



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA

**MONOGRAFÍA: PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**TEMA: INSPECCIÓN DEL AMORTIGUADOR DEL TREN DE
ATERRIAJE E IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA ESPECIAL
PARA EL SERVICIO DEL LÍQUIDO HIDRÁULICO DE ACUERDO A LA
TAREA DE TRABAJO N°12.20.00 DURANTE LA INSPECCIÓN DE 300
HORAS DEL HELICÓPTERO MI, EN BENEFICIO A LA 15-BAE.**

AUTOR: CHISAGUANO VILAÑA, MIGUEL EDUARDO

DIRECTOR: ARCOS CASTILLO, ROGELIO PAÚL

LATACUNGA

2020



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **INSPECCIÓN DEL AMORTIGUADOR DEL TREN DE ATERRIZAJE E IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA ESPECIAL PARA EL SERVICIO DEL LÍQUIDO HIDRÁULICO DE ACUERDO A LA TAREA DE TRABAJO N°12.20.00 DURANTE LA INSPECCIÓN DE 300 HORAS DEL HELICÓPTERO MI, EN BENEFICIO A LA 15-BAE** fue realizado por la señor **CHISAGUANO VILAÑA MIGUEL EDUARDO**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, enero del 2020

Tlgo. Arcos Castillo, Rogelio Paúl

C.C. 040151519-2



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **CHISAGUANO VILAÑA MIGUEL EDUARDO**, declaro que el contenido de ideas y criterios del trabajo de la monografía: **INSPECCIÓN DEL AMORTIGUADOR DEL TREN DE ATERRIZAJE E IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA ESPECIAL PARA EL SERVICIO DEL LÍQUIDO HIDRÁULICO DE ACUERDO A LA TAREA DE TRABAJO N°12.20.00 DURANTE LA INSPECCIÓN DE 300 HORAS DEL HELICÓPTERO MI, EN BENEFICIO A LA 15-BAE**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación es veraz.

Latacunga, enero del 2020

.....
Chisaguano Vilaña, Miguel Eduardo

C.C. 171970870-1



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **CHISAGUANO VILAÑA MIGUEL EDUARDO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“INSPECCIÓN DEL AMORTIGUADOR DEL TREN DE ATERRIZAJE E IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA ESPECIAL PARA EL SERVICIO DEL LÍQUIDO HIDRÁULICO DE ACUERDO A LA TAREA DE TRABAJO N°12.20.00 DURANTE LA INSPECCIÓN DE 300 HORAS DEL HELICÓPTERO MI, EN BENEFICIO A LA 15-BAE”**. En el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterio son de mi responsabilidad.

Latacunga, enero del 2020

.....
Chisaguano Vilaña, Miguel Eduardo

C.C. 171970870-1

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios quien con su infinita virtud e inmenso amor hizo posible alcanzar uno de mis más anhelados sueños e ideales, la culminación de mi carrera profesional, la misma que fue realizada con gran dedicación y sacrificio durante mi permanencia en la UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS de la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

A mi familia en especial a mis padres que siempre han estado ahí para guiarme por el camino del bien y del éxito para formarme como la persona que soy, porque no solamente es un triunfo para mi sino para ellos también y me siento muy orgulloso de ser su hijo.

Y las personas que confían en mí, han sido, son y serán, mi fuerza y mi inspiración para todo propósito que me proponga en la vida.

CHISAGUANO VILAÑA MIGUEL EDUARDO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de vivir, por la salud y las bendiciones derramadas para alcanzar la meta de graduarme en esta carrera.

Un agradecimiento especial a mis padres por todo el apoyo incondicional durante mi vida, sus consejos y por guiarme siempre por el camino del bien para poder cumplir mis metas y aspiraciones.

A la Aviación del Ejército Ecuatoriano y a la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE, por haberme permitido desarrollar mis conocimientos en estos años, en los cuales he compartido muchas experiencias, sueños e ideas propias de esta etapa de formación académica. Finalmente a mis docentes por ser la fuente de mis enseñanzas para que en mi futuro cercano poder enfrentarme cada reto en mi vida profesional.

CHISAGUANO VILAÑA MIGUEL EDUARDO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA	
CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ABSTRACT	xv

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema.	3
1.3 Justificación	5
1.4 Objetivos.....	7
1.4.1 Objetivo General	7

1.4.2	Objetivos Específicos.....	7
1.5	Alcance.....	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Introducción.	9
2.1.1	Qué es un helicóptero.....	10
2.2	Generalidades del helicóptero MI-171.	12
2.3	Sistema de trenes de aterrizaje.	14
2.3.1	Características del tren de aterrizaje.....	14
2.4	Tren de aterrizaje Helicóptero Mi 171.	15
2.4.1	SHOC STRUT (Estructura de absorción de impacto).	18
2.4.2	El cilindro (30).....	19
2.4.3	Pistón de cámara de alta presión (31).	19
2.4.4	Válvula de carga (25).....	19
2.4.5	BEARING (12).	20
2.4.6	Pistón (22).	20
2.4.7	Topes hidráulicos y registradores magnéticos	21
2.4.8	Barra de radio.....	23

2.4.9	STRUT “puntal”.....	23
2.5	Operación del tren de aterrizaje del helicóptero MI 171.	24
2.5.1	Operación del SHOCK STRUT.	24
2.5.2	Operación del interruptor y Topes hidráulicos	26
2.6	Tareas de mantenimiento ligado al manual N° 12.20.00.	26
2.7	Tipos de mantenimiento.....	29
2.8	Herramientas especiales.	30
2.9	Medidas de seguridad.....	31

CAPÍTULO III

DESARROLLO DELTEMA

3.1	Introducción al capítulo.....	32
3.1.1	Flujograma de actividades.	33
3.2	Análisis del problema mecánico.....	34
3.3	Ejes de solución.....	36
3.4	Análisis del modelo mecánico.....	37
3.5	Esbozo del modelo mecánico.	40
3.5.1	Calculo del factor de seguridad.....	42
3.6	Construcción del modelo mecánico prensa axial.	44

3.6.1	Adquisición del material.	45
3.6.2	Manufactura del material.	46
3.6.3	Ensamble de la estructura (Jaula).....	48
3.6.4	Pintura de la estructura.....	50
3.6.5	Tareas misceláneas.....	51
3.7	Pruebas funcionales	52
3.8	Pruebas operativas (SERVICEO).	53
3.8.1	Requerimientos.....	54
3.8.2	Procedimientos.....	55
2.9	Criterios de aprobación.....	59
3.10	Evaluación coste beneficio.....	61

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	Conclusiones.	64
4.2	Recomendaciones	64

BIBLIOGRAFÍA	66
---------------------------	-----------

ANEXOS	70
---------------------	-----------

ANEXO A: Manual de la herramienta.

ANEXO B: Orden de trabajo.

ANEXO C: Recurso humano para la inspección.

ANEXO D: Cumplimiento del trabajo.

ANEXO E: Carta de trabajo N° 201.

ANEXO F: Planos de la herramienta.

ANEXO G: Análisis estático de la herramienta e índice de seguridad.

ANEXO H: Carta de trabajo 12.20.00 (4.9).

ANEXO I: Carta de trabajo 12.20.00 (4.10).

ANEXO J: Certificado de ensayo no destructivo NDI.

ANEXO K: Certificado de aceptación.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características Helicóptero Mi-171	13
Tabla 2	Parámetros de trabajo del SHOCK STRUT	21
Tabla 3	Pruebas funcionales.....	53
Tabla 4	Pruebas operativas	59
Tabla 5	Costo total.....	67

ÌNDICE DE FIGURAS

Figura. 1	Sustentación de ala rotatoria	10
Figura. 2	Helicóptero con tren tipo SKY	11
Figura. 3	Helicóptero Mi con tren rodante y DAMPER	12
Figura. 4	Signatura del tren de aterrizaje Helicóptero Mi-171	16
Figura. 5	Ensamble del tren principal y sus componentes	17
Figura. 6	Elemento I, y II del manual MM Mi 171	18
Figura. 7	Ilustración del SHOCK STRUT y sus componentes.....	20
Figura. 8	Topes hidráulicos y registradores magnéticos	22
Figura. 9	Barra de radio identificada con el numero “3”	23
Figura. 10	STRUT con la identificación “4”	24
Figura. 11	Diagramas de operación SHOCK STRUT	25
Figura. 12	Carta de tarea 201.....	27
Figura. 13	Extracto de la tabla TS 101	29
Figura. 14	Planificación de actividades.....	33
Figura. 15	Primer plano del amortiguado tren Mi-171	34
Figura. 16	Amortiguador en posición de serviceo.....	35
Figura. 17	Maquina para el serviceo del amortiguado TREN Mi-171	37
Figura. 18	Tabla de espesores barras ASTM A36	38
Figura. 19	Tabla de resistencia estructural ASTM A36.....	38
Figura. 20	Gata de tornillo sin fin (HUSILLO)	39
Figura. 21	Gata hidráulica	40

Figura. 22	Diseño de PRENSA AXIAL.....	41
Figura. 23	Limite Elástico	42
Figura. 24	Estudio del factor de seguridad	43
Figura. 25	Flujograma construcción	44
Figura. 26	Manufactura del material (PREPARADO).....	46
Figura. 27	Corte del material	47
Figura. 28	Angulado de los tubos	47
Figura. 29	Ensamble de la estructura	48
Figura. 30	Suelda con MIG.....	49
Figura. 31	Rectificados de la suelda.....	49
Figura. 32	Compresora axial preparada	50
Figura. 33	Acabados compresora axial	51
Figura. 34	Herramienta de compresión axial terminada	52
Figura. 35	Planeación y herramientas	56
Figura. 36	Punto de conexión inferior del SHOCK STRUT	57
Figura. 37	Línea de servicio de nitrógeno SHOCK STRUT	58
Figura. 38	Montaje del SHOCK STRUT en la maquina prensadora axial	58
Figura. 39	Señaletica en la herramienta	58
Figura. 40	Carga de nitrógeno SHOCK STRUT	59
Figura. 41	Orden de trabajo N° 47.....	61
Figura. 42	Extracto de la aceptación legal de conformidad.....	61

RESUMEN

En este documento que se desglosa a continuación, contiene información acerca de las tareas ejecutadas para realizar la **INSPECCIÓN Y SERVICIO** del **AMORTIGUADOR DEL TREN DE ATERRIZAJE**, pero para ello y en busca de un orden adecuado se ha referido la totalidad en cuatro capítulos, en el primero en donde se describe textualmente porque era necesario realizar la **INSPECCIÓN Y SERVICIO**, en base al límite de **300 HORAS** definido por la **TAREA DE TRABAJO**, y cuáles son los objetivos a seguir en pos de dar mantenimiento al **AMORTIGUADOR DEL TREN DE ATERRIZAJE**, en la segunda sección o capítulo se exponen las teorías fundamentales para comprender en una extensión global al helicóptero Mi-171, su historia, las características más relevantes, su estructura y luego enfocándose en conceptos vertidos en la **TAREA DE TRABAJO**, puesto que es allí donde se puntualizaran de forma ordenada las acciones que se van a realizar, también se plantea la creación de una herramienta que facilita la tarea de servicio en el **AMORTIGUADOR DEL TREN DE ATERRIZAJE**, en el capítulo tres se pone en práctica las directrices trazadas en la orden de trabajo, una introducción, seguida de la planificación y la construcción de una herramienta especial para dicha tarea, acompañado de imágenes y el relato textual de todo aquello que implicó la **INSPECCIÓN Y SERVICIO**, además de un análisis crítico de los costos que estuvieron involucrados en todo el desarrollo, por último en el capítulo cuarto se verterán las conclusiones que se obtuvieron posterior al trabajo práctico, y un conjunto de recomendaciones que sirvan en un futuro para personal que realice la **INSPECCIÓN Y SERVICIO** de 300 HORAS, del helicóptero MI-171.

PALABRAS CLAVE:

- **HELICÓPTERO MI-171 - INSPECCIÓN Y SERVICIO**
- **AMORTIGUADOR DEL TREN DE ATERRIZAJE**
- **HELICÓPTERO MI-171 - MANUAL DE MANTENIMIENTO**

ABSTRACT

The present research which contains information about the tasks carried out to carry out the **LANDSCAPE MASTER INSPECTION AND SERVICE**, but for this purpose and in search of a suitable order, it has been referred to in four chapters, the first one describing textually why it was necessary to carry out the **INSPECTION AND SERVICE**, based on the **300 HOUR** limit defined by the **WORK TASK**, and which are the objectives to follow in order to give maintenance to the **LANDING TRAIN DAMPER**, in the second section or chapter the fundamental theories are exposed to understand in a global extension to the Mi-171 helicopter, its history, the most relevant characteristics, its structure and then focusing on concepts poured in the **WORK TASK**, Since it is there where the actions to be carried out will be specified in an orderly manner, the creation of a tool that facilitates the service task in the **LANDING TRAIN DAMPER** is also proposed. In chapter three, the guidelines outlined in the work order are put into practice, an introduction, followed by the planning and construction of a special tool for this task, accompanied by images and a textual account of everything that was involved in the **INSPECTION AND SERVICE**, in addition to a critical analysis of the costs that were involved in all the development, finally in the fourth chapter will be the conclusions that were obtained after the practical work, and a contours of recommendations that serve in the future for personnel who perform the **INSPECTION AND SERVICE** of 300 HOURS, the MI-171 helicopter.

