Subía, la cual se caracteriza por ser el centro de operaciones y maniobras aéreas que realiza la Fuerza Terrestre. Se compone de varias unidades como:

Figura 1.

Estructura organizacional de la Brigada de Aviación del Ejército



Nota. Esta figura representa la estructura organizacional de la 15 B.A.E "PAQUISHA".

La Aviación de Ejército operó sin temor en el transcurso del conflicto armado que sostuvo con el país vecino del sur en el año 1995, empleó aviones para transporte logístico y helicópteros para el transporte de tropas hasta los puntos de conflicto, los helicópteros pequeños artillados entraron a bombardear desde el aire las zonas donde se detectó al enemigo. Es necesario mencionar que sin el apoyo aéreo hubiera sido muy difícil defender el suelo patrio, se alcanzaron más de 5000 horas de vuelo mientras duró el conflicto, así quedó demostrado una vez más todo el amor de los pilotos de la Aviación del Ejército hacia la Patria.(Rivadeneira, 2020)

2.2.1. Flota de helicópteros de la Brigada de Aviación de Ejército

Tabla 1.

Aeronaves de ala rotatoria

AERONAVE	MODELO	TIPO DE MOTOR	PAX	CAP. CARGA	AUTONOMIA DE VUELO
GAZELLE	SA-342L	ASTAZOU XIVH	3	800 KG	2:30 horas
LAMA	SA-315	ARTOUSTE IIIB	4	1000 KG	2:30 horas
ECUREUIL	AS-350B	ARRIEL 1B	4	300 KG	3:30 horas
FENNEC	AS-550C3e	ARRIEL 2D	4	940 KG	2:45 horas
PUMA	SA-330L	TURMO IVC	15	4000 LB	3:30 horas
SUPER PUMA	SA-332L	MAKILA 1A	19	4500 LB	2:30 horas
MI	171/171E	TB3 117BM	25	4000 KG	3:15 horas

Nota. En esta tabla podemos observar la flota de helicópteros que cuenta la Brigada de Aviación de Ejército. Tomado de (FUERZA TERRESTRE ECUATORIANA, 2013)

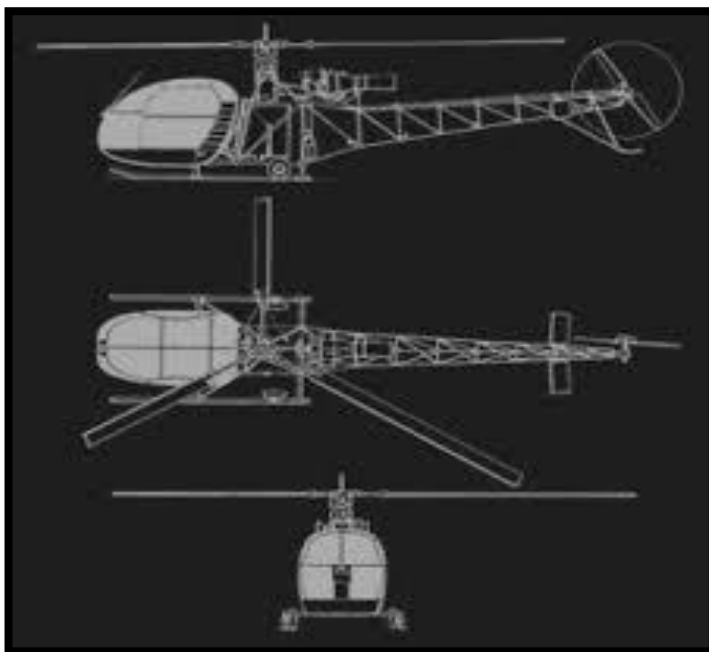
2.3. Helicóptero Lama 315 B

El primer prototipo de este helicóptero se elaboró en el año 1969, fue un pedido exclusivo de las Fuerzas Armadas de la India, ya que otras aeronaves no satisfacían sus necesidades. A los primeros helicópteros se los denominó Alouette II, con el que se alcanzó el aterrizaje sobre los campos del himalaya, una maravilla considerada en esos tiempos debido que con otras aeronaves era casi imposible realizar ese tipo de maniobras.(F.A.S, 2020)

Debido a su diseño se lo puede utilizar como medio de rescate, y entrenamiento, puede soportar cargas externas de 2300 kg. En el Ejército ecuatoriano se lo utiliza para entrenamiento y relevo del personal en destacamentos fronterizos.

Figura 2.

Helicóptero Lama 315-B, mostrado en diferentes planos de observación.



Nota. Esta figura muestra un plano completo del helicóptero Lama 315- B. Tomado de (F.A.S, 2020)

2.3.1. Características generales

Tabla 2.

Aspectos generales y características del helicóptero Lama 315-B.

Características	
Fabricación	Francesa
Motor	Artouste
Velocidad máxima	113 nudos
Velocidad de crucero	90 nudos
Techo máximo	23000 pies
Autonomía de vuelo	2:30 horas
Tren de aterrizaje	Con patines
Tipo de vuelo	VFR/ IFR
Tripulación	2 pilotos y 3 pasajeros

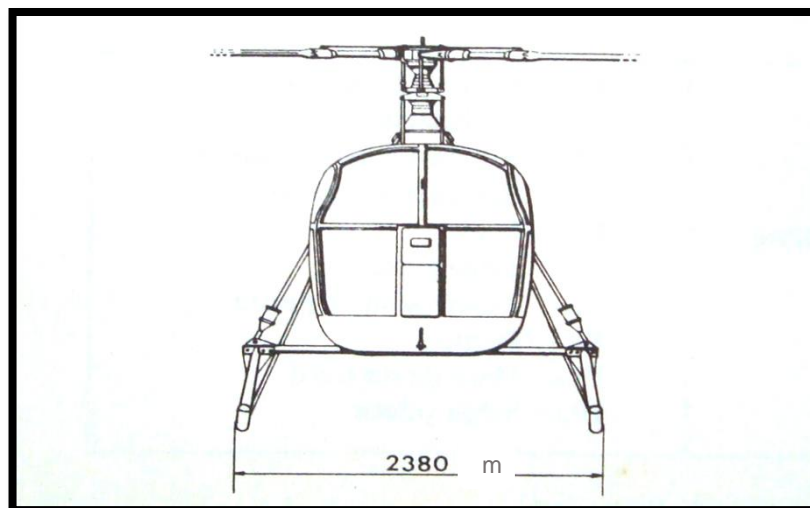
Nota. En la siguiente tabla se indica las principales características del helicóptero Lama 315- B.

2.3.2. Datos técnicos

El helicóptero Lama 315- B, tiene un diseño diferente al resto de aeronaves de su tipo, haciendo de esta aeronave muy versátil y empleándola en la actualidad en muchos tipos de misiones encargadas por el escalón superior de la Fuerza Terrestre. A continuación, se mostrará las dimensiones frontales, posteriores y laterales.

Figura 3.

Plano frontal del helicóptero Lama 315- B

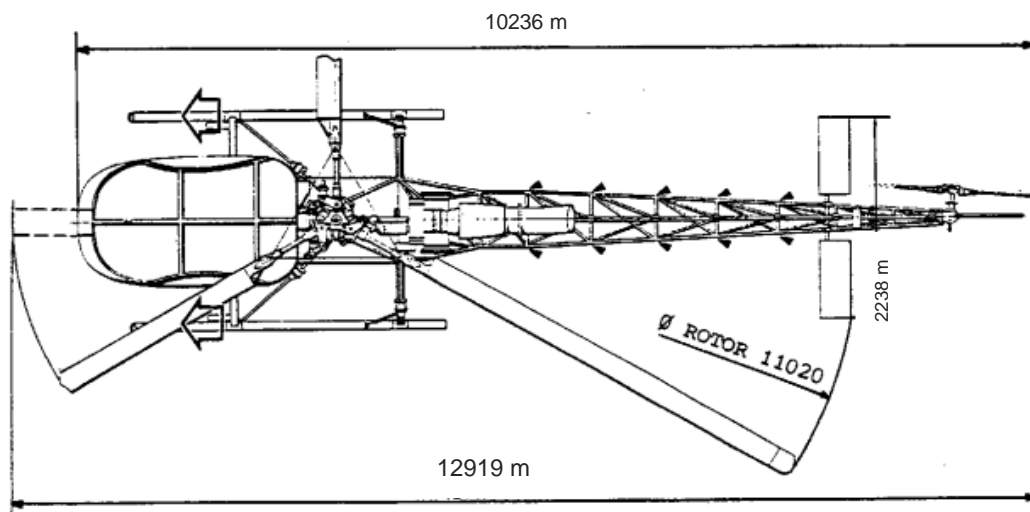


Nota. En esta figura se puede apreciar la medida que tiene de un patín al otro patín.

