

Propuesta de mejora al mantenimiento preventivo de la aeronave piper Seneca

2 de Colcharter I.P.S. SAS

Leidy Adriana Acuña Jiménez

Juan Sebastián Quitian

Asesor

Ing. Miguel Ángel Urían

Esp. En Gerencia de Mantenimiento

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Dirección de Posgrados

Universidad ECCI

Bogotá

2019

Propuesta de mejora al mantenimiento preventivo de la aeronave Piper Seneca

2 de Colcharter I.P.S.

Leidy Adriana Acuña Jiménez Cod: 83021

Juan Sebastián Quitian Cod: 83702

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Dirección de Posgrados

Universidad ECCI

Bogotá

2019

Introducción

La presente investigación se realiza como opción de grado para optar por el título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento de la Universidad ECCI.

La empresa Colcharter IPS S.A.S. es una empresa de ambulancias medicalizadas aéreas que opera dentro del territorio colombiano e internacional, contando con un grupo de profesionales capacitados, una amplia experiencia en el campo médico y aeronáutico y sobre todo con una alta responsabilidad en los servicios prestados.

Este trabajo es importante para la mejora al mantenimiento preventivo de las aeronaves operadas por la compañía como lo es el Piper Seneca 2, la cual es el equipo de mayor importancia debido a que hace recorridos a costos relativamente bajos.

La compañía cuenta con 12 aeronaves de las cuales 3 son Seneca 2, el cual se presenta en el desarrollo de este trabajo, dando importancia de suplir calidad y maximizar el tiempo de disponibilidad, además del desarrollo en las estrategias de mantenimiento para así llevar a cabo la mejora continua en los procesos de optimización y aprovechamiento de los diferentes recursos que nos producen costos muy altos, en los capítulos del 6 al 9 abordan la propuesta de solución, los impactos causados con esta propuesta y el análisis financiero.

Resumen

Para la construcción de una propuesta de mejora de mantenimiento preventivo de la aeronave Seneca 2, fue la identificación de los sistemas por ATA que más tienden a fallar a través del tiempo, realizando el análisis de criticidad, donde se busca encontrar en la flota una alta disponibilidad; la implementación de esta mejora traerá el cumplimiento del objetivo de la compañía el cual es salvar 2500 vidas.

Palabras clave: ATA, alta disponibilidad, confiabilidad

Abstract

For the construction of a proposal to improve the preventive maintenance of the Seneca 2 aircraft, it was the identification of the systems by ATA that most tend to fail over time, performing the criticality analysis, where it is sought to find in the fleet a high availability; The implementation of this improvement will bring about the fulfillment of the company's objective, which is to save 2,500 lives.

Keywords: ATA, high availability, reliability

Contenido

Índice de Figuras.....	9
1 Título de la Investigación.....	10
2 Problema de investigación	10
2.1 Descripción del problema	10
2.2 Planteamiento del problema.....	11
2.3 Sistematización del problema	11
3 Objetivos de la Investigación	12
3.1 Objetivo general.....	12
3.2 Objetivos específicos	12
4 Justificación y delimitación.....	12
4.1 Justificación	12
4.2 Delimitación.....	14
4.3 Limitaciones.....	14
5 Marco conceptual	15
5.1 Estado del arte.....	15
5.1.1 <i>Referencias Nacionales</i>	15
5.1.2 <i>Referencias internacionales</i>	19
5.2 Marco Teórico.....	27

5.2.1	Mantenimiento.....	27
5.2.2	Mantenimiento Aeronáutico	31
5.2.3	Elementos con vida limite Hard-Time (HT).....	32
5.2.4	Elementos a condición (OC).....	33
5.2.5	Elementos sujetos a Monitoreo (CM).....	33
5.3	Marco normativo/legal.....	36
6	Marco metodológico	38
6.1	Recolección de la información	38
6.1.1	Tipo de investigación.....	38
6.1.2	Fuentes de obtención de la información	38
6.1.3	Herramientas.....	39
6.1.4	Metodología.....	39
6.1.5	Información recopilada.....	40
6.2	Análisis de la información	45
6.3	Propuesta(s) de solución	45
7	Impactos esperados/generados	51
7.1	Impactos esperados	51
7.2	Impactos Generados.....	51
8	Análisis financiero.....	51

9	Conclusiones y recomendaciones.....	54
9.1	Conclusiones.....	54
9.2	Recomendaciones	54
10	Bibliografía.....	55

Índice de Tablas

Tabla 1. Normas aplicables para la operación de Ambulancias Aéreas (Autores, 2019).....	38
Tabla 2. Ficha técnica de la aeronave (Autores, 2019).....	41
Tabla 3. Servicios de la aeronave (Autores, 2019).....	42
Tabla 4. Manuales que afectan la aeronave (Autores, 2019).....	42
Tabla 5. Componentes críticos (Autores, 2019)	46
Tabla 6 Entrenamiento propuesto para técnicos en el equipo Seneca 2 (Autores, 2019).....	50
Tabla 7 Perdida evitable (Autores, 2019).....	51
Tabla 8. Análisis financiero (Autores, 2019).....	52
Tabla 9 Total pagado por tener la Aeronave AOG 2022 (Autores, 2019).....	52

Índice de Figuras

Figura 1 Procesos primarios de mantenimiento. (Meza & Garcia Hernandez, 2011)	34
Figura 2. Comparación NPR (Autores, 2019)	48
Figura 3. Entrenamiento personal técnico Colcharter (Autores, 2019).....	49

1 Título de la Investigación

Propuesta de mejora al mantenimiento preventivo de la aeronave Piper Seneca 2 de Colcharter I.P.S.

2 Problema de investigación

2.1 Descripción del problema

La implementación de un programa de mantenimiento se hace necesario en la empresa Colcharter IPS S.A.S. debido a las constantes paradas de las aeronaves, y más específicamente en el equipó Píper Seneca 2, surgiendo como una necesidad para reducir o minimizar factores que afecten a la eficacia y la eficiencia de la operación, generando costos elevados de mantenimientos correctivos, traslado de repuestos a otros aeropuertos, mano de obra innecesaria, incumplimiento en los traslados de la empresa y mala imagen de la compañía entre otras.

Para lograr implementar un programa de mantenimiento se necesitan factores primordiales de trabajo calificado, proactivo y dispuesto, una mejor comunicación entre el equipo de mantenimiento y los directivos, una relación más cercana entre la parte operativa y toda el área de mantenimiento para poder dar seguimiento a las fallas y una independencia del área de mantenimiento para la toma de decisiones. Todo esto para identificar el verdadero estado de las aeronaves, llevar un seguimiento a cada uno de los componentes y de esta manera generar resultados para promover el crecimiento de la empresa.

La falta de compromiso de las tripulaciones de vuelo al momento de realizar los reportes de mal funcionamiento al área de ingeniería y falta de seguimiento a los procedimientos de calidad en los trabajos efectuados a cada una de las aeronaves evidencia que los procesos no son llevados adecuadamente en la empresa, es por tal motivo que se evidencia la falta de un programa de mantenimiento adecuado. Por otra parte está el crecimiento constante de la empresa en donde la falta de identificar y controlar las fallas, hace que sea una tarea compleja y sin resultados positivos.

2.2 Planteamiento del problema

Colcharter presenta carencias en su servicio debido a la falta de planeación de tareas de mantenimiento, donde se incumplen con los procesos de mantenimiento por la necesidad de mantener operativos los equipos, lo cual es contradictorio debido a que mantenimientos complacientes evitan una operación eficiente lo anterior da origen a la pregunta de investigación: ¿Cómo mejorar el mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la aeronave Piper Seneca 2 de Colcharter I.P.S?

2.3 Sistematización del problema

- ¿Qué modelo de mantenimiento se ejecuta actualmente por el equipo Seneca 2 de Colcharter IPS S.A.S?
- ¿Cuáles son las metodologías aplicables para generar una base estadística sobre los récords de fallas de la aeronave Piper Seneca2?
- ¿Cómo establecer el desarrollo de recopilación de datos para establecer el parámetro de vida característica de la aeronave Piper Seneca2?

3 Objetivos de la Investigación

3.1 Objetivo general

Elaborar un plan de mejora al mantenimiento preventivo aplicado a la aeronave Piper Seneca 2 de la empresa Colcharter IPS para optimizar la disponibilidad y el desempeño operacional teniendo en cuenta la seguridad.

3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la gestión actual del mantenimiento para la aeronave Piper Seneca II Colcharter I.P.S.

- Realizar una matriz AMEF a la aeronave Piper Seneca dos para detectar las fallas más relevantes y su criticidad.

- Integrar actividades de mejora en el mantenimiento preventivo de la aeronave Piper Seneca II basados en resultados y análisis de la matriz AMEF.

4 Justificación y delimitación

4.1 Justificación

El campo aeronáutico ha evolucionado desde la segunda guerra mundial donde la tecnología y la inversión a la aeronaves era bastante alta para estar a la vanguardia, se vio el desarrollo de prototipos nuevos enfocados solo al área militar, pero todo este desarrollo se amplió a la aviación civil creando la prestación de servicios aeronáuticos entre ellos: vuelos comerciales, vuelos chárter, misiones de rescate, fumigación, fotografía, ambulancias aéreas

entre otros, generando así un alto índice de responsabilidad por las vidas humanas que se transportan.