KEY WORDS

- **MI- 171 HELICOPTER - INSPECTION AND SERVICING**
- **UNDERCARRIAGE SHOCK ABSORBER**
- **MI-171 HELICOPTER - MAINTENANCE MANUAL**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes

Según (Macías, 2018), a finales de los años noventa llegaron los primeros helicópteros MI-171 al Ecuador, con esta llegada se hace necesario crear un lugar adecuado para la estadía operaciones y mantenimiento del equipo antes mencionado. Tomando en cuenta esas necesidades se direcciona el helicóptero a la 15-B.A.E. "PAQUISHA", donde se encuentra el Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército. Como se tomó de (Paquisha, 2018) La Brigada de Aviación del Ejército, por intermedio de la LOGÍSTICA AÉREA, ha elaborado el Manual General de Mantenimiento, en el cual se establecen los procedimientos a seguirse en los niveles de mantenimiento; para ello se ha escogido como patrón o guía todas las normas, métodos, prácticas y técnicas señaladas en los manuales de servicio publicados por las casas fabricantes de las aeronaves con la que opera la 15-B.A.E. "PAQUISHA", y de acuerdo a las necesidades y exigencias. Es de gran importancia puntualizar que la tarea de realizar herramientas especiales, no es nuevo en el campo de la aviación, desde que existen aeronaves, los mecánicos en base a los manuales de mantenimiento y de herramientas especiales han ido adaptando sus necesidades a construcciones e ingenios que les permiten dar mantenimiento y solución a características de daño o reparación en el equipo.

En el Ecuador no es diferente, se puede tomar en cuenta el trabajo de (Ruiz, 2007), cuya investigación fue “La construcción de una herramienta especial para el desarmado y armado del conjunto de los resortes de embanderamiento de las Hélices HARTZELL HC-B3TN-3D” realizada en el año 2007, que como se expone textualmente en sus conclusiones, la herramienta especial satisface los requerimientos operacionales, además hace referencia a que el COTRAN logro una gran aceptación de la herramienta en el escuadrón de mantenimiento 1121.

Otra investigación de la que fue beneficiario el antiguo Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, hoy Unidad de Gestión de Tecnologías, fue la realizada por (Veliz, 2011), con el título “Desmontaje de la hélice del motor No 1 del avión FAIRCHILD F-27J con matrícula HC-BHD, para su traslado desde el Ala de Transporte No 11 en la ciudad de Quito, hasta el Campus del INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO” en la que estaba abarcada la construcción de una herramienta especial, para el transporte del ala, en sus conclusiones figura textualmente que “Las herramientas especiales para el desmontaje de la hélice fueron un aporte importante para realizar un buen trabajo”.

Es imperativo dar a conocer que el helicóptero MI-171 al que se le intenta dar mantenimiento, se encuentra en una fase de inspección programada periódica de 300 horas, es decir, que se hace en etapas de tiempo establecidas en los registros de mantenimiento. Tomando en cuenta los lineamientos de trabajo del centro de mantenimiento, donde se encuentra el helicóptero MI-171, en el cual se realiza sus inspecciones programadas y la particular condición de mantenimiento del helicóptero hacen factible el proyecto presentado. Además tomando en cuenta que existen otras

investigaciones en las que se han realizado herramientas especiales, para una tarea específica y que ellas han logrado cumplir con las expectativas de los usuarios, en el área de la aeronáutica, y en el campo del mantenimiento, tomando esos preceptos la construcción de la herramienta especial y servicios del helicóptero MI-171 son totalmente aceptables.

1.2 Planteamiento del problema.

La 15-B.A.E. “Paquisha”, es una brigada dependiente del Ejército Ecuatoriano, Pero no fue así siempre según un extracto de (Ejército ecuatoriano, 2019), los inicios de la Aviación del Ejército se reconocen en el año de 1954, el entonces capitán Colón Grijalva encabeza la creación del SAE, Servicio de Aviación del Ejército, mismo que no trabajo en la zona oriental hasta finales del año 61, para ese entonces el contingente de aeronaves estaba conformada principalmente por CESSNA y los trabajos se realizaban el conjunto con personal de la FAE. En el año 78 se crea por orden ministerial el CEMAE, el Centro de Mantenimiento del Ejército, mismo que se encargó de formar a las promociones de mecánicos específicamente en las tareas que le eran aplicables al SAE, una vez culminado el conflicto del 81 en la Cordillera del cóndor, y por sus valientes y heroicas acciones el comando conjunto por orden ministerial decide considerar a este contingente como BRIGADA, del ejército. Desde ese entonces han sucedido muchos cambios, uno de los más relevantes es que la aviación del ejército pasa a considerarse un arma más. Es recalable señalar que la 15-B.A.E. “Paquisha”, ha cumplido con la tarea de almacenamiento, operaciones y mantenimiento de las aeronaves que allí han llegado, en la actualidad es conocida como la base de fuerza de acción inmediata, dado su

respuesta a las necesidades logísticas y de combate que han requerido de ella.

Para el lector debe ser fundamental entender que la aviación tiene un conjunto de reglas y lineamientos específicos para ella, la 15-B.A.E. "Paquisha", al ser también una dependencia donde se realizan tareas de mantenimiento, no está excluida de dichas normativas, a partir de la llegada de los helicópteros MI-171 a dicha dependencia a finales del conflicto del alto Cenepa, se han llevado las tareas de mantenimiento programado, y no programado, cumpliendo con las necesidades de la fuerza y del país, pero al pasar más de 25 años desde su llegada muchas de las herramientas que se adquieren con la licitación de compra se han visto deterioradas o han cumplido su límite de esfuerzos y cargas por ello han comenzado a deformarse, y en otros casos simplemente son inservibles.

Otro factor a considerar es el factor de gasto público y las adquisiciones que se consideran como de material bélico, explicado de otra forma, en este momento el país no puede hacer frente a gastos de índole militar puesto que el país se encuentra en austeridad económica, y dado que la 15-B.A.E. "Paquisha", pertenece a una institución de índole gubernamental, sus adquisiciones deben pasar por la aprobación del mismo, por otra parte se debe tomar en cuenta el factor geopolítico, y los factores de embargo y compra de armamento posteriores al conflicto del año 95. Tomando en cuenta las puntualizaciones anteriores, y dando a conocer que la herramienta que fungía como soporte para el proceso de serviceo del amortiguador del tren montado en el helicóptero MI-171 es inexistente, se ve la necesidad de implementar la herramienta especial que preste las garantías para ser utilizada de forma segura para el personal técnico de

mantenimiento, y que no afecte a las partes mecánicas de la aeronave.

Es necesario puntualizar que la aeronave a la que hace referencia esta investigación está en el proceso de mantenimiento programado, que se realiza cada 300 horas, y la no existencia de una herramienta como la que se describe, podría generar en retrasos en las fases de mantenimiento, y la cadena de incumplimiento en fechas no solo para el equipo de mantenimiento, sino para la aeronave, y las tareas que ya están planificadas para esta, y por ultimo generando un gran perjuicio a la Aviación del Ejército en las misiones que realiza, quien lee este proyecto debe entender que se trata de un equipo de apoyo de combate y abastecimiento que se utiliza con regularidad en tareas de apoyo al Ejército Ecuatoriano.

1.3 Justificación

Dentro del proceso de mantenimiento de 300 horas en la que se encuentra el Helicóptero MI-171, se encuentra establecido realizar la inspección y serviceo del amortiguador del tren de aterrizaje al que hace referencia esta investigación, esta tarea es mandatorio según la documentación de la aeronave, y las reglamentaciones de operaciones para este tipo de equipos. El dejar de lado un mantenimiento de este tipo, no solo que puede verificar el estado de los trenes de aterrizaje del helicóptero, sino que podría tener consecuencias fatales en futuras operaciones que requieran un correcto y eficaz funcionamiento de los amortiguadores que se encuentran integrados en el sistema de trenes de aterrizaje, es por eso que se plantea la construcción de una herramienta que permita realizar la tarea de serviceo en el helicóptero MI-171.

Es evidente que un proyecto de la envergadura del que se propone tiene aspectos positivos de recalcar, en caso de que se realizase se alargaría la vida útil del helicóptero MI-171 del Ejército Ecuatoriano, con esto se conlleva un conjunto de consecuencias, la continuidad de la 15-B.A.E. "Paquisha" en el cumplimiento de sus funciones, no solo en el campo de la operatividad y el poder aéreo, sino con su misión y visión planteadas en el comando conjunto, dado que esta brigada pertenece a lo que se denomina Fuerza Armadas del Ecuador, y esta última es una institución del estado, es el equivalente a aportar de forma positiva no solo al mantenimiento de una aeronave de ala rotatoria, sino de forma indirecta al engrandecimiento del país, en sus ejes de desarrollo, en este caso el de la defensa nacional.

Una vez terminado el proceso de serviceo, del amortiguador del tren de aterrizaje del helicóptero MI-171, se prevé que el principal beneficiario sea la 15-B.A.E. "Paquisha", pero visto desde una perspectiva del mantenimiento y del personal que realiza las acciones antes previstas también serían beneficiarios, dado que la capacidad de realizar las tareas sin necesidad de inconvenientes, como el que plantearía la falta de la herramienta, y por consecuencia del serviceo, es invaluable.

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, obteniendo un resultado favorable y dando la vía libre para la presentación previa aprobación de proyecto en La UGT-ESPE.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo General

Inspeccionar el amortiguador del tren de aterrizaje acorde a la tarea de mantenimiento N°12.20.00 durante la inspección de 300 horas del helicóptero “MI-171”, para mantener la operabilidad de la aeronave en las misiones de vuelo que realiza la 15-BAE.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Establecer una base informativa, segura, fiable, acorde a la aeronave, y reglamentaciones aeronáuticas vigentes.
- Analizar la información correspondiente al sistema de amortiguación del tren de aterrizaje del helicóptero MI-171, delimitar las necesidades y parámetros para la construcción de una herramienta especial que permita realizar el serviceo del componente antes mencionado.
- Desarrollar todas las tareas de mantenimiento descritas en el manual N° 12.20.00, además de la construcción de la herramienta necesaria para la tarea que describe el manual.

1.5 Alcance

Este proyecto tiene como alcance desde lo micro a lo macro, el investigador, todos los elementos relacionados con el mantenimiento del amortiguador que son parte de los trenes de aterrizaje del helicóptero Mi-171, el personal administrativo que gestiona la

documentación de mantenimiento de la aeronave, y todos aquellos que se encuentran en los hangares de mantenimiento que utilicen o manipulen cualquier elemento que se desarrolle en este proyecto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción.

Esta sección del documento intentara mostrar los datos más relevantes y necesarios para el entendimiento global del proyecto y su específica área de investigación y desarrollo, además debe entenderse el conjunto de tareas que se espera realizar, en primer lugar está la función principal del proyecto que es el de dar inspección y serviceo al amortiguador del tren de aterrizaje, de acuerdo a una orden específica de mantenimiento que es la TO N° 012.20.00, que es aquella que describe, no solo esta tarea, si no todas las tareas de serviceo, es por eso que se describirán solo las transcripciones textuales del mencionado manual, a fin de no perturbar la focalización de los conceptos, con unos “innecesarios” para esta búsqueda.

De forma general, se toparan tópicos como las generalidades del helicóptero Mi 171, su sistema de aterrizaje, el amortiguador, secciones del manual, como se mencionó antes, los tipos de mantenimiento, y las herramientas involucradas en la tarea de campo, además de ciertas consideraciones en base al desarrollo de herramientas especiales, si el caso lo requiriese. Es también recalable que la información contenida en todo el proyecto estará citada y debidamente referenciada, para que el lector tenga la oportunidad de complementar los conceptos y teorías en los documentos originales, además que se adjuntaran copias digitales de los manuales.

Es necesario comentar, que el proyecto tiene como gran objetivo, ayudar al engrandecimiento de la Aviación del Ejército, y en especial a la 15 B.A.E “PAQUISHA”, que es el operador de este tipo de equipos, a través de la aplicación de los conocimientos obtenidos por medio de las cátedras y prácticas de mantenimiento a aeronáutico dictadas en las aulas de la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE.

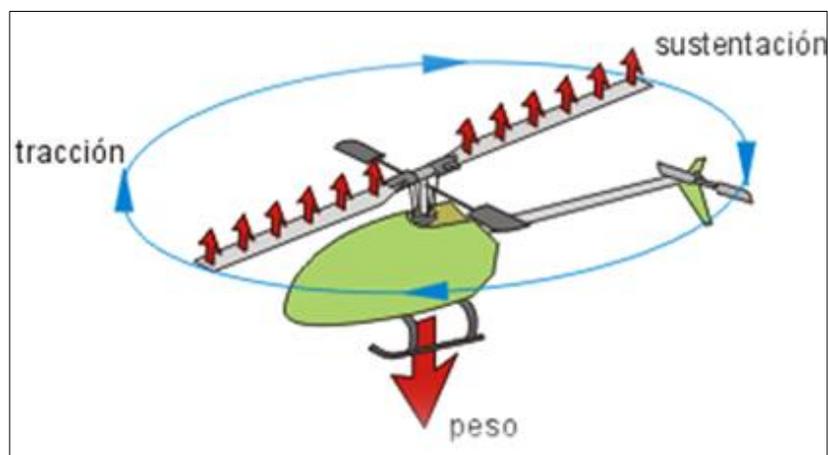


Figura. 1 Sustentación de ala rotatoria
Fuente: (ASOC.Pasiónporvola, 2017)

2.1.1 Qué es un helicóptero.

Un helicóptero según (DGAC, 2018), es una Aeronave que se mantiene en vuelo principalmente en virtud de la reacción del aire sobre uno o más rotores propulsados mecánicamente que giran alrededor de ejes verticales o casi verticales. Por otra parte (Malasia, 2018), menciona que es una aeronave con una gran hélice en su parte superior central y otra más pequeña en la cola; este sistema permite que el aparato despegue y aterrice en vuelo vertical, se desplace en el aire hacia delante o hacia atrás, a derecha o izquierda o, incluso, que se mantenga suspendido en el aire.