Tomado de (eurocopter, 1995).

Figura 4.

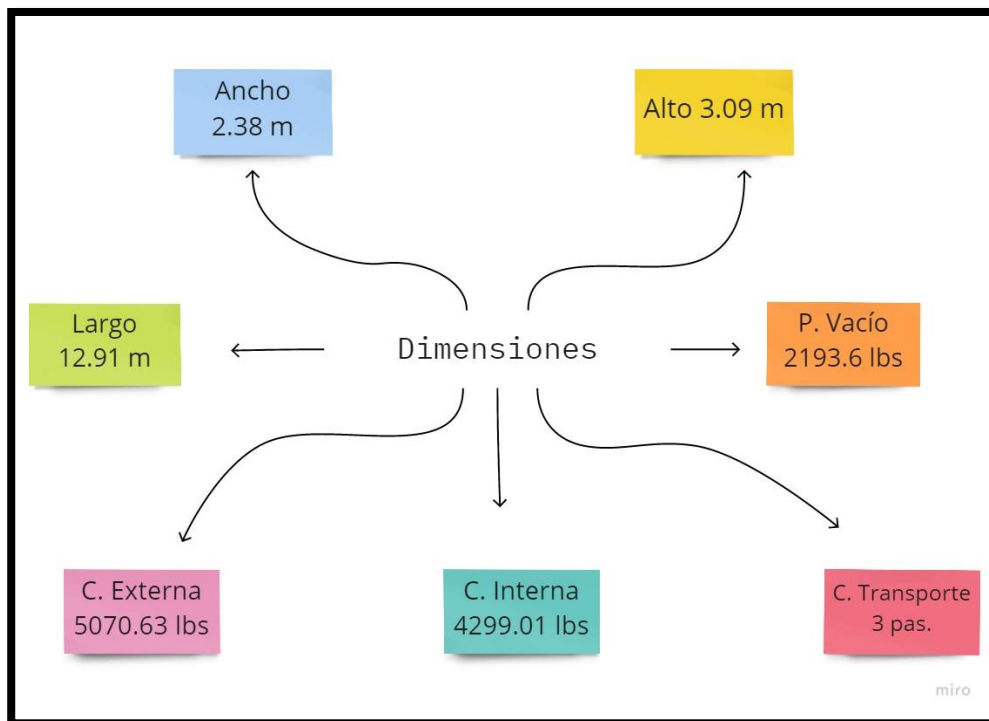
Plano superior y medidas laterales del helicóptero Lama



Nota. En la siguiente figura se puede mirar las medidas de largo de la aeronave, dimensiones del estabilizador horizontal. Tomado de (eurocopter, 1995)

Figura 5

Dimensiones y capacidades del helicóptero Lama 315- B



Nota. En la siguiente figura se puede observar las dimensiones y capacidades del helicóptero Lama 315- B.

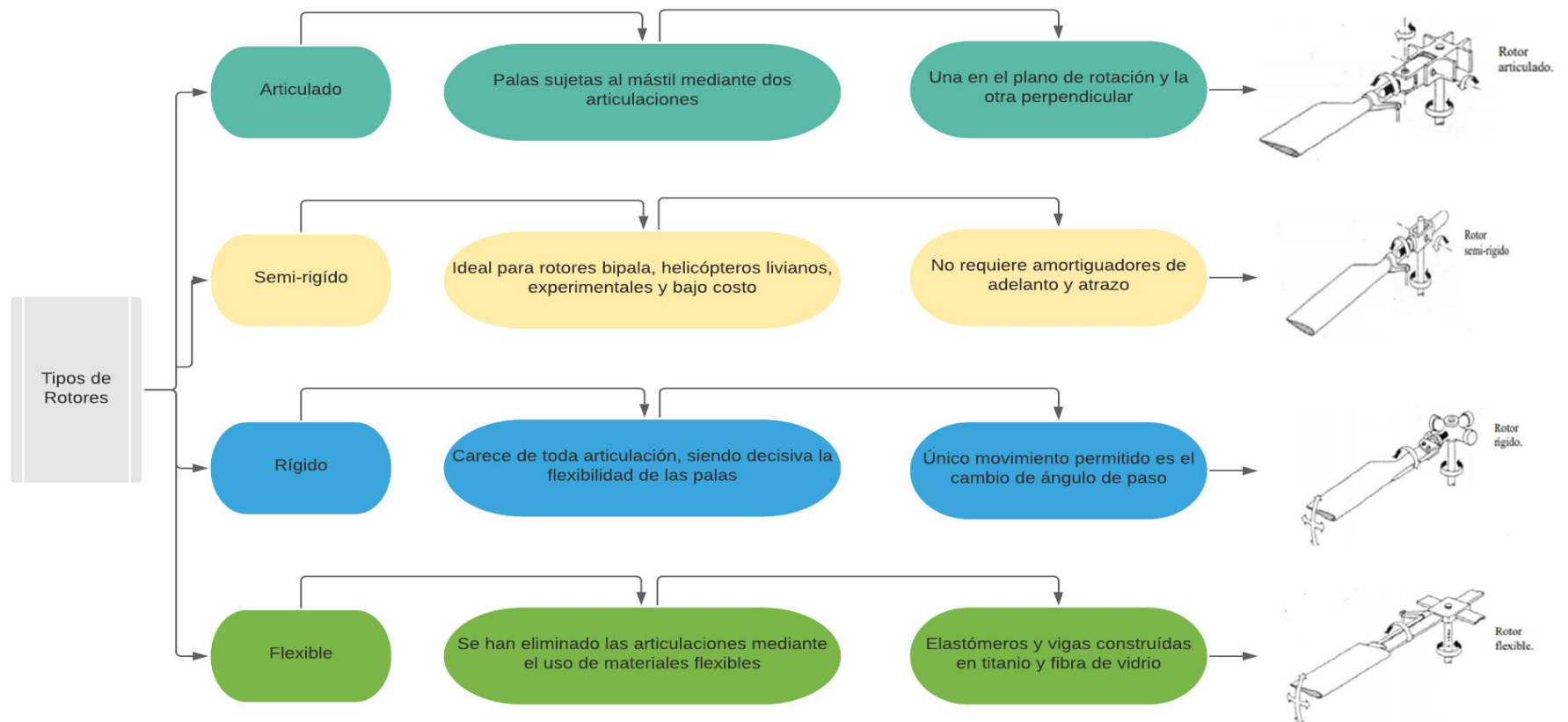
2.4. Rotor

El sistema del rotor, o más simplemente rotor, es la pieza que gira de un helicóptero para generar elevación. Un sistema del rotor se puede montar horizontalmente como son los rotores principales, proporcionando la elevación verticalmente, o puede ser montado verticalmente, por ejemplo, un rotor de la cola, para proporcionar la elevación horizontalmente según lo empujado para contrariar efecto del esfuerzo de torsión. (Gómez & Pozuelo, 2010, p. 16)

2.4.1. Tipos de rotor

Figura 6.

En esta clasificación, podemos observar cuatro tipos de rotores principales.