El sector aeronáutico cuenta con un alto índice de riesgo, pero aun así es considerado la forma más segura de transportarse, todo esto es gracias a la evolución y responsabilidad de los fabricantes en el área de confiabilidad de las aeronaves, pues se han desarrollado varias teorías de mantenimiento como lo es el MSG (Maintenance Steering Group), el cual ha evolucionado a MSG-3 el cual es el programa de mantenimiento de aeronaves más modernas y especifica límites de inspección y Overhaul de componentes. Todo este desarrollo con el fin de crear un medio de transporte seguro y eficiente, debido a que cualquier fallo masivo en vuelo puede generar muertes tanto de los ocupantes como de personas en tierra.

En Colombia el mantenimiento aeronáutico está regulado por la Aeronáutica Civil, verificando cumplimiento de los Reglamentos Aeronáuticos Colombianos (R.A.C) y el cumplimiento del programa de mantenimiento que cada uno de los fabricantes de aeronaves entregan a los operadores, pero es aquí donde en aeronaves que no son modernas y que dependiendo su operación deben modificar sus programas de mantenimiento para generar confiabilidad en su operación, siempre basándose en un programa de confiabilidad de cada una de las aeronaves que se operan, pues así se tenga el mismo modelo de equipo nunca tienen comportamientos iguales dos equipos de un mismo modelo.

Las ambulancias aéreas cumplen un papel muy importante en Colombia, puesto que realizan traslados medicalizados desde áreas remotas del país, garantizando así el cubrimiento en todo el territorio nacional del servicio de salud, es por esto que la

disponibilidad y seguridad de las aeronaves son un factor fundamental para la prestación del servicio de salud, y es por esto que la mejora en el mantenimiento de Colcharter IPS S.A.S. se hace necesario.

4.2 Delimitación

La propuesta de mejoramiento preventivo será desarrollada en el lapso de febrero a Diciembre de 2021, en la empresa de ambulancias aérea Colcharter IPS S.A.S ubicada en el Aeropuerto el Dorado de la ciudad de Bogotá, la recolección de información de la matriz de análisis de fallas está centrada en la aeronave Piper Seneca 2, perteneciente a esta compañía.

4.3 Limitaciones

1. El proyecto se limita a la propuesta de mejoramiento preventivo de la aeronave Piper Seneca 2, mas no se realizará ningún plan de mantenimiento.
2. Los cálculos de análisis de fallas y tiempo promedio entre fallas solo se realizarán para la aeronave Piper Seneca 2.
3. La empresa Colcharter IPS S.A.S.; no aporta información con respecto a las fallas presentadas en la aeronave.
4. El equipo de trabajo dispone solo de 3 horas de dedicación cada 2 días.
5. Se cuenta únicamente con los recursos de los proponentes
6. La empresa Colcharter IPS S.A.S.; cuenta con información limitada acerca de la aeronave analizada, debido a que solo se posee información concerniente al mantenimiento de cinco años atrás.

5 Marco conceptual

5.1 Estado del arte

5.1.1 Referencias Nacionales

5.1.1.1 Análisis de Confiabilidad de la Flota de Aeronaves de la Escuela de Aviación del Pacífico

En el año 2012 el estudiante Yesid Camilo Ramírez Manchola de la universidad de San Buenaventura en su trabajo titulado “Análisis de confiabilidad de la flota de aeronaves de la escuela de aviación del pacifico” desarrollaron toda una investigación enfocándose en el análisis de confiabilidad para las aeronaves que operan en la escuela de aviación del pacifico, con el fin de identificar fallas que presentan las aeronaves y así mismo tomar acciones de mantenimiento, igualmente identificar la causa-raíz que presentan y riesgos operacionales que pueden surgir en cada una de las aeronaves. Mediante estos análisis se evidencia parámetros como lo son la disponibilidad y operación y así tomar decisiones para optimizar sus operaciones por medio de modificaciones en las tareas de mantenimiento (Ramírez Manchola, 2012). Este proyecto contribuye con el respectivo análisis de datos y toma de decisiones en la modificación de tareas de mantenimiento con el fin de mejorar la disponibilidad de cada una de las aeronaves, también se evidencia que un mantenimiento eficiente depende de cada una de las áreas de la empresa, porque una buena propuesta de confiabilidad debe abarcar desde las decisiones del técnico hasta las del gerente de la compañía.

5.1.1.2 Modelo para la aplicación de RCM aeronáutico en Colombia.

En el año 2010 el estudiante Andrés Hoyos Arango de la universidad EAFIT desarrollo el trabajo “Modelo para aplicación de R.C.M aeronáutico en Colombia” el cual mostró características propias del mantenimiento aplicado en la industria aeronáutica y dando los parámetros básicos para modificar el mantenimiento efectuado a las aeronaves de la empresa basándose en la metodología del R.C.M, todo este proyecto tuvo en cuenta la reglamentación aeronáutica colombiana y el mantenimiento propio del país (Hoyos Arango, 2010). La anterior investigación es fundamental para el presente proyecto por la aplicación de las normas y el mantenimiento propio de la industria aeronáutica en Colombia, además de cómo consolidar un grupo de trabajo con el fin de aplicar el RCM en la industria.

5.1.1.3 Propuesta de implementación de la herramienta de mejora continua 5S en los almacenes de los talleres aeronáuticos de reparación

En el proyecto titulado “Propuesta de implementación de la herramienta de mejora continua 5S en los almacenes de los talleres aeronáuticos de reparación” realizada por los ingenieros Hernán Castañeda y Jesica Andrea desarrollaron la propuesta para implementar la mejora continua mediante la teoría de las 5S, diagnosticando el funcionamiento actual del almacén y evidenciando falencias como la recepción y control de componentes necesarios para el mantenimiento de las aeronaves, afectando así la prestación del servicio en los talleres aeronáuticos (Hernández Castañeda, 2016). De este proyecto se resalta que un buen manejo del almacén tanto en las herramientas y los componentes aeronáuticos, es

una base fundamental para cualquier propuesta de mejora, pues una buena gestión y control del almacén resulta en reducción de MTTR (Tiempo medio entre reparación), indicador esencial para mejorar la disponibilidad de los equipos de cualquier empresa.

5.1.1.4 Propuesta para la optimización y redefinición de la cadena logística para el suministro de repuestos aeronáuticos A.O.G (Aircraft On Ground)

En el año 2010 el ingeniero Luis Enrique Fajardo de la universidad Pontificia Universidad Javeriana desarrollo el trabajo “Propuesta para la optimización y redefinición de la cadena logística para el suministro de repuestos aeronáuticos A.O.G (Aircraft On Ground)”, en esta tesis se integra y estandariza procesos de manejo de stock ,distribución y compra de materiales y repuestos de una forma eficiente y eficaz, para la Fuerza Aérea Colombiana y la C.I.A.C (Corporación de la Industria Aeronáutica), al optimizar estos procesos, se aprovisionaran los almacenes dependiendo de factores como priorización, consolidación, costos por equipo y pronósticos del área de mantenimiento, generando para las dos compañías una disminución en el presupuesto, y reducción en los tiempos de respuesta a los clientes externos e internos, apuntando a un aumento en la credibilidad de la compañía y calidad en los trabajos especializados que ofrece la corporación (Molano, 2010). La anterior investigación es fundamental para el presente proyecto por la aplicación de estándares y procedimientos en el área del almacén de la compañía a la cual se le realizara la propuesta de mejora, ya que muchos de los inconvenientes que se tiene es que el personal no está capacitado para manejar un stock de la aeronave a aplicar el proyecto, por ende, la aeronave presenta demoras en los servicios de mantenimiento y baja disponibilidad en el cumplimiento de los contratos.

5.1.1.5 *Análisis de datos de fallas*

El ingeniero Samuel Ramírez Castaño desarrollo en el 2014 el proyecto titulado “Análisis de datos de fallas” donde el autor realizo pruebas de confiabilidad de los datos obtenidos en la recolección de datos de los equipos y sistemas eléctricos, basándose en modelos como la distribución de Weibull y la cadena de Markov, para llevar a cabo estos modelos y su respectivo análisis, se realizó una historia de cada componente de los equipos que fallaban donde se registra el tiempo de falla y el tiempo de reparación, aunque era una limitación el acceso a los datos de mantenimiento por su confidencialidad se usó la técnica de weibull para modelar los datos de falla para llegar a realizar un bosquejo de revisiones , inspecciones y tareas de mantenimiento que permiten realizar un diagnóstico más real del comportamiento de los componentes y así involucrarlos en el programa de mantenimiento respectivamente, evitando fallas catastróficas y paradas costosas (Castaño, 2014). La anterior investigación es fundamental para el presente proyecto por la aplicación de un análisis de fallas adecuado para determinar que mejoras realizar al programa de mantenimiento a evaluar.