Lo cierto es que un helicóptero es un elemento que puede mantener su sustentación por medio del giro de las hélices que se encuentran en el eje motor, la sustentación se produce por el aire que pasa a más velocidad por la parte superior de la pala, creando LIFT, o levante, este conjunto de aeronaves pertenecen a las “AERONAVES DE ALA ROTATORIA”.



Figura. 2 Helicóptero con tren tipo SKY
Fuente: (Homelandsecurity, 2017)

Estos equipos suelen estar dotados de trenes de aterrizaje unos pueden estar dotados de equipos tipo SKY, que son muy fuertes y están diseñados para soportar grandes cargas axiales el momento del aterrizaje, en especial en zonas de poca accesibilidad, y muy agrestes, por otro lado existen los que poseen trenes dotados de conjunto rodante como el del Mi-171, con gran resistencia, y amortiguadores, que reducen el impacto en la estructura y los tripulantes. Es importante recalcar que la construcción y el desarrollo ligado al Mi-171, es el resultado de investigaciones que se llevaron en secreto durante varios años en la época de la guerra fría.



Figura. 3 Helicóptero Mi con tren rodante y DAMPER
Fuente: (AviaHelicopters, 2018)

2.2 Generalidades del helicóptero MI-171.

En base a una publicación de (AviacionEspaña, 2018), que menciona que fueron desarrolladores soviéticos los que desarrollaron este helicóptero para el campo civil y de rescate, pero por su gran efectividad se decidió crear una versión para fuerzas armadas obteniendo gran efectividad éxito, y record de seguridad. De este equipo se puede decir que es una modificación del MI 8AMT, equipo desarrollado en la ciudad de Ulan-Ude en el apoyo directo de la oficina de desarrollo militar MIL. Según una interpretación de (AviacionEspaña, 2018), el Mi-171 es una unidad aérea de última generación que incluye las características más positivas de los modelos anteriores de helicópteros militares de este tipo. Para cumplir eficazmente las misiones de combate, el helicóptero está equipado con todo un conjunto de varias armas. Además se puede agregar que esta máquina al pasar de los años ha sufrido constantes evoluciones ligadas a los avances de la tecnología, convirtiéndola en un icono de la seguridad.

Tabla1
Características Helicóptero Mi-171

HELICÓPTERO	Mi-8AMT (Mi-171)
El diámetro del rotor, m	21.29
Diámetro del rotor de cola, m	3.91
longitud m	18.17
Altura, m	5.65
Peso, kg	
Vacío	6800
despegue normal	11100
máxima de despegue	12000
Tipo del motor	2 GTM TB3-117BM
kW de potencia	2 x 1641 (2014)
Velocidad máxima km / h	250
La velocidad de crucero, km / h	225
intervalo práctico, km	
Normal	610
con dos tanques de combustible	1065
techo práctico, m	5000
techo estática, m	3900
Tripulación	3
Carga útil:	Hasta 26 pasajeros o paracaidistas 37 o camilla 12 con acompañamiento o 4000 kg de carga en la cabina o 4000 kg en la suspensión

Fuente: (AviaHelicopters, 2018)

2.3 Sistema de trenes de aterrizaje.

En base a un documento expuesto por (Plataforma10, 2018) Las funciones del tren de aterrizaje son varias, pueden resumirse las siguientes:

- Sirve como soporte general de un avión.
- Permite el movimiento de la aeronave en la superficie, tanto al momento de despegar como de aterrizar.
- Amortigua y absorbe el impacto que genera el aterrizaje.
- En la superficie, el tren de aterrizaje debe tener capacidad de frenado y direccionamiento, lo cual hace a través de las ruedas.

2.3.1 Características del tren de aterrizaje.

- Debe ser liviano y robusto a la vez; NO puede superar el 4% del peso total de la aeronave (no puede superar el 6% si son aviones con motor de hélice).
- De fácil mantenimiento y de producción económica (por lo tanto construcción sencilla).
- La capacidad de absorción de la energía cinética debe ser increíble, a tal punto que el impacto de los choques fuertes no debe transmitir en absoluto la sensación al resto de la aeronave.
- Debe tener aceptables/suficientes características en su estabilidad direccional (rango y amplitud de giro y movimiento).
- Debe ser controlable a altas velocidades en tierra (en despegues y aterrizajes) porque cuando está en contacto, es la única pieza que mantiene el control.

- El mecanismo de retracción del tren debe tener características similares, es decir sencillo y robusto.
- El sistema de frenos debe ser eficaz (no puede no funcionar), de poco desgaste (no se lo puede controlar 'todos los días', simplemente debe funcionar) y con buena/muy buena disipación del calor (ya que es muy alto el peso de la aeronave, no se puede recalentar y dejar de ser eficaz).

Como se puede apreciar los sistemas de soporte a la aeronave en tierra cumplen funciones variadas, y pueden tener formas diversas según la necesidad del equipo, y las condiciones en las que operara, además de ciertas facciones propias de los fabricantes, para plantear un ejemplo la gran mayoría de helicópteros Mi de la década de los 50 a 60 se caracterizan por sus trenes de triciclo con amortiguador.

2.4 Tren de aterrizaje Helicóptero Mi 171.

La información que se desglosa a continuación, es la interpretación del manual de mantenimiento del helicóptero Mi-171 sección 032.00.00 (Mil, 1995) El tren de aterrizaje del helicóptero está enteramente destinado a la absorción del impacto y las fuerzas que actúan en este al momento de aterrizar, despegar, e incluso realizar el taxeo, el conjunto de aterrizaje comprende el tren de nariz, los trenes principales, y el BUMPER de cola (estructura que aguanta los choque de cola), los anteriores equipados con amortiguadores de presión oleo neumática (utiliza fluido y de algún gas).

El tren de aterrizaje del helicóptero carece de la capacidad de retraerse, en los amortiguadores se encuentra aceite AMT-10 como liquido del sistema oleo neumático, y

el nitrógeno como gas. En los extremos de los trenes principales se encuentra una rueda, esta tiene la capacidad de frenar puesto que se encuentra dotada de freno de tipo zapata, con control neumático, al final de la cola, o en el extremo de ella se encuentra la pluma de cola, este no es más que un soporte estructural que protege el rotor de cola en ocasiones en la que el equipo tenga que realizar aterrizajes en ángulos pronunciados.

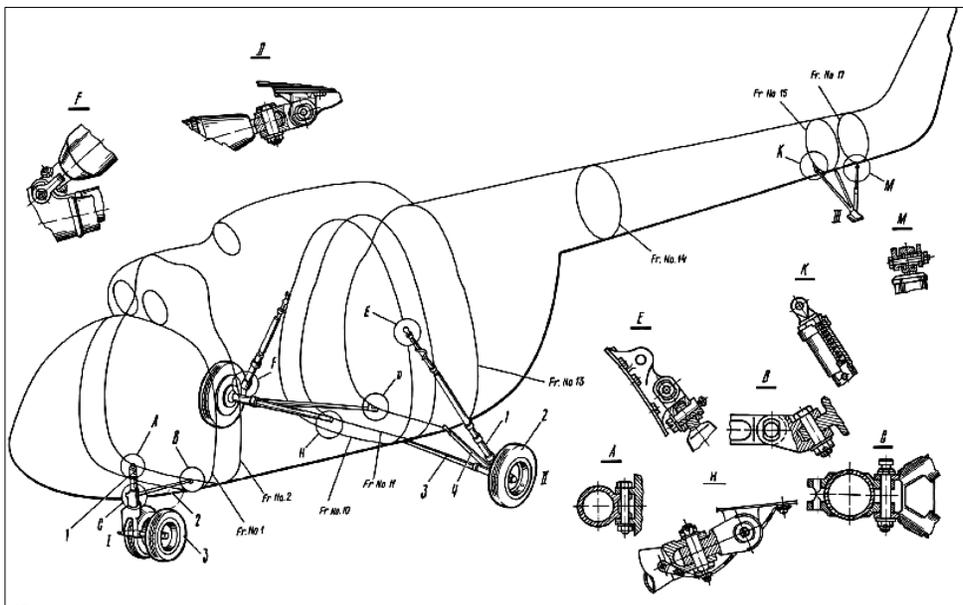


Figura. 4 Signatura del tren de aterrizaje Helicóptero Mi-171
Fuente: (Mil, 1995)

En la Figura 4 se muestra de forma gráfica los componentes que forman parte del conjunto de trenes de aterrizaje del helicóptero al que hace referencia esta monografía, a continuación se delimitaran sus ubicaciones en base a la nomenclatura de la figura mencionada.

I- Tren de nariz

II- Tren principal

III- Pluma de cola TAIL BUMPER

Los puntales o extremos del tren de aterrizaje principal son de tipo cónico y dispuestos a los dos costados del fuselaje, cada estructura de aterrizaje está conformada por dos cámaras de soporte estructural de cargas, la estructura en sí, el montante de la rueda y la rueda, la estructura de soporte de cargas SHOCK STRUCT por medio del ROD EYE es ensamblado en el marco de la estructura cuaderna N°10.en lado izquierdo y derecho respectivamente mientras que a través de la barra de control se encuentra unida a la articulación universal de la RADIUS ROAD.

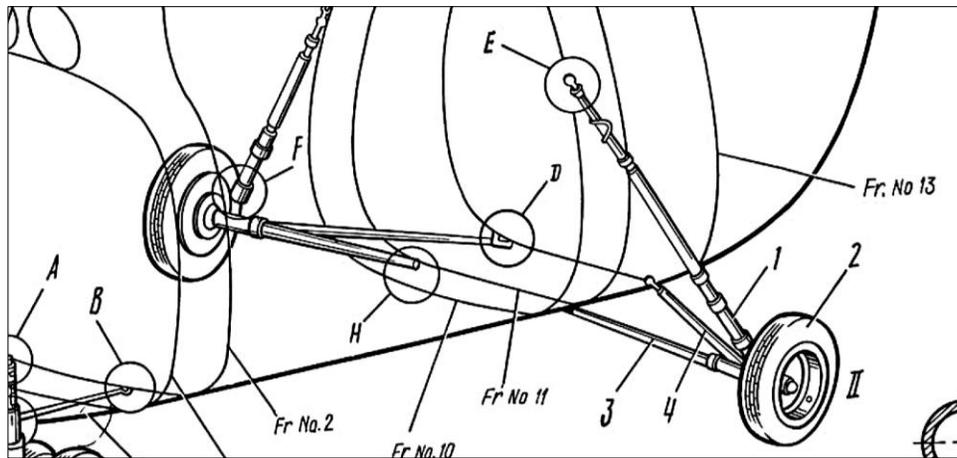


Figura. 5 Ensamble del tren principal y sus componentes
Fuente: (Mil, 1995)

Si se toma en cuenta la nomenclatura de la Figura 5 se puede desglosar la siguiente información enlazada a los componentes del tren principal:

- 1- SHOCK STRUCT (estructura de absorción de cargas)
- 2- WHEEL (llanta)
- 3- RADIUS ROAD (barra de eje de rodadura de la llanta)
- 4- STRUT (Puntal, o barra de soporte)

El RADIUS ROAD en su extremo final es ensamblado a través del nodo universal, (UNIVERSAL JOINT), hacia el encaje del marco N° 11, ubicado en el fondo de la sección central, Se adjunta el puntal con un extremo a través de la junta universal hasta la conexión en el marco n° 13 en la parte inferior de la sección central del fuselaje, y con el otro extremo, para la orejeta en la varilla del radio.

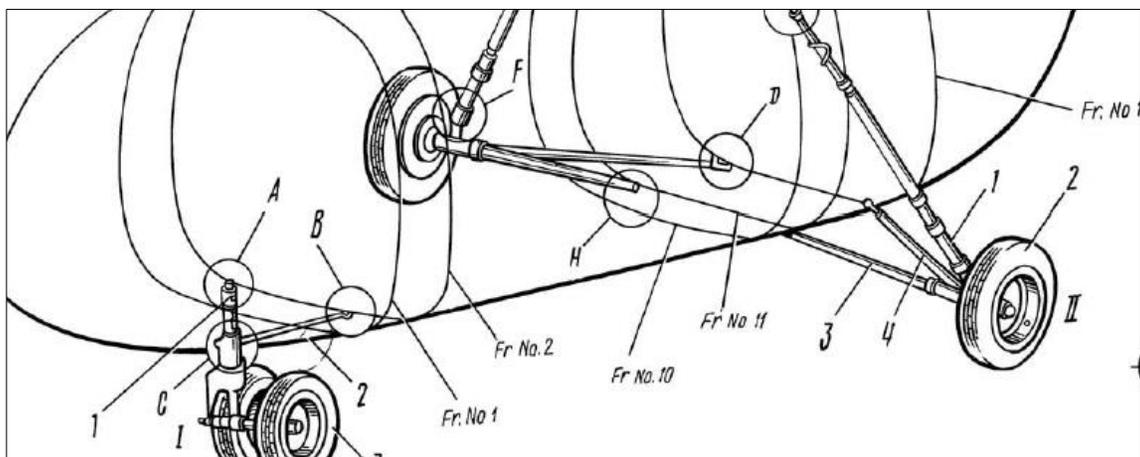


Figura. 6 Elemento I, y II del MM Mi 171

Fuente: (Mil, 1995)

2.4.1 SHOC STRUT (Estructura de absorción de impacto).

El amortiguador está diseñado para la absorción de impactos a fuertes fluctuaciones de g-cargas y para amortiguación lateral, oscilaciones del tipo de resonancia del suelo. La baja presión La cámara (I) y la cámara de alta presión (II) aseguran la eliminación de las oscilaciones laterales que pueden aparecer durante la carrera de rodadura o despegue, además, la cámara de baja presión hace que el movimiento del helicóptero sea más suave durante el rodaje. Nótesela nomenclatura de la Figura 6.