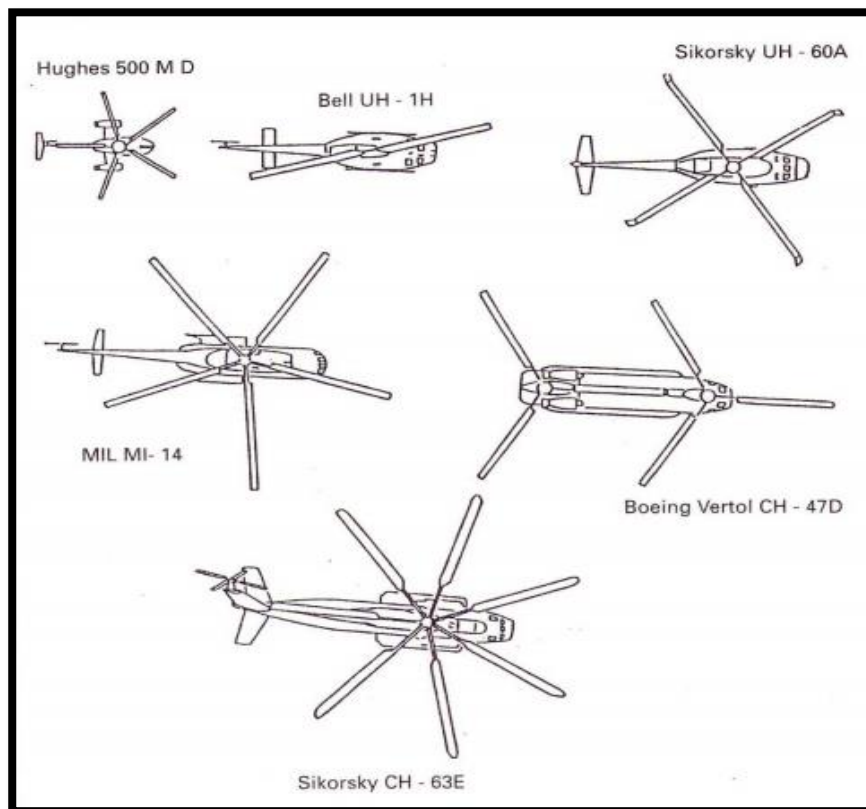
Nota. La siguiente figura indica los tipos de rotores principales en helicópteros.

2.5. Palas

La pala es el elemento del helicóptero que proporciona la sustentación de la aeronave. Determinar el número óptimo de palas de rotor es difícil, por tal motivo la casa fabricante debe considerar las características de la aeronave y la misión que cumplirá. Mientras más palas tenga un helicóptero, estas serán más livianas y pequeñas, reduciendo significativamente las oscilaciones cuando la aeronave se encuentre operando. (Gómez & Pozuelo, 2010)

Figura 7.

Helicópteros con diferentes números de palas



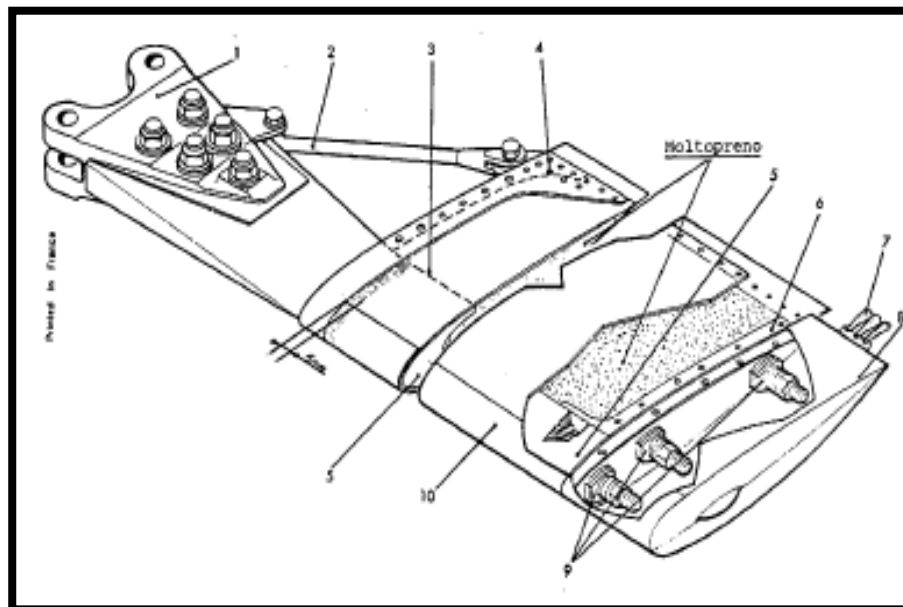
Nota. En esta figura se muestra la disposición de palas del rotor, en diferentes helicópteros. Tomado de (Gómez & Pozuelo, 2010)

De manera general las aeronaves grandes por su estructura y elementos que la conforman, su grupo turbomotor necesita crear más potencia y así obtener más sustentación para elevarse, por tal motivo suelen tener de 5 a 8 palas, mientras que los helicópteros pequeños son livianos, el rotor se esfuerza menos ya que sostiene máximo 3 palas. (FLORES TREJO LUIS ALBERTO & SÁNCHEZ VALTIERRA JHONNATAN, 2010)

Las palas para el helicóptero lama 315- B, están compuestas de metal, se necesitan de un terceto de palas para montar sobre la aeronave, cuenta con perfil NACA 63 A a 11.5 %, su cuerda de perfil es de 35 cm con torsión de $6^{\circ}30'$. Las palas no son iguales los ángulos de incidencia son diferentes, a continuación, se puede observar la estructura de la pala. (eurocopter, 2010a)

Figura 8.

Estructura interna de una pala

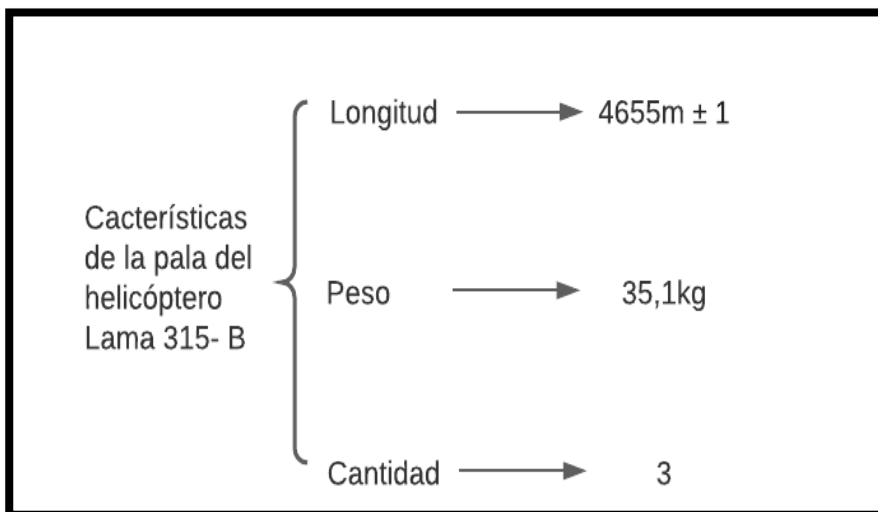


Nota. En la siguiente figura se puede mirar la estructura interna de la pala de un helicóptero Lama. Adaptado de (eurocopter, 2006)

2.6 Palas principales del helicóptero Lama 315-B

Figura 9

Características principales de las palas del helicóptero Lama 315- B



Nota. La siguiente figura muestra las características de las palas que forman parte del helicóptero Lama 315- B, de fabricación francesa.

2.6.1 Elementos constituyentes

Las palas de un helicóptero por lo general se constituyen por:

- Un larguero
- Un revestimiento
- Una puntera de pala

2.7 Tipos de mantenimiento que se realiza al helicóptero Lama 315- B

Se debe realizar el mantenimiento de la aeronave con la finalidad de conservar la aeronavegabilidad, el cual debe ser hecho de forma estricta siguiendo los pasos detallados en los respectivos manuales de mantenimiento de la aeronave y el personal que realice este tipo de trabajos deberá estar capacitado y especializado para poner en óptimas condiciones el funcionamiento de la aeronave.(FUERZA TERRESTRE ECUATORIANA, 2013)

2.7.1 Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento hace referencia a las acciones programadas, muy a menudo son repetitivas y esto permite que la aeronave mantenga buena condición en operación y funcionamiento. Para realizar este tipo de mantenimiento se debe considerar las horas de vuelo de la aeronave, tal es el caso que ciertos elementos deben ser inspeccionados al cumplir un determinado número de horas de funcionamiento. Y pueden ser:(FUERZA TERRESTRE ECUATORIANA, 2013)

- 25 horas de funcionamiento
- 100 horas de funcionamiento
- 300 horas de funcionamiento

2.7.2 Mantenimiento correctivo

Son todas las acciones y procedimientos realizados una vez detectada la falla, permitiendo restaurar al estado operativo inicial. Cuando las aeronaves presentan averías, se debe dar solución a dichas fallas, así evitaremos que los daños sean más graves. Se pueden presentar daños de fácil o mediana complejidad, pero se debe corregirlos en el menor tiempo posible.(FUERZA TERRESTRE ECUATORIANA, 2013)