5.1.1.6 *Propuesta de mejoramiento de gestión de mantenimiento para el departamento de confiabilidad*

La ingeniera Paola Juliana Uscátegui Cristancho en su proyecto de grado “Propuesta de mejoramiento de gestión de mantenimiento para el departamento de confiabilidad”, el cual cumplió con el objetivo de crear un plan con el fin de mejorar la gestión de actividades

dentro del área de confiabilidad, garantizando la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Se desarrollaron procedimientos de mantenimiento mediante la recopilación de información del software de planeación y ejecución, información del área técnica y el área operacional, enfocando esfuerzos conjuntos en aquellas actividades que tomaban más tiempo y logrando como objetivo el logro de las metas en menor tiempo y con una alta calidad (Uscátegui Cristancho, 2014). Este proyecto contribuye en la obtención de información y procesamiento de la misma para crear procedimientos de mantenimiento con el fin de generar una mejor gestión en el trabajo realizado en el área de mantenimiento.

5.1.2 Referencias internacionales

5.1.2.1 Estudio de confiabilidad operacional como soporte al mantenimiento aeronáutico en Cuba.

Los ingenieros Armando Díaz, Julio Abril Romero, Jesús Cabrera y Néstor Viego, desarrollaron en el 2015 el proyecto titulado “Estudio de confiabilidad operacional como soporte al mantenimiento aeronáutico en Cuba” implementaron indicadores de confiabilidad con el fin de medir las labores de mantenimiento realizadas en el sector aeronáutico de Cuba, también analizaron el mantenimiento que se realizaba en Cuba y como los análisis hechos sobre la confiabilidad no solo de los equipos si no involucrando los factores humanos permite una mejor operatividad de las empresas. Obteniendo como resultado que la menor confiabilidad en un componente crítico afecta la operatividad y con respecto a esto tomar decisiones fundamentadas en las tareas de mantenimiento (Díaz Concepción, Romero García, Cabrera Gómez, & Viego Ariet, 2015). El desarrollo de esta investigación es importante para el desarrollo del presente proyecto porque evidencia la

teoría de Weibull para realizar un análisis detallado de la confiabilidad en ciertos equipos aeronáuticos de Cuba y como el factor humano puede llegar a tener importancia para la confiabilidad de cualquier mantenimiento.

5.1.2.2 Design a general model to determine possible interval adjustment for all RNLAf aircraft

El ingeniero N.M. Reuver en 2016 desarrollo la tesis de maestría titulada “Desing a general model to determine posible interval adjustment for all RNLAf aircraft” la cual busca desarrollar un modelo con el fin de poder ajustar los programas y tareas de inspección de las aeronaves de la fuerza aérea Holandesa, con el fin de extender los intervalos de mantenimiento y en gran medida aumentar la disponibilidad de las aeronaves, teniendo en cuenta la operación y la legislación que se maneja en este país (Reuver, 2016). Este proyecto es importante porque dependiendo la operación de la aeronave se puede o no modificar criterios de mantenimiento y como la legislación regula el mantenimiento del sector aeronáutico, aunque el proyecto se realizó en otro país las leyes aeronáuticas se basan en la O.A.C.I (Organización de la Aviación Civil Internacional). Otro aspecto importante es la integración y gestión del equipo de trabajo, como esta nos lleva a aceptar un cambio que es beneficioso para la empresa empezando desde el área de mantenimiento y que se debe realizar un acompañamiento y entrenamiento a lo largo de la implementación.

5.1.2.3 Administración del mantenimiento programado y correctivo para aeronaves ejecutivas y helicópteros en un taller aeronáutico.

La ingeniera Stephanie del Rocío Morales Fernández desarrolló en el 2013 en México, el proyecto titulado “administración del mantenimiento programado y correctivo para aeronaves ejecutivas y helicópteros en un taller aeronáutico” implemento una base de datos acerca de los costos y precios del mantenimiento programado y mantenimiento correctivo para aeronaves de ala fija y rotatoria de la compañía Hawker Beech Services México , llegando a una organización en la cuantificación de repuestos ,materiales requeridos y servicios que no se contemplan dentro del programa de mantenimiento de cada aeronave . Logrando minimizar los costos del mantenimiento ,dando un giro a la visión en el control de los componentes y materiales para los servicios de mantenimientos preventivos y correctivos de las aeronaves de la compañía (Fenandez, 2013),.El desarrollo de esta investigación es importante para el presente proyecto porque evidencia la importancia de los costos de mantenimiento en la confiabilidad del mantenimiento programado de las aeronaves, mostrando como realizar una estandarización adecuada en los costos de mantenimiento, realizando bases de datos de diferentes reportes como: producción, status mensual,status de servicios, status de partes y costos de mano de obra.

5.1.2.4 Análisis de la confiabilidad del componente AHRU (Unidad de referencia de rumbo y actitud)

La ingenieros Paulo Roberto Meza Sevilla y Ramiro Hernández García desarrollaron en el 2011 en México, el proyecto titulado “Análisis de la confiabilidad del componente A.H.R.U(Unidad de referencia de rumbo y actitud)” implementaron un análisis

en la confiabilidad del componente A.H.R.U de toda la flota , debido a que en la recolección de datos presento un número considerable de fallas que pueden afectar a la seguridad operacional del vuelo, los autores de esta tesis se centraron en comparar el control que se debe llevar por parte del fabricante y el real por operación, en lo cual concluyeron que su confiabilidad era muy baja si seguían el control que estimaba el fabricante, por ende recomendaron realizar un seguimiento más amplio al componente por que en los dos años de análisis mostrados en la tesis fueron diferentes los fallos del mismo componente, y se debe realizar una alteración en el programa de mantenimiento, verificando que el estado de fabricación de la aeronave no haya emitido una directiva de aeronavegabilidad con un cambio o modificación del componente AHRU (Meza & Garcia Hernandez, 2011). El desarrollo de esta investigación es importante para el presente proyecto porque evidencia la importancia de realizar un análisis de confiabilidad para los componentes que tienen una falla constante y que podrían producir una parada de la aeronave, lo cual produce demoras y cancelaciones que conllevan a un costo más alto en mantenimientos.

5.1.2.5 Sistema de control de gestión para la gerencia de mantenimiento de la empresa Aeroservicio S.A.

El ingeniero José Manuel Ortiz Ortiz, desarrollo en el 2014 en Santiago de Chile, el proyecto titulado “sistema de control de gestión para la gerencia de mantenimiento de la empresa Aeroservicio S.A.)” implementaron técnicas en control de gestión que se involucran en el área de venta de repuestos y así influir en los procesos que se desarrollan en la gerencia de mantenimiento, ya que los administradores de la empresa Aeroservicios

cometen el error en tomar decisiones basados en la experiencia o en la intuición, por ende esta tesis desarrollo técnicas que optimizaron los procesos en la gestión de mantenimiento, llevando a los trabajadores de la organización a cumplir un mismo objetivo, encontrando que al realizar un análisis FODA se cuenta con recurso humano capacitado y comprometido con realizar trabajos de mantenimiento de altos estándares de calidad y seguridad (Ortiz, 2014). El desarrollo de esta investigación es importante para nuestro proyecto debido a que para la empresa a la cual se le va realizar la mejora en el mantenimiento preventivo, es importante desarrollar un cambio en las técnicas de gestión de mantenimiento involucrando capacitación para toda el área de mantenimiento que conlleven al cumplimiento del objetivo de la compañía.

5.1.2.6 Optimizar el proceso de inspección de una aeronave en el centro de mantenimiento aeronáutico de Latacunga.

El ingeniero Cesar Andrés Mosquera Lema, desarrollo en el 2017 en Latacunga Ecuador, el proyecto titulado “Optimizar el proceso de inspección de una aeronave en el centro de mantenimiento aeronáutico de Latacunga” implemento en el centro de mantenimiento aeronáutico procesos de estandarización bajo la norma ISO 9001, donde se encontraron procesos como, control de documentación, control de registros, auditorías internas, control de productos no conforme, acción correctiva y acción preventiva; ayudando a que procesos de mantenimiento sean eficientes y no pierda la organización a la hora de cobrar por los trabajos a realizar, ni exponer al taller por la calidad de los mismos, por no manejar una sistematización en las actividades de mantenimiento; ellos se concentraron en las horas hombre que se contabilizan y las que realmente se demoran en

realizar una tarea, en lo cual se encontró que muchas tareas se demoran más de lo que se estipula en los contratos de mantenimiento, lo cual da pérdidas a la organización, estas demoras son el resultado de que los componentes, repuestos o materiales no se encuentran en el stock del almacén, esta optimización al taller dio como resultado eliminar varias actividades que no son importantes o que se pueden combinar con otras, demostrando la reducción en pérdidas monetarias por las horas hombre desaprovechadas que afectaban la competitividad de la organización y la calidad en sus tiempos de entrega (Godoy, 2017). El desarrollo de esta investigación es importante para nuestro proyecto debido a que la disponibilidad es un factor importante a la hora de prestar el servicio de ambulancia aérea, y por ende el proceso a realizar para llevar una buena tarea de mantenimiento es especificar y verificar si todas las tareas de mantenimiento son necesarias especificando cuantas horas hombre se necesitaran para realizar una inspección o tarea de mantenimiento, lo cual nos ayudaría hacer procesos más eficientes y eficaces.

5.1.2.7 El sistema de calidad en el mantenimiento de las aeronaves de transporte pesado y su incidencia en la Disponibilidad para las operaciones de apoyo social en el Ecuador, durante el año 2014.