2.4.2 El cilindro (30).

El cilindro HP CHAMBER CYLINDER, nomenclaturizado en el manual de mantenimiento con el número “30” está hecho de acero la parte inferior del cilindro lleva una orejeta identificada con el número (29) para sujetar el amortiguador de choque a través de la junta universal a la barra de radio y al orificio en forma de barra (26) conducido en el zócalo y bloqueado con tornillo (27). Dispuestos en la parte superior del cilindro están un collar (6) y cojinete (7) apretados por medio de tuerca (8) con una glándula.

2.4.3 Pistón de cámara de alta presión (31).

El pistón de HP identificado con el numero “31” y cámara de baja presión del cilindro “32” es de estructura soldada, fabricada en acero y fabricada como un todo único. El pistón y el cilindro son separados por adaptadores (23) y (24). Rodamiento (I) provisto de los orificios longitudinales que se encuentran atornillados al pistón (31) en la parte inferior y la válvula de anillo flotante (3) y difusor (2) cuyo orificio central recibe el vástago con forma de orificio (26) que también se instala allí.

2.4.4 Válvula de carga (25).

Identificada con el numero veinte y cinco en el manual de mantenimiento (Mil, 1995), en su capítulo 30-00-00, está dispuesta en la parte superior del pistón para lo cual esta soldada al adaptador (24) cerrando la cámara a alta presión.

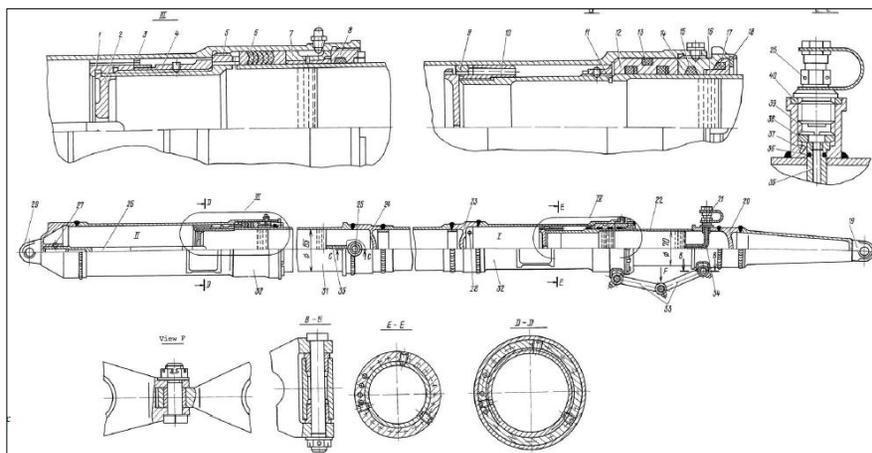


Figura. 7 Ilustración del SHOCK STRUT y sus componentes
Fuente: (Mil, 1995)

2.4.5 BEARING (12).

Equipado con juntas de goma (13) y anillo de tope para el límite de movimiento (16) además equipado con un aro amortiguador de goma (17) adaptada a la parte del cilindro (32). El adaptador (23) cierra la baja presión cámara en cilindro (32).

2.4.6 Pistón (22).

Con el número veinte y dos se refiere al pistón de la cámara de baja presión, es de estructura soldada hecho de acero. El cojinete (10) provisto de orificios longitudinales y la válvula de anillo flotante (9) están unidos a la parte inferior del pistón. La parte inferior del pistón tiene el orificio de control central para el paso del líquido. La válvula de carga (21) está dispuesta en la parte superior del pistón, en la que la parte soldada es también la parte inferior (20). El extremo superior del pistón tiene un ojo (19) para sujetar el puntal (a través de la junta universal) a la conexión en el marco N° 10 del fuselaje.

Para evitar el deslizamiento del cilindro (32) en relación con el pistón (22), están interconectados mediante un enlace de torsión (33). Las cámaras de amortiguadores están cargadas con aceite AMГ-10 y nitrógeno. Los tubos de nivel de aceite (34) y (35) limitan el volumen del fluido a llenar.

Tabla2

Parámetros de trabajo del SHOCK STRUT

Parámetros normales SHOCK STRUT MM Mil Mi-171 30-00-00	
Presión inicial de nitrógeno en la cámara de baja presión	2.6+0.1 MPa
Presión inicial de nitrógeno en la cámara de Alta presión	6 0.2 MPa
Volumen de fluido ingresado en la cámara de baja presión	1110 cm ³
Volumen de fluido ingresado en la cámara de alta presión	2400 cm ³
Recorrido del pistón de baja presión	(120±2) mm
Recorrido del pistón de alta presión	(235±2) mm

Fuente: (Mil, 1995)

2.4.7 Topes hidráulicos y registradores magnéticos

Dispuestos en la parte superior de cada amortiguador de impacto de baja presión el adaptador del pistón de la cámara es un carro dividido (8) (Ref. Fig. 2) que contiene el micro interruptor BM-800K (4) destinado para la energización automática del tope hidráulico en el lateral sistema de control durante el aterrizaje y rodaje, así como para corte en los registradores magnéticos П-503Б и БУР-1-2 durante vuelo.

La caja de deslizamiento se asegura al SHOCK STRUT con la ayuda de la abrazadera (9) y cuatro pernos. Una capa de laminar de goma se pega al lugar de la caja y la

instalación de la abrazadera en el amortiguador con el uso de pegamento 88NP. Junto con el micro interruptor, la caja encierra el resorte (2) y un brazo del balancín (5). El otro brazo de balancín con empujador (6) asegurado en su extremo se extiende desde la caja a través de la ranura disponible en la parte inferior de la misma. Las mitades simétricas de la carcasa de la caja están conectadas entre sí por pernos y ejes. El eje inferior sirve como eje basculante. Asegurado al eje superior está el resorte cuyo otro extremo está conectado a la parte superior del brazo oscilante dispuesto dentro de la caja de la caja. El haz de cables (3) que va desde el micro interruptor se fija a la superficie de la caja por medio de una abrazadera y dos tornillos.

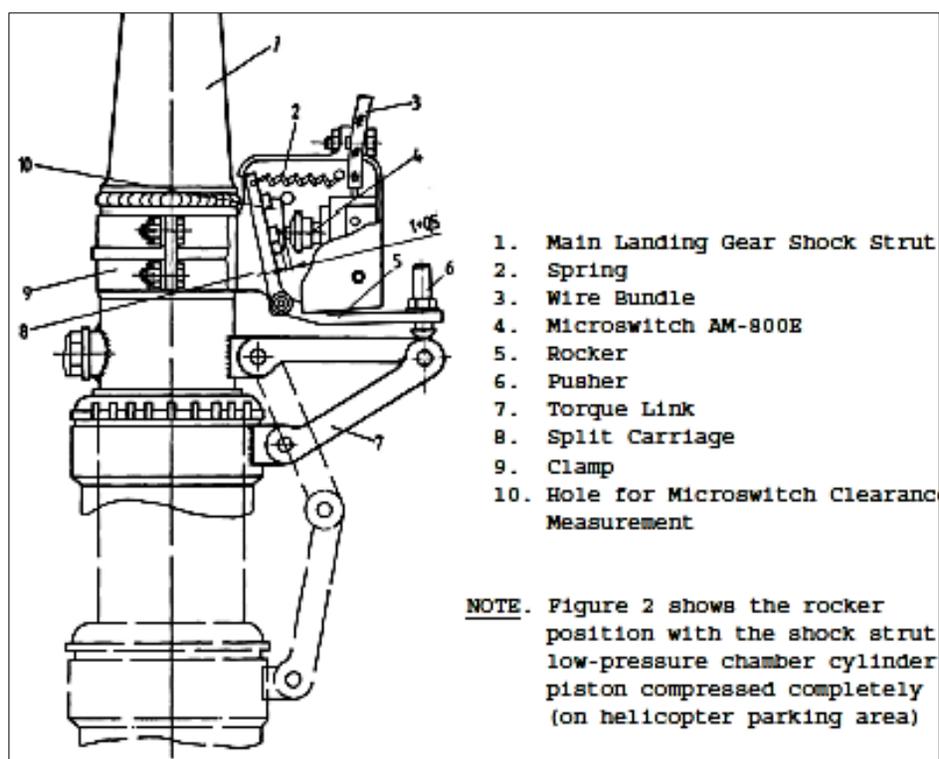


Figura. 8 Topes hidráulicos y registradores magnéticos

Fuente: (Mil, 1995)

2.4.8 Barra de radio.

La varilla de radio es de estructura soldada, hecha de acero. Soldado a un extremo de la varilla de radio hay una orejeta para unirla al fuselaje a través de la junta universal, mientras que el otro extremo está provisto de una brida de freno de rueda, una patilla de fijación de puntal, una abrazadera de amortiguador y una lengüeta para conectar un dispositivo de remolque. Presionada en la varilla de radio hay un eje de rueda que está asegurado por dos casquillos de cono apretados por pernos.

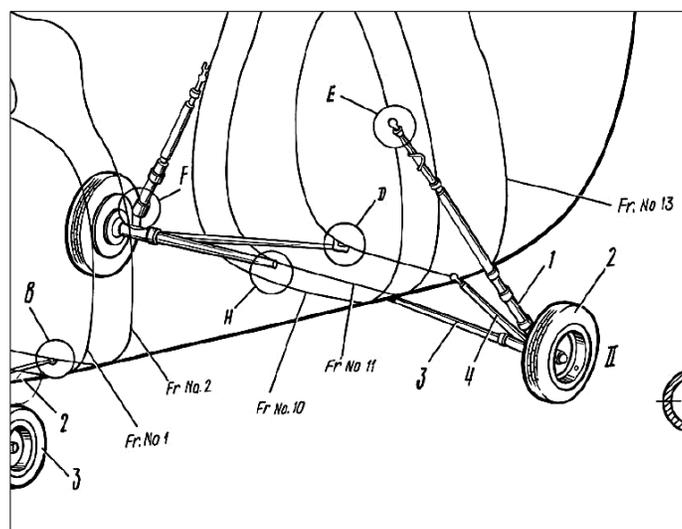


Figura. 9 Barra de radio identificada con el numero "3"
Fuente: (Mil, 1995)

2.4.9 STRUT "puntal".

El puntal es de estructura tubular soldada / de acero. Este tiene en sus extremos los accesorios para su fijación al fuselaje y al terminal de varilla del radio, así como un accesorio (cerca de la rueda) para conectar el cable para remolcar el helicóptero con la cola hacia adelante.

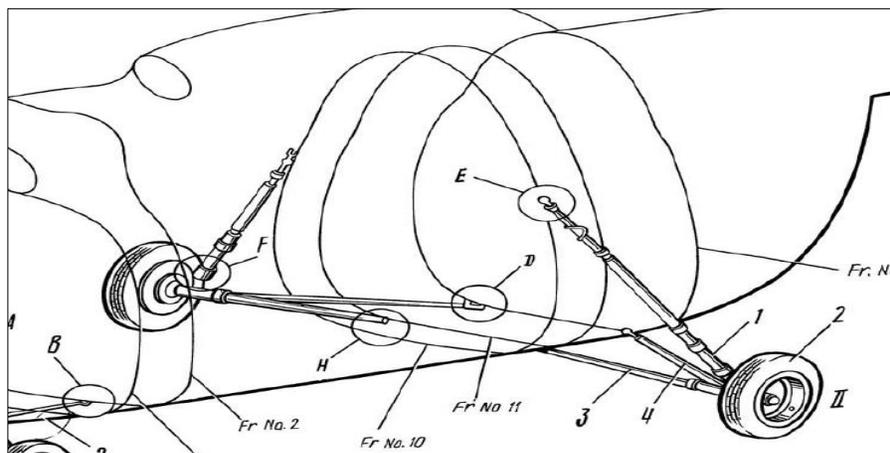


Figura. 10 STRUT con la identificación "4"

Fuente: (Mil, 1995)

La cámara interior del puntal se utiliza como una botella para aire comprimido a una presión de 5 MPa (50 kgf / cm²). El puntal está equipado con conexiones especiales para el inflado adicional de los tubos internos de las ruedas del tren de aterrizaje (en condiciones fuera del campo) y para el drenaje de fluidos condensados.

2.5 Operación del tren de aterrizaje del helicóptero MI 171.

2.5.1 Operación del SHOCK STRUT.

Durante el aterrizaje, el primero en ser comprimido es el puntal de choque de baja presión SHOCK STRUT LOW PRESS. El procedimiento de compresión es el siguiente: el pistón (22) que se mueve hacia abajo obliga al líquido a salir de la cámara I del cilindro a través del orificio central de control que lleva el cojinete (10). Al mismo tiempo, el fluido a través de la espacio anular entre el cojinete y el espacio interior de la válvula (9) presionada hacia el borde superior de la ranura del cojinete, así como a través de los orificios longitudinales del cojinete (10) que se ven en el corte (E-E), que fluye hacia el

interior del espacio anular entre el cilindro y el pistón; Al hacerlo, el flujo de fluido se controla mediante la sección transversal de los orificios longitudinales en el rodamiento.