2.7.3 Mantenimiento restaurativo

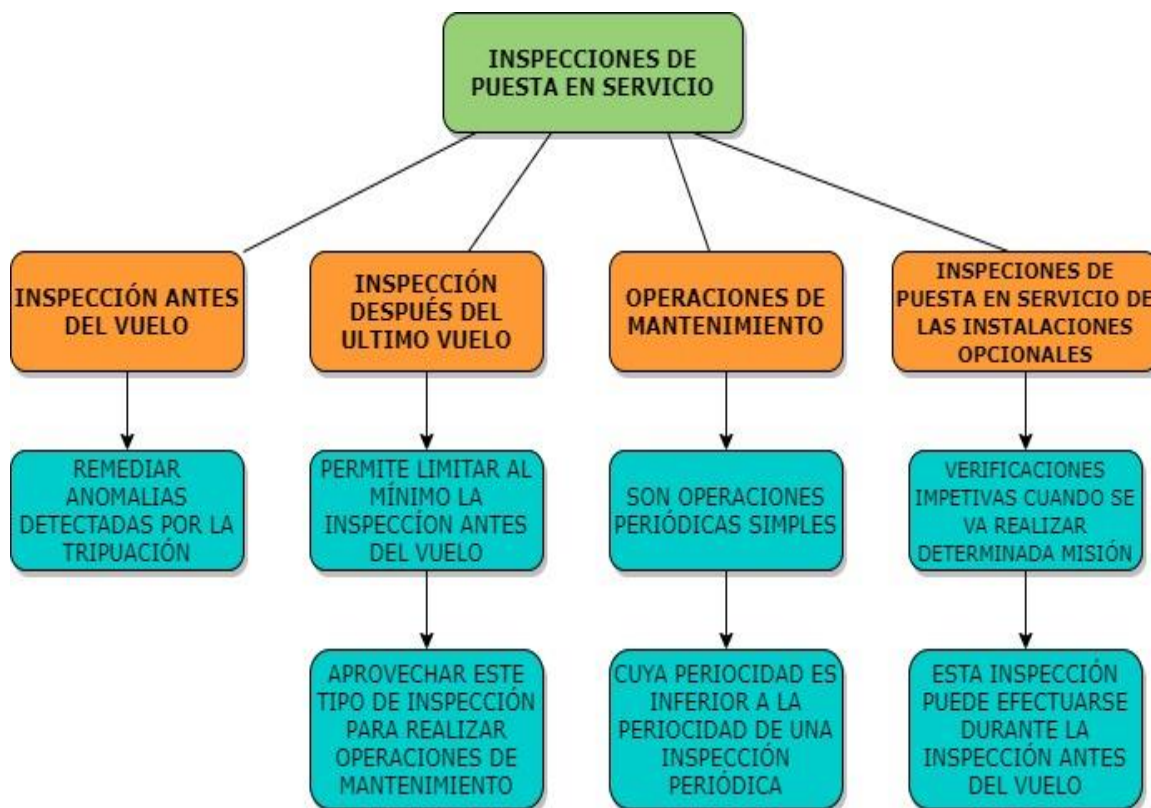
Son los trabajos que se realizan en una aeronave que ha sufrido desperfectos mecánicos o daños en su estructura, ayudando a solucionar concluyentemente un daño o reporte, que no pudo solucionarse aplicando los dos tipos de mantenimiento antes mencionados. A este tipo de tareas se las denomina acciones restaurativas ya que el elemento adquiere nuevamente todo su potencial y empiezan correr sus horas de funcionamiento desde cero.(FUERZA TERRESTRE ECUATORIANA, 2013)

2.8 Tipos de inspecciones desarrolladas en el helicóptero Lama

2.8.1 Inspecciones de puesta en servicio

Figura 10

Inspecciones que se realizan en el helicóptero Lama 315- B.



Nota. Esta figura muestra las inspecciones que se realizan en el helicóptero Lama 315-B, antes y después de los vuelos.

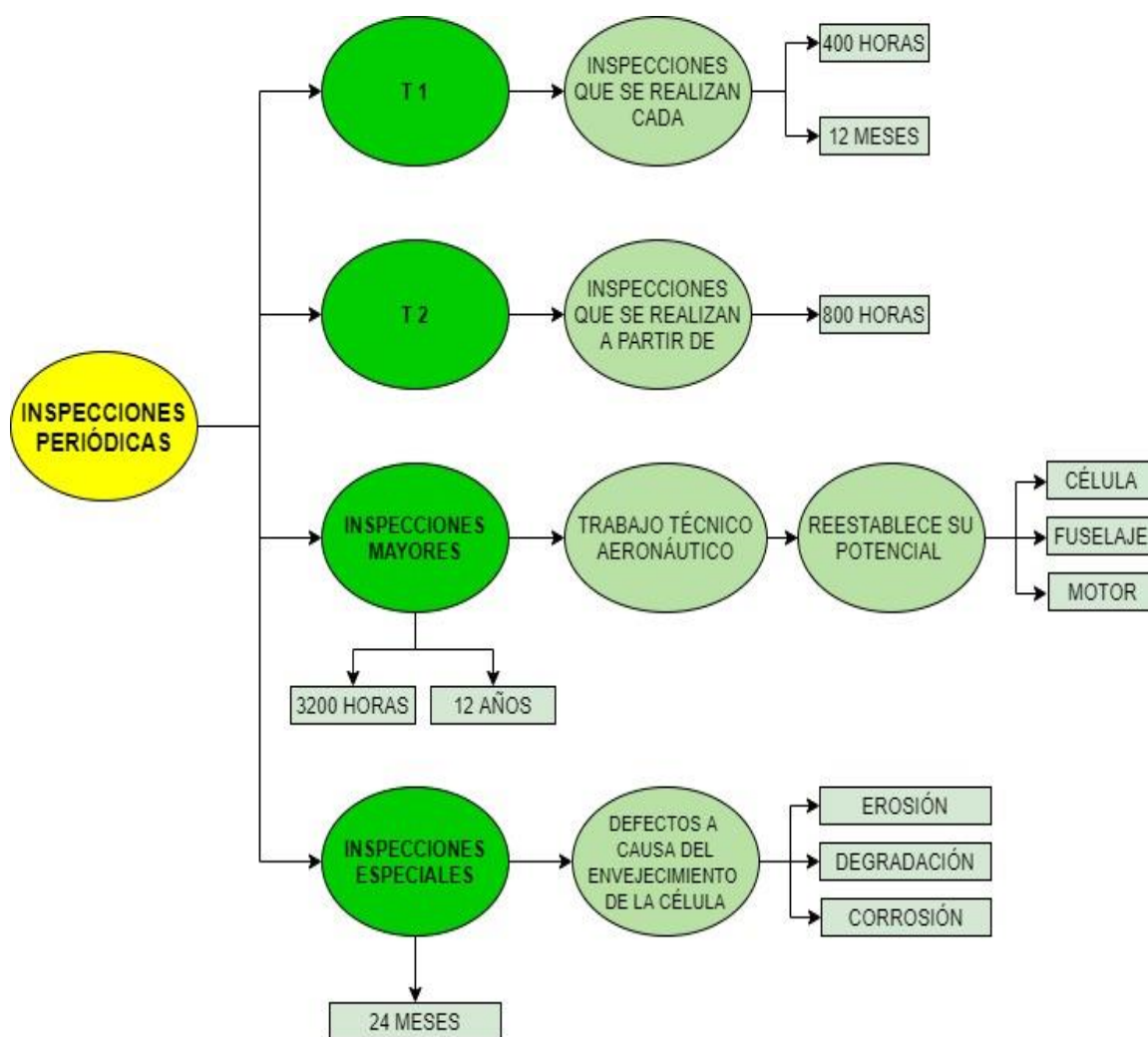
2.8.2 Inspecciones periódicas y tiempos de inspección

Se puede definir como la operación que se realiza a cada elemento que constituyen y forman parte de un aeroplano o helicóptero, para esto se tomará en cuenta el tiempo que ha trabajado dicho elemento, con el único fin de renovarle una nueva etapa de funcionalidad ya sea por tiempo de funcionalidad o tiempo calendario.(FUERZA TERRESTRE ECUATORIANA, 2013)

Este tipo de inspecciones se han ejecutado a todo tipo de aeronaves, desmontando los equipos y elementos que han cumplido el tiempo de tarea por horas, que, a partir de la última inspección realizada, su funcionamiento haya sido el esperado, es decir después de la última revisión no se debió reportar.”.(eurocopter, 2010b)

Figura 11

Tipos de inspecciones periódicas



Nota. La siguiente figura muestra los tipos de inspecciones periódicas y los tiempos que deben transcurrir para que la aeronave se someta a un tipo de inspección.