El ingeniero Marcos Xavier González Bonilla, desarrollo en el 2017 en Quito Ecuador, el proyecto titulado “El sistema de calidad en el mantenimiento de las aeronaves de transporte pesado y su incidencia en la Disponibilidad para las operaciones de apoyo social en el Ecuador, durante el año 2014.” Realizo el análisis del sistema de calidad en los procesos de mantenimiento de las aeronaves del escuadrón de aviación pesada Nro. 1121, incrementando la productividad y disponibilidad de las aeronaves de transporte pesado de

la Fuerza Aérea, para realizar este tipo de mejoras se realizó una recolección de datos como encuestas, información bibliográfica, programas de mantenimiento, normas de calidad, entrevistas, donde se determinó que el programa de mantenimiento para la aeronave Boeing y C-130 tiene un déficit de planeación, es decir no se tienen los componentes que se requieren para los servicios mayores, lo cual interfiere en las operaciones y disminuye la disponibilidad del equipo, otro factor que encontraron en este proyecto es la falta de capacitación de talento humano de los técnicos a la hora de realizar una tarea de mantenimiento, para realizar esta mejora el ingeniero implemento el sistema de calidad con mejoramiento continuo, conectado por medio de un manual este sistema y los procesos de mantenimiento, de esta tesis se concluyó que el 56% del personal no considera eficaz y de calidad el mantenimiento del Escuadrón 1121, y se propuso un manual de calidad que involucre las actividades de mantenimiento (Gonzalez, 2017). El desarrollo de esta investigación es importante para nuestro proyecto debido a que se notamos la importancia de realizar una recolección de datos en cuanto al mantenimiento de la aeronave Colcharter Seneca II, para evaluar que tan eficiente es la gestión de mantenimiento de la organización.

5.1.2.8 Propuesta de mejoras en el área de mantenimiento de una organización aeronáutica.

El ingeniero Nelson Arturo Mamani Mamani, desarrollo en el 2018 en Lima Perú, el proyecto titulado “Propuesta de mejoras en el área de mantenimiento de una organización aeronáutica” implemento una propuesta a través del análisis y diagnósticos del mantenimiento, detectando los inconvenientes presentados en dicha área con ayuda del diagrama de Pareto y el Ishikawa, lo que arrojo que existen tiempos excesivos para ejecutar

una tarea de mantenimiento, falta de estandarización de los procesos y deficiencias en el área del almacén y recursos económicos por parte de la alta gerencia de las compañías de aviación, empleado en sus propuestas círculos de calidad, mejora de las capacidades técnicas de los técnicos que ejecutan el trabajo, instaurar controles y mantenimiento a los equipos en tierra como calibraciones y pruebas no destructivas e implementar una mejora en el ambiente laboral por medio de las 5s, siendo un solo objetivo de la organización la que se encamina en cada propuesta de mejora. (Mamani, 2018). El desarrollo de esta investigación es importante para nuestro proyecto debido a que nos muestra la importancia de las dos técnicas mencionadas anteriormente para realizar un análisis eficiente en el área de mantenimiento, logrando establecer las fallas e inconvenientes más significantes que obstaculizan la disponibilidad de la aeronave a analizar.

5.1.2.9 Aircraft scheduled maintenance programmer development. Decision support methodologies and tools

Alireza Ahmadi desarrollo en su tesis de doctorado la investigación titulada “Aircraft Schedule maintenance programmer development. decisión support methodologies and tolos” metodologías y herramientas de apoyo para la toma de decisiones en la creación de un plan de mantenimiento efectivo, aplicando la teoría del MSG-3 identificando y cuantificando los riesgos operacionales causados por las aeronaves y de esta manera tener una base de información fundamentada para la toma de decisiones en el desarrollo de las tareas de mantenimiento. Además, la relación que debe tener siempre los costos y el mantenimiento para expresar en términos cuantitativos la importancia de un buen plan de mantenimiento. Establecen una base para la generación de políticas integrales con el fin de

reducir costos de reemplazos prematuros, manteniendo la buena prestación del servicio sin que se deterioren sistemas u elementos de las aeronaves (Ahmadi , 2010). La importancia de esta investigación se ve reflejada en el presente proyecto mediante la implementación de técnicas usadas en el MSG-3 para la toma de decisiones en el mantenimiento, además de la implementación de políticas para garantizar un buen servicio y reduciendo costos en la prestación del servicio de mantenimiento.

5.2 Marco Teórico

En el mantenimiento de aeronaves es muy importante llevar el historial de los reportes significativos, el recopilar esta información ayuda a maximizar la vida útil y la mantenibilidad de las mismas, con el fin de conservar las aeronaves disponibles de manera eficiente y seguras.

5.2.1 Mantenimiento

El mantenimiento es parte fundamental de cualquier empresa que maneja maquinaria y tiene como objetivo preservar y mantener funcional los activos de la empresa hasta el fin de su vida útil. Las principales funciones se basan en vigilancia, acciones correctivas, preventivas y remplazo de componente, bajo estos fundamentos es donde nacen los tipos de mantenimientos cada uno con prácticas diferentes, pero necesariamente complementarias para cumplir con los objetivos de disponibilidad (Carcel Carrasco, 2014).

El mantenimiento surgió y se empezó a desarrollar durante la segunda guerra mundial, donde el único mantenimiento que se aplicaba era el mantenimiento correctivo, pues no se hacía ningún análisis de fallas no se llevaba control alguno en este aspecto, poco

después durante los años 70 surge el mantenimiento preventivo, donde según la edad de las máquinas se generaba una probabilidad de falla y en los años 80 surge el mantenimiento predictivo donde se hacía un análisis causa-efecto para determinar el origen de las fallas. Hoy en día se manejan muchas prácticas y técnicas de mantenimiento dependiendo la metodología y el enfoque del mantenimiento, entre las cuales se destacan:

- Mantenimiento productivo total (TPM)
- Mejoramiento de confiabilidad operacional (MCO)
- Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)
- Mantenimiento basado en riesgo (MBR)

5.2.1.1 TPM (Total Productive Maintenance)

Este mantenimiento surgió en Japón y cuenta con el principal objetivo de eliminar las pérdidas en la producción en cuanto al estado de los diferentes equipos o como lo definimos en la gerencia del mantenimiento en los activos de la compañía, manteniendo los equipos listos para producir a máxima capacidad y con la calidad esperada, evitado en todo momento paradas no esperadas de los activos. (Isabel, 2016)

Es muy complicado mantener una maquinaria operando al máximo de su capacidad en todo momento de la producción, pues la filosofía TPM se acerca mucho al ideal de cero averías, cero defectos y con una alta seguridad, innovando principalmente en que los operadores se encargan del mantenimiento básico de su propio equipo, manteniendo en todo

momento en buenas condiciones su propio equipo y desarrollando la capacidad de detectar problemas antes de que estos conlleven a una falla en el equipo.

El TPM según Javier Cárcel Carrasco en su libro la gestión del conocimiento (Cárcel Carrasco, 2014) quedo definido con los siguientes objetivos en el mantenimiento:

1. Maximizar la eficacia del equipo
2. Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para la vida útil del equipo
3. Involucrar los departamentos de la empresa para implementar un TPM
4. Involucrar todos los empleados de la empresa, sin importar el cargo que ocupan.
5. Promover el TPM por medio de motivaciones al equipo de trabajo.

5.2.1.2 Mejoramiento de confiabilidad operacional (MCO)

Esta es una técnica utilizada en el mantenimiento el cual se enfoca en generar cambio en la cultura de la organización, apuntando en todo momento a los objetivos que posea la empresa y es definida como la capacidad de un equipo para cumplir las funciones dentro de los límites de diseño, este proceso depende de cuatro factores fundamentales los cuales son:

- Confiabilidad humana
- Confiabilidad de los procesos
- Mantenibilidad de los equipos
- Confiabilidad de los equipos

Donde cualquier afectación de los cuatro procesos fundamentales variara ya sea para bien o para mal el comportamiento global de un proceso de confiabilidad operacional para un determinado equipo o sistema.

5.2.1.3 *Mantenimiento basado en confiabilidad (RCM)*

RCM o Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad) es una forma para elaborar y desarrollar un plan de mantenimiento en una compañía, fue implementada inicialmente en el sector aeronáutico con el fin de mejorar la seguridad aérea y debido a sus grandes ventajas fue poco a poco implementada en el sector industrial (Canales , 2006).

Lo que busca el mantenimiento RCM en la industria es mejorar la fiabilidad de los activos de la compañía, disminuyendo las paradas por averías y aumentando la disponibilidad de estos durante la producción. Pero para implementar o desarrollar este plan de mantenimiento en la industria se cuentan con siete preguntas claves que deben ser resueltas.

- ¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento en cada sistema?
- ¿Cómo falla cada equipo?
- ¿Cuál es la causa de cada fallo?
- ¿Qué parámetros monitorizan o alertan de un fallo?
- ¿Qué consecuencias tiene cada fallo?
- ¿Cómo puede evitarse cada fallo?
- ¿Qué debe hacerse si no es posible evitar un fallo?

Las respuestas correctas a estas preguntas claves conllevan a la identificación de fallos potenciales, como prevenirlos y cuáles son los principales factores para que estos se den.