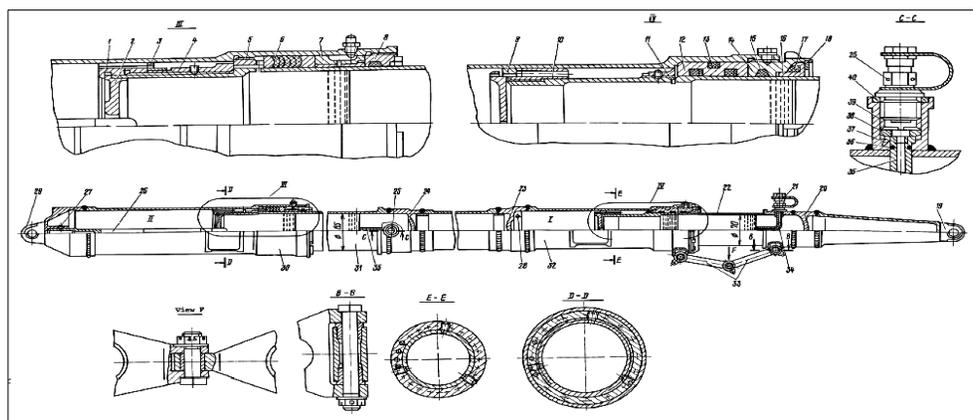


Figura. 11 Diagramas de operación SHOCK STRUT
Fuente: (Mil, 1995)

Cuando el pistón (22) se desplaza hacia atrás, la válvula (9) se presiona hacia el borde inferior de la ranura del cojinete y el fluido a través de los orificios longitudinales en el talón del cojinete (10) fluye hacia el cilindro. Debido al hecho de que el área de flujo total de los orificios longitudinales en la carrera de impacto es más grande que en la de recuperación, el efecto de frenado del fluido evita un rápido rebote del puntal de choque de baja presión. El fluido fluye desde la cámara del pistón (22) a la cámara del cilindro (32) a través del orificio de control central del cojinete (10) y también afecta al rebote del amortiguador.

El funcionamiento de la cámara de alta presión es similar al de la cámara de baja presión. La diferencia consiste en que el vástago con forma de orificio (26) pasa a través del orificio de control central en el difusor (2) y se crea en la dirección de la sección de flujo variable de la carrera del pistón (31) del orificio de control central en el difusor, asegurando así la máxima reserva Energía de la cámara de alta presión.

2.5.2 Operación del interruptor y Topes hidráulicos

Durante el aterrizaje y rodaje, se lleva a cabo la compresión completa de los puntales de choque. Con el amortiguador completamente comprimido, el enlace de torque superior presiona el empujador (6) (Ref. Fig. 8), gira el balancín (5) y libera la varilla del micro interruptor. La varilla del micro interruptor se asienta en la posición inicial y, por lo tanto, activa el micro interruptor. Tan pronto como el micro interruptor funciona, la señal se envía a los contactos correspondientes para energizar la parada hidráulica en el sistema de control lateral del helicóptero.

El empujador (6) controla el giro del balancín en un ángulo que garantiza un espacio libre de $(1 + 0.5)$ mm entre su brazo superior y la varilla de micro interruptor en su posición de viaje. Durante el vuelo, cuando el amortiguador no está comprimido y el enlace de torsión superior se mantiene alejado del empujador, el brazo superior del balancín presiona la barra del micro interruptor, bajo la acción del resorte. El micro interruptor opera y a través del correspondiente contacto, y desactivan el sistema de parada hidráulica y los cortes en los registradores magnéticos П-503Б y БУР-1-2.

2.6 Tareas de mantenimiento ligado al manual N° 12.20.00.

El lector debe entender que no se transcribirá la totalidad de los enunciados descritos en las secciones del manual que describen las tareas de SERVICEO, correspondientes al tren de aterrizaje principal del helicóptero MI-171, pero si se dará una guía, para que su entendimiento y direccionamiento estén bien encaminados, en primer lugar indicar que las tareas relacionadas al mantenimiento y serviceo del elemento al que se refiere el

documento están descritas en formato de (TC), o TASK CARD, esta está identificada con un número que en el caso de esta investigación está comprendido entre 201 y el 207, al mismo tiempo estas poseen un numero de página que redirección las tareas a una carta TROUBLE SHOTING, con una identificación de 101. Las tareas que se describen en las cartas de tareas son:

To M.S. No.	TASK CARD No. 201	Pages 203 - 205/206	
M.S. Item	Procedure: INSPECTION OF SHOCK STRUTS, STRUTS, RADIUS RODS AND THEIR ATTACHMENT FITTINGS		
Operations and technical requirements (T.R.)		Corrective actions	Checked by
1. Clean the shock struts, struts, radius rods and fittings of their attachment to frames Nos 10, 11 and 13 of the fuselage center section from dust and dirt. Remove old grease from the protruding parts of the shock struts with the use of a cloth moistened with gasoline.			
2. Inspect and check with the use of a magnifying glass welds on the shock struts, struts, radius rods and their attachment fittings. Cracks in welds, attachment fittings and in basic material of all components of main landing gear are not tolerable. Nicks, notches, scratches and other mechanical damage are not tolerable. Deterioration of paint-and-varnish coating and traces of corrosion on the shock strut cylinders, radius rods, struts and attachment fittings are not tolerable.		See Table 101, Item 1 See Table 101, Item 2 See Table I'01, Item 3	
3. Check the shock strut charging valves and connections for leakage using soap suds. The charging connections and charging valves should not be leaky. Leakage of oil AMT-10 and nitrogen from the charging valves and charging connections is not tolerable.		See Table 101, Item 4	
4. Inspect the shock strut piston mirror surfaces for external condition.			

Figura. 12 Carta de tarea 201

Fuente: (Mil, 1995)

- Inspecciones del amortiguador principal (SHOK STRUT), RADIUS RODS, y Accesorios de fijación.
- Chequeo de la carga de compresión del amortiguador principal
- Comprobación de espacio libre en micro interruptores Am-800k de Interruptores de parada hidráulica
- Reemplazo de la válvula de carga en el amortiguador
- Remoción del tren principal
- Instalación del tren principal
- Reabastecimiento del amortiguador con nitrógeno (en caso de que no haya derrame o fuga de aceite AMГ-10).

En la figura anterior (12), se muestra un ejemplo de la (TC) TASK CARD N° 201, con el procedimiento de inspecciones del amortiguador del tren de aterrizaje principal (SHOK STRUT), RADIUS RODS, y Accesorios de fijación, con su respectivo número de páginas e indicando a donde redirigirse para encontrar las acciones correctivas, en este caso en una segunda tabla de denominación 101 con varios ITEMS enumerados para un mejor entendimiento.

Table		
Trouble	Probable cause	Remedy
1. Cracks in welds, attachment fittings and in basic material of shock strut, radius rod and strut	Rough landing, towing over uneven soil, low-quality of welding during manufacturing or hidden flaw of basic material	Replace part, if cracked. Perform thorough inspection of all parts of main landing gear struts and their attachment fittings
2. Nicks, notches and scratches on shock strut cylinders, strut, radius rod and their attachment fittings	Mechanical damage	Eliminate nicks, notches and cracks on landing gear parts with a depth not exceeding 0.1 mm, to this end: dress defective place with emery cloth No. 10; remove products of dressing with dry cloth; recondition paint-and-varnish coating by applying with brush or sprayer two layers of primer AK-070 with subsequent coating (after primer layers are dried) with two layers of grey-blue enamel 3П-140. Replace landing gear parts affected by nicks, notches and scratches to a depth exceeding 0.1 mm

Figura. 13 Extracto de la tabla TS 101

Fuente: (Mil, 1995)

2.7 Tipos de mantenimiento.

Según información tomada por (AeronauticalBSchool, 2018), en la que se dice que el mantenimiento aeronáutico consiste básicamente en una serie de inspecciones periódicas que deben realizarse en todas las aeronaves comerciales o civiles, por otro lado una publicación de (Trujillo, 2018), en la que se expone que las revisiones de mantenimiento son las inspecciones que deben realizarse en toda aeronaves en ellas se encuentran los tipos de mantenimiento, estos suelen estar estipulados por intervalos de tiempo los cuales están definidos por el fabricante, y en algunos pequeñas excepciones por los operadores de la aeronave, pero en ningún caso sub estimaran los tiempos preestablecidos por el fabricante de la aeronave, en ese sentido se puede plantear que hay dos tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento programado
- Mantenimiento no programado

El mantenimiento no programado es el que se realiza cuando ha sido detectada una falla o algo no está funcionando conforme se establece, se aplica mantenimientos de tipo correctivo, que no estaban planificados puesto que los imprevistos son algo común en la aviación. Por otra parte el mantenimiento programado es el que se realiza por que la aeronave, un sistema, o conjunto de elementos pertenecientes a un sistema, han cumplido un periodo de tiempo que puede estar dado por, Ciclos, Horas o verificación de tiempo límite. Están diseñados para conservar la aeronavegabilidad de la aeronave y restablecer la fiabilidad del equipo.

2.8 Herramientas especiales.

Como se tomó de un documento realizado por (Garcia, 2016), En todo trabajo por más mínimo que sea se requiere la utilización de elementos que hagan más sencilla la tarea a realizar, estos utensilios son denominados herramientas, más en aviación existe la necesidad de en ocasiones controladas por los operadores de aeronaves, crear y construir herramientas especiales, que sirvan para tareas especiales u específicas, en este caso se presenta la necesidad de crear una herramienta especial que permita el posicionamiento vertical del SHOCK STRUT, la posibilidad de su contracción y posterior serviceo. Estas tareas se realizan cuando una herramienta ya no se la puede conseguir del fabricante o por que puede ser construida en un centro de mantenimiento bajo la observancia de un equipo de inspectores que evalúen la fiabilidad de herramienta.

2.9 Medidas de seguridad.

Como en todo proceso en el que se involucren personas herramientas y equipos es necesario tomar en cuenta un conjunto de medidas de seguridad, estas se aplicaran a las tareas de mantenimiento, como las relacionadas con la construcción de la herramienta.

- Se utilizara la indumentaria adecuada como overol, guantes, gafas de seguridad, y calzado adecuado en todas las tareas
- Se hará un uso activo de la documentación relacionada al mantenimiento del sistema o elemento a fin de evitar
- No se realizaran tareas sin autorización
- No se realizaran tareas sin compañía de personal calificado
- Se tomaran en cuenta las medidas de seguridad contra incendios en caso del uso de suelda.
- Se realizaran las tareas en locaciones ventilas a post de evitar que los involucrados en las tareas sufran de asfixia o falta de ventilación adecuada.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DELTEMA

3.1 Introducción al capítulo.

En este capítulo el investigador dará una guía textual de todos aquellos acontecimientos técnicos que se dieron previos a dar como aceptado el equipo de “PRENSA AXIAL” que se utilizara en el mantenimiento y serviceo de los amortiguadores del tren principal del helicóptero Mi 171. Es importante recalcar que las tareas que se realizaron ligadas a la construcción del elemento mecánico se realizaron en estricta observancia de los manuales y de la seguridad aplicada a las herramientas especiales, y al personal que se encuentra en las actividades de mantenimiento de la aeronave.

En una primera fase se realiza el análisis mecánico del problema, en el que se plantean soluciones del mismo tipo para afrontar la problemática, una vez planteada la idea se utiliza una herramienta de diseño CAD para diseñar de forma virtual la herramienta y someterla a estudios de cargas, estos permitirán determinar si el modelo es sustentable en términos de las necesidades de la herramienta y la función que va a realizar. Una vez aprobados los criterios de construcción se procede a la construcción o manufactura del producto terminado, mismo que posee su propia planificación, una vez terminado y listo para usarse se lo expone a pruebas de tipo funcional, y operativo, en este último se realizó el serviceo del amortiguador, los datos arrojados al final dieron los márgenes para la aprobación de la herramienta.

3.1.1 Flujograma de actividades.

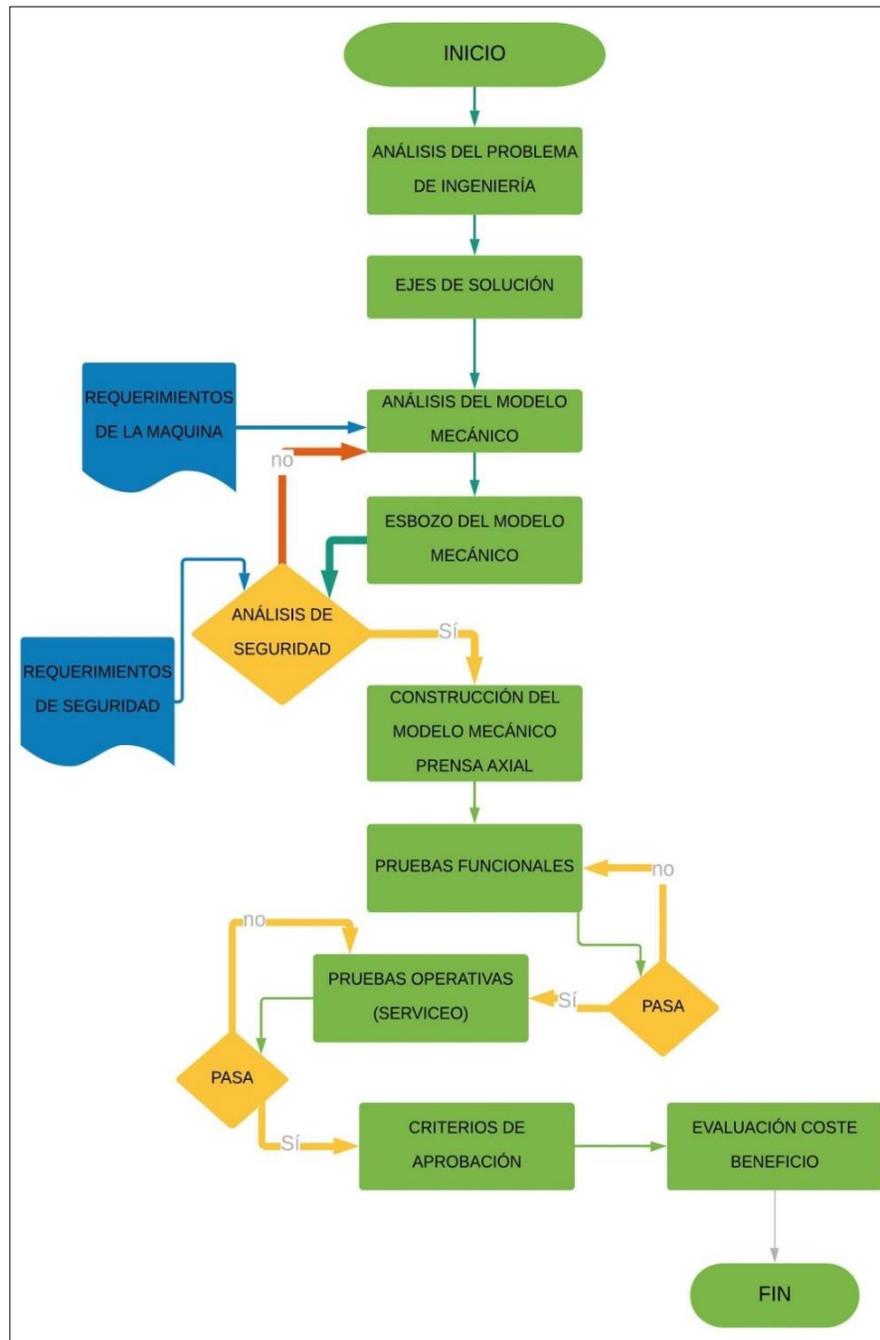


Figura. 14 Planificación de actividades.