2.8.3 Inspecciones progresivas

Con el fin de reducir el tiempo de indisponibilidad del aparato por las inspecciones de mantenimiento menor se propone el establecimiento de las inspecciones llamadas "progresivas, es decir voy efectuando tareas de mantenimiento cuando la aeronave no tiene programado vuelos, esos días se aprovechan para avanzar progresivamente los trabajos o también se pueden ejecutar al momento que terminen las operaciones aéreas del día.(eurocopter, 2010b)

2.8.4 Inspecciones especiales

"Como su nombre lo indica, este tipo de trabajos se los realizará a causa de eventos fortuitos, es decir no constan en la planificación de mantenimiento de la aeronave y se da por los siguientes motivos:(eurocopter, 2010b)

- Luego que se produzca un incidente se debe realizar una inspección de este tipo
- Luego que la aeronave haya sido utilizada bajo condiciones agrestes del tiempo como, por ejemplo: fuertes granizadas o bajo condiciones elevadas de viento.
- Se debe someter a una inspección especial a la aeronave la cual haya sido cambiada sus conjuntos principales.

2.8.5 Inspecciones complementarias

Este tipo de verificación se centra en mantener operativa la aeronave, basándose en los elementos que deben ser revisados muy seguido y la sumatoria de esas inspecciones den como resultado una inspección periódica. Cuando ya se terminen los vuelos del día, se puede continuar con este tipo de inspección.(FUERZA TERRESTRE ECUATORIANA, 2013)

Las inspecciones denominadas complementarias de 25 horas, 50 horas y 100 horas, se las realizará en intervalos de 25 horas, hasta llegar a una inspección de 400

horas por funcionamiento del aparato y si es por tiempo calendario hasta cumplir los 12 meses.(FUERZA TERRESTRE ECUATORIANA, 2013)

2.9 Herramienta especial para transporte de palas principales

El coche para transporte de las palas del rotor principal se debe considerar como una herramienta de vital importancia en los trabajos de mantenimiento de una aeronave, en especial cuando se deba realizar el intercambio de palas, o realizar algún tipo de inspección que requiera el desmonte de estas. A continuación, se realizarán tres tablas, mencionando sus características principales a fin de poder elegir la más viable y que cumpla con las necesidades al momento de realizar una inspección periódica de las palas. La siguiente tabla corresponde a la descripción de la carreta transportadora de palas aplicable para palas del rotor principal M.I.

Tabla 3

Carreta transportadora de palas principales No. 1

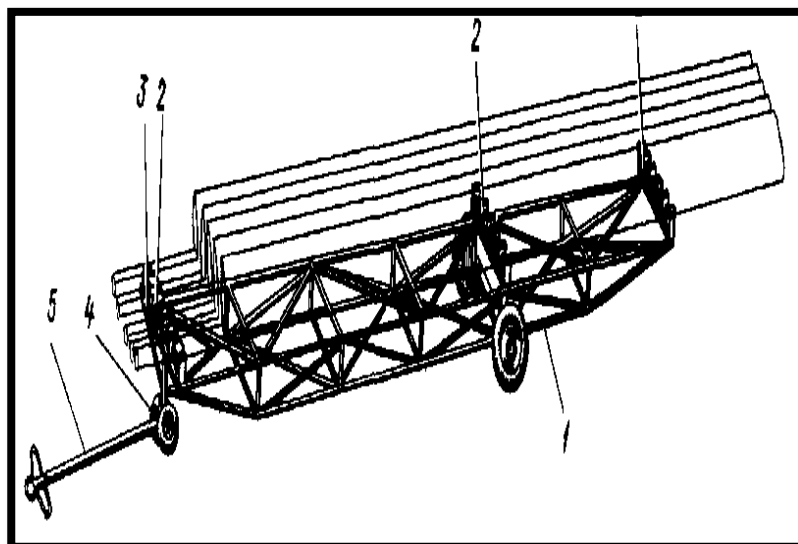
Características	
No de Serie	8AT-9801-00
Fabrica	SOTY
Material	Tubos de aleación de acero con diámetro de 30x1,5;30x1,6 y 50x3 mm
Peso	169,69 kg
Longitud del coche y altura	11,5 x 1.30 m
Ancho del coche	1,5 m
Sistema de frenado	Si posee, en la rueda delantera

Nota. La siguiente tabla muestra las características principales del coche No. 1, para transportar palas principales.

La carreta de soporte para palas principales con numero de parte 8AT- 9801- 00 está diseñada para movilizar las palas principales del helicóptero MIL MI en pistas de aterrizaje o dentro de los hangares, se lo puede utilizar como base de soporte cuando se intercambien las palas. Para movilizar la carreta posee una barra de remolque y debe ser acoplada a un vehículo especial para su traslado de un lugar a otro, en la siguiente figura se puede observar su estructura.

Figura 12

Coche transportador de palas principales 8AT- 9801- 00



Nota. La siguiente figura muestra el coche para transporte de palas principales específicamente diseñado para un helicóptero M.I.

A continuación, se muestra la tabla 5, la cual contiene información y características del coche transportador de palas número 2.

Tabla 4*Coche transportador de palas No. 2*

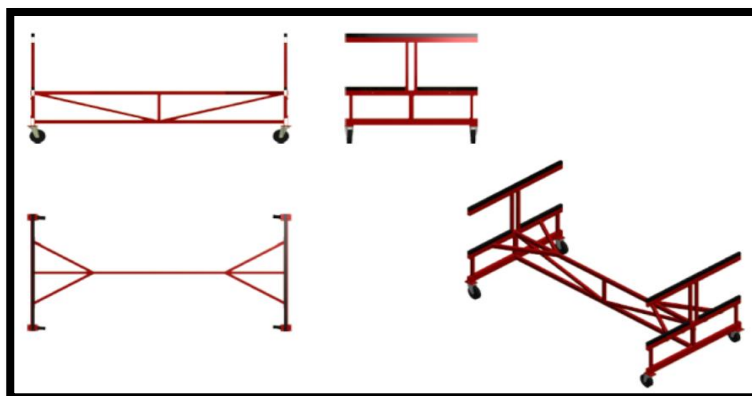
Características	
No de Serie	RA- AS332GSE- 1608-0
Fabrica	RA Norway AS
Material	Tubo de acero cuadrado 2" de espesor
Peso	60,8 kg
Longitud y altura	5.70 x 1.50 m
Ancho	1.10 m
Sistema de frenado	En cada rueda

Nota. La siguiente tabla indica las características principales del coche No. 2, para transportar palas principales.

El coche para transporte de palas con número de serie RA- AS332GSE- 1608-0, se diseñó con el propósito de soportar cuatro palas cuando se requiera realizar una inspección al rotor principal, su diseño es muy diferente al resto de coches, porque las palas se las recuesta en la parte superior e inferior como se puede observar en la figura 12, es aplicable para las palas del helicóptero Puma y Super Puma que son de fabricación francesa.

Figura 13

Coche para transporte de palas principales RA- AS332GSE- 1608- 0



Nota. En la siguiente tabla podemos observar el coche para palas medianas.

La tabla 6 se muestra ciertas características que presenta el coche de transporte de palas número 3.

Tabla 5

Coche transportador de palas No. 3

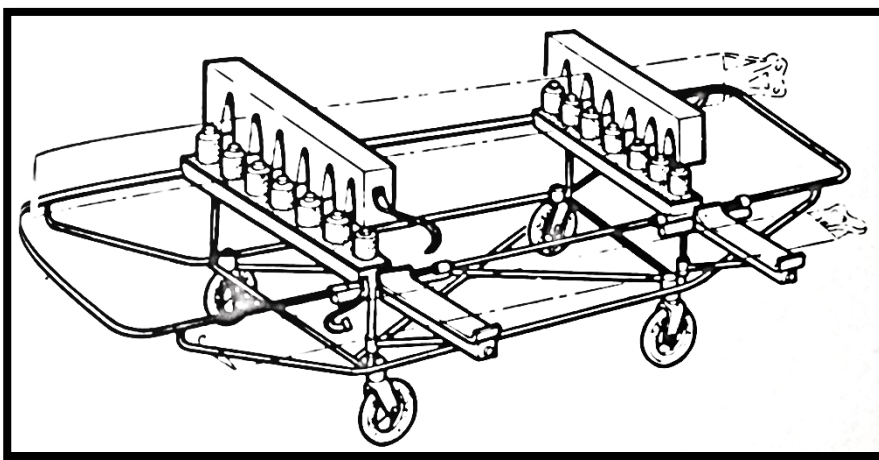
Características	
No de Serie	3160-98-11.020
Fabrica	SUD- AVIATION MARIGNANE
Material	Tubo redondo de 1"x1.5mm y tubo de 1" 1/4 de espesor x 2mm
Peso	70 kg
Longitud y altura	4.90 x 1.45 m
Ancho	1 m
Sistema de freno	Freno manual en cada llanta

Nota. La siguiente tabla indica las características principales del coche No. 3, para transportar palas principales.

El coche transportador de palas principales con número de serie 3160- 98- 11.020, tiene características para transportar palas principales de helicópteros pequeños como Alouette o Lama, en sus diferentes versiones, tiene brazos retráctiles a su costado para que se recueste la pala y agilizar los trabajos en las palas.

Figura 14

Coche transportador de palas principales 3160- 98- 11.020



Nota. La siguiente figura muestra el coche para transportar palas principales de un helicóptero Alouette o Lama 315.

Capítulo III

3. Desarrollo del tema

3.1 Introducción

En el siguiente capítulo se detalla el procedimiento de una inspección de 400 horas realizada a las palas principales del helicóptero Lama 315- B, utilizando del manual de mantenimiento de la aeronave se identificó la tarea de mantenimiento 57.10.601- 1/16 que fue aplicable para este tipo de inspección. La implementación de un coche especial para transporte de palas fue muy importante con el desarrollo de la inspección la cual consistió en desmontar las palas de rotor principal y someterlas a una revisión. Este tipo de revisiones se realizan cada 400 horas de funcionamiento del elemento con el fin de detectar fisuras, despegaduras de bandas en las palas, agrietamientos en los pies de palas y punteras, siendo de suma importancia el estado óptimo de estos elementos para asegurar la operabilidad de la aeronave.

3.2 Beneficiarios

El presente trabajo de titulación tiene como beneficiario a la Brigada de Aviación de Ejército No. 15 "Paquisha", la cual desde el momento que se adquirieron las aeronaves de ala rotatoria Lama 315- B, siempre han sentido la necesidad de contar con una herramienta especial para el transporte de palas, a partir de la implementación de este coche el personal de técnicos y mecánicos de aviación contarán con este elemento como apoyo en tierra, el cual agilizará las tareas de mantenimiento que se realicen en este helicóptero, reduciendo los tiempos en forma significativa al desarrollar las inspecciones de 400 horas de las palas principales o cualquier trabajo que requiera el desmontaje de dichos elementos.

3.3 Coche transportador de palas

Tabla 6

Características de coches transportadores para palas principales

N°	Transportador Características	Coche 8AT-9801-00	Coche RA-AS332GSE-1608-0	Coche 3160-98-11.020
1	Material	Tubos de aleación de acero y carbono con diámetro de 30x1,5;30x1,6 y 50x3 mm	Tubo de acero cuadrado 2" de espesor, ángulo de ¾" x 1/8	Tubo redondo de 1"x1.5mm, tubo de 1" 1/4 de espesor x 2 mm
2	Dimensiones	11.5x1.3x1.5 m	5.7x1.5x1.1 m	4.90x1.4x1 m
3	Peso	169.69 kg	60.80 kg	70 kg
4	Movilidad	Debe ser remolcado por un coche especial a velocidad inferior a los 10 km/h	Puede ser remolcado con facilidad por una sola persona	Su movilidad es muy sencilla con el empuje aplicado por una persona promedio
5	Costos	6800 EUR	3400 EUR	1000 USD
6	Mantenimiento	Posee tres puntos de engrase y limpieza en general	Requiere limpieza general luego de su utilización	Requiere limpieza general después de su utilización

Nota. En la siguiente tabla se describe las características que poseen los coches

transportadores de palas principales.

3.4 Selección de la herramienta

Tabla 7

Valores cuantitativos

Caracte rística	Porcentaj e al 100%	Coche N° 1	Total	Coche N° 2	Total	Coche N° 3	Total
1	13%	3	0,39	2	0,26	2	0,26
2	12%	4	0,48	3	0,36	3	0,36
3	15%	4	0,6	3	0,45	2,5	0,37
4	25%	5	1,25	2	0,5	1,5	0,37
5	22%	5	1,1	3	0,66	2	0,44
6	13%	3	0,39	3	0,39	3	0,39
Total	100%		4,21		2,62		2,19

Nota. En la siguiente tabla se muestra los valores cuantitativos de los tres coches para determinar su factibilidad.

Para realizar la respectiva valorización de las características de los tres coches transportadores de palas y determinar su factibilidad, se ha dado una ponderación de 1 a 5 como calificación, siendo 1 la calificación más alta y 5 la más baja, gracias a esto se ha podido identificar que el coche transportador de palas N°3 (S.N. 3160-98-11-0.20), es el más adecuado para implementar como herramienta de apoyo en tierra, cuando se realicen inspecciones y necesiten desmontarse las palas.

Su valor de construcción es muy reducido en comparación de los coches mencionados anteriormente, las palas no son largas y forman parte de un helicóptero pequeño, además para movilizar las palas sobre el coche no se necesita hacer esfuerzo

significante, finalmente no necesita de mantenimiento detallado, simplemente se deberá engrasar los soportes móviles y una limpieza después de su utilización.

3.5 Descripción del coche transportador de palas

El coche transportador de palas principales es catalogado como una herramienta especial y su función principal es la de sostener sobre toda su estructura el peso de las palas cuando estas necesiten ser revisadas o estas hayan cumplido cierto tiempo de funcionamiento y se deba realizar una inspección.

Además de tener dos caballetes de madera con tres destajes cada uno, donde encajan las palas del helicóptero Lama 315- B, cuenta con dos brazos retractiles, uno cada lado permitiendo que una pala sea recostada y se pueda realizar una verificación breve de su actual estado, también hacer trabajos como, por ejemplo; cambiar las bandas inox cuando se hayan despegado o estén en mal estado.

En caso de que las palas necesiten ser llevadas a un taller especial para una inspección más exhaustiva, el coche cuenta con 4 garruchas giratorias cada una con su respectivo freno, inmovilizando al coche cuando el personal de técnicos esté trabajando, evitando movimientos y más cuando el piso del área de trabajo no está nivelado

3.5.1 Factor de seguridad del coche transportador de palas

El coche transportador de palas presentó un coeficiente de seguridad óptimo, debido a que se utilizó materiales de buena calidad. El coche puede soportar sin problema el peso de las 3 palas principales del helicóptero Lama 315- B, el peso sumado es de 106 kg de las palas ya que según el informe de cargas y esfuerzos que debe soportar el choche para que no existan deformaciones en la estructura del coche el factor de seguridad debe ser superior a 1 y el coche presentó $7.1 > 1$. Revisar Anexo B.

3.6 Implementación del coche transportador de palas principales

Como inicio del trabajo práctico se procedió a realizar los planos de la herramienta especial en el programa de simulación SolidWorks, en dicho software se pudo simular la herramienta especial obteniendo todas las vistas e incluso visualización 3D se detalló medidas, diámetros y dimensiones, con el fin de obtener dicha herramienta con sus propiedades, características y soporte el peso de las palas del helicóptero Lama 315- B, cada una tiene un peso de 35.1 kg. Obtenidos los planos, se procedió a comprar el material para la construcción de la estructura del coche.

Tabla 8

Materiales Utilizados

Orden	Descripción	Cantidad
1	Tubo redondo de 1 1/4 "x 1.5 mm	4
2	Tubo redondo de 1 1/4 "x 2 mm	4
3	Disco de corte de 14"	2
4	Disco de desbaste No. 80	2
5	Disco de desbaste No. 120	2
6	Canal en U 80x40x2 mm	1
7	Caballote de madera	1
8	Pintura caterpillar galón	1
9	Thinner galón	1
10	Garruchas 80 kg	4

Nota. Se puede observar el listado de los materiales que se adquirió para la construcción del coche transportador de palas principales.

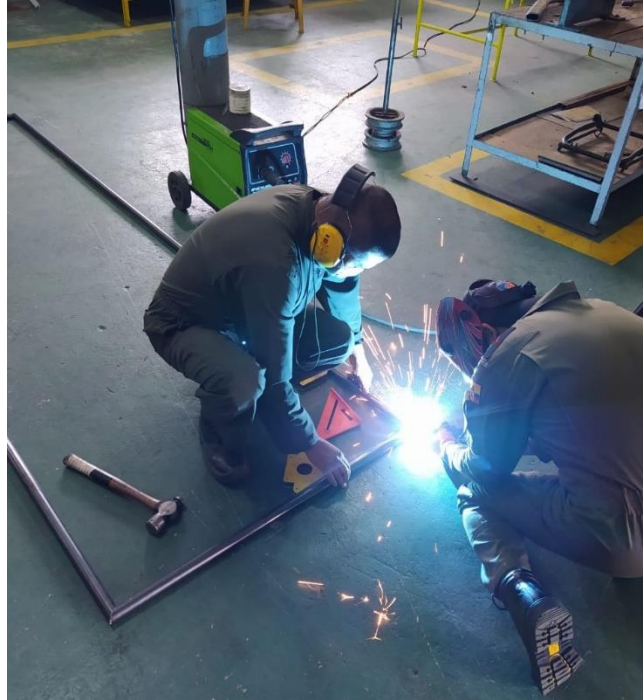
Figura 15*Adquisición de material*

Nota. La figura muestra la adquisición del material para armar la base estructural del coche transportador de palas.

Una vez el material cortado con sus respectivas medidas se procedió a formar el rectángulo de la base estructural, debido a que el piso presentaba inclinaciones en ciertos tramos, se realizó un punto de suelda en cada unión y verificar con el nivel que la estructura no tenga desnivel o inclinaciones ya que eso alteraría las dimensiones originales del coche. Debido a que los tubos son de grosor considerable y rígidos se necesitó utilizar el proceso de soldadura MIG (Metal Inert Gas), además de brindar un mejor acabado, es rígida, es decir no se flexiona, permitiendo que las uniones de los tubos soldados no se deformen.

Figura 16

Proceso de soldadura parte inferior de la estructura



Nota. La siguiente figura detalla la formación de la estructura inferior del coche transportador de palas.

Una vez soldados los puntos de la estructura inferior se continuó con la formación del resto de la estructura, este paso tomó demasiado tiempo en vista que al terminar de soldar todos los puntos y verificar medidas un travesaño tenía una leve inclinación, se cortó el punto soldado y se corrigió la falla, quedó al final todo alineado. Las esquinas de la estructura superior no eran rectas sino redondeadas, por lo que se utilizó una dobladora de tubos especial, adicional se colocó las garruchas con su respectivo freno en cada esquina de la estructura inferior.

Figura 17

Armado y unión de toda la estructura



Nota. La siguiente figura muestra el armado de toda la estructura y acople de las garruchas.

Como último paso se procedió a colocar los caballetes de madera sobre la estructura del coche, luego se llevó el coche al taller de pinturas, lugar en donde se realizó una limpieza exhaustiva de toda la parte metálica con thinner, seguido se pintó toda la estructura metálica y se obtuvo como trabajo final la herramienta especial terminada.

Figura 18

Herramienta terminada



Nota. La siguiente figura muestra la culminación de construcción de la herramienta para transporte de palas principales.

3.7 Inspección de las palas principales del helicóptero Lama 315- B.

La inspección de las palas principales del helicóptero Lama 315- B, se realizó siguiendo cada paso detallado en el manual de mantenimiento de la aeronave, según la tarea de trabajo 57-10-601-1/16, dictada por la casa fabricante. Esta inspección se desarrolló con el fin de encontrar anomalías, fisuras, grietas, corrosión en el cuerpo de la pala.

3.7.1 Herramientas utilizadas en la inspección

Tabla 9

Listado de herramientas comunes y especiales

No	Herramienta común	Herramienta especial
1	Punzón	Coche Transportador de Palas 3160.98.11.020
2	Detector desencolado	de Plataforma de trabajo
3	Racha	
4	Copa No 16	
5	Lubriplate	
6	Pincel	
7	Desarmador estrella	
8	WD-40	

Nota. Se indica la herramienta que se utilizó durante la inspección de las palas principales del helicóptero Lama 315- B.

En la siguiente inspección se verificó:

- El pie de pala y el herraje
- El puntal y sus fijaciones
- La puntera, su fijación y la costilla de a extremidad
- El revestimiento de la pala.

Como inicio de la inspección, se formó la mesa de trabajo donde se situó el manual de mantenimiento de la aeronave y la herramienta que se utilizó en la inspección, adicional se ubicó la plataforma de soporte de peso.

Figura 19

Preparación de mesa de trabajo



Nota. Como muestra la figura, se montó la plataforma de soporte desde donde se trabajó.

Como siguiente paso se utilizó el equipo de protección personal y se procedió a desmontar las palas, se trabajó con la carta de referencia 57.10.401, a paso seguido con una racha y copa 9, se aflojó los pernos cónicos mientras un ayudante sujetó la pala en la otra extremidad, una vez extraídos los pernos se sacó la pala de la mangueta.

Figura 20

Afloje de pernos cónicos y desmonte de palas



Nota. En la siguiente figura, se está desmontando la segunda pala, con la debida precaución.

3.7.2 Verificación de pie de pala y herraje

Se colocó las palas desmontadas sobre el coche transportador, como indicó el manual en la tarea de mantenimiento, posteriormente se continuó con la verificación de los pies de pala y herrajes, no se identificó fisuras en los orificios ni signos de corrosión.

Figura 21

Identificación de grietas y corrosión en pie de pala, herraje y puntal



Nota. Como muestra la siguiente figura, se revisó los pernos del herraje y los orificios del pie de pala.

A continuación, se revisó los pernos cónicos de fijación a la pala se observó que no tenían deformaciones, tampoco signos de desgaste por lo que se continuó con la limpieza de los pernos.

Figura 22

Verificación de condición y limpieza de pernos cónicos



Nota. Limpieza de pernos cónicos y colocación de lubriplate, para evitar formación de corrosión.

3.7.3 Verificación de las punteras

Por otro lado, se realizó una inspección visual de las punteras de las palas, no se observó ninguna formación de grietas ni de corrosión en la parte externa, se necesitó un examen exhaustivo a este elemento ya que protege a las pesas que se encuentran al extremo de la pala, una variación de estos elementos puede detonar en aumento de vibraciones afectando a la estructura de la aeronave.

Figura 23

Desmontaje de la puntera de la pala



Nota. La siguiente figura muestra el desmontaje de la puntera de la pala para la revisión de los elementos internos.

Como siguiente paso no se evidenció novedades sobre los orificios de fijación además el borde de salida no presentó desgaste ni desprendimiento del cuerpo de la pala por lo que se continuó limpiando toda esa superficie y se finalizó montando la puntera.

Figura 24

Se limpió la parte interna de la puntera



Nota. Como indica la figura, se limpió la suciedad en esa parte de la pala, se utilizó WD-40, después se montó la puntera.

3.7.4 Verificación del revestimiento de la pala

Una vez ubicada la pala en los brazos extensibles del coche transportador de palas, sobre la superficie de la pala se golpeó suavemente con un cilindro de duralong en busca de burbujas de aire, el golpe emitió sonido seco, lo que significó que no hay burbujas de aire, ni desprendimiento interno de las palas. La misma acción se realizó en el borde de ataque.

Figura 25

Búsqueda de burbujas de aire o desprendimientos internos



Nota. La siguiente figura muestra el proceso para detectar desprendimientos internos en la pala.

3.7.5 Verificación de corrosión en el revestimiento

Se revisó toda la superficie de la pala, en vista que todo el revestimiento que cubre la pala es metálico se aplicó una inspección visual en busca de pequeñas fallas o desprendimientos de esta superficie, se buscó dichas formaciones con más énfasis en las partes que son unidas a las palas como por ejemplo la unión de la pala con la puntera y también en las en las partes donde está pegada la banda de acero inoxidable que cubre el borde de ataque de la pala.

Figura 26

Búsqueda de anomalías en el revestimiento de la pala

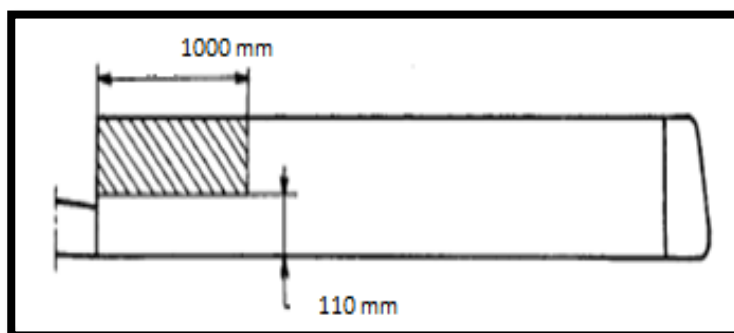


Nota. La figura muestra la inspección del revestimiento de la pala a fin de detectar fallas.

En caso de encontrar rayaduras en la pala, se debe tener en cuenta que estas son admisibles solo si son a partir de la mitad de la pala hacia el extremo, nunca deben estar situadas en el área sombreada como muestra la siguiente figura.

Figura 27

Zona no permitida para rayaduras



Nota. La siguiente figura muestra la superficie donde no se admiten rayaduras.

Adaptado de(eurocopter, 2010a)

3.7.6 Defectos en el borde de ataque y grietas

Se buscó defectos en el borde de ataque, debido que es una parte elemental para lograr la sustentación, no se encontró deformaciones tampoco grietas, pero en situación que existiera una grieta, esta no debe ser mayor de 8mm, si sobrepasara dicha medida tocaría devolver a la fábrica.

Figura 28

Búsqueda de grietas y defectos en el borde de ataque



Nota. La siguiente figura muestra cómo se debe inspeccionar el borde de ataque de la pala.

3.7.7 Defectos en los controles auxiliares de vuelo

Se revisó mencionados elementos, en sus uniones no presentó grietas, cabe recalcar que los controles auxiliares de vuelo vienen configurados de fabrica excepto uno. En vista que no existió agrietamiento, se procedió a limpiar suavemente con tela pañal humedecida.

Figura 29

Revisión de controles auxiliares de vuelo



Nota. Esta figura muestra la búsqueda de grietas en los controles auxiliares de vuelo.

Por otra parte, se verificó que la pala quede completamente limpia, se engrasó los orificios y herraje del pie de pala e incluso parte de la mangueta con lubriplate, posterior se alineó los orificios de la pala con los de la mangueta, se introdujo los pernos cónicos y se ajustó.

Figura 30

Montaje de pala y ajuste de pernos cónicos



Nota. Revisión que estén colocadas todas las tuercas de ajuste.

Como último punto se colocó el pasador de seguridad a través de la tuerca y quedó lista la aeronave con la tarea de mantenimiento cumplida a cabalidad.

Figura 31

Tuerca asegurada, finalización de la inspección



Nota. Se revisó que todas las tuercas estén correctamente aseguradas con su respectivo pasador.

3.8 Conclusión de la tarea de mantenimiento

Se realizó la tarea de mantenimiento 57.10.601- 1/16 en la cual se procedió a desmontar las palas principales del helicóptero Lama 315- B, se montó las palas sobre la herramienta especial y se verificó una a una las novedades. Se identificó suciedad sobre el revestimiento de las palas por tal razón se limpió exhaustivamente toda la pala, se continuó con la revisión de los de orificios y herrajes del pie de pala encontrándose sin novedad, el revestimiento de la pala, puntera, banda recubridora del borde de ataque y larguero, no presentaron anomalías por tal motivo se montó nuevamente las palas. Se cumplió la tarea de mantenimiento de forma satisfactoria, seguidamente se registró el estado de las palas en el Registro Individual de Componente (RIC).

Capítulo IV

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Para el desarrollo de esta inspección se utilizó el capítulo 57 del manual de mantenimiento de la aeronave, la tarea de mantenimiento 57.10.601- 1/16 detalló los puntos de verificación en las palas, mientras que la carta de referencia 57.10.401- 1/3, indicó los pasos a seguir en el desmonte de palas.
- Se concluye, la implementación de la herramienta especial para soporte y transporte de palas principales ayudó de forma significativa la realización de la tarea de mantenimiento, en vista que redujo el tiempo que tomó hacer la inspección, adicional evitó golpes en el elemento ya que los destajes donde encajan las palas están cubiertos por esponja de poliuretano protegiendo el borde de ataque de la pala todo el tiempo que dure la inspección.
- Se ejecutó la inspección de 400 horas a las palas principales del helicóptero Lama 315-B, se revisó orificios y herrajes del pie de pala, el revestimiento de las palas no tenía grietas, se verificó que las bandas de acero inoxidable que cubren el borde de ataque no tengan desprendimientos. Lo que se encontró fue suciedad, se procedió a limpiar las palas con tela pañal y detergente especial para revestimiento de aeronaves. Finalmente, las palas fueron montadas en el helicóptero nuevamente.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda la utilización del equipo de protección personal mientras se desarrolle cualquier tarea de mantenimiento, es muy importante precautelar la seguridad y bienestar del elemento humano, también se debe leer el manual operación, mantenimiento y seguridad antes de utilizar la herramienta.
- Siempre se debe designar una persona que este pendiente de la herramienta antes de utilizarla, esta verificará que se encuentre en condiciones operables antes de utilizarla, principalmente revisar las llantas giratorias pueden estar trabadas o lascadas y que los frenos funcionen en cada llanta.
- Finalmente, se recomienda realizar el mantenimiento periódico respectivo de la herramienta especial, a fin de precautela su buen funcionamiento y se alargue su tiempo de vida útil.

4.3 Glosario de términos

A

Aeronave: Medio de transporte capaz de sustentarse en el aire.

C

Ciclo: Se considera a un encendido y apagado del motor de una aeronave.

D

Diseño: Diversos estudios que se realizan antes de la creación de un aparato.

F

Fabricante: Persona encargada de la creación y elaboración de un producto.

Flexión: Deformación que presenta un cuerpo en dirección perpendicular al eje longitudinal.

I

Inspección: Conjunto de pasos a realizar a fin de detectar fallas, rajaduras en un elemento.

L

Larguero: Elemento principal dentro de la estructura de un elemento.

Longitud: Dimensión de un espacio, medido en línea recta

M

Mantenimiento: Todas las acciones que tienen como objetivo preservar el buen estado y funcionamiento de una aeronave.

Manual: Documento emitido por la casa fabricante, detallando pasos y procedimientos para dar mantenimiento a determinado objeto.

Motor: Es un elemento capaz de transformar energía eléctrica en energía mecánica.

P

Pala: Elemento que posee un perfil aerodinámico y crea sustentación.

Potencia: Es la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo.

Prototipo: Figura inicial de un objeto, que sirve de modelo para la fabricación de otros elementos iguales.

R

Rotor: Parte rotativa de un helicóptero.

S

Sustentación: Capacidad de mantenerse en el aire.

T

Tensión: Acción de fuerzas opuestas a las que se encuentra expuesto un elemento.

Torsión: Efecto producido por aplicar fuerzas paralelas en direcciones opuestas.

Tripulación: Grupo de personas encargadas de operar una aeronave.

4.4 Abreviaturas

IFR: Instrumental Flight Rules

VFR: Visual Flight Rules

I.E: Inspección Especial

T1: Tiempo 1

T2: Tiempo 2

TLV: Tiempo Límite de Vida

MIG: Metal Inert Gas

5. Bibliografía

eurocopter. (1995). *Anexo Descripción*.

eurocopter. (2006). Manual de Reparaciones.

eurocopter. (2010a). MANUAL DE MANTENIMIENTO.

eurocopter. (2010b). MANUAL DE MANTENIMIENTO.

F.A.S. (2020). *Aéropatiale SA-315B Lama*. Fuerza Aérea El Salvador.

Recuperado el 16 de dic de 2020. Obtenido de:

<http://www.fas.gob.sv/aeronaves/pasado/lama/lama.html>

FLORES TREJO LUIS ALBERTO & SÁNCHEZ VALTIERRA JHONNATAN.

(2010). " *DISEÑO CONCEPTUAL Y CÁLCULO AERODINÁMICO DE UNA PALA PARA UN HELICÓPTERO MONOPLAZA*. Recuperado el 13 de mar de 2021. Obtenido de:

<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8043/1/TESINA-AERO-005.pdf>

FUERZA TERRESTRE ECUATORIANA. (2013). *MANUAL GENERAL DE MANTENIMIENTO*.

Gómez, M. F., & Pozuelo, E. B. (2010). *ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA PALA DEL ROTOR DE UN HELICÓPTERO MEDIO*. 154. Recuperado el 05 de ene del 2021. obtenido de: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/10083#preview>

Rivadeneira, C. (2020, mayo 25). *Aviación del Ejército*. Ejército Ecuatoriano.

Recuperado el 14 de mar de 2021. Obtenido de:

<https://ejercitoecuadoriano.mil.ec/institucion/fftt/sistema-de-armas/aviacion-del-ejercito>

6. Anexos