5.2.2 Mantenimiento Aeronáutico

En los procesos primarios que se llevan a cabo en mantenimiento aeronáutico se establecieron límites de tiempo para realizar servicios mayores, servicios especiales, servicios de aeronavegabilidad continuada, reparaciones parciales y reparaciones generales u overhaul, de aquí sale el primer proceso primario el cual es Tiempo límite de un componente.

Al pasar los años la aviación se vuelve un sector muy costoso y por ende entran en bancarrota muchas empresas, debido a que el cambio de componentes muy repetitivos era un sobre costo para la industria, entonces el proceso primario de tiempo límite se fue haciendo a un lado, teniendo como consecuencia el segundo proceso primario, el cual es por Condición del componente o parte.

Este tipo de componentes son sometidos a inspecciones visuales o pruebas no destructivas que no tienen necesidad de dejar la aeronave en tierra por mucho tiempo, lo que ayuda a las empresas aéreas a mejorar su rentabilidad y disponibilidad.

El tercer proceso primario nació de los constantes accidentes e incidentes que ocurrían en diferentes aeropuertos, por ello la autoridad aeronáutica estableció que todas las organizaciones de mantenimiento deben llevar un Monitoreo por Condiciones donde se *monitorea y analiza el desempeño mecánico por componente sin prescribir límites o acciones mandatorias*” (Meza & Garcia Hernandez, 2011)

El resultado de estos procesos primarios dieron como resultado los programas de mantenimiento MSG-1 fue el primer desarrollo de un programa de mantenimiento que consistía en la “*evaluación del mantenimiento, basado en decisiones lógicas, experiencia y procedimientos establecidos por el fabricante/aerolínea en las operaciones de nuevas aeronaves*” (Cruz & Tellez Vidal, 2007), con este nuevo programa de mantenimiento crearon el MSG-2 documento llamado planeación de programas de mantenimiento/fabricante que fue utilizado en las aeronaves de los años 70’s.

Los servicios de inspección del MSG-2 son:

1. Elementos con vida limite Hard-Time (HT)
2. Elementos a condición, On Condition (OC)
3. Elementos sujetos a monitoreo, Condition Monitoring (CM)

5.2.3 Elementos con vida limite Hard-Time (HT)

Este proceso primario de mantenimiento involucra componentes que siempre requieren de un overhaul, reparación general o cuanta con límites de tiempo para ser removidos del servicio definitivamente o temporal mientras se realiza el trabajo dispuesto.

Los periodos de tiempo que se manejan pueden ser en horas de vuelo, ciclos, o tiempo calendario, “*el tiempo de remoción del componente se establece de acuerdo al programa de confiabilidad de los operadores, junto con informes que detallan la condición en que se encuentran dichos componentes al ser sometidos a una actividad o servicio de mantenimiento*” (Meza & Garcia Hernandez, 2011).

5.2.4 Elementos a condición (OC)

Este proceso de mantenimiento primario, son mantenimientos que de forma preventiva se realiza una inspección periódica al componente en cierto periodo de tiempo, esta inspección debe ser rigurosa ya que de esta depende si el componente sigue siendo apto para retornar al servicio o hay que sustituirlo.

En este tipo de mantenimiento primario se determina su condición por medio de inspecciones visuales, mediciones, chequeos operacionales que no requieren de un desarme del componente.

5.2.5 Elementos sujetos a Monitoreo (CM)

Proceso de mantenimiento primario monitorea los componentes o partes, detectando y evaluando sus condiciones para establecer si es apto o no para el servicio, estos componentes deben estar equipados en el Listado de equipos mínimos (MEL) ahí la aeronave cumple con el master de listado de equipos mínimos (MMEL), y deben ser componentes o partes que en caso de fallar no alteren la seguridad del vuelo, es decir deben tener un auxiliar en su funcionamiento o deben ser redundantes.

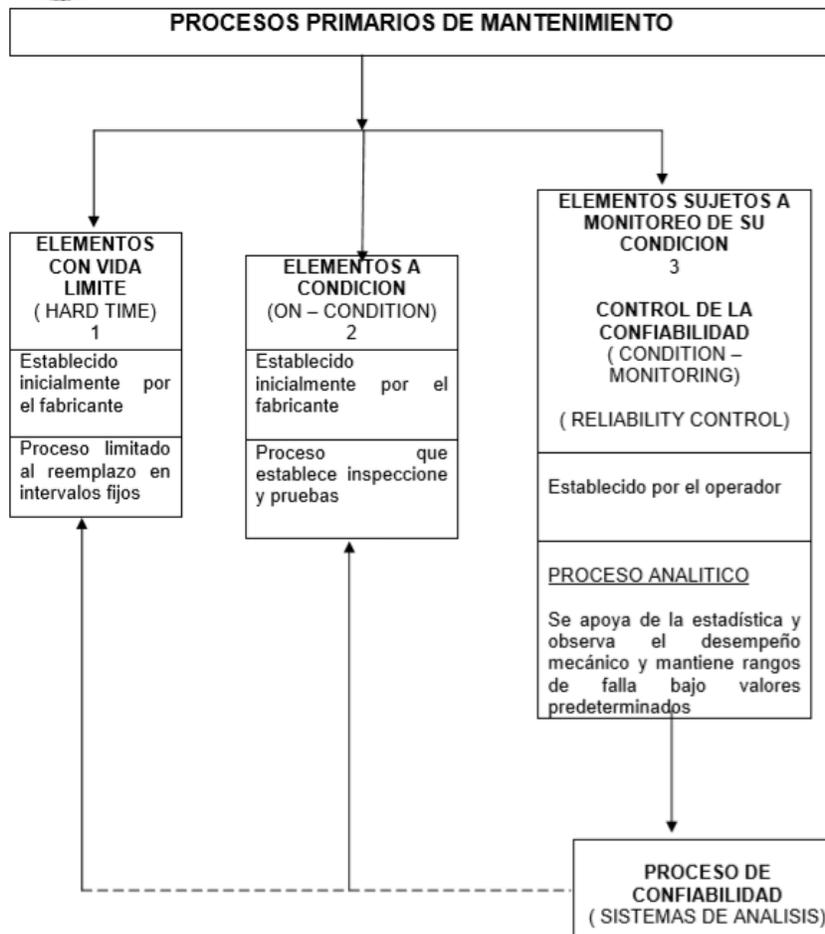


Figura 1 Procesos primarios de mantenimiento. (Meza & Garcia Hernandez, 2011)

En la transición y actualización de los programas de mantenimiento encontramos el MSG-3 que tiene como objetivo estandarizar las actividades de mantenimiento, donde se realice un mantenimiento de todas las partes, componentes, sistemas de la aeronave y estructuras, por lo cual la asociación de transporte aéreo Airlines For America (ATA) organizo cada sistema con un numero de ata en los programas de mantenimiento, para su practicable entendimiento y búsqueda.

Este tipo de programa comienza con la determinación de las bases de los primeros procedimientos de mantenimiento que adopta un operador, estando sujetos a la aplicación individual y estándares de calidad en cuanto a las organizaciones que están autorizados para ejercer las actividades de mantenimiento con suficiente experiencia en la operación del equipo.

Objetivos de los programas de mantenimiento MSG-3

Los objetivos de los programas de mantenimiento MSG-3 que se van a listar a continuación pretenden orientar a los operadores a evitar el deterioro de la vida útil de las aeronaves, pero dejando en claro que no sirven para corregir un mal diseño o minimizar los niveles de seguridad (Cruz & Tellez Vidal, 2007), estos son alguno de los objetivos:

1. Minimizar los costos de mantenimiento
2. Preservar un alto nivel de confiabilidad en las operaciones
3. Reducir los efectos por el envejecimiento de la aeronave
4. Incluir un sistema de mejora continua

En el programa de mantenimiento MSG -3, describe las tareas a realizar por cada servicio programado, de tal manera que se encuentran labores como lubricación, Pruebas operacionales, remplazo, inspección, pruebas no destructivas y chequeos; cuando hay un reporte de mal funcionamiento en el libro de vuelo o se tenga como resultado de un servicio, se hablan de tareas no programadas.

5.3 Marco normativo/legal

Para el presente proyecto se debe tener en cuenta la reglamentación al tipo de servicio que presta la empresa en Colombia y como estas pueden modificar el desarrollo de la presente investigación.

Norma	Numeral	Observación
RAC 43	Parte 43.105 Informe de condiciones no aeronavegables	Se cumple parcialmente, al realizar un proceso de Estandarización de reportes de mantenimiento en diferentes bases de mantenimiento
RAC 43	Parte 43.110 Falsificación, reproducción o alteración de registros de mantenimiento	Se cumple parcialmente, al realizar un proceso de estandarización de trazabilidades y recibo de documentación
RAC 43	Parte 43.200 Personas u organizaciones autorizadas a realizar mantenimiento	Se cumple parcialmente, se realiza un contrato por un taller certificado ante la autoridad aeronáutica.
RAC 43	Parte 43.400 Requisitos para la emisión de certificación de conformidad de mantenimiento	En la aviación colombiana se emite una conformidad de mantenimiento para liberar la aeronave, es decir realizar el vuelo después de ejecutado un servicio de mantenimiento.
RAC 135	Parte 135.1410 Responsabilidad de aeronavegabilidad	En Colombia existen las organizaciones de mantenimiento y los operadores regulares y no regulares, la empresa descrita en este proyecto es

		un operador regular por ende es el responsable de la aeronavegabilidad de la aeronave.
RAC 135	Parte 135.1415 Programa de mantenimiento	Todas las empresas de aviación colombiana para su debida certificación, debe realizar un programa de mantenimiento de acuerdo a la operación y fabricante de la aeronave.
RAC 135	Parte 135.1435 Sistema de registros de aeronavegabilidad continuada de las aeronaves	Todas las empresas de aviación colombiana deben tener un archivo muerto de todos los registro de mantenimiento por durante 3 años.
RAC 135	Parte 135.1415 Programa de mantenimiento	Todas las empresas de aviación colombiana para su debida certificación, debe realizar un programa de mantenimiento de acuerdo a la operación y fabricante de la aeronave.
RAC 135	Parte 135.1450 informe de la condición de la aeronavegabilidad	Todas las empresas de aviación colombiana para su operación normal deben diligenciar un formulario Información de Aeronavegabilidad.
RAC 135	Parte 135.1455 Requisitos de personal	No se cumple porque no se le da la debida capacitación al área de ingeniería.

Resolución 2003 de 2014	Norma para la prestación y habilitación de servicios de salud	Se cumple ya que se ejerce ambulancia aérea con el permiso de la secretaria de salud y aeronáutica civil.
--------------------------------	---	---

Tabla 1. Normas aplicables para la operación de Ambulancias Aéreas (Autores, 2019)

6 Marco metodológico

6.1 Recolección de la información

6.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es cualitativo y cuantitativo, es decir mixta ya que la información que se utilizara, es obtenida por medio de entrevistas al personal del taller o a reportes indicados en el libro de vuelo.

6.1.2 Fuentes de obtención de la información

6.1.2.1 Fuentes primarias

Las fuentes primarias para este trabajo de investigación salen de la información recopilada en la empresa, para esto se cuenta con información proveniente de los técnicos de mantenimiento, los pilotos de vuelo, los reportes en los libros de vuelo, las inspecciones preliminares realizadas a la aeronave, los programas de mantenimiento de las aeronaves y el histórico de incidentes y accidentes de la aeronave.

6.1.2.2 Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias se basan en el desarrollo como tesis, monografías y libros que se enfocan en las mejoras que se deben realizar al mantenimiento preventivo, más específicamente en los programas de mantenimiento emitidos por el fabricante del activo, en este caso de la aeronave Piper Seneca, igualmente se tiene en cuenta histórico de incidentes y accidentes de este tipo de aeronaves.

6.1.3 Herramientas

Las herramientas que se utilizaran en el proyecto son:

- El análisis AMEF
- Análisis de criticidad
- Plantilla de auditoria
- Plantillas de reportes
- Software SOMA

6.1.4 Metodología

Para el desarrollo del objetivo No 1 “Caracterizar la gestión actual del mantenimiento para la aeronave Piper Seneca II Colcharter I.P.S”

Se realiza una investigación sobre la aeronave y se verifica si el programa de mantenimiento de la empresa y el manual del fabricante se llevan de manera más consistente, en donde se indica cuáles son los servicios y componentes con vida limite mínimos a los que se les debe llevar un control.

Para el desarrollo del objetivo No 2 “Realizar una matriz AMEF a la aeronave Piper Seneca dos para detectar las fallas más relevantes y su criticidad” Se realiza la taxonomía al equipo, donde se involucran los sistemas y componentes de la aeronave, determinándose los componentes más críticos para involucrarlos en la matriz de AMEF y hallar el número ponderado de riesgo (NPR).

Para el desarrollo del objetivo No 3 “Proponer una propuesta estratégica de mejora en el mantenimiento preventivo de la aeronave Piper Seneca II” Se ejecuta un análisis de la información recopilada, y se llega a plantear las actividades a realizar como acciones correctivas, estableciendo tiempos límite para inspecciones o cambios de los componentes más críticos.

6.1.5 Información recopilada

Toda información necesaria para el correspondiente análisis del proyecto es solicitada a la empresa para un trato únicamente académico, esta información presentada proviene del resultado operacional de la aeronave, los diferentes manuales de mantenimiento y por la gestión que la empresa le da activo.

Ficha técnica del activo:

Avión	Piper Seneca 2 PA-34-200T Año fabricación 1978
Motores	Continental TSIO-360-EB

	LTSIO-360-EB
	Hartzell
Hélices	PHC-C3YF-2KUF
	PHC-C3YF-2LKUF

Tabla 2. Ficha técnica de la aeronave (Autores, 2019)

La aeronave PA-34-200T posee en la empresa un plan de mantenimiento que comprende inspección, servicio y lubricación de las diferentes secciones de la aeronave, y se manejan intervalos ya sea por horas de vuelo o tiempo calendario, los cuales están referenciado en la siguiente tabla:

Frecuencia	Tipo de servicio
1000 Horas	Inspección especial
100 Horas	Servicio
100 Horas	Lubricación
120Meses	Inspección especial
12 Meses	Inspección especial
144 Meses	Inspección especial
200 Horas	Inspección especial
2 Años	Inspección especial
30 Días	Inspección especial
4 Meses	Inspección especial
500 Horas	Inspección especial
500 Horas	Lubricación
50 Horas	Servicio
50 Horas	Lubricación
60 Meses	Inspección especial

84 Meses	Inspección especial
90 Días	Inspección especial

Tabla 3. Servicios de la aeronave (Autores, 2019)

Otra herramienta fundamental para conocer al detalle de la aeronave son sus manuales de mantenimiento, manuales de partes y manuales propios de la empresa que afectan ya sea mantenimiento u operación de la aeronave, estos manuales son:

Manual	Numero de parte	Revisión	Fecha revisión
Maintenance manual	761-590	PRO9031	JUL/31/2009
Illustrated part catalogue	761-589	PRO91210	DIC/01/2009
Manual general de mantenimiento	-	12	FEB/02/2019
Especificaciones de operación	-	11	ENE/31/2019

Tabla 4. Manuales que afectan la aeronave (Autores, 2019)

Se crea una matriz de criticidad con cada uno de los componentes que son relevantes para el presente ejercicio, en donde se logra ubicar aquellos elementos que pueden causar un efecto negativo en la disponibilidad, seguridad y afectación al equipo. En la matriz de criticidad se caracterizó cada uno de los componentes esenciales para el correcto funcionamiento de la aeronave y que al presentar una falla afectaba la disponibilidad de la aeronave.

En esta matriz se encuentran aquellos componentes de la aeronave que presentaron un cierto número de fallas en el histórico de 2 años y de esta manera causando un efecto negativo en la disponibilidad de la aeronave. Durante el desarrollo de la matriz se lograron ubicar los elementos más críticos con color rojo, relevantes de color naranja y considerable con color verde, siempre teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Daños al personal (DP)
- Efecto de población (EP)
- Impacto ambiental (IA)
- Pérdida de producción (PP)
- Daños en el equipo (DE)

Otro punto importante para mejorar el mantenimiento de la aeronave es la recopilación de las incidencias o también llamados reportes de mantenimiento, con estos reportes se organizó y se le dio su correspondiente gestión documental por lo que se creó un formato en el cual se recogen los aspectos más importantes para tener en cuenta del reporte de mantenimiento. Una vez creado se dio gestión documental y se evidencia una base de datos de donde se rescata información valiosa para tomar decisiones que mejoran el mantenimiento de la aeronave, con esta base de datos se procede a realizar un análisis AMEF (Matriz de Criticidad y AMEF Ver Anexo 1) en donde se enfoca únicamente en aquellos reportes recurrentes, se realiza su correspondiente análisis de cada uno, se saca el número NPR de cada uno de los componentes relacionados en los reportes, a partir de allí se plantean diferentes propuestas y luego de una evaluación se toman decisiones con el fin

de mejorar este número NPR y de igual manera reducir reportes repetitivos y mejorar en los aspectos que nos enfocamos que es seguridad y disponibilidad.

El análisis AMEF fue aplicado a los componentes más críticos y por ende los que más frecuencia tenían, en cada uno de ellos resaltamos el modo de falla y las acciones en cuanto al mantenimiento actual que tenían, de esto se saca un número NPR el cual se reduce con las acciones recomendadas y acciones tomadas, en cada uno de los componentes se encuentra su modo de falla y su efecto de este tipo de falla, con los nuevos controles aplicados no se garantiza que estos daños desaparezcan, pero si se reducen en un número considerable la disponibilidad de la aeronave.

Es importante aclarar que toda medida que surge del análisis de criticidad y del AMEF de cada uno de los componentes debe ser aceptada por la entidad regulatoria que en este caso es la Aeronáutica Civil de Colombia, y que estos cambios deben ser cumplidos estrictamente ya que cualquier incumplimiento al programa de mantenimiento de la aeronave puede conllevar a sanciones.

Otro punto importante para mejorar el mantenimiento de la aeronave es la recopilación de las incidencias o también llamados reportes de mantenimiento, con estos reportes se organizó y se le dio su correspondiente gestión documental por lo que se creó un formato en el cual se recogen los aspectos más importantes para tener en cuenta del reporte de mantenimiento. Una vez se creó y se dio gestión documental se evidencia una base de datos de donde se rescata información valiosa para tomar decisiones que mejoran el mantenimiento de la aeronave, con esta base de datos se procede a realizar un análisis

AMEF en donde se enfoca únicamente en aquellos reportes recurrentes, se realiza su correspondiente análisis de cada uno, se saca el número NPR de cada uno de los componentes relacionados en los reportes, a partir de allí se plantean diferentes propuestas y luego de una evaluación se toman decisiones con el fin de mejorar este número NPR y de igual manera reducir reportes repetitivos y mejorar en los aspectos que nos enfocamos que es seguridad y disponibilidad.

Recopilación de reportes Ver Anexo 2

6.2 Análisis de la información

Con el objetivo principal de proponer una propuesta para el mejoramiento del mantenimiento preventivo en la aeronave Piper Seneca 2, se debe precisar el estado actual del manejo de los Programas de mantenimiento y procesos en el área de mantenimiento, basados en la ejecución de la matriz AMEF y el riesgo que cada componente crítico representa para la operación. Para se desarrolla el siguiente análisis el cual es enfocado a mejorar la disponibilidad de la aeronave en el periodo de un año.

Se obtienen como componentes críticos de la aeronave los siguientes componentes:

Componente
Alerones
Timón de profundidad
Batería
Alternador
Comunicaciones
Navegación

Magnetos
Cilindros
Bomba de combustible
Turbocargador
Inyectores
Bujías
Bomba hidráulica
Gobernador
Ruedas
Horquilla
Tenedor
Perno de sujeción

Tabla 5. Componentes críticos (Autores, 2019)

Se identifica de cada componente su función, su falla funcional y su modo de falla, con esta información y con el histórico de daños que se sacó de los datos de la empresa obtenemos la siguiente información:

El total de reportes relacionado a los componentes listados en la tabla 5 son 88 en el periodo de un año, las cuales representaron en el año un total de 264 horas perdidas de operación, de lo cual se obtiene el siguiente resultado:

- Numero de fallas: 88
- Horas programadas: 950
- Horas perdidas: 264
- Disponibilidad: 72%

Se obtiene que la disponibilidad de esta aeronave en el año 2019 fue del 72% el cual es un número muy bajo para una aeronave que realiza operaciones de ambulancias y cada vez que se presenta un reporte durante su operación pone en riesgo la vida de las personas que transporta en ellas.

Con las medidas tomadas mediante el AMEF el mantenimiento de la aeronave se vuelve un poco más restrictivo, en especial con los componentes críticos antes relacionados, estas medidas consisten en reducir los tiempos de inspección, los tiempos de vida limite, servicio, lubricaciones entre otras dependiendo la causa o modo de falla. Con cada una de estas propuestas tenemos los siguientes datos enfocados a la disponibilidad:

- Numero de fallas: 48
- Horas programadas: 950
- Horas perdidas: 144
- Disponibilidad: 84%

Para referencia del control de mantenimiento y de resultados se utiliza el valor de NPR al cual se desea llegar con todas las propuestas de mantenimiento enfocado a las fallas repetitivas, al final del año productivo este número debe ser comparado y relacionado con el propuesto y año a año la idea es reducir su valor, para este ejercicio tenemos los siguientes valores de NPR:

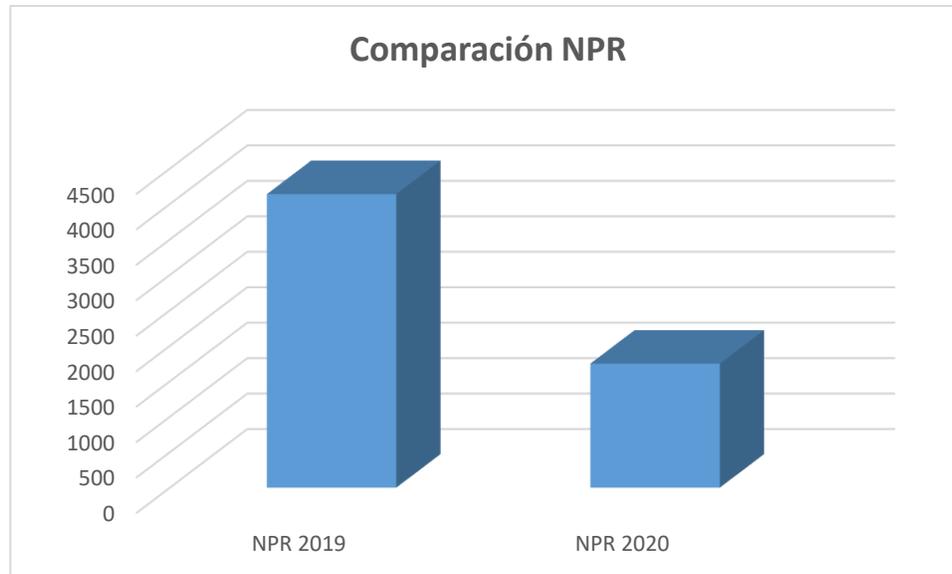


Figura 2. Comparación NPR (Autores, 2019)

6.3 Propuesta(s) de solución

Una de las propuestas de solución surge del análisis de criticidad y el análisis AMEF donde para cada uno de los componentes se realiza un plan de mantenimiento más estricto los cuales se acoplan al programa de mantenimiento actual de la aeronave, evitando crear paradas innecesarias de la aeronave durante su periodo de operación. Esta propuesta planteada en el anexo 1 buscan una reducción en los tiempos de inspección, lubricación u overhaul entre otros, reducir, predecir o evitar los daños frecuentes en los componentes de la aeronave, de esta manera mejoramos la disponibilidad de la aeronave y evitamos poner en riesgo tanto el personal que opera en las aeronaves como la salud de los pacientes que se trasladan a diario.

El entrenamiento que es realizado al personal de Colcharter en el equipo Seneca 2, en la actualidad es el siguiente:

ETICA	
a)	Generalidades, aplicaciones y ejemplos modelo aplicados a la compañía.
DERECHO AEREO	
a)	Código de comercio, parte 2ª del libro 5º y RAC; principalmente partes 2ª, 3ª, 4ª, 7ª, 8ª y 9ª) y particularmente las normas nacionales e internacionales relativas a las aeronaves, nacionalidad, matrícula, propiedad explotación y registro de aeronaves, normas sobre certificados tipo de aeronaves y demás productos aeronáuticos; normas sobre aeronavegabilidad, sus requisitos y certificación, y sobre mantenimiento, inspección y operación de aeronaves.
b)	Regulaciones sobre obligaciones y responsabilidades del AIT frente a la empresa o taller que inspecciona y frente a la UAEAC y documentos que puede firmar licencias, requisitos y atribuciones del personal técnico de mantenimiento; clasificación y requisitos de los servicios de mantenimiento de línea y los talleres.
c)	Las normas pertinentes al Inspector Técnico Autorizado (Anexos 6.7 y 8 OACI)
CONOCIMIENTOS GENERALES	
a)	Instalaciones y equipos necesarios para el funcionamiento de un servicio de mantenimiento de línea o de un taller, ya sea para servicios mayores o alteraciones, según su especialidad.
b)	Procedimiento a seguir y requisitos que se deben cumplir para la ejecución y aprobación del mantenimiento y alteraciones mayores y menores en las aeronaves, planta motriz o componente según el caso.
PROCEDIMIENTOS DE INSPECCION	
a)	Las técnicas de Inspecciones Requeridas (RII).
b)	Procedimientos de Inspección de los fabricantes, aplicables a la especialidad para la cual se solicita la autorización
SEGURIDAD INDUSTRIAL	
a)	Requerimientos mínimos exigidos en cuanto a normas de seguridad industrial de instalaciones y del personal.
INFORMACION, PUBLICACIONES TECNICAS Y MANUALES	
a)	Manejo y consulta de manuales, AD'S, S/B, análisis y control de cumplimiento de las mismas, información técnica en general; planes de mantenimiento, análisis, control y ejecución; procedimientos para determinar extensiones de operación.
b)	Conocimiento amplio del Manual General de Mantenimiento y partes pertinentes del Manual de Operaciones de la compañía.
SEGURIDAD AEREA	
a)	Actuaciones y limitaciones humanas en relación con el personal técnico de mantenimiento e

Figura 3. Entrenamiento personal técnico Colcharter (Autores, 2019)

TEMA	HORAS
Mantenimiento e inspección	2
Hélices	2
Estructuras	2
Sistemas eléctricos	4
Luces	1
Sistema de combustible	3
Calibración sistema de combustible	3
Sistema neumático	1
Trenes de aterrizaje principales	3
Tren de Nariz	3
Aire acondicionado	1
Sistemas hidráulicos	1
Controles de vuelo	1
Aviónica e instrumentos	1
Sistema de oxígeno	1
Sistema de planta motriz	2
Protección contra incendio	1
Sistemas de controles de vuelo	1
Peso y balance	1
Inspección de Magnetos	3
Calaje de Magnetos	3
Directivas de Aeronavegabilidad y Boletines de Servicio	1
STC de la aeronave	1
Evaluación	2
Total entrenamiento	42 Horas

Tabla 6 Entrenamiento propuesto para técnicos en el equipo Seneca 2 (Autores, 2019)

El Entrenamiento propuesto para el personal de Colcharter en el equipo Seneca 2, es el siguiente:

También se propone realizar capacitación el software de mantenimiento, ya que este genera errores que con llevan a que la operación sea insegura e ineficiente.

7 Impactos esperados/generados

7.1 Impactos esperados

- Disponibilidad de la aeronave para cumplir con los contratos establecidos.
- Contratación de una persona apta para llevar el stock del almacén.
- Aumentar la mantenibilidad de la aeronave Seneca 2
- Reducir el riesgo de incidentes en el equipo.

7.2 Impactos Generados

- Disminución en los costos de mantenimiento.
- Efectuar diagnósticos y tareas de mantenimiento más asertivas.
- Reducir tiempos de paradas de las aeronaves
- Cierre de incidencias de manera eficiente

8 Análisis financiero

Es importante recalcar los resultados en ahorro que es lo que más llama la atención de los inversionistas de la empresa bajo la implementación de todas las medidas adoptadas en el AMEF, de esto se tiene lo siguiente:

Año	Horas perdidas	Costo
2019	264	\$ 660'000.000
2020	144	\$ 360'000.000

Tabla 7 Perdida evitable (Autores, 2019)

Teniendo un ahorro de \$ 300'000.000 de pesos durante la implementación de la mejora en el mantenimiento durante el primer año, es claro que cada una de las mejoras en

el mantenimiento tiene un costo aproximado de \$ 110'000.000 de pesos lo cual dejaría una utilidad de \$ 190'000.000 de pesos. Con estos valores y con el control adecuado del mantenimiento de la aeronave este valor de utilidad iría aumentando año a año.

El valor actual de los componentes de aviación tiene un costo según el precio del dólar y de la necesidad del cliente, también se requiere de capacitaciones para el personal del área de mantenimiento sobre las aeronaves y almacén y software de mantenimiento como lo muestra en la tabla 8:

Descripción	Costo
Capacitaciones de almacén	20.000.000
Capacitaciones en el Software de mantenimiento	50.000.000
Capacitaciones al personal técnico	80.000.000
TOTAL	150.000.000

Tabla 8. Análisis financiero (Autores, 2019)

8.1 Estimación de la perdida evitable

VALOR DIA DE OPERACIÓN	11500000	
AVION EN TIERRA AOG	DIAS	VALOR COP
	2022	
Avión en tierra por falta de repuesto	5	\$ 57,500,000
Avión en tierra por desconocimiento técnico	10	\$ 115,000,000
Avión en tierra por errores en el software	5	\$ 57,500,000
TOTAL, PAGADO POR TENER EL AVION AOG	20	\$ 230,000,000

Tabla 9 Total pagado por tener la Aeronave AOG 2022 (Autores, 2019)

En la tabla 9 se encuentra el registro de paradas que tiene la aeronave Seneca dos durante la mitad del año 2022, por causa de fallos en software, conocimiento de técnicos y falta de repuestos; Para el desarrollo del análisis financiero se asume que este valor hubiera entrado a la utilidad de la Organización si se contará con una capacitación a los colaboradores de Colcharter.

8.2 Aplicación del indicador ROI

El indicador ROI para la propuesta de mejoras de mantenimiento durante el primer año es el siguiente:

$$ROI = \frac{190'000.000 - 110'000.000}{110'000.000}$$

$$ROI = 0,72$$

Esto significa que un año después de la implementación de todas las medidas adoptadas en la AMEF el retorno de la inversión es del 72%.

El indicador de ROI con la implementación de las capacitaciones sería de

$$ROI = \frac{230'000.000 - 150'000.000}{150'000.000}$$

$$ROI = 0,53$$

Esto significa y se espera que con las capacitaciones recurrentes al personal, el retorno sobre la inversión sea de un 53,33% y con esto se reduzca las paradas AOG en este tipo de aeronaves en un más o menos 50%.

9 Conclusiones y recomendaciones

9.1 Conclusiones

- Se Caracterizó la gestión actual del mantenimiento para la aeronave Piper Seneca II Colcharter I.P.S., encontrando que los componentes que fallan son los del sistema de combustible y eléctrico, llevando a la mejora continua en la disponibilidad de la flota.

- Se realizo una matriz AMEF a la aeronave Piper Seneca dos para detectar las fallas más relevantes y su criticidad entre las cuales encontramos la bomba de combustible, magnetos, alternadores, entre otros y así mejorar el entrenamiento de los técnicos de mantenimiento del equipo.

- Con la implementación del AMEF y todas las propuestas de mejora al mantenimiento enfocada a cada uno de los componentes que más críticos son para la operación, se espera mejorar la disponibilidad de la aeronave, evitar multas y sanciones por poner en riesgo la vida de las personas y por ultimo se evidencia un retorno favorable de la inversión que se requiere hacer para la implementación de la presente propuesta.

- Se Generó una propuesta estratégica de mejora en el mantenimiento preventivo de la aeronave Piper Seneca II basados en resultados y análisis de la matriz AMEF.

9.2 Recomendaciones

- Se recomienda la capacitación en el software de mantenimiento, que involucre el área de operaciones, almacén y financieras de la compañía.
- Modifica el programa de mantenimiento de la aeronave Seneca dos de la compañía.
- Capacitación para el personal del almacén.

10 Bibliografía

- (s.f.). Ahmadi , A. (2010). *Aircraft Scheduled Maintenance Programme Development. Decision Support Methodologies and Tools*. Luleå: Luleå University of Technology.
- Autores. (2019). *Propuesta de mejoramiento al mantenimiento preventivo de la aeronave PIPER SENECA II* . Bogota: Universidad ECCI.
- Canales , A. (2006). *Modelo gerencial de mantenimiento*. Monterrey: Reability world.
- Carcel Carrasco, J. (2014). *La gestión del conocimiento en la ingeniería de mantenimiento industrial*. Valencia: Omniascience.
- Castaño, S. R. (2014). *Analisis de datos de fallas*. Manizales, Colombia: Universidad nacional de Colombia.
- Cruz, J. R., & Tellez Vidal, J. (2007). *Mejoramiento a un programa e confiabilidad para el mantenimeinto en equipo AIRBUS A-320*. MEXICO: ESIME.
- Díaz Concepción, A., Romero García, J. A., Cabrera Gómez, J., & Viego Ariet, N. (2015). *Estudio de confiabilidad operacional como soporte al mantenimiento aeronáutico en Cuba*. La Habana: Instituto Superior Plitécnico José A Echeverría.
- Fenandez, S. d. (2013). *Administracion de mantenimiento programado y correctivo para aeronaves ejecutivas y helicopteros en un taller aeronautico*. Mexico, Mexico: Instituto Politecnico Nacional.
- Godoy, C. A. (2017). *Optimizar el proceso de inspeccion de una aeronave en el centro de mantenimiento aeronautico de Latacunga*. Latacunga Ecuador: Udla.

Gonzalez, M. X. (2017). • *El sistema de calidad en el mantenimiento de las aeronaves de transporte pesado y su incidencia en la Disponibilidad para las operaciones de apoyo social en el Ecuador, durante el año 2014*. Quito Ecuador: Universidad tecnologica Indoamericana.

Hernández Castañeda, J. A. (2016). *Propuesta de implementación de la herramienta de mejora continua 5s en los almacenes de los talleres aeronáuticos de reparación en Bogotá D.C - Colombia*. Bogota: Universidad Militar Nueva Granada.

Hoyos Arango, A. (2010). *Modelo para la aplicación de RCM aeronáutico en Colombia*. Medellin: Universidad EAFIT.

Mamani, N. A. (2018). *Propuesta de mejoras en el area de mantenimeinto de aeronaves para incrementar la productividad en una organizacion aeronautica*. lima, Peru : Universidad Inca garcilaso de la vega .

Meza, P. R., & Garcia Hernandez, R. (2011). *Analisis de Confiabilidad del componente AHRU (Unidad de referencia de rumbo y actitud)*. Mexico, Mexico: Instituto Politecnico Nacional.

Molano, D. D. (2010). *Propuesta para la optimizacion y redifinicion de la cadena logistica para el suministro de repuestos aeronauticos AOG* . bogota , Colombia: Pontificia Universidad Javeriana .

Ortiz, J. M. (2014). *Sistema de control de gestion para la gerencia de mantenimiento de la empresa Aeroservicio S..a.* Santiago , Chile: Economia y Negocios Universidad de Chile.

Ramírez Manchola, Y. (2012). *Análisis de confiabilidad de la flota de aeronaves de la escuela de aviación del pacífico.* Bogotá: Universidad de San buenaventura.

Reuver, N. (2016). *Desing a general model to determine possible interval adjustment for all RNLAf aircraft.* Mekelweg: Koninklijke Luchtmacht.

Rojas, N. D. (2011). *Apuntes de clase de mantenimiento.* Bogotá: ECCI.

Uscátegui Cristancho, P. J. (2014). *Propuesta de mejoramiento de gestion de mantenimiento para el departamento de confiabilidad.* Bucaramanga: Universidad industrial de santander.