3.2 Análisis del problema mecánico.

Para que el lector pueda tener una idea globalizada del problema que plantea este proyecto tiene que entender que el helicóptero Mi-171, es un equipo que utilizar trenes de aterrizaje, estos poseen amortiguadores, que les ayudan a mantener un toque con el suelo suave y armonioso, de otra manera las cargas gravitatorias normales generadas en el aterrizaje, se transmitirían a la estructura, y por consiguiente a la tripulación, esto es un efecto nada deseado para este equipo, puesto que reduciría su vida útil considerablemente, y los costos de mantenimiento estructural tendrían un comportamiento inverso y proporcional.



Figura. 15 Primer plano del amortiguado tren Mi-171.

El mencionado amortiguador debe recibir mantenimiento, y para ello debe ser extraído del helicóptero, es aquí donde se plantea el primer problema, que es donde ubicar el amortiguador una vez extraído de la aeronave, por otra parte se encuentra la tarea de mantenimiento, y serviceo, en la cual el amortiguador debe vaciársele las cámaras en las que se encuentra fluido hidráulico, el mencionado proceso solo se puede realizar comprimiendo axialmente el amortiguador, y forzando a que los fluidos contenidos en el interior sean expulsados por los conductos designados, aquí se encuentra la segunda problemática mecánica, como crear un elemento que permita comprimir y al mismo tiempo que sirva de soporte para un componente tan importante como al que se está analizando.

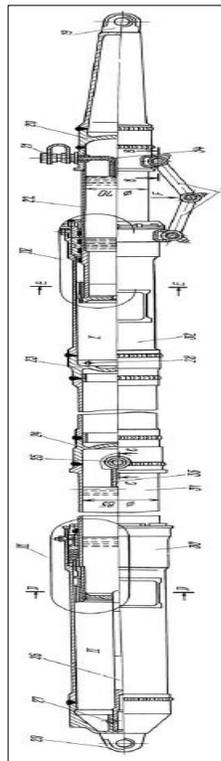


Figura. 16 Amortiguador en posición de serviceo

3.3 Ejes de solución.

Para plantear una solución a las problemáticas planteadas en la parte anterior, primero debió asumirse que la herramienta debería poseer un conjunto de características, y que estas deberían tratar de cumplirse a la totalidad con el fin de garantizar que la herramienta pueda generar un verdadero beneficio, y no un desperdicio de dinero y recursos. Para ello se planteó los siguientes parámetros.

- La máquina debe ser de una construcción al alcance de los medios técnicos tecnológicos que se manejan en la actualidad.
- Debe estar dentro de un rango de gastos establecidos.
- Debe ser capaz de soportar el elemento (AMORTIGUADOR) de forma vertical.
- Debe poseer un elemento de enclavamiento superior de altura variable.
- Debe poseer un elemento mecánico/hidráulico que genere compresión.
- Debe ser trasladable.
- Debe ser segura de utilizar.
- Debe ser lo más reducida posible sin menoscabar su función.

Estos parámetros permitirán más adelante establecer un punto de partida para determinar si la construcción fue factible en términos de utilidad y costo, además de crear un esbozo genérico de las necesidades que la investigación tiene en términos de fondos disponibles, eficacia y eficiencia, del elemento que se desea elaborar, es recalable indicar, que se tomó como referencia el diseño de la máquina que realizaba esta función

antes de que sea dada de baja, o retirada, esta se encontraba en los talleres de mantenimiento del 15 BAE, a continuación se muestra una imagen de ella.



Figura. 17 Maquina para el serviceo del amortiguador TREN Mi-171

3.4 Análisis del modelo mecánico

Una vista del elemento utilizado para izar el amortiguador del tren principal del helicóptero Mi-171 permitió tener una visión generalizada de cómo construir, o plantear la construcción de la herramienta de compresión axial, en primer lugar se identificó, que la estructura poseía una construcción en acero, del cual no se pudo tener grado, ni ninguna otra información que no sea su dimensión y tipo (TUBO CUADRADO DE 1" INCH), aquello da un punto de partida para plantear que tipo de material o elemento estructural se seleccionara para realizar el trabajo requerido. Es importante puntualizar que el peso aproximado del amortiguador es 80KG.

Se planteó construir el diseño con acero estructural ASTM A36 de 6mm. En cual posee una capacidad de compresibilidad de 400000000 N/m² capacidad suficiente como para resistir el peso del elemento a soportar, además se propuso que la estructura sea diseñada en forma de jaula así mejoraría la estabilidad estructural, y le permitiría al elemento soportado, ser almacenado de forma vertical sin generar daños, en especial en este tipo de elementos en los que no se aconseja que se almacenen tendidos, o de forma horizontal.

PRODUCTO	VIGAS*	PLACAS**					BARRAS			
ESPESOR (in)	TODAS	¾"	¾" - 1 ½"	1 ½" - 2 ½"	2 ½" - 4"	Sobre 4"	¾"	¾" - 1 ½"	1 ½" - 4"	Sobre 4"
(mm)		Hasta 20mm	20mm a 40mm	40mm a 65mm	65mm a 100mm	Sobre 100mm	Hasta 20mm	20mm a 40mm	40mm a 100mm	Sobre 100mm
%C – máx.	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29	0.26	0.27	0.28	0.29
%Mn – máx.	0.80-1.20	0.80-1.20	0.85-1.20	...	0.60-0.90	0.60-0.90	0.60-0.90
%P – máx.	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
%S	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
%Si	0.40 Max	0.40 Max	0.40 Max	0.15-0.40	0.15-0.40	0.15-0.40	0.40 Max	0.40 Max	0.40 Max	0.40 Max
%Cu – mín. cuando el cobre es especificado en el acero	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

*El contenido de manganeso de 0.85 a 1.35%, y el contenido de silicio de 0.15 a 0.40% es requerido en vigas por encima de 426lb/ft o 634kg/m. ** por cada reducción de 0.01% por debajo del máximo de carbono especificado, un aumento del 0.06% de manganeso por encima del máximo especificado se permitirá hasta un máximo de 1.35%

Figura. 18 Tabla de espesores barras ASTM A36
Fuente: (Edukativos, 2018)

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2e+011	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.26	N/D
Módulo cortante	7.93e+010	N/m ²
Densidad	7850	kg/m ³
Límite de tracción	400000000	N/m ²
Límite de compresión		N/m ²
Límite elástico	250000000	N/m ²
Coefficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica		W/(m·K)
Calor específico		J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Figura. 19 Tabla de resistencia estructural ASTM A36
Fuente: (Martinez, 2019)

También se trazó que esta jaula debía ser capaz de poseer dos elementos importantes que permitan redimensionar la distancia entre los OJUELOS de montaje esto con el fin de poder ubicar el punto de anclaje del amortiguador, a una altura cómoda para trabajar, y el segundo que permita comprimirlo de forma carenciada y controlada, para el elemento superior se estima que sea una rueda con el método de la prensa con tornillo sin fin, puesto que permite tener bloqueado el elemento y al mismo tiempo cambiarle la distancia de elongación. Mientras tanto para el elemento prensable se espera utilizar una gata hidráulica de accionamiento manual de 6 toneladas, con un vástago lo suficiente largo como para comprimir el amortiguador a los toques de amortiguamiento.

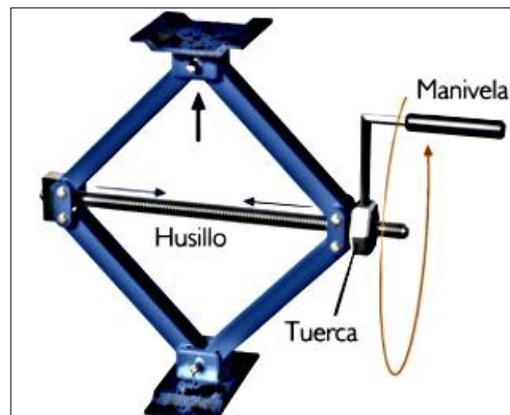


Figura. 20 Gata de tornillo sin fin (HUSILLO)
Fuente: (Trujillo, 2018)

Este tipo de elementos permiten acercarse al objetivo de crear una solución con recursos tecnológicos al alcance a demás con elementos que no son de una difícil adquisición o costo y sobre todo tomando en cuenta los parámetros de uso del AMORTIGUADOR, ya que a fin de cuentas es el que debe poderse montar en la herramienta especial y trabajar en este con todas las medidas de seguridad.



Figura. 21 Gata hidráulica
Fuente: (mechanic.com, 2019)

3.5 Esbozo del modelo mecánico.

Para realizar el esbozo del modelo que se planteó se hizo uso de una popular herramienta de diseño CAD (Diseño asistido por computadora), esta permite diseñar de forma rápida y eficiente ciertos modelos en especial si ellos están compuestos por estructuras pre definidas como tubos o bigas, en este caso se realizó el diseño, tomando en cuenta el análisis de modelo deseado.

En él se construyó una jaula con acero ASTM A 36 de 60mm, con un espesor de 2mm, como era de esperarse se generaron las soldaduras, virtuales, y se continuo con el esbozo de las gatas, la superior que se actuaría de forma manual por medio de una rúela o manivela, y la última con la gata. De esta tarea se puede mencionar que tiene su importancia en dos ejes fundamentales, el primero de ellos como se vara más adelante es el cálculo virtual de los esfuerzos a los que podría estar expuesta, y por consiguiente determinar el factor de seguridad que tiene el elemento.

Dado que este documento no es una guía para el diseño con software el investigador se limitara a recordar que si se desea expandir o ver de forma más clara los planos y dimensiones estas se encuentran en la sección de anexos. A continuación se presentan algunas imágenes de la proyección de máquina que se esperaba construir a partir de los lineamientos de construcción.

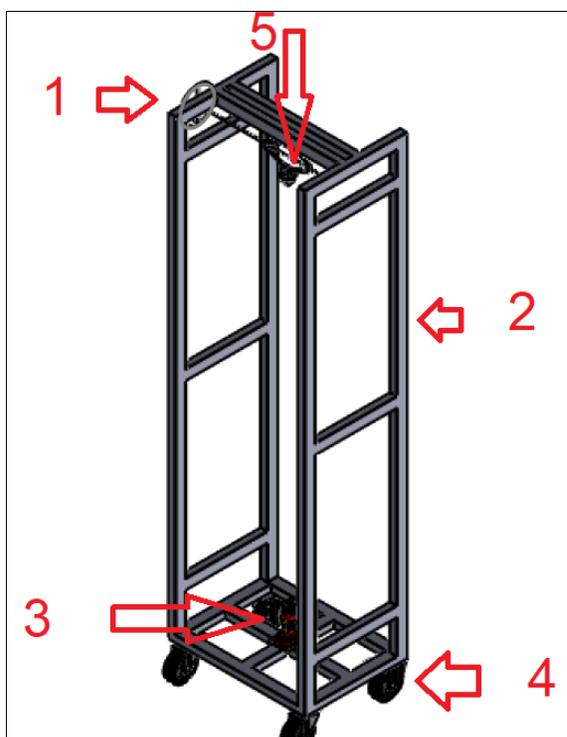


Figura. 22 Diseño de PRENSA AXIAL

- 1. Rueda de ajuste manual
- 2. Jaula
- 3. Gata hidráulica de accionamiento manual
- 4. Llantas industriales
- 5. Usillo de montaje

Una de las ventajas que no se mencionaron antes y que resultan de diseñar en este específico software, es el cálculo del material necesaria para realizar la construcción, esto tiene su relevancia al momento de calcular los valores involucrados en la adquisición, en especial de los tubos con los que se construyó la jaula, esta práctica da como resultado el no desperdicio de los recursos económicos del investigador.

3.5.1 Cálculo del factor de seguridad.

En este tipo de tareas es muy importante realizar el cálculo del factor de seguridad, este es un indicador numérico que da una referencia de que tan seguro es utilizar esta herramienta, para realizar ello el lector debe estar relacionado con algunos términos relacionados con la resistencia y mecánica de los materiales, esta ciencia describe o explica que todos los materiales tienen una resistencia, y que esto depende de varios factores en especial su composición química, los tratamientos a los que ha sido sometido, y la forma que posee el elemento.

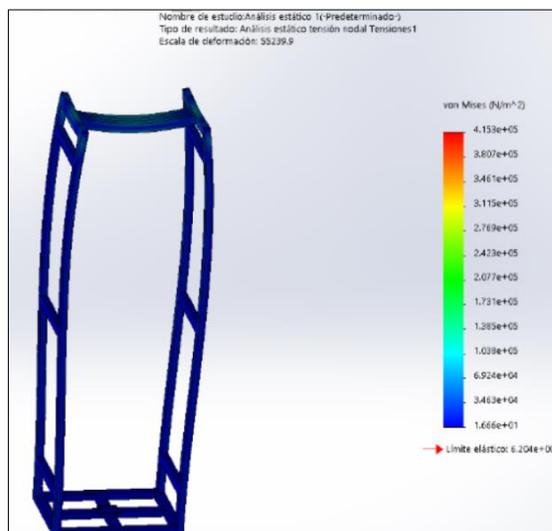


Figura. 23 Limite Elástico.

En la imagen anterior se representa el límite elástico de la estructura denominada jaula, esta es para el material seleccionado ASTM A36 de 2500000000 N/m^2 , una vez realizado el análisis arrojo resultados indicando que si se le cargara a la estructura el peso del amortiguador esta no sufriría deformación producida por el peso de la misma. Por último se puede decir que una vez realizado el análisis de seguridad dio como resultado un valor de $1.5 \cdot 10^3 \text{ FDS}$ (FACTOR DE SEGURIDAD), como el factor de seguridad es mayor a uno en este tipo de software se considera el modelo seguro y sustentable para la construcción.

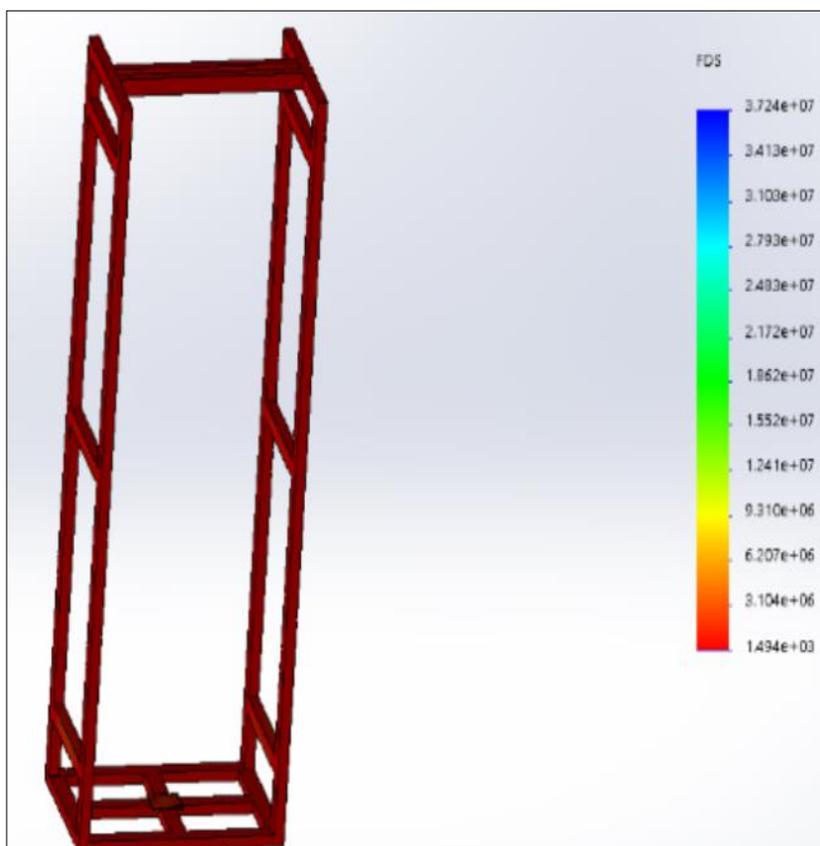


Figura. 24 Estudio del factor de seguridad

3.6 Construcción del modelo mecánico prensa axial.

Como se esperaba en este tipo de investigaciones una vez analizado de forma virtual si es posible sustentar el modelo se procede a la fase de construcción del mismo, para ello se planifican las tareas que se van a realizar para optimizar esfuerzos y dejar por fuera pasos o conjunto de pasos que no deben estar incluidos dentro del proceso, esta parte está ligada a las tareas planificadas en 3.1.1 y corresponden al sub proceso **CONSTRUCCIÓN**, a continuación se presenta el flujograma de actividades contempladas para cimentar el equipo.

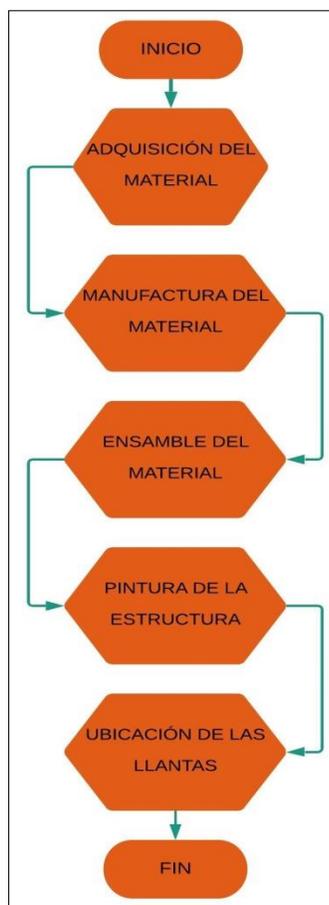


Figura. 25 Flujograma construcción

3.6.1 Adquisición del material.

En general los materiales que se contemplaron para la construcción del quipo o PRENSA AXIAL se adquirieron en locaciones aledañas al lugar de la investigación, esto también permitió tener un ahorro considerable sujeto a transporte de material, en los materiales se consideraron los elementos necesarios para construir la jaula, para soldarla, adquirir las gatas manuales e hidráulicas entre otras, se recuerda que el listado con los costes involucrados se encuentran en la sección dedicada a los anexos. A continuación una descripción de los materiales adquiridos:

- 6 tubos de 12 metros largo 60*40mm 2mm espesor ASTM A 37.
- Electrodo E 7018 para TODAS LAS POSICIONES.
- Disco de corte y pulimento.
- Suelda MIG y componentes.
- Estropajo metálico.
- Lija para metal grano grueso y fino *8.
- Cepillo metálico para retirar escoria de suelda.
- Gata manual con HUSILLO y RUEDA.
- Gata hidráulica de accionamiento manual.
- Llantas de alto tráfico.
- Pintura anticorrosiva.
- Pintura amarilla.
- Grasa y lubricante.

3.6.2 Manufactura del material.

Para los procesos de preparación de material fue fundamental los planos que se realizaron por medio del software, estos permitieron cortar los tubos de las dimensiones adecuadas así como realizar los cortes de empalme angulado en las coyunturas, donde se unirán los tubos, una vez terminado ese sub proceso, se procedió con una moladora y un disco de desbaste a corregir imperfecciones y limallas que quedaron del proceso de corte, cuando esta quedaron lisas, se realizó una limpieza con solvente (TINHER), con el fin de preparar al material para la fase de suelda, cuando las estructuras a soldar se encuentran limpias las adherencia por arco son las eficaces.



Figura. 26 Manufactura del material (PREPARADO)

En esta parte también se prepararon otros elementos que iban a estar correlacionados con la jaula de contención, como son las llantas, la rueda manual, y el HUSILLO, mismos que fueron desensamblados para que más adelante puedan tener la posibilidad de insertarse dentro de la estructura como se planeó en el diseño.



Figura. 27 Corte del material



Figura. 28 Angulado de los tubos

3.6.3 Ensamble de la estructura (Jaula).

Para ensamblar los componentes se utilizó electrodo E 7018 maleable en los puntos, es un electrodo muy común y de gran resistencia además permite soldar en todas las posiciones con el mismo, su suelda es por arco eléctrico, puesto que este documento no está direccionado a dar una guía de cómo se suelda, o cuales son los métodos de suelda, esos tópicos se los ha dejado al lector, más si se considera importante comentar que para realizar el ensamble de la estructura por suelda se tomó en cuenta todas las medidas de seguridad, el uso del EPP, y el principio de trabajo con orden y limpieza.



Figura. 29 Ensamble de la estructura

Una vez punteadas las uniones se procedió a realizar los cordones de suelda con la suelda MIG, estas siglas significan METAL INERT GAS, y significa que utiliza un gas inerte como método de encapsulado del arco cread por electrodo, y el material de aporte.



Figura. 30 Suelda con MIG.



Figura. 31 Rectificados de la suelda

3.6.4 Pintura de la estructura.

La estructura posterior a su ensamble y adherido de los elementos como la gata manual y la hidráulica, era necesario que le dé de todos los tratamientos necesarios para que esta pueda estar en los talleres de mantenimiento donde opera el helicóptero MI-171, es importante mencionar que un buen tratamiento estructural puede ser la clave para la buena manutención de la herramienta en especial en climas con altos niveles de humedad.



Figura. 32 Herramienta especial preparada

En primer lugar se volvió a limpiar toda la estructura con solvente liviano (TINHER), con una franela y con ayuda del compresor se retiraron todos los residuos y se intentó realizar todas estas operaciones en ausencia de polvo, una vez culminado y con el EPP colocado se procedió a dar una primera capa de anticorrosivo gris, cada capa estuvo compuesta por tres manos de pintura con dispensador de abanico grande, cuando estas capas alcanzaron el nivel de secado se realizó el pintado con color amarillo, mismo que es un color de seguridad que permite observar a la maquina incluso en condiciones de oscuridad, dándole al personal que trabaja en el área de mantenimiento una herramienta para realizar las operaciones de forma segura.



Figura. 33 Acabados en la estructura de la herramienta

3.6.5 Tareas misceláneas.

Una vez terminada la estructura quedan un conjunto de tareas extras que se debían realizar como la lubricación del HUSILLO, o la verificación de que no existiesen fugas de fluido hidráulico en la gata atornillar las llantas de seguridad mismas que un punto final fueron aseguradas con puntos de suelda, y como se esperaba lubricadas.



Figura. 34 Herramienta terminada

3.7 Pruebas funcionales

Las pruebas funcionales están diseñadas a verificar si ciertos parámetros de una maquina están diseñados y construidos en base a los lineamientos básicos necesarios para los que la maquina está siendo construida, además se enfoca en determinar si ciertas partes móviles del equipo se desplazan de forma correcta si existe obstrucciones, o los elementos mecanizados, realizan o no la función para la que fueron diseñados, cabe resaltar que este tipo de pruebas están destinadas a determinar la funcionalidad de los elementos, estos pueden funcionar, bien o mal, pero el objetivo de la prueba es que ellos funcionen, puesto que es más fácil así llegar a los objetivos de llevarlo a que trabaje dentro de los parámetros trazados por el investigador. A continuación se presenta una tabla con algunas referencias acerca de la prueba de funcionalidad.

Tabla 3**Parámetros de pruebas funcionales**

Pruebas funcionales				
N°	Descripción	Criterio de aprobación	Favorable	desfavorable
1	La máquina es estable	Se soporta bien, no tiende desbalances, no se desequilibrio con el viento	x	
2	La máquina se transporta con facilidad	Posee ruedas, las ruedas se desplazan con facilidad en los espacios del taller	x	
3	La máquina posee un elemento de enclave para amortiguador	El enclave en la leva de rueda manual debe soportar un peso similar al del amortiguador cargado con liquido hidráulico	x	
4	La máquina posee un método de compresión	La gata debe ser capaz de comprimir más de 0.5 de tonelada	x	
5	La máquina se encuentra bien protegida de la corrosión	Se encuentra pintada	x	
6	La máquina no representa un peligro para el operador	Es segura, y carece de elementos que puedan generar un perjuicio al operador si este cumple la normativa de seguridad	x	

Fuente: (CHISAGUANO VILAÑA, 2020)

3.8 Pruebas operativas (SERVICEO).

Se planteó tomar como referencia el realizar el serviceo del amortiguador como método para determinar que este estaba trabajando de forma adecuada, y que no va a tener fallos de diseño u otros que afecten al equipo perteneciente al helicóptero MI-171, a continuación se presenta la información y descripción del proceso de desmontaje y mantenimiento del amortiguado SHOK STRUT realizado el 15 BAE, se recuerda que esta tarea se realizó con personal de mantenimiento de la aeronave referida y en total cumplimiento de la WO (orden de trabajo 12.20.00)

3.8.1 Requerimientos

- Tres personas de mantenimiento del helicóptero Mi-171
- Herramienta prensadora axial o herramienta para el serviceo del líquido hidráulico.
- Caja de herramientas.
- EPP equipo de protección personal.
- Gatas de levante del helicóptero Mi-171.
- Líquido hidráulico.
- Orden de trabajo.
- Material de limpieza.
- Material para arrojar desechos.
- Tanque de nitrógeno.
- Líneas de conexión al tanque y manómetros de medición.
- Fundas de tela (GUARDAR POSIBLE FERRETERIA).
- Martillo cabeza de goma.
- Racha de amplio torque CON DADOS.
- Llave grande 19 mm.
- Llave 14 mm.
- Llave inglesa.

3.8.2 Procedimientos.

VACIADO

- Colocar al helicóptero en gatas
- Retirar los BOLTS ubicados en los extremos del SHOK STRUT, realizarlo con el martillo de goma
- Con ayuda de dos personas levantar el SHOCK STRUT y asirlo a la prensa axial, en el extremo de la leva con husillo (VERTICAL)
- Una vez colocada la parte superior para el BOLT pasador en el extremo inferior
- Una vez fijo y con la llave N°13 se procede a abrir los tapones de las cámaras del amortiguador, la baja y la alta.
- Colocar un recipiente frente al tapón que se va a comenzar a drenar
- Otro operario acciona la gata hidráulica para que comience la compresión del SHOCK STRUT, si este no llega a sus topes continuar girando la gata de husillo manual.
- Comenzar el vaciado de las cámaras.
- Verificar cámaras vacías.

LLENADO

- Extender el SHOCK STRUT.
- Llenar cama alta 2.4 Ltrs MIL H056. Utilizar embudo.
- Llenar cámara baja 1.1 Ltrs. MIL H056. Utilizar embudo.

- Cerrar las tapones no ajustar totalmente.
- Comenzar el llenado de nitrógeno en base al manual.
- Ajustar tuercas.
- Retirar el SHOCK STRUCT de la máquina de compresión.
- Comenzar con la instalación del amortiguador en el helicóptero Mi-171.
- Primero la parte inferior, luego la superior y ajustar.



Figura. 35 Planeación y herramientas



Figura. 36 Punto de conexión inferior del SHOCK STRUT.



Figura. SHOCK STRUT punto de anclaje superior



Figura. 37 Línea de servicio de nitrógeno SHOCK STRUT



Figura. 38 Montaje del SHOCK STRUT en la herramienta especial



Figura. 39 Señalética en la herramienta



Figura. 40 Carga de nitrógeno SHOCK STRUT

Tabla 4

Pruebas Operativas

		Pruebas funcionales		
N°	Descripción	Criterio de aprobación	Favorable	Desfavorable
1	La máquina soporta el amortiguador	El SHCK STRUT está seguro en la máquina de compresión	x	
2	La máquina se transporta con facilidad	La máquina puede ser transportada con el SHOCK STRUT	x	
3	La máquina permite comprimir el amortiguador	El amortiguador se comprime totalmente	x	
4	La máquina permite extender el amortiguador	El SHOCK STRUT se extiende totalmente	x	
5	Mientras es serviciado el amortiguador es estable	La máquina no tiene oscilaciones mientras es utilizada	x	
6	La máquina fue de fácil limpieza	El compresor permite ser lavado e inspeccionado una vez terminada la tarea	x	

Fuente: (CHISAGUANO VILAÑA, 2020)

2.9 Criterios de aprobación.

Para poder dar como favorable el proceso de construcción se hace una comparativa entre los lineamientos de construcción, y los lineamientos de utilidad, así como las tablas de parametrización de las pruebas funcionales, y las pruebas operativas, en este caso se

utilizó como prueba operativa, el procedimiento de serviceo del amortiguador izquierdo del helicóptero Mi-171.

Una vez comparados los resultados y obteniendo un resultado total y favorable se presenta la información al 15 BAE "PAQUISHA", para que con la documentación en regla y la inspección del trabajo realizado pase una evaluación de estandarización de procedimientos para este tipo de equipo, o herramienta.

Ya con la documentación presentada como ORDEN DE TRABAJO N°47 y en base al manual que especifica el conjunto de pasos ordenados necesarios para realizar el trabajo referido, además después de una evaluación de la máquina y de los elementos montados en ella se da como FAVORABLE las actividades descritas en la orden de trabajo mencionada, para constancia se presenta una imagen del documento, pero se recuerda que esta misma documentación se encuentra en la zona de anexos del presente trabajo.

Por último se le da a conocer al lector que la construcción de herramientas especiales utilizadas en el campo de la aviación o en el mantenimiento de aeronaves, es una práctica común, pero que debe estar acompañada de un proceso de construcción e ingeniería que soporte al menos de forma documentada como se realizó la construcción de la misma y cuáles fueron los parámetros trazados para la generación de esa máquina y que posee las medidas de seguridad estándares para un mejor empleo durante el mantenimiento del amortiguador.

Centro de Mantenimiento de Aviación de Ejército			
ORDEN DE TRABAJO.			
NUMERO DE ORDEN	RESPONSABLE	AERONAVE/MATRÍCULA	HORAS
47	CHISAGUANO VILAÑA MIGUEL EDUARDO	MI-171 E-288	2000.15
UNIDAD	FECHA DE EMISIÓN	FECHA QUE TERMINA	ESPECIALIDAD
CEMAE	2019-12-09 00:00:00.0	2020-01-07 00:00:00.0	MR
DETALLE DE LOS TRABAJOS A REALIZAR			
ACTIVIDAD	DÍAS	OBSERVACIONES	
INSPECCION	11	REALIZAR LA INSPECCION DEL AMORTIGUADOR DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL	
IMPLEMENTACION	11	IMPLEMENTAR LA HERRAMIENTA ESPECIAL PARA EL SERVICIO DEL LIQUIDO HIDRAULICO	

Figura. 41 Orden de trabajo N° 47

CERTIFICA	
<p>La herramienta especial denominada "HERRAMIENTA PARA EL SERVICIO DEL LIQUIDO HIDRÁULICO DEL AMORTIGUADOR DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL" realizada por el CBOP. DE A.E. CHISAGUANO VILAÑA MIGUEL EDUARDO, con C.C. N° 171970870-1, cumple con las especificaciones de seguridad para la inspección del tren de aterrizaje y adicional realizar diferentes tareas de mantenimiento con mayor eficacia que tengan que ver con el amortiguador del tren de aterrizaje principal, aprobando su equivalencia de funcionamiento para los trabajos que realiza el CENTRO DE MANTENIMIENTO DE AVIACIÓN DEL EJERCITO N° 15 "PAQUISHA y</p>	

Figura. 42 Extracto de la aceptación legal de conformidad

3.10 Evaluación coste beneficio.

Como se puede entender, el mantener a una aeronave como el helicóptero Ruso Mi-171 es una tarea ardua y que necesita de un gran compromiso, el lograr construir herramientas que le permitan seguir operando en el país es un gran avance, así como permite reducir costos de compra de nuevas herramientas y costos relacionados a no tener operativa la aeronave.

Tabla 5

Gasto Total

• 8 tubos de 6 metros largo 60*40mm 2mm espesor ASTM A 37	235 USD
• Electrodo E 6011 (62000lbs/pulg ²) TODAS LAS POSICIONES	23 USD
• Disco de corte y pulido	48 USD
• Sueda MIG y componentes TALLERES	100 USD
• Estropajo metálico	4,5 USD
• Lija para metal grano grueso *8	17 USD
• Lija para metal grano fino *8	5 USD
• Cepillo metálico para retirar escoria de suelda	10 USD
• Gata manual con HUSILLO y RUEDA	124 USD
• Gata hidráulica de accionamiento manual	114 USD
• Ensayo NDI	50 USD
• Llantas de alto trafico	112 USD
• Pintura anticorrosiva	22 USD
• Pintura amarilla	56 USD
• Lubricantes	93 USD
• Equipo de protección personal	87 USD

CONTINÚA 

• Transporte y alimentación	200 USD
• Tareas administrativas	50 USD

Fuente: (CHISAGUANO VILAÑA, 2020)

Con un total de 1350,50 dólares invertidos solo en la maquina se puede decir que responde de forma muy eficiente a la función que se le destino, mantiene de forma correcta a los elementos montados en ella y sobre todo hace que el ejército ecuatoriano pueda continuar con su labor de defensa en la soberanía y protección del territorio.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.

- Se concluye que existe la información necesaria para realizar las tareas de serviceo, u otras dado que dichos documentos han sido bien almacenados por los departamentos de documentación enfocada al mantenimiento del ejército, en especial del escuadrón que opera el helicóptero Mi-171.
- Se puede concluir que en los manuales no existe datos informativos acerca de las dimensiones exactas del amortiguador SHOCK STRUT, en ese sentido se realizó el lineamiento de las necesidades de la herramienta basada en la misma experiencia del mantenimiento, y las medidas y dimensiones que se podían evidenciar de primera mano.
- Se discierne que al realizar las tareas descritas en manual N° 12.20.00, estas son más fáciles de realizar con el uso de la herramienta construida en base a las necesidades del mantenimiento que se necesitada dar al amortiguador del helicóptero Mi-171.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda tomar en cuenta los manuales descritos en este proyecto, pero además se recomienda crear nueva documentación enfocada a salvaguardar los datos de este tipo de aeronaves que por el paso del tiempo se ven afectadas en la perdida de datos y manuales.

- Se recomienda en caso de necesitar una nueva herramienta, basarse en la que se realizó en este proyecto e ir incrementando las necesidades que se van presentando a lo largo de la investigación.
- Se recomienda hacerse con el manual y orden técnica previa a la realización de las tareas de serviceo además se aconseja tomar en cuenta las medidas de seguridad para los parámetros y el uso de EPP reglamentario puesto que de esa forma se eliminaran la posibilidad de riesgo.

BIBLIOGRAFÍA

AeronauticalBSchool. (2018). *www.itaerea.es*. Recuperado el 12 de diciembre de 2019, de <https://www.itaerea.es/mantenimiento-aeronautico>

ASOC.Pasiònporvola. (2017). Recuperado el 08 de diciembre de 2019, de <http://www.pasionporvolar.com/helicopteros-ala-rotatoria/>:
<http://www.pasionporvolar.com/helicopteros-ala-rotatoria/>

Aviación, y. u. (2018). <https://aviacion-y-un-poco-mas>. Recuperado el 20 de octubre de 2019, de <https://aviacion-y-un-poco-mas.webnode.mx/news/materiales-compuestos-en-la-industria-aeroespacial/>

AviacionEspaña. (2018). <http://avia-es.com/blog/mi-171>. Recuperado el 07 de noviembre de 2019, de <http://avia-es.com/blog/mi-171>

AviaHelicopters. (2018). Recuperado el 07 de noviembre de 2019, de <http://avia-russia.com>: <http://avia-russia.com/helicopter/the-mil-mi-171/>

CHISAGUANO VILAÑA, M. E. (2020). *INSPECCIÓN DEL AMORTIGUADOR DEL TREN DE ATERRIZAJE E IMPLMETACIÓN DE UNA HERRAMIENTA ESPECIAL PARA EL SERVICIO DEL LÍQUIDO HIDRÁULICO DE ACUERDO A LA TAREA DE TRABAJO N°12.20.00 DURANTE LA INSPECCIÓN DE 300 HORAS DEL HELICÓPTERO MI, EN BENEFICIO A LA 15-*.

DGAC. (2018). Recuperado el 22 de octubre de 2019, de DGAC: https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2017/08/lexico_12032014.pdf

Edukativos. (2018). <https://www.edukativos.com/apuntes/archives/2108>. Recuperado el 07 de noviembre de 2019, de <https://www.edukativos.com/apuntes/archives/2108>: <https://www.edukativos.com/apuntes/archives/2108>

Ejercitoecuadoriano. (2019). <https://www.ejercitoecuadoriano.mil.ec/sistemas-de-armas/>. Recuperado el 17 de agosto de 2019, de <https://www.ejercitoecuadoriano.mil.ec/sistemas-de-armas/>: <https://www.ejercitoecuadoriano.mil.ec/sistemas-de-armas/>

FAA. (2018). www.faa.gov. Recuperado el 27 de mayo de 2019, de https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/helicopter_flying_handbook/media/hfh_ch04.pdf

Garcia, L. (2016). *Hardware Aeronautico*.

Homelandsecurity. (2017). Recuperado el 11 de noviembre de 2019, de <https://www.homelandsecurity-technology.com/projects/aw119kx-light-single-engine-helicopter/>

Macías, E. (2018). *breve historia del ejercito ecuadoriano*. Recuperado el 17 de mayo de 2019, de [https://issuu.com/](https://issuu.com/ceheesmil/docs/brief_history_of_the_ecuadorian_arm): https://issuu.com/ceheesmil/docs/brief_history_of_the_ecuadorian_arm

Malasia, I. t. (2018). <https://www.slideshare.net/>. Recuperado el 15 de diciembre de 2019, de <https://www.slideshare.net/partyrocka99/1-week-1-helicopter-structure>

Martinezes, C. (2019).

<http://carlosmartinezescultura2011.blogspot.com/2011/09/generalidades-de-la-soldadura-electrica.html>. Recuperado el 28 de noviembre de 2019, de <http://carlosmartinezescultura2011.blogspot.com/2011/09/generalidades-de-la-soldadura-electrica.html>:

<http://carlosmartinezescultura2011.blogspot.com/2011/09/generalidades-de-la-soldadura-electrica.html>

mechanic.com. (2019). <http://www.flight-mechanic.com/forming-tools-part-two/>. Recuperado el 22 de diciembre de 2019, de <http://www.flight-mechanic.com/forming-tools-part-two/>: <http://www.flight-mechanic.com/forming-tools-part-two/>

Mil. (1995). MM-hecicoptero-Mi171. Mil.

Paquisha, B. (2018). *manual general de mantenimiento*. Recuperado el 10 de mayo de 2019, de <https://esforse.mil.ec/interno/index.php/servicios/documentos/09-notas-de-aula/316-18-nota-de-aula-general-de-mantenimiento-de-la-15-bae-paquisha/file>: <https://esforse.mil.ec/interno/index.php/servicios/documentos/09-notas-de-aula/316-18-nota-de-aula-general-de-mantenimiento-de-la-15-bae-paquisha/file>

Plataforma10. (2018). Recuperado el 07 de diciembre de 2019, de caymansseo.com: <https://caymansseo.com/tren-de-aterrizaje-partes-caracteristicas-como-funciona>

Ruiz, C. (2007). <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8744>. Recuperado el 15 de mayo de 2019, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8744>: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8744>

Trujillo, R. (2018). www.mantenimiento.win. Recuperado el 21 de julio de 2019, de <https://mantenimiento.win/mantenimiento-aeronautico/>

Veliz, J. (2011). <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8631>. Recuperado el 25 de mayo de 2019, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8631>: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8631>

ANEXOS



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

CERTIFICACIÓN

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por el señor CHISAGUANO
VILAÑA MIGUEL EDUARDO

En la ciudad de Latacunga a los 23 días del mes de enero del 2020

Aprobado por:

