



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Estudios de Postgrado

Maestría en Artes en Ingeniería de Mantenimiento

**DISEÑO DE UN PLAN DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA UNA
FLOTA DE AERONAVES DE ALA FIJA**

Ing. César Eduardo Menocal Rossil

Asesorado por el Mtro. Ing. Carlos Snell Chicol Morales

Guatemala, julio de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN PLAN DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA UNA
FLOTA DE AERONAVES DE ALA FIJA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. CÉSAR EDUARDO MENOCAL ROSSIL

ASESORADO POR EL MTRO. ING. CARLOS SNELL CHICOL MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

GUATEMALA, JULIO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADORA	Mtra. Inga. Rocío Carolina Medina Galindo
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Walter Emilio Ramírez Córdova
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE UN PLAN DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA UNA FLOTA DE AERONAVES DE ALA FIJA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 12 de enero de 2022.

Ing. César Eduardo Menocal Rossil

LNG.DECANATO.OI.533.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN PLAN DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA UNA FLOTA DE AERONAVES DE ALA FIJA**, presentado por: **Ing. César Eduardo Menocal Rossil**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Ingeniería de mantenimiento después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. José Francisco Gómez Rivera

Decano a.i.



Guatemala, julio de 2023

AACE/gaoc



Guatemala, julio de 2023

LNG.EEP.OI.533.2023

En mi calidad de Directora de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

**“DISEÑO DE UN PLAN DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO
PARA UNA FLOTA DE AERONAVES DE ALA FIJA”**

presentado por **Ing. César Eduardo Menocal Rossil** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Ingeniería de mantenimiento** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Guatemala, 9 de noviembre de 2022

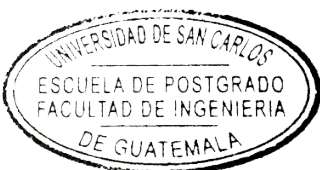
M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL y ARTÍCULO CIENTÍFICO** titulado: **DISEÑO DE UN PLAN DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA UNA FLOTA DE AERONAVES DE ALA FIJA** del estudiante **César Eduardo Menocal Rossil** quien se identifica con número de carné **201404302** del programa de Maestria En Ingenieria De Mantenimiento.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el **Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014**. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Mtra. Inga. Rocio Carolina Medina Galindo
Coordinador
Maestria En Ingenieria De Mantenimiento
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, 28 de octubre de 2022

Ingeniero Mtro.
Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería USAC
Ciudad Universitaria, Zona 12

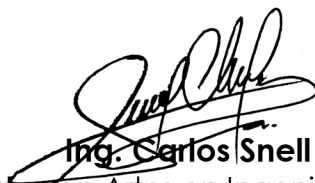
Distinguído Ingeniero Álvarez:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que como asesor del estudiante César Eduardo Menocal Rossil, registro académico 201404302 y documento personal de identificación 1932 54719 0101, he procedido a la revisión del trabajo de graduación cuyo título es "**DISEÑO DE UN PLAN DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA UNA FLOTA DE AERONAVES DE ALA FIJA**", para optar al grado académico de Maestro en Artes en Ingeniería de Mantenimiento, he procedido a la revisión del mismo.

En tal sentido, en calidad de asesor doy mi anuencia y aprobación para que el estudiante Menocal Rossil, continúe con los trámites correspondientes.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,


Ing. Carlos Snell Chicol Morales
Mtro. en Artes en Ingeniería de Mantenimiento
Asesor

Carlos Snell Chicol Morales
INGENIERO MECÁNICO Col. 14029
Ma. INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por su misericordia, su amor, por brindarme la oportunidad de aprender, disfrutar de la vida y por ser la iluminación e inspiración de mi camino.

Virgen María

Por interceder por nosotros sus hijos y por mostrarnos que el camino correcto es el de seguir a Jesucristo.

Mi madre

Vilma Rossil, por sus palabras de aliento y por su apoyo incondicional en todo momento para poder realizar mis sueños.

Mi padre

Hugo Menocal (q. e. p. d.), por enseñarme a ser feliz a pesar de dificultades a mí alrededor.

Mis hermanos

Vivian y Gabriel Menocal, por ser un gran ejemplo de mi vida y acompañarme bajo cualquier circunstancia.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por seguir siendo mi segundo hogar y la academia que me abrió las puertas para ser profesional.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme las herramientas que me acompañarán toda mi vida.
Escuela de Estudios de Postgrados	Por incentivarme en todo momento a continuar por el cumplimiento de mis metas.
Ingeniero Carlos Chicol	Por animarme, apoyarme y guiarme a lo largo de este recorrido.
Catedráticos de la Maestría de Ingeniería de Mantenimiento	Por su dedicación y consejos que me brindaron durante cada uno de los cursos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XVII
OBJETIVOS	XIX
RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO	XXI
INTRODUCCIÓN	XXV
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Aeronavegabilidad	3
1.2. Mantenimiento aeronáutico	6
1.2.1. Mantenimiento para aeronaves de ala fija	8
1.2.1.1. Planificación del mantenimiento aeronáutico	12
1.2.1.1.1. Programa de mantenimiento	17
1.2.1.1.2. Normativas de aeronavegabilidad	25
1.2.1.1.3. Boletines de servicio	26
1.2.1.2. Mantenimiento de línea	28
1.2.1.3. Mantenimiento base	29
1.2.2. Organización de mantenimiento autorizado	31
1.2.2.1. Técnicos de mantenimiento de aeronaves	32

1.2.2.2.	Certificadores de mantenimiento	34
1.2.3.	Reportes de bitácoras de vuelo y de mantenimiento.....	35
1.3.	Estrategia de negocios de las aerolíneas	37
1.4.	Flota de aeronaves de ala fija.....	39
1.4.1.	Distribución organizacional	40
1.4.2.	Distribución de espacio disponible	41
1.4.3.	Intervalos de vuelo.....	42
1.4.3.1.	Horas de vuelo	43
1.4.3.2.	Ciclos de vuelo.....	45
1.4.4.	Bodega de repuestos.....	46
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	49
2.1.	Visita de reconocimiento	49
2.2.	Organigrama del Departamento de Mantenimiento	50
2.3.	Procedimientos de ejecución de actividades de mantenimiento	53
2.4.	Diagnóstico de la situación actual del Departamento de Mantenimiento de la aerolínea	56
2.5.	Rampas de abordaje	59
2.6.	Demanda de horario de pasajeros de aerolíneas comerciales.....	63
2.7.	Periodos comerciales importantes para las aerolíneas	66
2.8.	Adquisición de partes, componentes y consumibles.....	69
2.9.	Tiempos de producción de actividades de mantenimiento	74
3.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	87
3.1.	Distribución de aeronaves en el hangar y en rampa.....	88

3.2.	Autorización del plan de ejecución de actividades de mantenimiento	92
3.3.	Eficiencia del procedimiento de ejecución de actividades.....	93
3.4.	Ocupación en el mantenimiento transitorio de mantenimiento de línea	94
3.5.	Intimaciones de la aerolínea.....	96
3.6.	Análisis de la producción de tareas del mantenimiento.....	99
3.7.	Resultados del estudio de tiempos en inspecciones programadas	100
3.8.	Discusión de los resultados.....	101
4.	PROPUESTA DE SOLUCIÓN	103
4.1.	Diseño de un plan de ejecución de actividades para una flota de aeronaves de ala fija.....	103
4.1.1.	Intervención del equipo de mantenimiento en la operación aérea.....	104
4.1.2.	Organización para la adecuación del tiempo de ejecución	104
4.1.3.	Adquisición de insumos con ventajas de ahorro en envíos.....	108
4.1.4.	Distribución de horarios para la cuadrilla de técnicos de mantenimiento aeronáutico.....	109
4.1.4.1.	Cuadrilla de técnicos con cualidades multidisciplinarias.....	110
4.1.4.2.	Asignación de horarios conforme a las necesidades de la aerolínea	110
4.1.5.	Mantenimiento programado apoyado por mantenimiento de línea.....	111

4.1.5.1. Distribución de actividades de mantenimiento programado por zonas	113
CONCLUSIONES	115
RECOMENDACIONES.....	117
REFERENCIAS.....	119
APÉNDICES.....	123
ANEXOS.....	125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Firma de Guatemala en el Convenio de Chicago.....	2
2.	Esquema de la aeronavegabilidad	5
3.	Fotografía del mantenimiento en la industria aeronáutica	7
4.	Mantenimiento dentro de una OMA.....	9
5.	Ciclo de vida de la inversión corporativa para el mantenimiento.....	13
6.	Esquema de partes de un tren de aterrizaje.....	15
7.	Funciones principales del Departamento de Planificación del mantenimiento aeronáutico.....	16
8.	La planificación y su rendimiento.....	17
9.	Gráfica de las zonas de una aeronave de ala fija	20
10.	Manual de una aeronave de ala fija	24
11.	Inspección visual realizada en mantenimiento de línea.....	29
12.	Ejecución de tareas de mantenimiento en una base	31
13.	Pantalla de información de vuelos.....	38
14.	Flota de aeronaves de ala fija.....	40
15.	Distribución de aeronaves de acuerdo con el espacio disponible.....	42
16.	Distribución dentro de una bodega de repuestos	47
17.	Hangar de aeronaves de ala fija en el aeropuerto internacional La Aurora	50
18.	Organigrama de la organización de mantenimiento autorizado	51
19.	Procedimiento para mantenimiento programado.....	54
20.	Procedimiento para actividades de mantenimiento no programado	55
21.	Procedimiento para mantenimiento transitorio de aeronaves.....	56

22.	Rampas de abordaje aeropuerto internacional La Aurora	60
23.	Remolque de aeronave de ala fija	61
24.	Tránsito aéreo en horario nocturno	63
25.	Tránsito aéreo en horario diurno.....	64
26.	Tendencia en horario de llegadas y salidas AILA temporada de baja demanda.....	65
27.	Tendencia en horario de llegadas y salidas AILA temporada de alta demanda.....	66
28.	Distribución de aeronaves para pernocta en el año 2022	89
29.	Gráfica del costo del cambio en la planificación	91
30.	Resultados de auditorías a departamentos.....	93
31.	Comparativa de costos con respecto a la urgencia en el <i>stock</i> de partes o componentes	98
32.	Diagrama de Pareto de la utilidad del tiempo disponible	99
33.	Sistema de mejora continua.....	105
34.	Procedimiento para mantenimiento programado con despachador asignado	106

TABLAS

I.	Variables de investigación	XXII
II.	Zonas de una aeronave de ala fija	19
III.	Código ATA generalidades de las aeronaves.....	21
IV.	Código ATA sistemas de las aeronaves	21
V.	Código ATA estructuras	22
VI.	Código ATA plantas de potencia	23
VII.	Matriz de evaluación de factores internos.....	33
VIII.	Bitácora de mantenimiento y del vuelo	36
IX.	Distribución básica de inspecciones según las horas de vuelo	44

X.	Distribución básica de inspecciones según ciclos de vuelo	46
XI.	Tiempo de aeronave de ala fija durante el tránsito	62
XII.	Programación de temporadas altas primer semestre	67
XIII.	Programación de temporadas altas segundo semestre	68
XIV.	Tabla comparativa de cotizaciones de envío de paquete de una libra.....	72
XV.	Tabla comparativa de cotizaciones de envío de paquete de un pie cuadrado	73
XVI.	Hoja de observación de estudios de tiempo para una inspección mensual.....	74
XVII.	Resultados de evaluación Westinghouse para la inspección.....	75
XVIII.	Resultados cuantitativos de la evaluación Westinghouse para la inspección mensual.....	76
XIX.	Hoja de observación de estudios de tiempo para una inspección de 400 FH	76
XX.	Resultados de evaluación Westinghouse para la inspección de 400 FH	77
XXI.	Resultados cuantitativos de la evaluación Westinghouse para la inspección de 400 FH	78
XXII.	Hoja de observación de estudios de tiempo para una inspección A	78
XXIII.	Resultados de evaluación Westinghouse para la inspección A Check.....	79
XXIV.	Resultados cuantitativos de la evaluación Westinghouse para la inspección A Check.....	80
XXV.	Hoja de observación de estudios de tiempo para inspección A2.	80
XXVI.	Resultados de evaluación Westinghouse para la inspección A2 Check.....	81

XXVII.	Resultados cuantitativos de la evaluación Westinghouse para la inspección A2 Check.....	82
XXVIII.	Hoja de observación de estudios de tiempo para una inspección de 400 horas con grupo especialista en cada sistema	83
XXIX.	Resultados de evaluación Westinghouse para la inspección de 400 FH con grupo especializado	84
XXX.	Resultados cuantitativos de la evaluación Westinghouse para la inspección de 400FH con grupos especializados	84
XXXI.	Inspección transitoria de aeronaves de ala fija.....	95
XXXII.	Resultados de evaluación por método Westinghouse	100
XXXIII.	Paquete de inspecciones de mantenimiento base con bajo grado de complejidad	112

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<i>am</i>	Antes meridiano
<i>QC</i>	Control de calidad
<i>D</i>	Debilidad
\$	Dólar estadounidense
<i>F</i>	Factor
<i>Fc</i>	Factor de calificación
<i>HH/MM</i>	Horas hombres
<i>HH:MM:SS</i>	Horas, minutos y segundos
<i>L</i>	Lectura de tiempo
<i>m</i>	Metro
<i>pm</i>	Pasado meridiano
%	Porcentaje
<i>in</i>	Pulgadas
Σ	Sumatoria
<i>T</i>	Tiempo
<i>Tn</i>	Tiempo normal

GLOSARIO

Aeronave	Equipo o máquina que utilizan los seres humanos para desplazarse por el aire por medio del control de la sustentación en la atmosfera.
Aeronavegabilidad	Capacidad que tiene una aeronave para desplazarse por rutas aéreas de manera segura, respetando los límites permisibles y conteniendo los requisitos necesarios.
ATA	Asociación de Transportes Aéreos, es un grupo de transportistas aéreos certificados por Estados Unidos que representa a distintas aerolíneas.
Aviónica	Rama de la ingeniería considerada una disciplina que estudia el grupo de técnicas electrónicas que se utilizan en la navegación aérea o espacial.
Carguero	Término que se utiliza para identificar un avión que presta servicios de transporte de materiales en embalaje autorizado únicamente y no transporta pasajeros ya que el avión no tiene asientos regulados.
Célula	Sistema fundamental de una aeronave para su funcionamiento adecuado y para desplazarse por las rutas aéreas.

DGAC	Dirección General de Aeronáutica Civil, Entidad rectora de las regulaciones de aviación civil dentro de la república de Guatemala.
Discrepancia	Falta de aceptación de una aeronave, hallazgo o situación anormal de la operación de la misma.
Fuselaje	Término que se utiliza para identificar la estructura de un avión.
Manifiesto	Documento en donde se especifican los nombres y las posiciones de cada uno de los pasajeros dentro de un avión, también se puede especificar el contenido de cada uno de los paquetes que viajan por vía aérea.
Motopropulsor	Componente de una aeronave cuya función es la de generar tracción para contrarrestar la resistencia aerodinámica.
Nacelas	Moldura en donde se instala un motor de propulsión en una aeronave de ala fija.
OACI	Organización Aeronáutica Civil Internacional. Parte de la Organización de Naciones Unidas que regula la legislación de la aviación civil a los países interesados en fomentar la seguridad aérea.

Pernocta	Término utilizado en la aviación para determinar que un avión es estacionado luego de cumplir con un horario de vuelos estipulado.
Pilones	Término que se utiliza para describir la posición en donde se instala de un motor de propulsión en una aeronave de ala fija.
RAC	Regulaciones de aviación civil. Son las leyes o reglamentos aplicables de manera general a toda la actividad de aviación civil.
Tripulación	Grupo de profesionales a bordo de una aeronave, son la figura responsable del comportamiento y de la ejecución de procedimientos durante un vuelo.
Zona	Parte física de una aeronave designada para identificar un área en específico en donde se debe de realizar mantenimiento.

RESUMEN

En este trabajo de investigación se expusieron las necesidades del cumplimiento de las regulaciones de aviación civil y las intimaciones de una aerolínea que intervienen directamente en un Departamento de Mantenimiento aeronáutico, para delimitar las acciones que se deben de tomar en cuenta en la planificación de producción de actividades de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de una flota de aviones.

Luego de conocer estas necesidades se evaluó la ocupación de tiempo que tienen los miembros del taller, para encontrar la forma correcta de organizar todas las actividades, cuidando de los gastos innecesarios que afectan el presupuesto asignado. Los resultados obtenidos reflejan que se pueden simplificar procesos repetitivos, agilizando la preparación y compra de repuestos, organizando a las cuadrillas por zonas, para poder lograr una disminución del tiempo de ejecución empleado y así poder cumplir a cabalidad con las obligaciones establecidas para asegurar la aeronavegabilidad de aviones comerciales.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Descripción y delimitación del problema

En las actividades de mantenimiento se producen atrasos en la ejecución de órdenes trabajo debido al poco tiempo que permanece una aeronave de ala fija dentro de un hangar. Se programan inspecciones complejas que requieren pasos a seguir y estos no se pueden cumplir en cortos periodos de tiempo, ya que las aeronaves de ala fija también están programadas para desplazarse a otros aeropuertos. Las aeronaves de ala fija, la aerolínea, y los usuarios, pueden verse afectados de la ocurrencia de este problema. Mediante el diseño de una planificación de producción de actividades de mantenimiento dentro de un hangar se pueden organizar las intervenciones para poder cumplir con las regulaciones de la Dirección General de Aeronáutica Civil y los cronogramas de vuelos publicados a los clientes.

Durante el tiempo que un avión comercial es requerido para transportar pasajeros de una ciudad a otra, no es posible programar una actividad de mantenimiento que requiera varias pruebas e intervenciones mecánicas, eléctricas y electrónicas. Debido a la demanda de la flota, en la aerolínea es necesario contar con la aeronave en servicio para cumplir con la estrategia comercial. Al momento que una aeronave de ala fija se encuentra transportando usuarios va acumulando horas de vuelo y completando ciclos que requieren de inspecciones debido al uso que se le otorga. El presente estudio se realizó dentro de un hangar de una aerolínea ubicada dentro de un aeropuerto internacional La Aurora.

La flota dentro de este estudio está conformada por 12 aeronaves de ala fija del mismo tipo que son utilizadas para viajes de corta distancia. Se tomó en cuenta una disponibilidad necesaria de 15 horas diarias para el cumplimiento de viajes programados.

Las causas que generan el problema son la falta de repuestos para trabajar, el orden de las aeronaves dentro del hangar y la cantidad de personal que se puede contratar para la realización de actividades de mantenimiento. Las consecuencias del problema son el retraso de las actividades de mantenimiento complejas que ya fueron programadas, el tiempo desperdiciado e incumplimiento de la programación operativa de una aeronave.

Pregunta central de investigación

¿Qué estrategias de planificación del mantenimiento se pueden desarrollar para disminuir el retraso de actividades mecánicas, eléctricas y electrónicas ocurrientes en una flota de aviones?

Preguntas orientadoras

- ¿Cuáles son las regulaciones de aeronáutica civil, los requerimientos de los pilotos y las necesidades que tiene una aerolínea?
- ¿Cuáles son las condiciones adecuadas para la ejecución de tareas de mantenimiento?
- ¿Qué estrategia puede desarrollarse para cumplir con la ejecución de órdenes de trabajo generadas dentro del Departamento de Mantenimiento de una aerolínea?

OBJETIVOS

General

Diseñar un plan para ejecutar actividades de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo para una flota de doce aeronaves de ala fija conforme al cumplimiento de regulaciones de la aviación civil de Guatemala.

Específicos

1. Identificar los lineamientos de las regulaciones de la aviación civil que intervienen en la gestión de mantenimiento de un taller aeronáutico en Guatemala.
2. Conocer el entorno que interviene en la ejecución de tareas de mantenimiento en un taller de aeronaves de ala fija.
3. Diseñar un plan para la ejecución de actividades de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo que cumpla con las intimaciones de una aerolínea.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El enfoque de la investigación fue mixto con diseño experimental con pre prueba y pos prueba. Cuantitativo porque se determina numéricamente el tiempo utilizado por la cuadrilla de técnicos de mantenimiento aeronáutico para ejecutar actividades de inspección.

El enfoque cualitativo se basó en la capacidad de análisis que tiene cada técnico debido a su experiencia, habilidad y en la recurrencia de realizar la actividad de mantenimiento asignada por el departamento de planificación. El estudio es de diseño experimental debido a que se utilizaron las herramientas propuestas para generar los cambios necesarios para disminuir el tiempo empleado por la cuadrilla de técnicos de mantenimiento.

El diseño experimental se realizó al momento de agrupar a los técnicos de mantenimiento aeronáutico en grupos especializados para medir los resultados en tiempo utilizado para completar las actividades y así comprobar si existe alguna diferencia comparándolo con grupos multidisciplinarios.

También se realizó el diseño experimental de la preparación de herramientas anticipada antes de la ejecución de actividades posicionando un despachador de bodega asignado. La tabla I muestra las variables de la investigación.

Tabla I. **Variables de investigación**

No.	Variable independiente	Variable dependiente
1	Tiempo en interpretación del procedimiento	Tiempo total empleado en el cumplimiento de una actividad de mantenimiento
2	Tiempo en elección de herramientas	
3	Tiempo en elaboración de papelería	
4	Tiempo empleado para el abastecimiento de combustible	Tiempo total para el mantenimiento de línea
5	Tiempo de una aeronave en rampa de abordaje	
6	Tiempo en el ordenamiento de las aeronaves en el espacio disponible	Porcentaje de efectividad en la ejecución de actividades de mantenimiento
7	Calidad del espacio para realizar las actividades de mantenimiento	

Fuente: elaboración propia.

Las fases de investigación se realizaron siguiendo la siguiente ruta:

- Revisión documental: se realizaron en Google Académico, entrevistas a personal de mantenimiento aeronáutico, revisión de documentos de la aerolínea y del taller de mantenimiento. Del buscador de internet mencionado se obtuvieron libros, tesis, textos y videos relacionados a la gestión del mantenimiento de aviones. La revisión documental se realizó entre agosto de 2021 hasta octubre de 2022.
- Trabajo de campo: durante la investigación se observaron los procesos del Departamento de Mantenimiento aeronáutico y se pusieron a prueba las teorías encontradas en los textos para verificar su efectividad así mismo se implementaron métodos de medición de tiempo con el apoyo del sistema Westinghouse para obtener datos cuantitativos del rendimiento de

un equipo de técnicos para evaluar la efectividad en el proceso que maneja una aerolínea.

La metodología propuesta para solventar la problemática se dividió en cuatro partes:

- Evaluación por separado de todas las fases del proceso de ejecución de actividades de mantenimiento programado, no programado y transitorio para determinar las áreas de mejora y encontrar las tareas que pueden ser aceleradas para disminuir el tiempo total que se emplea para cumplir con las regulaciones.
- Definición de las funciones de cada puesto dentro del organigrama de mantenimiento para determinar qué aspectos deben de ser priorizados al momento de realizar una planificación de actividades de mantenimiento que al no ser atendidos puedan comprometer la ejecución del programa.
- Descripción de los beneficios que se pueden obtener al momento de realizar una planificación ordenada del proceso de adquisición de partes y componentes para el control del presupuesto de mantenimiento.
- Análisis de la distribución ordenada de la cuadrilla de técnicos para evitar aglomeraciones o pérdidas de tiempo al momento de la ejecución de actividades de mantenimiento asegurando un funcionamiento continuo y un flujo constante de actividades de conservación de la flota de aeronaves para el cumplimiento de las regulaciones, las solicitudes de pilotos aviadores y las intimaciones de una aerolínea.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta una investigación enfocada a la sistematización de los procedimientos del área de mantenimiento en un hangar de aeronaves de ala fija para encontrar una sinergia entre colaboradores y departamentos y así poder acercarse al cumplimiento total de las metas propuestas de una aerolínea.

Debido a la cantidad de inspecciones, órdenes de trabajo, paros por mantenimiento no programado se van creando desfases en el cronograma que se acumulan y crean retrasos en la ejecución, saturan los programas y crean urgencia en las tareas de mantenimiento en forma desordenada. Esta desorganización aumenta la probabilidad de obtener errores con alto impacto en los costos del presupuesto de mantenimiento. La acumulación de las tareas de mantenimiento también crea una obstrucción para el crecimiento comercial de la empresa.

La importancia de tener una sistematización de procedimientos va a permitir cumplir con todas las tareas asignadas poniendo al día los programas de mantenimiento y creando ventanas de tiempo que permitan ser utilizadas para trabajar en las áreas de oportunidad que se presentan en la industria aeronáutica. Es necesario conocer los requerimientos de las inspecciones para mejorar la asignación de actividades y proveer todas las herramientas necesarias para que el departamento agilice sus procedimientos y así llegar al cumplimiento planteado y previamente analizado de acuerdo con las fortalezas del equipo de trabajo.

Al concluir el procedimiento se tradujo la estrategia a términos operativos para aumentar la eficiencia de la forma de trabajo, estandarizando procesos y agilizando las tareas, evitando fugas de tiempo por reconstrucción de procedimientos o falta de planificación.

En el capítulo I de la investigación se recopiló la información sustancial de los temas de mantenimiento aeronáutico y las regulaciones actualizadas que intervienen en la conservación de aeronaves de ala fija. Se adquirieron bases teóricas para la planificación de actividades de mantenimiento, partiendo de estudios realizados en aerolíneas internacionales y libros de texto de la gestión aeronáutica para obtener los conceptos del estudio.

El capítulo II se enfocó en el reconocimiento de las actividades de la aerolínea en investigación y se estudió la estructuración de los procedimientos que intervienen en el Departamento de Mantenimiento. Se recolectaron los datos de las intimaciones de la aerolínea y los requerimientos de los pilotos aviadores. Dentro de este capítulo también se delimitaron las acciones cotidianas que se ejecutan dentro de un hangar y las rampas de abordaje dentro del aeropuerto internacional La Aurora.

En el capítulo III se evaluaron los resultados obtenidos de la toma de datos para reconocer las áreas que pueden ser aceleradas para contribuir en la disminución de tiempos de ejecución. Se analizaron los procedimientos para determinar la ocupación del Departamento de Mantenimiento y así poder identificar las áreas de oportunidad que pueden ser mejoradas para obtener una mejor organización. Se reconocieron los requerimientos de la aerolínea en donde el Departamento de Mantenimiento debe de colaborar para aportar a la gestión comercial del transporte aéreo.

En el capítulo IV se definieron las características prioritarias que deben de ser tomadas en cuenta para la planificación de producción de actividades de mantenimiento aeronáutico con base en el procedimiento de mejora continua. Se plantea una distribución y ordenamiento mejorado para disminuir el tiempo ocioso de una cuadrilla de técnicos y así mejorar la ocupación para la ejecución de inspecciones programadas y no programadas. También se presentaron ventajas de una planificación adecuada que puede impactar en el control del presupuesto asignado para el Departamento de Mantenimiento.

1. MARCO TEÓRICO

El desarrollo del estudio se enfoca en la organización inteligente de la ejecución de actividades de un programa de mantenimiento para acelerar el cumplimiento, evitando retrasos en los trabajos y así lograr un alcance efectivo que permita elevar las ganancias económicas de una aerolínea. A lo largo de los últimos años, los fabricantes han dictaminado técnicas para mejorar la conservación de las aeronaves de ala fija.

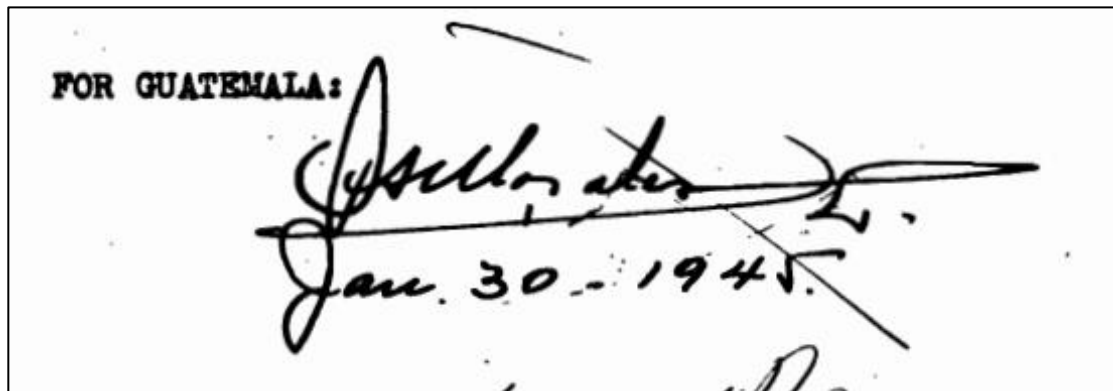
Durante el transcurso de las últimas décadas, la rama de la ingeniería del mantenimiento ha crecido en diferentes industrias y se ha establecido en casi todas las comunidades a nivel mundial. Se han diseñado distintas actividades cotidianas para mejorar la armonía con que las personas viven cada día sin tener que preocuparse por equipos inoperativos.

Tras la segunda guerra mundial, se llevó a cabo una asamblea donde 193 países aprueban principios, técnicas, reglas y donde también se formó un consejo para la regulación de estándares; es entonces cuando se forma la legislación aeronáutica. En 1944 el consejo de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) nombra comisiones y presenta el Convenio de Chicago que es aprobado y firmado por los países interesados en pertenecer a esta organización, entre los estados contratantes se encuentra la república de Guatemala.

En la figura 1 se muestra la firma por parte de la nación guatemalteca para la aprobación del Convenio de Chicago. La OACI se convierte en la base legal

rectora de todos los convenios en materia de aviación civil para fomentar la seguridad aérea internacional.

Figura 1. **Firma de Guatemala en el Convenio de Chicago**



Fuente: Convention on international civil aviation done at Chicago (1944). *Convenio de Chicago*. Consultado el 12 de enero de 2023. Recuperado de https://www.icao.int/publications/documents/7300_orig.pdf

El convenio de Chicago consta de 4 secciones fundamentales que son:

- Navegación aérea
- Organización internacional de aviación civil
- Transporte aéreo internacional
- Provisiones finales

En el artículo 29 de la sección de navegación aérea se decretó que todas las aeronaves deben de contar con siete certificados para transitar hacia terrenos internacionales. Los siete documentos son los siguientes: certificado de matrícula, certificado de aeronavegabilidad, licencias de la tripulación, bitácora de vuelos, licencia del radio de la aeronave, listado de los nombres de los

pasajeros y si es avión carguero debe contar con un manifiesto de los objetos cargados. Estos documentos permiten que el avión se desplace en tránsito aéreo bajo las regulaciones de cada país. La Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) de Guatemala es la autoridad gubernamental encargada de vigilar las actividades de mantenimiento de aviones guatemaltecos para garantizar la aeronavegabilidad.

1.1. Aeronavegabilidad

En el libro de Aeronavegabilidad: una introducción a la certificación y operaciones de aeronaves, De Florio (2016) relaciona esta palabra como la posesión de los requisitos necesarios para volar en condiciones seguras y dentro de los límites permitidos. Esta declaración permite fijar tres pilares fundamentales para la aviación que son:

- Condiciones seguras
- Posesión de los requisitos necesarios
- Límites permisibles

El primer pilar orienta a una aerolínea a concluir los vuelos con un curso normal y satisfactorio tanto para los pasajeros, como para la aeronave y la aerolínea. La seguridad es la ausencia de aquellas condiciones que pueden causar la muerte, lesiones, enfermedades, daños de equipos y daños al medio ambiente. La aeronavegabilidad recoge todas las características necesarias para cubrir con los objetivos de cuidar de las personas y transportarlas bajo las mejores condiciones.

La posesión de los requisitos necesarios significa que la aeronave cuenta con todos los equipos aprobados y diseñados bajo estudios que garanticen la

seguridad de los pasajeros y la tripulación. Los cuatro documentos donde interactúa un Departamento de Mantenimiento son los siguientes:

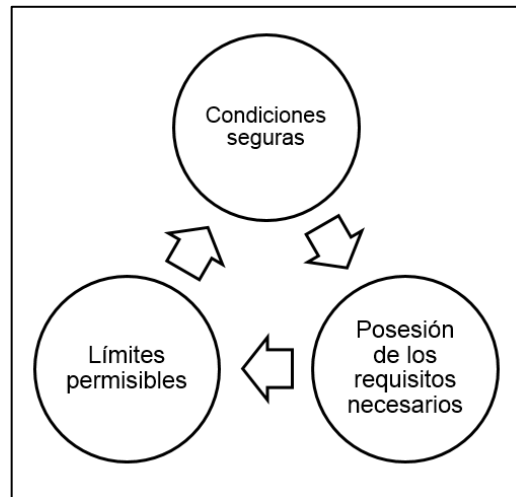
- Certificado de matrícula
- Certificado de aeronavegabilidad
- Bitácora de vuelo y mantenimiento
- Licencia de radios

El certificado de matrícula es la inscripción que debe de realizar una entidad para registrar una aeronave de ala fija. El libro de vuelos, también conocido como bitácora, es un libro donde se registran todos los parámetros del viaje de la aeronave y del tránsito que se realizó durante un vuelo. La licencia de radio de aeronaves es el registro de los transmisores de un avión para poder conectarse a la red gestionada por un estado perteneciente a la OACI. Estos tres documentos antes mencionados están explícitos dentro de los requerimientos para obtener un certificado de aeronavegabilidad. La aeronavegabilidad es una base fundamental en la aviación civil.

Por otra parte, los componentes de aviación son sometidos a pruebas rigurosas de laboratorio que permiten confirmar, con un alto porcentaje, su funcionalidad y operación durante un vuelo. Los fabricantes y los talleres aeronáuticos de componentes deben cumplir con estrictos requisitos que garanticen la eficiencia de cada parte.

El tercer pilar son los límites permisibles. Las aeronaves están diseñadas para operar dentro de un esquema de vuelo que depende principalmente de factores como la velocidad y la carga estructural. Además, el peso máximo de la aeronave se puede establecer de manera diferente para distintos tipos de operaciones. La figura 2 demuestra el esquema de aeronavegabilidad.

Figura 2. **Esquema de la aeronavegabilidad**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Power Point.

El mantenimiento es una parte fundamental para la industria aeronáutica ya que permite controlar y monitorear estos tres pilares, por lo tanto, permite cumplir con la aeronavegabilidad y el giro de negocios de una aerolínea. Al momento de fijar un punto específico sobre una línea de tiempo se puede mencionar que todo comienza desde que se realiza la inclusión de una aeronave a una flota. El primer procedimiento es la legalización de un certificado de matrícula. El certificado de matrícula es un conjunto de especificaciones de la aeronave en donde se presentan los planos del diseño del avión, modificaciones, reportes y documentos que identifiquen a una aeronave por individual. Después de contar con un certificado de matrícula se puede asignar un registro y seguidamente solicitar un certificado de aeronavegabilidad. (De Florio, 2016)

Para completar los documentos necesarios para optar a un certificado de aeronavegabilidad es necesario realizar una revisión general del estado mecánico, eléctrico, estructural, aniónico, un inventario de componentes, realizar

una certificación de peso y balance del avión así también como contar con el historial del mantenimiento de la aeronave para poder realizar un análisis de confiabilidad.

El periodo que una aerolínea emplea para solicitar el certificado de aeronavegabilidad es el primer contacto que tiene un taller de mantenimiento con una aeronave. Durante esta etapa el equipo de técnicos se familiariza con la posición y localización de los componentes, los sistemas, los manuales de mantenimiento, los motores y la estructura de un avión próximo a formar parte de una flota de aeronaves.

1.2. Mantenimiento aeronáutico

Existen aeronaves de ala fija, que son los aviones y avionetas, y también aeronaves de ala rotativa, como los distintos tipos de helicópteros. Estas aeronaves pueden ser tripuladas y no tripuladas, presurizadas y no presurizadas. En el ensayo publicado por Rodrigues, y Lavorato, (2016) se describe que el mantenimiento aeronáutico es un proceso complejo, requerido por las autoridades de la aviación, para garantizar la seguridad de todos los pasajeros. Las aerolíneas invierten grandes cantidades de dinero cada año para cumplir con tales requerimientos que representan una porción importante del costo operacional total.

Dentro del mantenimiento aeronáutico se vinculan cuatro aspectos que son: El software (regulaciones, instrucciones, manuales y organización), activos (aeronaves de ala fija, edificios y materiales), medio ambiente (clima, temperatura, variables físicas / sociales / políticas que puede tener un impacto en los operadores), factores humanos (elemento humano: operadores de

mantenimiento, pilotos de aeronaves, personal de rampa). La figura 3 muestra la ejecución de actividades de mantenimiento.

Figura 3. **Fotografía del mantenimiento en la industria aeronáutica**



Fuente: Oklahoma (2020). *American Airlines Announces \$550 Million Investment to Tulsa Maintenance Base*. Consultado el 12 de enero de 2023. Recuperado de <https://www.okcommerce.gov/american-airlines-to-invest-550-million-to-improve-expand-tulsa-maintenance-facility/>.

Algunas empresas tienen hangares de mantenimiento aeronáutico como su actividad principal, es decir, el mantenimiento es un servicio prestado a terceros como aviones privados. Por otro lado, las aerolíneas tienen la función de mantenimiento como actividad de apoyo y tienen como objetivo mantener funcionando correctamente la flota que se encuentra dentro de sus activos para la evolución del giro del negocio. (Rodrigues, y Lavorato, 2016)

1.2.1. Mantenimiento para aeronaves de ala fija

En la industria aeronáutica se pueden diferenciar tres tipos de talleres de mantenimiento los cuales son:

- Taller de Mantenimiento
- Taller de Reparaciones
- Taller de Revisión

Los talleres de mantenimiento, revisión y reparación abarcan un conjunto de operaciones y actividades asociadas a reemplazos, modificaciones, pruebas, certificaciones, entre otros. (Bergkvist y Sabbagh, 2021) Por otra parte existen las Organizaciones de Mantenimiento Aprobado, también conocidos como OMA. Una OMA es una entidad registrada como una persona jurídica, tanto dentro como fuera de los estados que utiliza el sistema de regulaciones de aviación civil para practicar mantenimiento. (Argueta, 2022) En la figura 4 se puede observar un grupo de técnicos de una OMA realizando actividades de mantenimiento a una aeronave de ala fija, siguiendo los lineamientos preestablecidos y autorizados por un ente regulador de aviación civil.

Figura 4. **Mantenimiento dentro de una OMA**



Fuente: Aerotime Hub (2021). *¿Cuántos profesionales de MRO requerirá la industria después de la pandemia?* Consultado el 22 de septiembre de 2021. Recuperado de <https://www.aerotime.aero/28367-mro-careers-post-pandemic>.

La DGAC de Guatemala publica las regulaciones y las actualizaciones a las normas vigentes por medio de la página web [www. https://www.dgac.gob.gt/](https://www.dgac.gob.gt/) y también se pueden consultar las referencias físicamente dentro de su sede central ubicada en la 9 avenida 14-75 zona 13 interior del Aeropuerto Internacional La Aurora. Según la página oficial de la DGAC existen 40 Regulaciones de Aeronáutica Civil (RACs) vigentes hasta septiembre de 2021.

El mantenimiento que se le aplica a una aeronave de ala fija puede ser predictivo, preventivo o correctivo. La DGAC debe tener conocimiento y supervisar cada una de las intervenciones que se realizan a las aeronaves para garantizar que las técnicas utilizadas sean las correctas y no atenten en contra de la seguridad de los pasajeros. La DGAC extiende un certificado que autoriza

a una OMA para realizar trabajos de mantenimiento. Los conceptos de cada uno de estos tipos de mantenimiento son los siguientes:

- Mantenimiento correctivo: el mantenimiento correctivo implica el reemplazo o la reparación del equipo después de que falla. Puede ser un componente del equipo o un elemento del equipo el que falla. Es la actividad que se realiza para que el equipo pueda restablecerse.
- Mantenimiento preventivo: el mantenimiento preventivo es el acto de realizar actividades de mantenimiento programadas regularmente para ayudar a prevenir fallas inesperadas en el futuro.
- Mantenimiento predictivo: es una técnica que utiliza herramientas y técnicas de análisis de datos para detectar anomalías en su operación y posibles defectos en equipos y procesos para que pueda corregirlos antes de que resulten en fallas.

Cada aeronave de ala fija cuenta con un manual de mantenimiento que incorpora los tres tipos de mantenimiento anteriormente descritos. Estos manuales son elaborados por el grupo de ingenieros aeronáuticos que diseñó el avión y también son revisados por la OACI para asegurar que las actividades listadas son apropiadas para garantizar la seguridad de los pasajeros. Todas las aerolíneas a nivel mundial que operen el mismo tipo de avión deben de seguir a cabalidad las tareas listadas en el manual de mantenimiento publicado por el fabricante.

Desde el enfoque aeronáutico, las actividades predictivas, preventivas y correctivas deben de ser aceptadas por el fabricante del avión debido a que las regulaciones de aviación civil restringen a los talleres aeronáuticos a crear

nuevas técnicas que no han sido revisadas por la fábrica. (RAC 145, RAC - 145.65 Políticas de Seguridad Operacional y Calidad, Procedimientos de Mantenimiento y Sistema de Calidad, 2023)

El fabricante del avión cuenta con la información documental de los materiales utilizados, diseños de aerodinámica y resultados de pruebas operacionales a componentes que permiten dictaminar si el proceso sugerido por un taller de mantenimiento es óptimo para realizar una reparación o no. Es decir, una OMA no puede crear procedimientos de mantenimiento nuevos a conveniencia de una aerolínea. Lo que una OMA puede hacer es enviar ese procedimiento de mantenimiento nuevo como una opción hacia la fábrica para que este sea autorizado, pasando por un proceso de evaluación y revisión. Al momento que el procedimiento es autorizado por la fábrica, este procedimiento es agregado al manual de mantenimiento de la aeronave por medio de una tarjeta de trabajo (ver Anexo I). Si el procedimiento es agregado al manual de mantenimiento de la aeronave la Dirección de Aeronáutica Civil puede ampararlo como válido y el taller puede realizarlo.

En Guatemala, la DGAC obliga a las aerolíneas a seguir cada uno de los pasos listados en el manual de mantenimiento de la aeronave de ala fija y debe de cumplir con el tiempo estipulado en dicho manual sin excepción, para que la aeronave pueda realizar vuelos. La DGAC no permite retrasos en la ejecución de tareas ni procedimientos incompletos debido a que esto puede atentar en contra de la vida de los pasajeros, también puede denegar la habilitación a un taller de mantenimiento si la ejecución no es la correcta. (RAC 145, RAC - 145.100 Revocación, suspensión, limitación en las habilitaciones o denegación de la emisión o renovación del CO RAC-145. 2023) Todas las intervenciones que se pueden realizar a un avión deben de pasar por un proceso de planificación para que sean fácilmente ejecutadas.

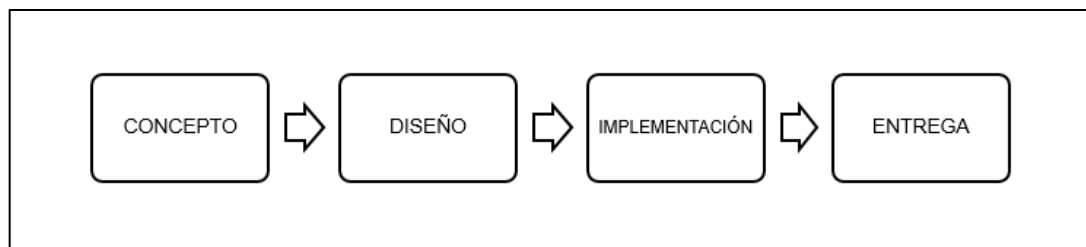
1.2.1.1. Planificación del mantenimiento aeronáutico

Grandes compañías como Boeing y Airbus comenzaron a diseñar sofisticados manuales de mantenimiento en 1968. Estos avances llevaron a la aviación a una nueva era de la ingeniería del mantenimiento debido al gran nivel analítico de planificación que se elaboró durante este periodo. Se comenzaron a diseñar "*jumbo jets*" que requerían bases sólidas en el mantenimiento para garantizar la seguridad. Los ingenieros comenzaron a implementar avanzadas técnicas en conjunto con la OACI y los representantes de las compañías que estaban adquiriendo aeronaves, para reunir todos los requerimientos necesarios y crear así los manuales de mantenimiento para la industria aeronáutica. Estos manuales de mantenimiento son parte de las directrices de una OMA y de una aerolínea. (Kinnison, 2004)

Las aerolíneas deben de presentar a las autoridades de aviación civil una planificación estructurada que describa como se va a mantener la operación de las aeronaves conforme a la actividad del negocio. El ciclo de vida del desempeño de un avión depende de la utilidad que una aerolínea está dispuesta y pueda otorgarle dependiendo de la demanda de pasajeros y de los destinos que cubren el alcance del negocio.

El ciclo de vida de un proyecto de mantenimiento consta de cuatro partes fundamentales que se complementan correlativamente y para esta investigación se pueden dividir en un periodo de 365 días. El ciclo es el que está en la figura 5.

Figura 5. **Ciclo de vida de la inversión corporativa para el mantenimiento**



Fuente: Locatelli. (2020). *Curso de especialización Managing Major Engineering Projects*.

En la primera fase se maneja el concepto. Esta fase es donde se analizan las características del manual de mantenimiento de la aeronave y la complejidad de sus tarjetas de trabajo, en conjunto con la estrategia que va a utilizar una aerolínea para hacer uso de los aviones, esto depende de la cantidad de pasajeros que se pueden transportar, estudios de demanda de los destinos ofrecidos, temporadas de viajes entre otros. Todos los conceptos tanto técnicos como comerciales se deben de enfocar en esta fase.

Esta fase puede inducir a un exceso de optimismo dentro del Departamento de Planeamiento debido a la exactitud y precisión que se desea organizar para la ejecución del programa. Se debe de tener cuidado con el exceso de optimismo ya que esta actitud ciega las situaciones de riesgo que puede experimentar una aerolínea al momento de la ejecución del programa de vuelos. (Locatelli, 2020)

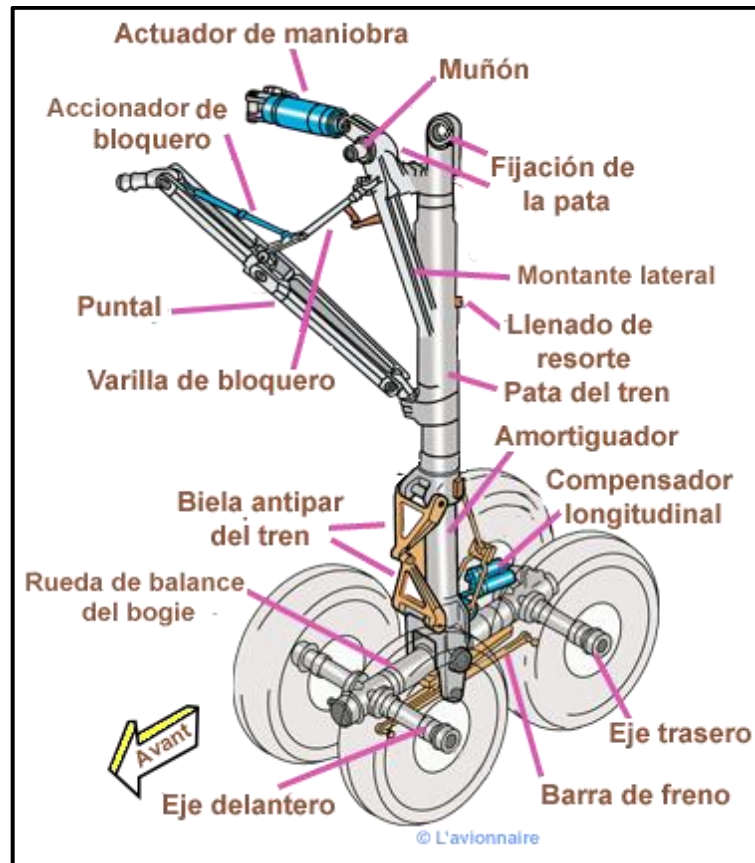
El mantenimiento correctivo en equipos de aviación es impredecible sin embargo se deben de crear ventanas de tiempo para la ejecución de los mismos. No se puede dejar un cronograma de mantenimiento justo solo para ejecutar mantenimiento preventivo, sin crear espacio al mantenimiento correctivo ya que

puede perjudicar la salida de vuelos a tiempo. Los talleres de mantenimiento aeronáutico se rigen a mantenimiento de componentes con tiempo de vida útil (*Hard Times*) y componentes monitoreados por condición (*On condition*). Las definiciones son las siguientes:

- Componentes por condición (*On condition*): son los componentes que deben de ser inspeccionados, medidos y probados de acuerdo con el manual de mantenimiento de la aeronave de manera organizada y detallada ya que se puede identificar anomalías antes de una falla funcional. (Harris, 1986)
- Componentes con tiempo de vida útil (*Hard Times*): son ciertos elementos que deben de ser descartados antes de que fallen, pueden ser reacondicionados o descartados en su totalidad. El tiempo de vida útil es calculado de acuerdo con los resultados de pruebas en laboratorios, por lo que las regulaciones de aviación civil no permiten su utilización después del periodo descrito en su certificado.

En la figura 6 se muestra un tren de aterrizaje y el detalle de cada uno de sus componentes. Estos componentes o partes cuentan con tiempo de vida límite y todo el ensamble es considerado un componente de tiempo controlado. Un tren de aterrizaje puede recibir un reacondicionamiento (*Overhaul*) seguido de pruebas operacionales para que pueda volverse a utilizar. Durante las pruebas operacionales se examina la fatiga, las dimensiones o si las piezas tienen fracturas por medio de ensayos no destructivos, si el tren de aterrizaje cumple con todos los parámetros se pueden reemplazar componentes fatigados por nuevos componentes y este puede volverse a utilizar.

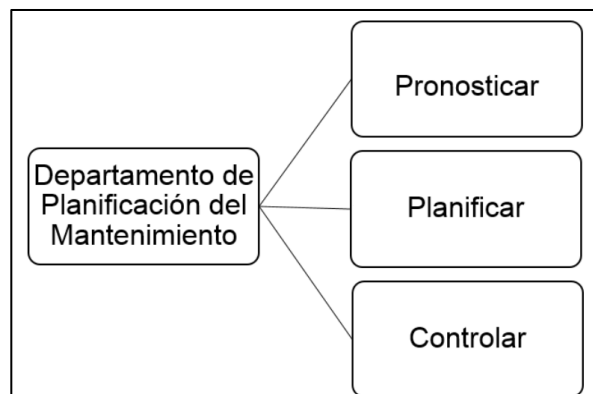
Figura 6. Esquema de partes de un tren de aterrizaje



Fuente: Lavionnaire. (s.f.). *Resumen en español, tren de aterrizaje*. Consultado el 12 de enero de 2023. Recuperado de <https://www.lavionnaire.fr/EspTrenaterrizaje.php>

Las funciones principales de un Departamento de Planificación son las que se muestran en la figura 7.

Figura 7. **Funciones principales del Departamento de Planificación del mantenimiento aeronáutico**

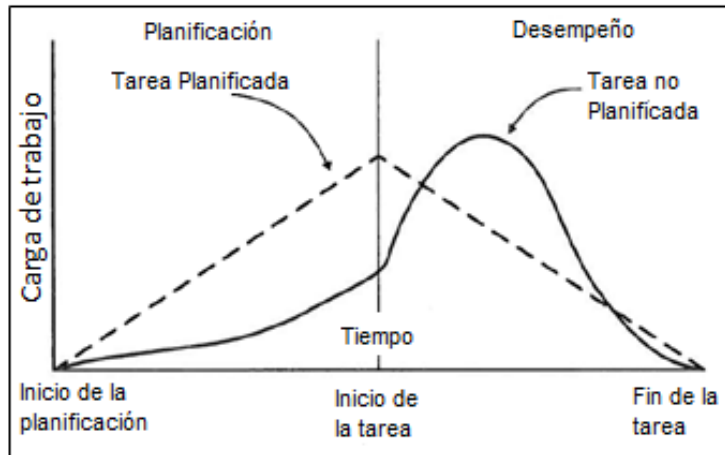


Fuente: Kinnison, (2004). *Aviation Maintenance Management*.

Las actividades de pronóstico incluyen la proyección de carga de trabajo de mantenimiento estimada a largo y corto plazo en función de los planes comerciales y de flota existente, también, de cualquier cambio conocido para el período de ejecución. La planificación implica la programación de los mantenimientos e incluye el diseño del cronograma y la organización de toda la mano de obra, las instalaciones, los repuestos y los requisitos del marco de tiempo para dichos mantenimientos. La función de control permite ajustes del tiempo en el plan y mantiene el control de todas las actividades de mantenimiento. (Kinnison, 2004)

El Dr. Giorgio Locatelli, en su curso de *Managing Major Engineering Projects* de 2020, indica que la fase de implementación es reconocida como el periodo donde se llevan a cabo todas las actividades planificadas con anterioridad y se ejecutan todas las proyecciones de mantenimiento. La gráfica de la figura ocho muestra la planificación y su rendimiento.

Figura 8. **La planificación y su rendimiento**



Fuente: Locatelli. (2020), *Managing Major Engineering Projects*.

Los paquetes de tarjetas de trabajo son los estipulados en el manual de mantenimiento de la aeronave, como se muestra en el ejemplo del Anexo I y se entregan a las autoridades de la aviación civil. Esta entidad interviene para la revisión exhaustiva del estado de la aeronave y si el taller de mantenimiento aeronáutico cumple con todas las actividades, la aerolínea puede obtener el certificado de aeronavegabilidad por un año más dándole inicio al ciclo nuevamente por un periodo de trescientos sesenta y cinco días más.

1.2.1.1.1. Programa de mantenimiento

Anteriormente se describe el grupo de personas que organizan los programas de mantenimiento para publicarlos como manuales en cada tipo de aeronave de ala fija. El programa de mantenimiento es el documento administrativo que gestiona las actividades de conservación que se deben de realizar para mantener un avión aeronavegable. Este documento es un conjunto de tareas que se deben de realizar y que una aerolínea se compromete a ejecutar para el beneficio y la seguridad de todos los pasajeros y tripulantes. En términos

específicos, un programa de mantenimiento tiene como objetivos los siguientes cuatro puntos importantes. (Kinnison, 2004)

- Asegurar la elaboración de las actividades que proveen un nivel inherente de seguridad y confiabilidad de las aeronaves.
- Restaurar la seguridad y la confiabilidad a sus más altos niveles inherentes cuando se ha producido el deterioro. (Mantenimiento correctivo)
- Obtener la información necesaria para el ajuste y optimización del programa de mantenimiento cuando no se cumplan estos niveles inherentes (Mejora continua).
- Obtener la información necesaria para la mejora de los diseños de aquellos elementos cuya fiabilidad inherente resulte inadecuada.

El programa de mantenimiento también es un documento realizado por la fábrica de los aviones que es una guía para el Departamento de Mantenimiento, sin embargo, este programa debe de ser ajustado de acuerdo con la operación de cada aerolínea. Por ejemplo, si es un avión destinado a transportar carga o transportar viajeros. Los últimos lineamientos son los que el grupo de ingenieros de cada aerolínea debe de otorgar para crear un programa sostenible y adecuado para la operación aérea.

Un programa consiste en tres grupos de tareas que se ejecutan según intervalos programados, estos intervalos provienen de tareas programadas con un intervalo definido por la fábrica del avión, tareas de mantenimiento provenientes de reportes de mal funcionamiento y tareas de mantenimiento provenientes del análisis de datos. Debido a la cantidad de sistemas, zonas, partes y componentes de una aeronave de ala fija el fabricante publica la guía de un programa de mantenimiento en una sección llamada tablero revisado del

mantenimiento, y se puede encontrar como MRB (*Maintenance review board*) dentro de los manuales de mantenimiento de cada aeronave.

Las aeronaves de ala fija se dividen por medio de zonas para una mejor interpretación de las actividades publicadas en el MRB. Las zonas de las aeronaves son las establecidas en la tabla II.

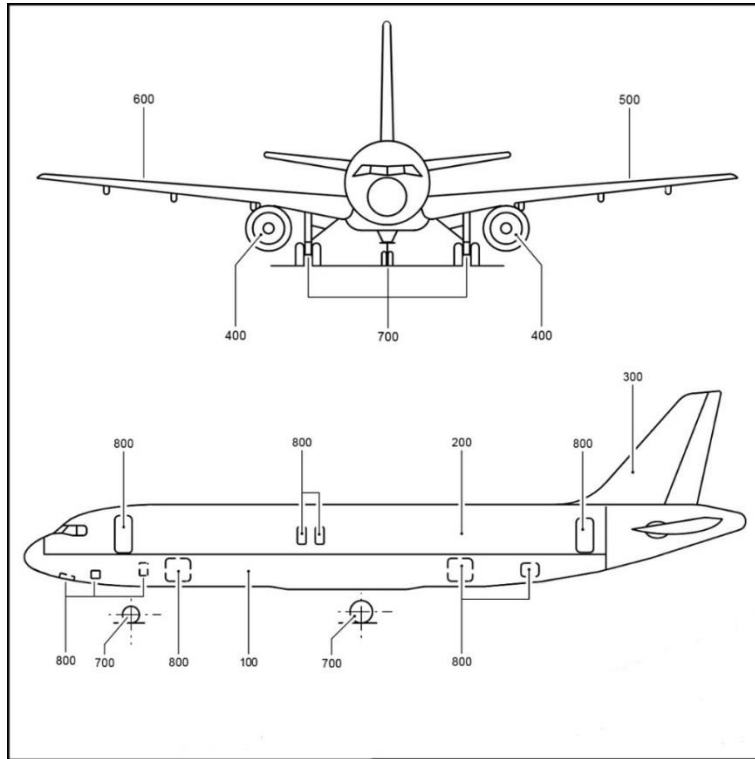
Tabla II. **Zonas de una aeronave de ala fija**

Zona	Descripción
100	Mitad inferior del fuselaje
200	Cabina
300	Estabilizador o cola del avión
400	Motores y nacelas
500	Ala Izquierda del avión
600	Ala derecha del avión
700	Trenes de aterrizaje y puertas de trenes
800	Puertas del área de carga o de la cabina

Fuente: Aviationhunt. (2021). *Aircraft Zoning*.

En la siguiente figura se muestran las zonas de un avión.

Figura 9. **Gráfica de las zonas de una aeronave de ala fija**



Fuente: Aviation Hunt Team. (2021). *Aircraft Zoning*. Consultado el 16 de septiembre de 2021.
Recuperado de <https://www.aviationhunt.com/aircraft-zoning/>

Las zonas de las aeronaves pueden ser divididas en subzonas que permitan una mejor orientación estandarizada a los miembros de un Departamento de Mantenimiento. El MRB también agrupa todas las actividades por medio del código establecido por la Asociación de Transportes Aéreos (ATA). Este código permite estandarizar las actividades seccionándolas como se muestran en las tablas III a la VI.

Tabla III. **Código ATA generalidades de las aeronaves**

Generales de la aeronave	
Código	Nombre del capítulo
00	Introducción
Continuación de la Tabla III	
05	Tiempo / Chequeos de mantenimiento
06	Areas y dimensiones
07	Soporte de la aeronave
08	Peso y nivelación
09	Remolque
10	Parqueado de aviones
11	Rotulación
12	Servicios generales

Fuente: elaboración propia, usando Microsoft Excel.

Tabla IV. **Código ATA sistemas de las aeronaves**

Sistema de la aeronave	
Código	Nombre del capítulo
20	Prácticas estándar de fuselaje
21	Aire acondicionado
22	Piloto automático
23	Comunicaciones
24	Electricidad
25	Accesorios
26	Sistemas anti-incendios
27	Controles
28	Combustible
29	Hidráulica
30	Sistemas anti-hielo y lluvias
31	Grabación y sistemas de indicación
32	Trenes
33	Luminarias
34	Navegación
35	Oxígeno
36	Sistema neumático

Continuación tabla IV.

37	Presurización
38	Desechos y agua potable
39	Panel eléctrico y electrónico
41	Balance de agua
45	Sistema de mantenimiento central
46	Sistemas de información
47	Sistemas de generación de nitrógeno
49	APU – Unidades de potencia auxiliares
50	Compartimiento de carga y accesorios

Fuente: elaboración propia, usando Microsoft Excel.

Tabla V. **Código ATA estructuras**

Estructuras	
Código	Nombre del capítulo
51	Prácticas estándar de estructuras
52	Puertas
53	Fuselaje
54	Nacelas y pilones
55	Estabilizadores
56	Ventanas
57	Alas

Fuente: elaboración propia, usando Microsoft Excel.

Tabla VI. Código ATA plantas de potencia

Plantas de potencia	
Código	Nombre del capítulo
60	Prácticas estándar hélices
61	Propulsores, palas y hélices
62	Rotor principal
63	Impulsores
64	Impulsores de cola
65	Impulsor de rotor de cola
66	Pilones y aspas
67	Controles de vuelo de los rotores
70	Prácticas estándar de motores
71	Planta propulsora
72	Motor
73	Combustible del motor
74	Ignición
75	Aire acondicionado
76	Controles del motor
77	Indicadores para el motor
78	Escape
79	Aceite
80	Arranque
81	Turbinas (Motores recíprocos)
82	Sistema de inyección de agua
83	Caja de engranajes
84	Aumento de la propulsión
91	Diagramas
95	Equipamiento especial

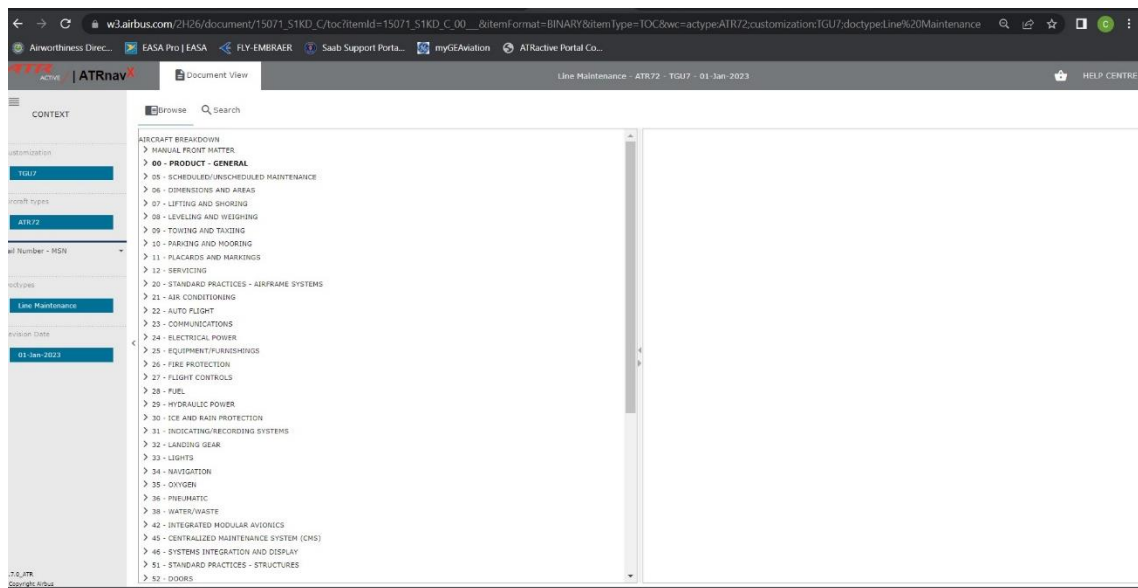
Fuente: elaboración propia, usando Microsoft Excel.

Para reducir el riesgo de confusión en la interpretación de los manuales de mantenimiento, la Asociación de Transportes Aéreos intervino y estandarizó el formato general de estos manuales, para que todos los documentos de los fabricantes fueran más compatibles. A cada sistema o tipo de sistema se le

asignó un número de capítulo y es esta la forma que se encuentran en los manuales de mantenimiento y también en el tablero revisado de mantenimiento.

En la figura 10 se puede observar la distribución de tarjetas de trabajo de la aeronave ATR 72-500 en su manual de mantenimiento que puede ser consultado en la página web <https://www.atractive.com/>. La organización del manual cumple con el código ATA y de esta forma facilita la interpretación del manual de la aeronave utilizando un lenguaje estandarizado en la industria aeronáutica.

Figura 10. Manual de una aeronave de ala fija



Fuente: Aeroteca (s.f.) *Manual del piloto de ultraligero*.

Cada capítulo cuenta con un número de inspecciones que se organizan para formar paquetes de trabajo (paquetes de tarjetas de trabajo) y se forman conjuntos de inspecciones de acuerdo con el intervalo de tiempos de vuelo o ciclos analizados.

Las tarjetas de trabajo describen de manera clara todo el procedimiento que se debe de realizar para ejecutar un mantenimiento predictivo, preventivo o correctivo. El ejemplo de una tarjeta de trabajo es el que se encuentra en el Anexo I. Estas tarjetas de trabajo ya cuentan con la información del procedimiento que debe ser ejecutado paso a paso. Una OMA no puede crear un procedimiento nuevo si este no está aprobado por el fabricante, esto permite asegurar la confiabilidad de las aeronaves para su operación y evita el riesgo de fallas desconocidas, por procedimientos de mantenimiento incorrectos que puedan provocar algún accidente.

Un paquete incluye un conjunto de varias tarjetas de trabajo para efectuar mantenimiento predictivo, preventivo o correctivo de diferentes sistemas del avión. Estos paquetes describen una gran cantidad de pasos por seguir para asegurar la aeronavegabilidad.

Las actividades del tablero revisado de mantenimiento pueden ser modificadas o suplementadas durante el tiempo y estos cambios son publicados por medio de boletines, cartas o normativas de aeronavegabilidad.

1.2.1.1.2. Normativas de aeronavegabilidad

Las autoridades de aviación analizan datos operativos de flotas, recopilados de diferentes aerolíneas, y evalúa los desempeños de cada tipo de aeronaves. Durante la recopilación de datos es posible que se presenten accidentes o situaciones de riesgo que atentan a la aeronavegabilidad. Al momento de presentarse una situación de riesgo o un accidente; Las autoridades nombran expertos en mecánica de aviación para realizar investigaciones de

ingeniería que permitan dictaminar por qué sucedió la falla que produjo el accidente.

Las autoridades examinan los registradores de datos de vuelos también conocidos como cajas negras o *Flight Data Recorders* (FDR), para identificar si fue un error producido por el piloto aviador, su copiloto, malas condiciones climáticas o si fue por malas condiciones de mantenimiento a la aeronave. Todos estos parámetros son discutidos y analizados a profundidad para encontrar la causa-raíz del accidente. (Syam, Jagathyraj, s.f.)

Al terminar de dictaminar lo que sucedió en el caso de investigación e identificar que fue una falla mecánica, las autoridades alertan al fabricante de la aeronave para evaluar los diseños que fueron utilizados para seleccionar dicho componente, parte o que revisen el procedimiento de la tarjeta de trabajo. Si al momento de evaluar estos diseños se encuentran datos erróneos en los cálculos, el fabricante publica un Boletín de servicio para modificar las tarjetas de trabajo o bien cambiar definitivamente la parte o el componente, ya que amenazan la aeronavegabilidad.

Una directiva de aeronavegabilidad puede ser una tarea repetitiva de mantenimiento o puede requerir una modificación definitiva para cualquier parte o componente de una aeronave. La normativa de aeronavegabilidad está en los anexos.

1.2.1.1.3. Boletines de servicio

Los boletines de servicio son realizados por los fabricantes de aeronaves de ala fija, al igual que las tarjetas de trabajo y presentan modificaciones a los componentes o partes inicialmente mostrados a los operadores. La

recomendación de cumplimiento proporcionada por el fabricante para un boletín de servicio (SB) podría ser "opcional", "obligatorio" o "alerta".

Los boletines de servicio de alerta se emiten cuando el fabricante siente que existe una condición en un tipo de aeronave o un grupo de aeronaves, que tiene relación con la seguridad, a diferencia de solo una mejora del producto. Estos SB generalmente dan como resultado que las autoridades reguladoras de aviación de diferentes países emitan una directiva de aeronavegabilidad correspondiente. A excepción de los boletines de servicio de alerta. El cumplimiento de todos los demás SB no es opcional para la aeronave. (Syam, Jagathiraj)

Las mejoras o modificaciones de diseño y producción se llevan a cabo en aeronaves y componentes para lograr diferentes objetivos. Por ejemplo, la reducción del peso de un componente o componentes de una aeronave podría conducir a una menor "peso vacío básico" de una aeronave.

Las autoridades no insisten en que los operadores incorporen todos los SB emitidos por un fabricante o motor de aeronave. Las autoridades reguladoras esperan que los operadores de aeronaves establezcan un proceso interno para evaluación de todos los SB que se emiten periódicamente para la aplicabilidad y necesidad de cumplimiento en la flota.

Los SB generalmente se clasifican como SB de fuselaje, SB de motor y SB de proveedor. Los SB del proveedor pertenecen a los SB emitidos para diferentes componentes de aeronaves por los fabricantes de los números de parte de los componentes respectivos. Por lo general, los SB tendrán cierto criterio de cumplimiento relacionado con el tiempo, en términos de horas de vuelo, ciclos, días o una combinación de estos para ser efectuados en el avión.

De este modo, diferentes aviones tendrán su propio estado de cumplimiento de SB o estándar de modificaciones. (Syam, Jagathyraj, s.f.)

1.2.1.2. Mantenimiento de línea

El autor Gamarra, (2018), define el mantenimiento de línea como los servicios de inspecciones durante el tránsito de una aeronave. Entre los objetivos principales del mantenimiento de línea está la recepción de la aeronave después del aterrizaje, reabastecimiento de combustible, conexión de planta eléctrica así como también la liberación de aeronavegabilidad.

Los técnicos autorizados por la DGAC realizan inspecciones mandatorias listadas en las tarjetas de trabajo, durante el tránsito de la aeronave también tienen acceso a la bitácora de vuelos y mantenimiento para anotar el estado físico al cual se encuentra el avión al momento del diagnóstico. Dentro de la bitácora de vuelos el técnico puede verificar los parámetros que se obtuvieron durante un vuelo y verificar si existieron anomalías. Dentro del mantenimiento de línea se atienden los reportes de los pilotos (Mantenimiento correctivo). El piloto aviador delega la responsabilidad de la aeronave al técnico de mantenimiento autorizado luego de un aterrizaje.

El técnico de aviación se encarga de realizar las inspecciones obligatorias, de acuerdo con los manuales de la aeronave, y preparar la aeronave para su siguiente vuelo programado por el departamento de operaciones aéreas. Luego de preparar la aeronave el técnico de aviación retorna la responsabilidad de la aeronave al piloto aviador si y solo si cumple con todos los requerimientos. El piloto aviador acepta la responsabilidad de vuelta y realiza el protocolo de despegue para continuar con el cronograma de vuelo. En la figura 11 se puede observar cómo se realiza una inspección de tránsito en el mantenimiento de línea.

Figura 11. **Inspección visual realizada en mantenimiento de línea**



Fuente: Escuela de aviación Flying. (2022) *¿Qué es el mantenimiento aeronautico y cuáles son sus tipos?* Consultado el 16 de septiembre de 2022. Recuperado de <https://escueladeaviacionflying.co/que-es-el-mantenimiento-aeronautico-y-cuales-son-sus-tipos/>

Al momento de las inspecciones rutinarias existe la probabilidad que un técnico de aviación encuentre problemáticas físicas con la aeronave y si estas atentan contra la seguridad de los pasajeros y sus tripulantes alerta al Departamento de Mantenimiento para resolver el inconveniente antes de iniciar el siguiente vuelo. Una aeronave cumple con todos los requerimientos si y solo si se encuentra en un estado aceptable, habiendo cumplido satisfactoriamente todas las inspecciones realizadas en el paquete de tarjetas de trabajo para el tránsito del avión.

1.2.1.3. Mantenimiento base

El mantenimiento base es también conocido como mantenimiento en hangar. “El mantenimiento con base en actividades complejas, inspecciones mayores, mantenimiento preventivo, en ocasiones mantenimiento correctivo que

no pudo realizarse por medio del mantenimiento de línea, pruebas de operación y mantenimiento predictivo” (Gamarra, 2018, p. 121).

El grupo de técnicos de la aviación que realizan sus prácticas supervisadas comúnmente las realizan dentro del hangar donde pueden consultar bibliografías y presenciar pruebas operacionales para entender el funcionamiento de las aeronaves y prepararse de la mejor manera para sus futuras responsabilidades. Dentro del hangar existe regularmente una persona responsable que es el jefe de talleres.

“El técnico líder del mantenimiento de base es también el encargado de mantener el orden y la seguridad ocupacional dentro del hangar y es apoyado por un grupo de técnicos nombrados por un Gerente de Mantenimiento” (DGAC RAC-145, 2007, p. 33). El cambio de disposición de una aeronave debe de realizarse dentro de un hangar ya que se debe de contar con herramienta especial, una bodega y tiempo para la ejecución de esta actividad.

Figura 12. **Ejecución de tareas de mantenimiento en una base**



Fuente: Reuters (2020). *La caída del valor de los aviones y el aumento del comercio electrónico impulsan el auge de la conversión de aviones de pasajeros en cargueros.*

1.2.2. Organización de mantenimiento autorizado

La OMA presenta la estructura de trabajo que se integra para realizar todas las labores del mantenimiento, las responsabilidades de cada puesto de trabajo, los formatos por utilizar en cada procedimiento y las referencias bibliográficas que se van a consultar durante la ejecución de actividades de mantenimiento. Dentro de los objetivos principales se encuentran la prevención de accidentes, la conservación de aeronaves y el cumplimiento de todas las regulaciones de aeronáutica civil. Los técnicos de aviación que conforman la OMA son sometidos a pruebas, cursos recurrentes, exámenes médicos y una serie de procedimientos que son necesarios aprobar, para continuar como miembro de la organización.

1.2.2.1. Técnicos de mantenimiento de aeronaves

La misión de los mecánicos es la de controlar, supervisar, ejecutar labores de mantenimiento aeronáutico dentro de un hangar, el área de rampa o en la línea. Los técnicos desarrollan habilidades en motores, controles de vuelo, sistemas que trabajan con motores, estructuras como el fuselaje, aviónica, interiores como asientos o recubrimientos, trenes de aterrizaje entre otras distintas áreas. (Landio, 2005 pp. 7-10)

Los institutos de estudios para los mecánicos-avionicos preparan al personal técnico para ejecutar actividades de manera confiable para la atención y mantenimiento de aeronaves, también buscan desarrollar especialidades técnicas de la aeronáutica con un alto sentido de lealtad, deber, disciplina y honor. Los mecánicos-avionicos desarrollan habilidades para entender los manuales de mantenimiento de las aeronaves debido a la aplicación de soluciones a problemáticas que se presentan en actividades de mantenimiento correctivo donde aplican la recolección de información mediante entrevistas dirigidas a instructores o realizando pruebas de funcionamiento. (Ortiz, 2017, p 84)

La DGAC emite las autorizaciones pertinentes por medio de licencias para mecánicos de mantenimiento de aeronaves. Ningún técnico podrá desempeñar atribuciones aeronáuticas en tierra a menos que sea titular de una licencia vigente y que tenga su carta con las respectivas habilitaciones. Las licencias se dividen en 3 grupos importantes los cuales son:

Tipo I: El técnico mecánico con licencia tipo I podrá realizar trabajos de motores, células, sistemas motopropulsores, instalaciones abordo y todas las habilitaciones que adquirió al momento de obtener la licencia tipo II.

Los mecánicos con este tipo de licencia pueden optar a cargos como certificadores de mantenimiento. Este grupo de técnicos pueden realizar liberaciones de aeronavegabilidad, anotaciones en bitácora e ingreso de diferidos.

Tipo II: Los técnicos mecánicos con licencia tipo II podrá realizar trabajos de motores, células y apoyar a los mecánicos tipo I. Este grupo de mecánicos pueden realizar anotaciones en bitácora e ingresar sistemas ha diferido de acuerdo con las regulaciones autorizadas por la DGAC.

- Auxiliar de Mecánico: usualmente son llamados también como mecánicos de la aviación tipo III. Este grupo de técnicos tienen la responsabilidad de apoyar a los mecánicos tipo I y tipo II. Este grupo no pueden recibir habilitaciones para liberación de aeronavegabilidad. (DGAC Guatemala, RAC-145, 2007, pp. 184-185)

Dentro de las destrezas del equipo se puede realizar una matriz de evaluación de factores internos para cuantificar el valor que se tiene del personal contratado. La tabla VII es una matriz de evaluación de factores internos.

Tabla VII. **Matriz de evaluación de factores internos**

	COD	FACTOR
Fortalezas	F1	Rentabilidad del mantenimiento de aeronaves
	F2	Existen estándares internacionales que regulan el sector
	F3	Capacidades para dar servicios a aeronaves de última generación.
	F4	Expectativas y necesidades de clientes son atendidas
	F5	Experiencia del personal técnico.
	F6	Disponibilidad de ayudas tecnológicas
Debilidades	D1	Falta de infraestructura para el desarrollo de tareas con mayor complejidad

Continuación tabla VII.

Debilidades	D2	Dependencia de otras empresas de mantenimiento del exterior para trabajos complejos.
	D3	Falta de inversión, para dar servicios de mantenimiento mayor.

Fuente: Laverde, A. (2019) *Estudio de competitividad de las empresas de mantenimiento aeronáutico del Ecuador*.

1.2.2.2. Certificadores de mantenimiento

Los certificadores son el grupo de técnicos con licencia tipo I que han obtenido la aprobación de un Gerente de Mantenimiento para autorizar la finalización de los trabajos de mantenimiento. Son los encargados de verificar, supervisar y auditar los trabajos realizados de inspección requerida. Estos certificadores autorizan la instalación de los repuestos y verifican la correcta utilización de las herramientas para cumplir a cabalidad con los lineamientos dictados en el manual de mantenimiento de la aeronave.

“Los certificadores de mantenimiento basan las inspecciones de acuerdo con documentos autorizados dentro del manual de mantenimiento. Son los encargados de cumplir a cabalidad cada uno de los procedimientos listados en el manual de mantenimiento de la aeronave” (García, 2021. p. 10). Los técnicos mecánicos de la aviación con el cargo de certificadores de mantenimiento son personas con experiencia y deben de estar familiarizados con los manuales de mantenimiento de las distintas aeronaves a certificar. Una orden de trabajo esta cien por ciento terminada cuando el certificador de mantenimiento autoriza el cumplimiento completo de las acciones listadas en la ruta recibida.

1.2.3. Reportes de bitácoras de vuelo y de mantenimiento

Los registros de vuelo de los pilotos aviadores contienen discretamente registros como los siguientes:

- Fecha
- Hora de despegue y aterrizaje
- Total horas de vuelo y de ciclos, entre otros

Desde la perspectiva del piloto, estos registros también contienen información valiosa para la evaluación posterior al vuelo. Cuando se correlaciona con otros registros obtenidos ese día, es posible evaluar qué segmentos de vuelo se eligieron y cronometraron bien, si las cargas térmicas se seleccionaron de manera eficiente con respecto a la fuerza, ganancia de elevación y desplazamiento inducido por el viento. La banda de elevación comúnmente se selecciona en función de los perfiles de viento locales. Con las bitácoras de vuelo los pilotos aviadores pueden analizar las decisiones que fueron demasiado cautelosas o agresivas. En la figura 13 se puede apreciar un ejemplo de una bitácora de vuelo y mantenimiento de la aerolínea Orient Thai Airlines.

Tabla VIII. Bitácora de mantenimiento y del vuelo

BITACORA DE VUELO Y MANTENIMIENTO															
MATRICULA:	TIPO:		AT12 72		CAPITAN:		COPILOTO:		FECHA:		26/04/23		HORA:	19:00	
FECHA	DESDE	HACIA	BLOCK SALIDA	BLOCK ARRIBO	HORA DESPEGUE	HORA ATERRIZAJE	TOTAL BLOCK	TOTAL VUELO	CICLOS						
26-04-2023			1911-1912	1912-1913	19:27	19:18	01:10	00:49	1						
26-04-2023			1953-1957	2052-2053	20:04	20:48	01:00	00:44	1						
26-04-2023			21:32-21:33	22:40-22:41	21:40	22:37	01:09	00:51	1						
26-04-2023			23:10-23:14	00:04-00:05	23:17	00:00	00:55	00:43	1						
26-04-2023			00:25-00:30	01:42-01:43	00:43	01:39	01:03	00:51	1						
26-04-2023			02:09-02:12	03:04-03:05	02:15	03:58	00:56	00:43	1						
HOROMETRO ON:			HOROMETRO OFF:			TOTAL HOROMETRO:			TIEMPOS TOTALES:			06:18 04:41 6			
PARAMETRO DE MOTORES															
No.	OAT	PRESS. ALT	KIAS	TORQUE	TOT. EGT, ITT	N1 / NG	N2 / NH	RPM	FUEL FLOW	FUEL PRESS	OIL TEMP	OIL PRESS	CHT	AIR FLOW SETTING	
1	03°C	15,000	200 kts	458	601	✓	954	823	210		75	65	✓	ON	
2				658	607		960	823	210		79	65			
REPORTE DE VUELO															
DISCREPANCIA AMBOS MOTORES CON IGNITION FUELED DE UNITE. SE NECESITA REPORTE DE IGNITION *AOG*						ACCIÓN CORRECTIVA						PIN OFF:			
												PIN ON:			
												PIN OFF:			
												PIN ON:			
												MECÁNICO:			
DISCREPANCIA						ACCIÓN CORRECTIVA						PIN OFF:			
												PIN ON:			
												PIN OFF:			
												PIN ON:			
												MECÁNICO:			
DISCREPANCIA						ACCIÓN CORRECTIVA						PIN OFF:			
												PIN ON:			
												PIN OFF:			
												PIN ON:			
												MECÁNICO:			
COMBUSTIBLE A BORDO		INSPE. PREVUELO		LIBERACION DE AERONAVEGABILIDAD		ACEPTACION CAPITAN		Continuado en Pág.							
COMBUSTIBLE AGREGADO		FECHA				Acepto todo lo anotado en esta página de la bitácora la cual precede a la página que llevará en el próximo vuelo bajo mi comando.		Correlativo No.							
ACEITE (Litros)		No. 1		No. 2											
LIQUIDO HIDRAULICO (Litros)		PROGRAMA MANTENIMIENTO PROGRAMADO		AIRCRAFT TT											
FIRMA y No. Lic. MECANICO						Firma Mecánico / Lic. No. / Fecha		Firma Capitán / Lic. No. / Fecha / Hrs.		AERONAVE					

Fuente: elaboración propia.

Los datos de registro de vuelo visualizados y los patrones climáticos se pueden utilizar para obtener una ruta de vuelo óptima para una tarea determinada, aprovechando esos puntos calientes de fuentes térmicas que es más probable que ocurran o evitando ráfagas de cenizas volcánicas. Las características meteorológicas extraídas son útiles para la planificación de vuelos y también para interpretar cambios en patrones regulares con el comportamiento de aeronaves. (Hsieh, *et al.*, 2011. p. 101)

En las bitácoras de vuelo también se pueden encontrar reportes que realizan los pilotos aviadores al momento que identifican anormalidades con una aeronave durante el vuelo, como, por ejemplo: pérdida de potencia en motores, alarmas de instrumentos de vuelo, complicaciones de sustentación entre otras. Estos reportes son actividades de mantenimiento correctivo ya que dependen de las situaciones de vuelo.

La operación de los aviones es administrada por el departamento de operaciones aéreas donde una mayor disponibilidad de aeronaves puede significar un mercado más amplio para la realización de vuelos hacia destinos que los consumidores buscan.

1.3. Estrategia de negocios de las aerolíneas

Los negocios son un juego de alto riesgo. Branderburger (1995) señala que la esencia del éxito empresarial reside en jugar el juego correcto. La estrategia de precios de las aerolíneas para estimular el mercado consiste en competir en los precios de los boletos.

El fenomenal crecimiento de las aerolíneas de bajo costo ha despertado el interés de la gente en creer que lo harán tener éxito principalmente debido a su estrategia de precios. Sin embargo, en un entorno empresarial turbulento (riesgos de inversión crecientes, competencia intensa entre aerolíneas y responsabilidad potencial), existe una mayor incertidumbre y desafíos para el éxito de la estrategia de precios existentes en el cumplimiento de las expectativas de los clientes. (Seng, *et al.*, 2011, pp. 493-494)

Basado en la teoría de juegos, Choi y Sharan (2004) llevaron a cabo la investigación sobre fijación de precios bajo aversión al riesgo e incertidumbre. Sus hallazgos mostraron que, en condiciones bien definidas, la empresa puede ser "la primera en moverse". En el equilibrio de Nash, ambas empresas toman decisiones de precios simultáneas y el equilibrio se refiere al par del precio que ambas empresas están satisfechas.

Las aerolíneas tienen la necesidad de mantener el comportamiento cooperativo de precios como un equilibrio más estable. Por ejemplo, pueden competir agresivamente para ciertas rutas, pero pueden formar una alianza - cooperar para otras rutas. Es claro que, sin una comunicación y comprensión efectivas de los beneficios mutuos, los posibles beneficios de la cooperación no se materializarán.

El valor es lo que los compradores están dispuestos a pagar y un valor superior se deriva de ofrecer un precio más bajo que los competidores por beneficios equivalentes. En la figura 14 se muestra cómo se proyectan los vuelos de las aerolíneas en las pantallas de los aeropuertos con el motivo de orientar a los consumidores.

Figura 13. **Pantalla de información de vuelos**



15:30	EWG	591	COLONIA	154	169
15:30	IB	8124	IBIZA	054	055
15:30	TVS	1167	PRAGA	096	101
15:35	RYR	7197	HAMBURGO	002	007
15:35	WK	247	ZURICH	115	119
15:40	VLG	3973	BARCELONA	058	060
15:45	D8	6622	OSLO	014	017
15:45	OE	111	MUENSTER	184	187
15:45	RYR	2916	BRUSELAS	002	007 CANCELLED
15:45	EWG	6820	SALZBURGO	154	169
15:50	EWG	8597	BERLIN-TXL	154	169
15:50	EWG	9581	DUSSELDORF	154	169

Fuente: Balears noticias. (s.f.) *Información de vuelos.*

Realizar compras de manera inteligente se pueden crear ventajas en el flujo de efectivo y se pueden evitar gastos innecesarios en tiempo que no sean convenientes, como la compra de partes para almacenarlas por más de seis meses en una bodega de suministros.

Al momento de tener una planificación inteligente se pueden realizar solo los gastos que se crean convenientes y evitar que las partes o componentes se devalúen dentro de un almacén en un hangar. Existen muchas variables que intervienen en la rentabilidad de una aerolínea dentro de las cuales se puede identificar el eslabón de la cadena de valor que es conformado por el Departamento de Mantenimiento.

El Departamento de Mantenimiento realiza gastos elevados por el cambio de componentes que pueden orillar a una aerolínea al canibalismo de aeronaves para aumentar la disponibilidad de aviones y avionetas para continuar recibiendo ingresos.

1.4. Flota de aeronaves de ala fija

Una aerolínea puede tener diferentes tipos de aviones fabricados en diferentes talleres del mundo. Las cualidades de los aviones convergen en la normativa OACI. En la figura 15 se muestra una flota de aeronaves de ala fija de una empresa comercial, existen características comunes como la marca de la compañía y el modelo del fabricante que comúnmente es seleccionado estratégicamente por la compañía.

Figura 14. Flota de aeronaves de ala fija



Fuente: Loginews, (2016). *Fedex terminará primera fase del hangar de Malpensa.*

1.4.1. Distribución organizacional

Dentro de la complejidad del mantenimiento a aeronaves la mayoría de las aerolíneas tienen estructuras similares. Una de las herramientas populares que se utilizan para describir una distribución organizacional es un sistema de ciclo de vida, ya que la gestión eficaz del desarrollo de la empresa basada en el modelo de ciclo de vida permite desarrollar las direcciones óptimas de las transformaciones necesarias. Todos los miembros de la organización del mantenimiento deben de emplearse en sus responsabilidades para lograr el objetivo principal del departamento que es aumentar la disponibilidad y confiabilidad de las aeronaves de ala fija para que una aerolínea pueda disponer de ellas y ofrecer servicios a un territorio.

1.4.2. Distribución de espacio disponible

Un medio pragmático de actividades de mantenimiento es necesario para las organizaciones de mantenimiento que pertenecen a las aerolíneas. El hangar es conocido como la estructura que alberga las aeronaves cuando estas no están operativas, se encuentran estacionadas dentro de un aeropuerto o se realizan actividades de mantenimiento.

Se cree que varias características de diseño de hangares pueden promover la eficiencia en las operaciones de mantenimiento. Una instalación adecuada, con luz natural, con espacio disponible y en una posición geográfica estratégica es positivo para las organizaciones que realizan mantenimiento. Las condiciones físicas dentro de un hangar son importantes tanto para la eficiencia operativa como para el bienestar de la fuerza laboral.

Philip McNayr, director de Oklahoma empresa de arquitectura e ingeniería Frankfurt Short Bruza (2021), nombra dos factores clave para aumentar la eficiencia del mantenimiento de aeronaves a través del diseño del hangar. El primero es la asignación de espacio inmediatamente adyacente a los aviones para el almacenamiento de componentes retirados de la aeronave y el segundo es la capacidad que tiene un hangar de albergar una flota para brindar seguridad a los técnicos de mantenimiento.

En la figura 15 se muestra un tipo de distribución de aeronaves dentro de un hangar para optimizar el espacio.

Figura 15. **Distribución de aeronaves de acuerdo con el espacio disponible**



Fuente: RespuestasAquí, (1987) *¿Cuántos aviones puede poner una aerolínea en el hangar?*
Consultado el 20 de septiembre de 2021. Recuperado de <https://respuestas.me/q/cuantos-aviones-puede-poner-la-aerolinea-en-el-hangar-cerrado-61200065111>

Existen actividades rutinarias dentro de las actividades de mantenimiento preventivo que no permiten ejecutar tareas de mantenimiento al aire libre ya que existen factores como el viento que intervienen en la aerodinámica de la nave que puede afectar la posición del avión, es decir, una ráfaga de viento que se presente cuando se están realizando inspecciones de trenes de aterrizaje pueden provocar accidentes ya que el avión se ve afectado por este flujo de viento y puede caer al suelo y dañar los componentes de las naves. (Aircraft Technology, Engineering y Maintenance, 2013, pp. 34-38)

1.4.3. Intervalos de vuelo

La planificación de materiales, horarios de mantenimiento, personal técnico disponible y herramientas necesarias es siempre una parte difícil para las

organizaciones de mantenimiento dentro de un hangar. El objetivo es garantizar un alto suministro de repuestos mediante una óptima interacción de varios niveles de red y, por lo tanto, para reducir los eventos de mantenimiento correctivo y minimizar los costos totales. Se puede ver del estudio de simulación de que los costos totales de una aerolínea se pueden reducir significativamente con una estrategia de mantenimiento, el intercambio constante de información entre los tres niveles y un pronóstico elaborado.

La aviación requiere que un número mínimo de aviones operativos estén disponibles para cumplir con varios requisitos y un cierto número de horas para volar. Simultáneamente, se deben realizar varios tipos de tareas de mantenimiento o inspecciones a la flota de aviones para mantenerlos en un estado de servicio. Esta actividad se denomina planificación de vuelo y mantenimiento.

Durante la planificación de mantenimiento se decide qué aviones disponibles pueden volar y cuánto tiempo. Actualmente, existen varios métodos mediante los cuales la planificación se lleva a cabo, siendo el más habitual, de forma manual. Los Departamento del Ejército de los Estados Unidos utiliza una técnica llamada deslizamiento, programación de escala o herramienta gráfica de diagrama de flujo de aeronaves. Sin embargo, estos métodos manuales pueden resultar muy laboriosos cuando se trata de un gran número de aeronaves y limitaciones. (Balakrishnan, *et al.*, 2021, pp. 3-9)

1.4.3.1. Horas de vuelo

Las horas de vuelo significan el acumulado número de aerotransportadas horas de funcionamiento de cada motor, componentes y su estructura, calculado

a partir del despegue hasta que toca el suelo al final de un vuelo. En otras industrias las horas de operación son brindadas por un horómetro, en el caso de la industria aeronáutica un avión está sometido a distintos esfuerzos cuando está en tierra que cuando está desplazándose en el aire.

A medida que las estructuras de la aeronave comienzan a envejecer (es decir, a medida que se acumulan las horas de vuelo), pueden crecer grietas en algunos puntos de alta tensión de los componentes estructurales. El enfoque habitual es inspeccionar las estructuras periódicamente. Por lo tanto, se puede evitar un accidente catastrófico durante el vuelo.

Los fabricantes de aeronaves realizan ensayos de los materiales y componentes que son instalados y de acuerdo con los resultados obtenidos generan un programa de mantenimiento. Las compañías fabricantes consolidan información de distintas aerolíneas que operan con sus aviones para recaudar detalles y actualizar los programas de manera constante. Los boletines de servicio son modificaciones al programa previamente autorizadas donde se van sumando actividades de mantenimiento. Para ordenar las tarjetas de trabajo de mantenimiento preventivo, estas rutinas se plasman en una línea del tiempo como se muestra en el ejemplo de la tabla VIII y se puede cuantificar el tiempo total de ejecución de estas.

Tabla IX. **Distribución básica de inspecciones según las horas de vuelo**

INSPECCIONES A UNA AERONAVE PERIODO DE PROGRAMACIÓN	
Inspección mensual	1 mes calendario
Inspección bimensual	2 meses calendario
Inspección 100FH	100 horas de vuelo
Inspección 300FH	300 horas de vuelo
Inspección 400FH	400 horas de vuelo
COMPONENTES DE VIDA LIMITE PERIODO DE PROGRAMACIÓN	
A Check	1000 horas de vuelo

Continuación tabla IX.

A2 Check	2000 horas de vuelo
C Check	4000 horas de vuelo
ESTRUCTURA DE LA AERONAVE	PERIODO DE PROGRAMACIÓN
1B Check	6 meses
2B Check	12 meses
3B Check	18 meses
4B Check	24 meses
5B Check	36 meses
DISTRIBUCIÓN POR ZONAS	PERIODO DE PROGRAMACIÓN
Estructural A Check	1 año
Estructural A2 Check	2 años
Estructural B Check	3 años
Estructural B2 Check	5 años
C Check	7 años

Fuente: Van den Bergh, *et al.*, (2013) *Aircraft maintenance operations state of art*.

1.4.3.2. Ciclos de vuelo

Los ciclos de vuelo miden la cantidad de despegues y aterrizajes que realiza una aeronave. Al momento de realizar un viaje aéreo y el avión despegar realiza ciertos esfuerzos necesarios para elevar la aeronave, al igual que al momento que una aeronave aterriza los aviones someten a esfuerzos considerables en los trenes de aterrizajes y los motores. Estos esfuerzos son necesarios medirlos para realizar inspecciones periódicas por lo que se deben de cuantificar los ciclos para examinar las partes de forma prudente.

Al momento que una aeronave de ala fija realiza un despegue, esta acumula un ciclo. Luego de trasladarse a otro aeropuerto y el avión aterriza, la aeronave acumula otro ciclo más. Para crear este concepto se puede analizar con el ejemplo de un avión que se traslada del aeropuerto de internacional La Aurora hacia el aeropuerto internacional Juan Santamaria, en Costa Rica. La aeronave acumula 2 ciclos de vuelo durante este viaje, el primer ciclo cuando

despega del aeropuerto internacional La Aurora y el segundo ciclo cuando aterriza en el aeropuerto de Costa Rica. Los fabricantes de aeronaves distribuyen los paquetes de tarjetas de trabajo para el mantenimiento preventivo distribuyéndolos en periodos en donde se agrupan inspecciones que deben de realizarse para garantizar la aeronavegabilidad. Estos periodos son los que se muestran en la tabla X.

Tabla X. Distribución básica de inspecciones según ciclos de vuelo

INSPECCIONES A UNA AERONAVE	PERIODO DE PROGRAMACIÓN
200 Ciclos	200 Ciclos
500 Ciclos	500 Ciclos
1000 Ciclos	1000 Ciclos
1500 Ciclos	1500 Ciclos
2000 Ciclos	2000 Ciclos

Fuente: Van den Bergh, *et al.*, (2013) *Aircraft maintenance operations state of art*.

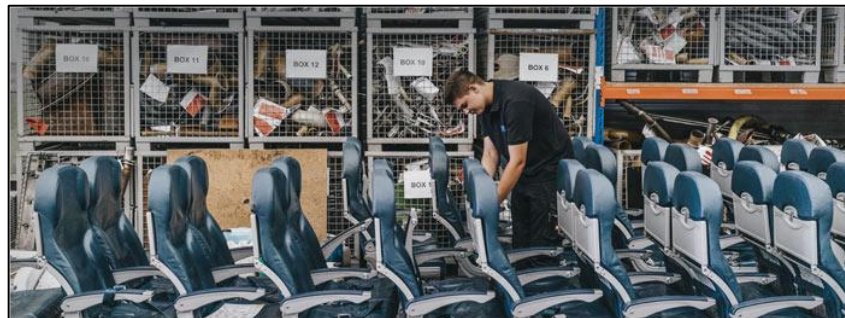
1.4.4. Bodega de repuestos

El mantenimiento a menudo se percibe como una fuente de costos porque no participa directamente en el proceso de valor agregado. Esta visión ignora el hecho de que cualquier instalación o producto, independientemente de su clase, fallará tarde o temprano.

El control del inventario de repuestos representa un desafío para todas las aerolíneas. Determinar la asignación óptima del consumo de repuestos es problemático debido a la demanda intermitente. Para evitar cualquier pérdida económica, el fabricante de equipos originales utiliza diferentes modelos de inventario para evaluar el nivel de *stock* y evitar la falta de disponibilidad de las piezas de repuesto deseadas cuando sea planificada la ejecución de actividades de mantenimiento.

Los componentes pueden constar de diferentes subconjuntos que contienen varias piezas que pueden necesitar reemplazo. Solo la inspección determina qué partes necesita ser reemplazado o reparado. “La disponibilidad de repuestos, cuando sea necesario, es crucial para un equipo original” (Abidar, *et al.*, 2021, pp. 1-6). En la figura 16 se encuentra una foto de la distribución de repuestos para un hangar de aeronaves de ala fija, donde se almacenan distintas clases de partes y repuestos que deben de estar libres para la ejecución del mantenimiento.

Figura 16. **Distribución dentro de una bodega de repuestos**



Fuente: Ras (s.f.) *Ras stocks a large inventory of comercial airline parts*. Consultado el 22 de septiembre de 2021. Recuperado de <https://www.ras.de/ras-e-co-atr-42-72-part-out-parts-sale.html>

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Dentro de este capítulo se describirán particularidades acerca de las condiciones con las que se trabajan en un taller de mantenimiento aeronáutico para la ejecución de sus actividades. Se tomó en cuenta que la disminución de tiempos de trabajo para el reacondicionamiento de aviones es clave para el giro del negocio.

La investigación tomó el sentido de la correcta utilización del tiempo como ventaja para evitar procedimientos incongruentes que generan costos y atrasos. Se evalúa cuantitativamente la organización que tiene un taller aeronáutico para aumentar la eficiencia de un equipo de técnicos mecánicos de aviación para que ejecuten la cantidad necesaria de tarjetas de trabajo que ayuden a aumentar los índices de conservación de una flota.

2.1. Visita de reconocimiento

La empresa donde se realizó la investigación cuenta con un hangar privado en el interior del aeropuerto internacional La Aurora. El área interna del hangar tiene la capacidad de albergar dos aeronaves de ala fija y en la rampa se pueden parquear diez aeronaves. El área dentro del hangar es de 40m de ancho por 20 m de largo y el área de rampa tiene un total de 40 m de ancho por 68 m de largo.

El área techada cuenta iluminación en toda la nave mientras que en el área de rampa se cuentan con reflectores que iluminan de forma transversal el área donde se parquean los aviones. Distribuidas en todo el hangar se

encuentran seis tomas de corriente disponible para la conexión de plantas de poder AC/DC que permiten energizar los aviones para la ejecución de actividades de mantenimiento. En la figura 17 se muestra una fotografía de uno de los hangares dentro del aeropuerto internacional La Aurora de la parte sur.

Figura 17. Hangar de aeronaves de ala fija en el aeropuerto internacional La Aurora



Fuente: [Fotografía de César Menocal]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

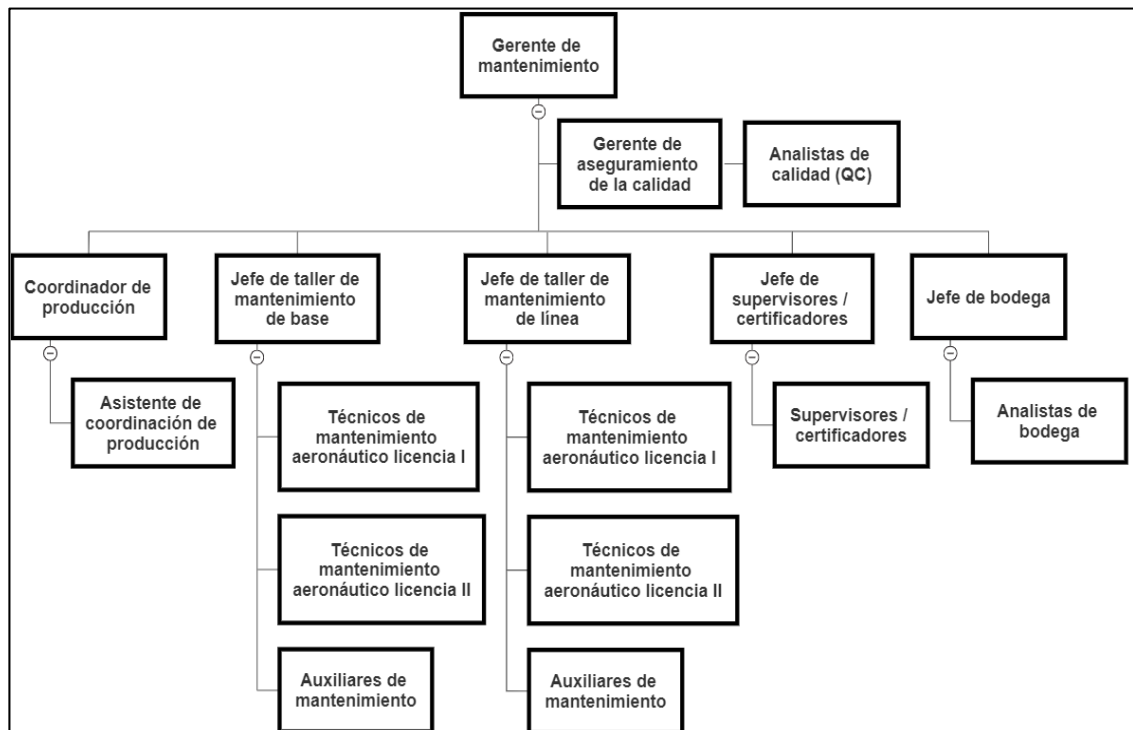
En el hangar se encuentran la oficina de Gerencia de Mantenimiento de la OMA, la oficina de planificación, la bodega de insumos, la oficina de control de producción, la oficina de jefatura de taller de mantenimiento base y jefatura de taller de mantenimiento de línea.

2.2. Organigrama del Departamento de Mantenimiento

El taller de mantenimiento donde se hizo la investigación obtuvo la aprobación del certificado operativo nombrado en la RAC-145.17 en el año 2003.

El organigrama de la OMA certificado por la autoridad aeronáutica se muestra en la siguiente figura.

Figura 18. **Organigrama de la organización de mantenimiento autorizado**



Fuente: elaboración propia, usando software Smartdraw.

Dentro del organigrama mostrado en la figura 18 se encuentran la jerarquía de la administración del mantenimiento. Las tareas que se efectúan dentro de la OMA son las siguientes:

- Mantenimiento programado (mantenimiento predictivo y preventivo)
- Mantenimiento no programado (mantenimiento correctivo)
- Acciones correctivas de discrepancias de pilotos aviadores

- Mantenimiento de línea (mantenimiento de tránsito)

Los diferentes puestos mostrados en el organigrama permiten el flujo de la comunicación y la preparación de trabajos para la realización de todas las tarjetas de trabajo en donde el equipo de mantenimiento es responsable de conservar la aeronavegabilidad de las doce aeronaves de ala fija.

Entre las entrevistas realizadas en el año 2022 se pudo obtener información acerca de la variación de los horarios, es decir, algunos técnicos tienen horario por la mañana y al día siguiente lo tienen por la noche. Los datos obtenidos demuestran que estas variaciones ocasionan inconvenientes personales a la cuadrilla debido a que en algunos días no pueden planificar otras actividades debido a la incerteza de la hora de entrada y de salida a labores.

Las principales funciones de cada uno de los miembros críticos mostrados en el organigrama de la figura 18 son las siguientes:

- Gerente de mantenimiento: es la máxima autoridad dentro de una OMA ya que es el individuo registrado como responsable de las actividades de mantenimiento ante la DGAC. Es el encargado de dirigir y dar los lineamientos para los trabajos así también como el de brindar apoyo y aprobar las tareas de todo el departamento.
- Gerente de la calidad: es el elemento encargado de mantener el estándar de calidad y ejecutar todas las actividades tal cual fueron propuestas a la autoridad.
- Coordinador de producción: es la persona encargada de planificar y asignar las actividades de mantenimiento programado. Lleva un control de

los indicadores de mantenimiento y prepara las cuadrillas de técnicos de mantenimiento aeronáutico para cumplir a cabalidad con todas las actividades asignadas a la OMA.

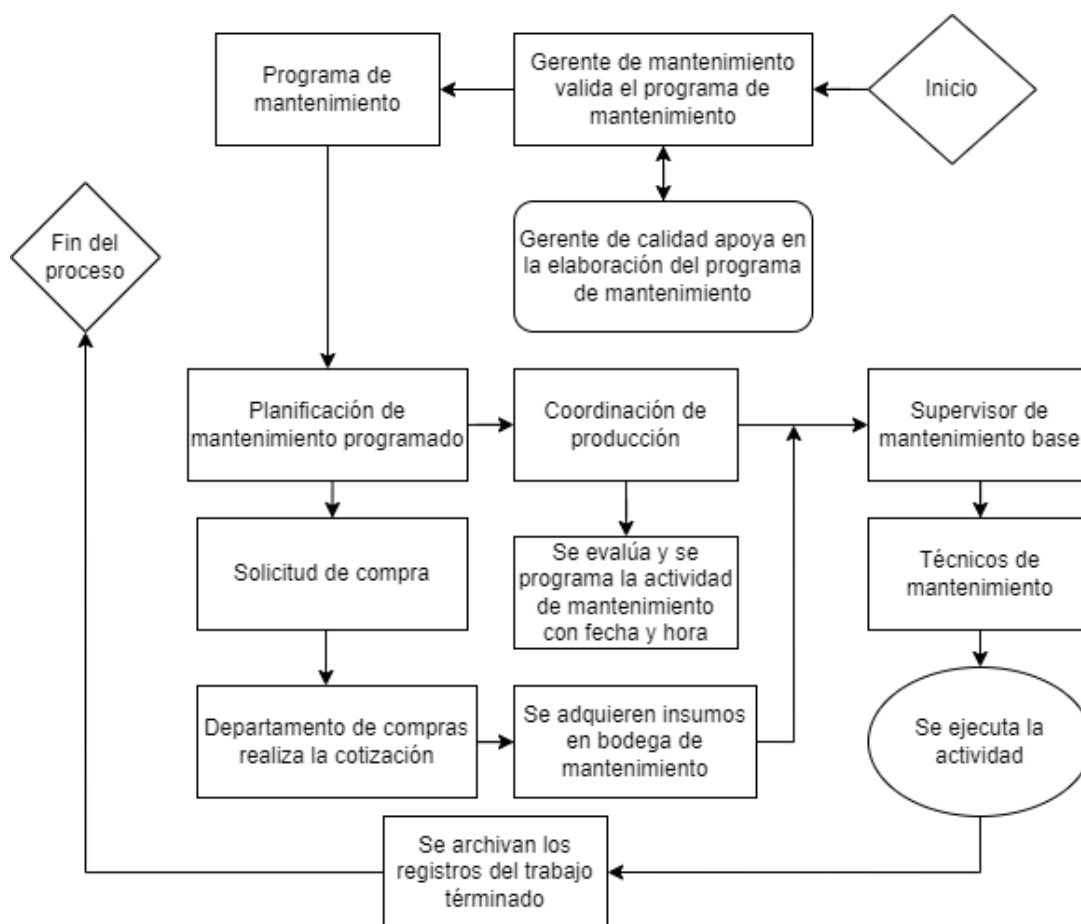
- Jefe de taller de mantenimiento de base: es el líder del grupo de técnicos de mantenimiento que realizan trabajos dentro del hangar.
- Jefe de taller de mantenimiento en la línea: es el responsable y líder de los mecánicos de aviación que trabajan actividades como tránsitos y despacho de vuelo en las rampas de abordaje
- Jefe de supervisores / certificadores: es la persona encargada de la cuadrilla de supervisores que lideran los grupos de mecánicos tanto en mantenimiento de la línea y también de mantenimiento de base.

La organización mostrada anteriormente permite cubrir todos los puntos necesarios para cumplir con la aeronavegabilidad de la flota de la aerolínea en mención, sin embargo, a pesar de la estructura organizacional, existen algunas actividades que no se logran cumplir en tiempo debido a la falta de comunicación y de procesos dentro de la estructura.

2.3. Procedimientos de ejecución de actividades de mantenimiento

Dentro de la aerolínea en investigación se pudo acompañar el procedimiento completo de la ejecución de actividades de mantenimiento partiendo desde la fase de concepto hasta la fase de entrega. Uno de los procedimientos que se tiene en el año 2022 se encuentra en la figura 19.

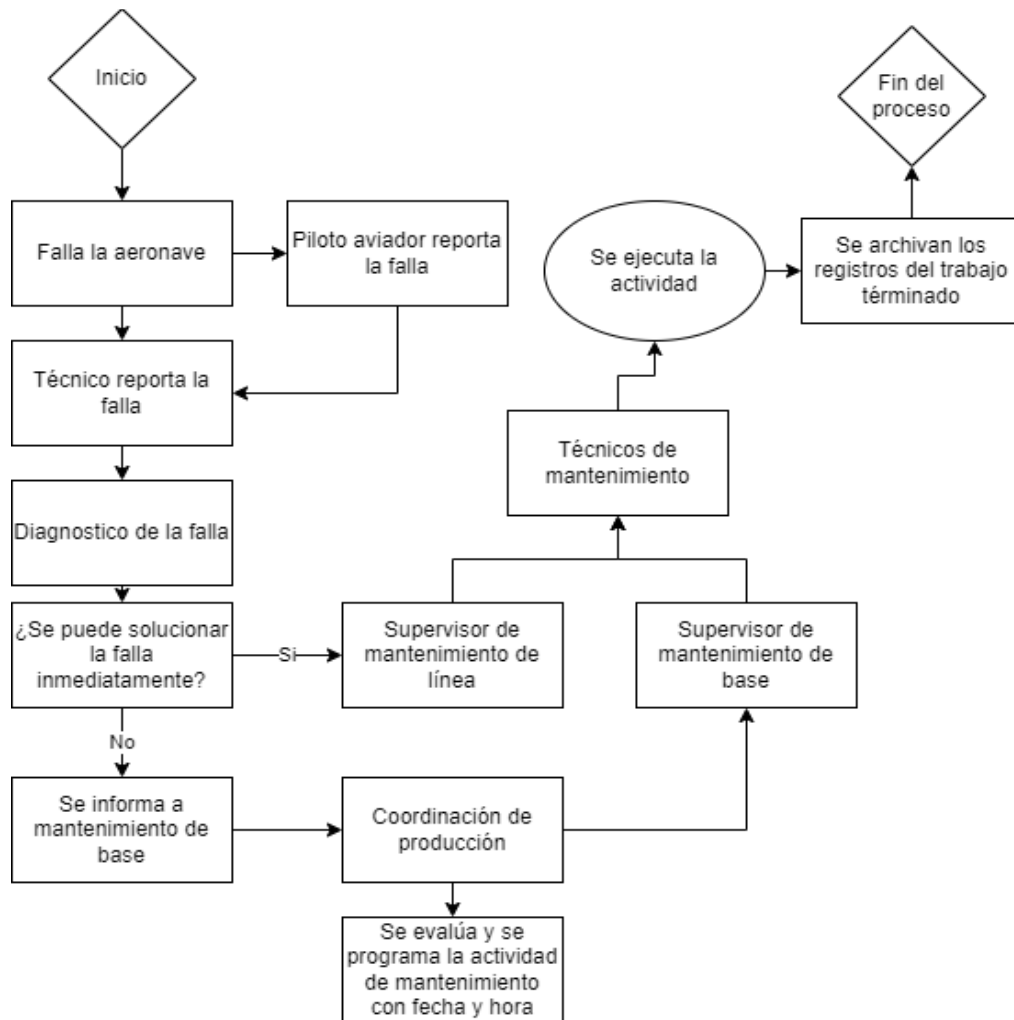
Figura 19. **Procedimiento para mantenimiento programado**



Fuente: elaboración propia.

Dentro del proceso mostrado en la figura 20 se puede identificar la ruta de la ejecución de tarjetas de trabajo de mantenimiento preventivo y predictivo. Durante el periodo de recopilación de información también se logró obtener los datos acerca de las actividades no programados y el proceso es como el que se muestra en la figura 20.

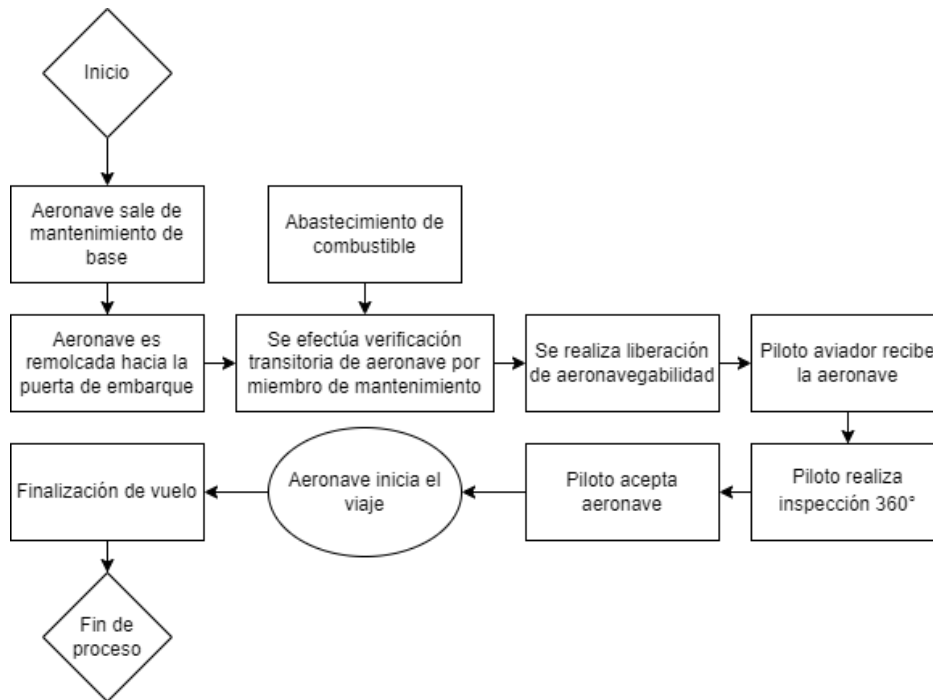
Figura 20. **Procedimiento para actividades de mantenimiento no programado**



Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la ejecución de las normativas de aeronavegabilidad y boletines de servicio el procedimiento es el mostrado en la figura 20. Para la resolución de reportes de mantenimiento correctivo el procedimiento está ejemplificado en la figura 21. Para el servicio de mantenimiento de tránsito también existe un proceso y es el que se muestra en la figura 21.

Figura 21. **Procedimiento para mantenimiento transitorio de aeronaves**



Fuente: elaboración propia.

Las inspecciones transitorias hacia las aeronaves se realizan en las rampas de abordaje luego de remolcar los aviones hacia las puertas de embarque.

2.4. Diagnóstico de la situación actual del Departamento de Mantenimiento de la aerolínea

Dentro de la visita de reconocimiento se realiza un diagnóstico de la situación actual del Departamento de Mantenimiento para reconocer las debilidades y fortalezas de la gestión que se lleva a cabo para conservar la aeronavegabilidad de las doce aeronaves en esta investigación. Dentro de este diagnóstico se pudo identificar que la responsabilidad de los técnicos de

mantenimiento se encuentra sobrecargada debido a que cada técnico debe de buscar cada tarjeta de trabajo dentro del manual para poder imprimirla y así poder ejecutarla. Esta actividad consume una cantidad de tiempo significativa debido a que cada persona descarga alrededor de seis a siete tarjetas de trabajo por día antes de comenzar a realizar el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.

Luego de revisar las tarjetas de trabajo, el personal técnico debe de seleccionar la herramienta correspondiente y solicitar en la bodega de repuestos todos los componentes y partes que se necesitan para ejecutar cada una de las tarjetas de trabajo que el supervisor les ha asignado. El supervisor de mantenimiento divide a la cuadrilla en grupos y asigna a cada grupo un paquete de tarjetas de trabajo que se necesitan ejecutar para cumplir con el cronograma de mantenimiento.

Durante la visita de reconocimiento también se pudo observar que todos los grupos de técnicos solicitan herramientas y componentes al mismo tiempo en la bodega de repuestos y esto crea una aglomeración de personas solicitando una gran cantidad de partes en el mismo periodo de cada turno, regularmente al inicio del turno de trabajo. Si existen tareas similares que no fueron previstas, la bodega de repuestos entrega las herramientas especiales al primer técnico que la solicitó y si otra persona necesita utilizar la misma herramienta especial, este debe de esperar un tiempo a que la otra persona termine de utilizarla para poder solicitarla.

Al momento que un técnico de mantenimiento revisa una tarjeta de trabajo y no encuentra los materiales disponibles en la bodega de repuestos, el técnico realiza una solicitud de compra de manera urgente para poder cumplir con el cronograma publicado. Generalmente las compras con estatus urgente elevan

los costos de envío debido a que las compañías de logística tienen precios más elevados en esta categoría.

Dentro de la aerolínea en investigación se pudo identificar que al momento que una aeronave de ala fija termina de cumplir los vuelos establecidos, es trasladada al hangar y es estacionada en cualquier lugar disponible, ya que no se cuenta con ninguna directriz de la posición de estacionamiento.

Al momento de verificar la distribución de los horarios asignados a una cuadrilla de técnicos se pudo reconocer que hay un grupo de mecánicos con horario diurno que no tienen una carga de trabajo significativa debido a que no hay ninguna aeronave dentro del hangar. El horario de estos técnicos era de 8:00am a 05:00pm. Durante la visita de reconocimiento se pudo comprobar que la cuadrilla de técnicos no realizó ninguna tarjeta de trabajo durante este turno debido a que todos los aviones se encontraban cubriendo viajes por lo que se pudo observar que desperdiciaban tiempo productivo.

El cronograma publicado en el año 2022 por la aerolínea se identifica que las tarjetas de trabajo se acumulan antes de solicitar la renovación del certificado de aeronavegabilidad, por lo que crea una situación de urgencia para ejecutar todas las actividades de mantenimiento predictivo y preventivo y así poderlas presentar en tiempo a la DGAC. Las consecuencias de esta urgencia recaen en la necesidad de parar las aeronaves por largos periodos y así poder cumplir con todas las tarjetas de trabajo necesarias y solicitadas por la DGAC. Al momento de parar una aeronave se cancelan o se posponen los vuelos creando una fuga de dinero debido a reintegros que debe de realizar la aerolínea hacia sus pasajeros y al mismo tiempo desprestigian la calidad de servicio.

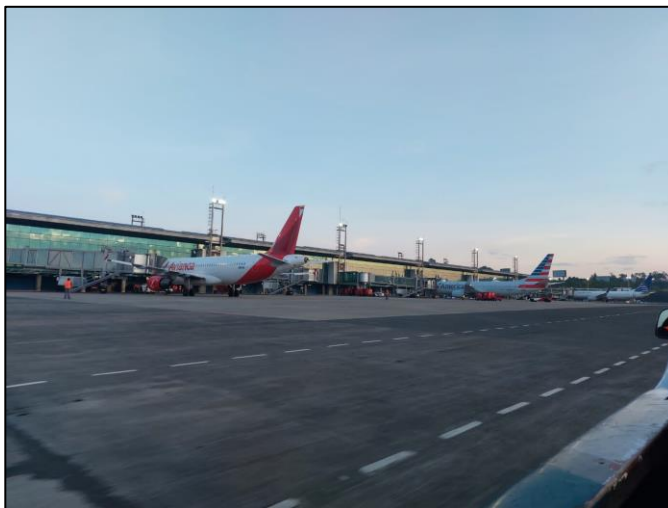
Al momento de apresurar las tareas también se crean aglomeraciones en los grupos de técnicos para realizar tarjetas de trabajo. Se pudo identificar que, si un grupo de técnicos necesita verificar algún componente en una zona específica del avión, ningún otro grupo puede realizar otra tarjeta de trabajo en la misma zona y esto crea un atraso debido a que el siguiente grupo debe esperar a que se terminen los procedimientos anteriores para poder comenzar el que se les fue asignado. Es decir, la aglomeración de técnicos de mantenimiento no permite realizar tarjetas de trabajo en paralelo para utilizar de mejor forma el tiempo.

En la organización de la aerolínea, el mantenimiento de línea realiza solo mantenimiento transitorio, y este grupo no realiza ninguna tarjeta de trabajo para mantenimiento preventivo. Esta organización del mantenimiento de línea sobrecarga al mantenimiento de base y desperdicia tiempo valioso para el cumplimiento de actividades necesarias para conservar la aeronavegabilidad de los aviones. El grupo de mantenimiento de línea se encuentra en las rampas de abordaje.

2.5. Rampas de abordaje

El aeropuerto internacional La Aurora cuenta con veintidós puertas de abordaje para pasajeros en donde la parte inferior se encuentra la rampa de estacionamiento de aeronaves de ala fija. Es en esta área donde se realizan las inspecciones de mantenimiento de línea y en donde se preparan las aeronaves con el abastecimiento de combustible. La imagen de la figura 22 muestra una fotografía de la rampa donde estacionan las aeronaves para recoger y desabordar a los pasajeros.

Figura 22. **Rampas de abordaje aeropuerto internacional La Aurora**



Fuente: [Fotografía de César Menocal]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

Cuando los pasajeros no se encuentran dentro del avión, el equipo de técnicos de mantenimiento aeronáutico puede realizar las actividades rutinarias de tránsitos para inspeccionar la aeronave y verificar que se encuentre en condiciones aeronavegables. Es durante este tiempo cuando el piloto capitán traslada la responsabilidad de la aeronave al personal de mantenimiento para que se pueda preparar el avión para su siguiente vuelo. El traslado de las aeronaves se realiza por medio de remolques de la industria aeronáutica como se pueden observar en la figura 23.

Figura 23. **Remolque de aeronave de ala fija**



Fuente: [Fotografía de César Menocal]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

El tiempo que permanece una aeronave de ala fija en la rampa de abordaje está definido por el programa de vuelos. Durante esta investigación se pudo realizar una toma de datos para contar con un estimado de horas y minutos que se estacionan las aeronaves. En la tabla X se puede observar la toma de datos de estos tiempos para la empresa en investigación.

Tabla XI. Tiempo de aeronave de ala fija durante el tránsito

Muestra	Aeronave	Abastecimiento de combustible	Tiempo total
Mes de agosto 2022	Aeronave de ala fija 1	0:17:00	0:56
Mes de agosto 2022	Aeronave de ala fija 2	0:26:00	1:15
Mes de agosto 2022	Aeronave de ala fija 3	0:39:00	1:03
Mes de agosto 2022	Aeronave de ala fija 4	0:46:00	1:40
Mes de agosto 2022	Aeronave de ala fija 5	0:32:00	1:24
Mes de agosto 2022	Aeronave de ala fija 6	0:27:00	1:02
Mes de agosto 2022	Aeronave de ala fija 7	0:32:00	0:58
Mes de agosto 2022	Aeronave de ala fija 8	0:34:00	1:14
Mes de agosto 2022	Aeronave de ala fija 9	0:33:00	1:09
Mes de agosto 2022	Aeronave de ala fija 10	0:27:00	0:53
Mes de agosto 2022	Aeronave de ala fija 11	0:40:00	1:10
Mes de agosto 2022	Aeronave de ala fija 12	0:25:00	1:24
Total promedio de tiempo		0:31:30	1:10:40

Fuente: elaboración propia.

Al cuantificar este tiempo se pueden encontrar periodos de tiempo que pueden ser aprovechados para la ejecución de tarjetas de trabajo de mantenimiento preventivo en el caso de desviar inspecciones rutinarias que no sean tan complejas para que se puedan realizar en la rampa de despacho.

2.6. Demanda de horario de pasajeros de aerolíneas comerciales

Los pasajeros que utilizan el servicio aéreo acomodan sus horarios de viaje de acuerdo con una agenda que puede ser de negocios o de vacaciones. Estos horarios tienden a mostrar factores comunes debido a la disposición de transporte y del horario de llegada al destino final. En el periodo de exploración de la actividad área se pudo investigar el tránsito aéreo del aeropuerto internacional La Aurora en donde las horas nocturnas muestran poca actividad aérea. En la figura 24 se muestra el tránsito aéreo con el apoyo de la aplicación Flight Radar a las 23:18 y se identifica que esta hora existe poca actividad aérea.

Figura 24. Tránsito aéreo en horario nocturno



Fuente: Flight Radar (2022) App captura de pantalla móvil Samsung.

Dentro del estudio también se logró observar el tránsito aéreo en horario diurno y se pudo observar un cambio de la demanda de vuelos tanto comerciales como vuelos privados que se realizaban durante este horario. Estos datos logran

definir las oportunidades que tiene el Departamento de Mantenimiento para realizar actividades preventivas y predictivas en horarios que no afecten la operación y que permitan a una aerolínea a mantener sus vuelos de manera constante. En la Figura 25 se muestra una captura de pantalla del tránsito aéreo a las 8:47. En este tiempo no es posible realizar mantenimiento programado ya que estaría golpeando fuertemente la actividad comercial perdiendo la sinergia entre ambos departamentos.

Figura 25. **Tránsito aéreo en horario diurno**

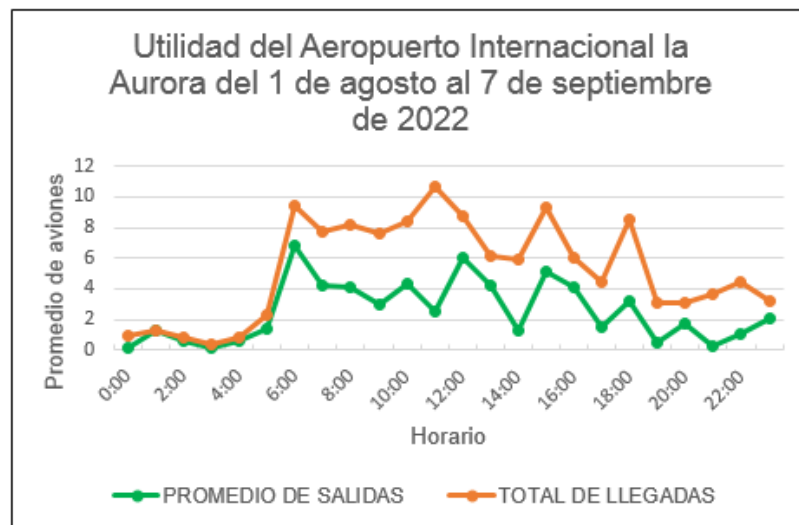


Fuente: Flight Radar (2022) App captura de pantalla móvil Samsung.

La evidencia que se muestra en ambas actividades aéreas permite definir tendencias para identificar el comportamiento de vuelos de acuerdo con las llegadas y salidas que se obtienen en el aeropuerto internacional La Aurora. En el mes de agosto y septiembre de 2022, finalizando la temporada de alta demanda se pudo obtener la información de llegadas y salidas del aeropuerto

internacional en este punto de investigación se pudo obtener la tendencia de la figura 26.

Figura 26. **Tendencia en horario de llegadas y salidas AILA temporada de baja demanda**

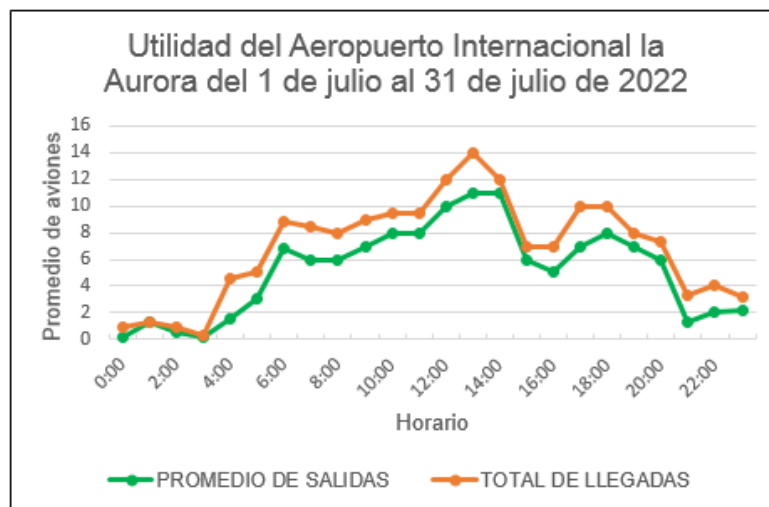


Fuente: elaboración propia, usando datos de *La guía de aeropuertos*.

En la figura 26 se puede identificar la tendencia de la actividad aérea comercial. Para evitar interrupciones en la actividad comercial es necesario conocer lo horarios disponibles que benefician a una aerolínea para la realización de actividades de mantenimiento. La grafica permite identificar que el horario ideal para el mantenimiento comienza desde las 19:00 horas y termina a las 5:00 del día siguiente esta ventana de tiempo de 10 horas diarias permite limitar el horario disponible para la realización de actividades de mantenimiento. Este horario se debe de respetar para no afectar los ingresos económicos de una aerolínea. No es recomendable realizar tareas de mantenimiento programado en horario diurno ya que esto retiene la posibilidad de realizar viajes comerciales a la aerolínea y puede llegar a restringir horarios buscados por los pasajeros.

Dentro del proceso de investigación también se pudo realizar una extracción de datos acerca de las llegadas y salidas de aeronaves de ala fija en el aeropuerto internacional La Aurora dentro de la temporada de alta demanda (ver figura 27)

Figura 27. **Tendencia en horario de llegadas y salidas AILA temporada de alta demanda**



Fuente: elaboración propia, usando datos de *La guía de aeropuertos*.

Dentro de la tendencia obtenida en la figura 27, se logra identificar que las llegadas y salidas en el aeropuerto se extienden, abarcando desde las 4:00 hasta las 20:30 horas sin embargo los horarios no generan un cambio considerable en la disposición de aeronaves para la aerolínea en investigación

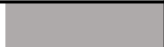
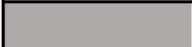
2.7. Periodos comerciales importantes para las aerolíneas

El equipo de mantenimiento tiene como objetivo proporcionar aeronaves que cumplan con la aeronavegabilidad, para que el departamento comercial

pueda ofrecer más cantidad de vuelos y frecuencias hacia los destinos a donde llega. Estos destinos tienen mayor demanda por los consumidores en ciertos periodos de tiempo.

Después de una entrevista realizada al personal comercial de una aerolínea se pudo identificar que los pasajeros que viajan por motivos de negocios mantienen una constancia debido a agendas que han estipulado en sus compañías y se mantiene constante en todo el año. Sin embargo, los periodos de alta demanda de viajes por ocio son claves para las aerolíneas ya que permiten recibir mayores ingresos en ciertos periodos del año. En la figura 29 se puede observar un estudio realizado por la compañía InterJet de la planificación anual de servicios del año 2019 donde se proyecta una alta demanda de vuelos debido a vacaciones o periodos libre que tiene la población para vacacionar y conocer otros territorios.

Tabla XII. **Programación de temporadas altas primer semestre**

enero	febrero	marzo
		
abril	mayo	junio
		

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el programa entregado la temporada alta se determina por las vacaciones de fin de año. Tomando en cuenta el inicio del año, el periodo anual de alta demanda se identifica desde el 1 de enero hasta el 8 de enero. Es importante dejar un rango de 8 días por lo que la temporada alta por fiestas como Navidad y Año Nuevo termina el 16 de enero de cada año aproximadamente. Durante este periodo es importante disponer de aeronaves para que la aerolínea

cubra con toda la demanda de viajeros para poder aumentar los ingresos monetarios.

El segundo periodo importante está identificado por las vacaciones debido a la Semana Santa, este periodo cuenta con 3 días de asueto para el territorio guatemalteco, adyacentes a un fin de semana y es comúnmente utilizado por los viajeros para conocer nuevos territorios. Este periodo se puede determinar en el mes de marzo aproximadamente iniciando el 15 de marzo hasta el día 20 del mes de abril. Este periodo tampoco es una ventana de tiempo aceptable para el mantenimiento programado.

Las vacaciones conocidas como de mitad del año abarcan un periodo desde 21 de junio y termina aproximadamente el 20 de agosto. Este periodo está acompañado del sueldo número catorce de los trabajadores que comúnmente es utilizado para viajes por algunos sectores de la sociedad. En la Figura 30 se muestra el comportamiento del segundo semestre del año para la compañía Interjet.

Tabla XIII. Programación de temporadas altas segundo semestre

julio	agosto	septiembre
octubre	noviembre	diciembre

Fuente: elaboración propia.

El último periodo del año con alta demanda abarca las vacaciones de fin de año por días festivos como Navidad y Año nuevo partiendo desde el 15 de diciembre hasta el 31 del mismo mes. Anteriormente se mencionaba que este periodo es de alto flujo de pasajeros debido a las fiestas y por lo tanto es una

ventana de oportunidad comercial muy importante para una aerolínea cerrando el ciclo anual. Durante estos periodos es importante contar con una flota de aeronaves disponibles para poder cubrir la mayor cantidad de vuelos y así obtener mejores ganancias económicas para crecer una aerolínea.

Después de delimitar las temporadas importantes para la aerolínea, es necesario utilizar periodos de tiempo que no afecten la operación aérea para realizar mantenimientos utilizando correctamente los tiempos. Se puede optimizar los tiempos conociendo como es la utilización del mismo para la ejecución de actividades de mantenimiento. Dentro de la delimitación de tiempos también se puede realizar un presupuesto y adecuarlo de acuerdo con el programa de mantenimiento estipulado.

2.8. Adquisición de partes, componentes y consumibles

Dentro de la operación de una aerolínea se estipulaba en párrafos anteriores que el procedimiento abarca la adquisición de partes, componentes y consumibles que son utilizados en las tarjetas de trabajo de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo. Dentro de la operación de la aerolínea en investigación se cuenta con un departamento de compras de repuestos que realiza cotizaciones y se encarga de la logística de la adquisición. Durante la investigación se pudo determinar cinco tipos de adquisición de repuestos y partes las cuales son las siguientes:

- Solicitud de insumos por AOG (Aeronave en tierra): Son los repuestos que se solicitan para autorizar la aeronavegabilidad de un avión. Los componentes catalogados como AOG son los más críticos de una aerolínea ya que al no contar con la parte la aeronave no puede ser despachada y no puede cumplir con los vuelos programados debido a que

no se cataloga como una aeronave segura. Estos pedidos regularmente son de envío inmediato y deben de ser entregados el mismo día o al día siguiente.

- Solicitud de insumos por mantenimiento correctivo: Durante las inspecciones de tránsito, se pueden encontrar fallas en las aeronaves que deben de ser atendidas de manera inmediata sin embargo existen reparaciones provisionales autorizadas por la DGAC para que un avión pueda continuar con sus vuelos programados.
- Solicitud de insumos por tiempo de vida útil: Abarca el reemplazo de componentes con tiempo de vida controlado y de acuerdo con la proyección de vuelos se puede determinar el día que se deben de reemplazar con respecto a las horas de vuelo de las aeronaves de la flota.
- Solicitud de insumos por estado o condición: Durante las inspecciones a los aviones se realizan verificaciones de los parámetros y pruebas operacionales que determinan si un componente presenta fallas o no. Estos componentes se degradan periódicamente y se puede diagnosticar si el componente está próximo a fallar para programar su reemplazo.
- Solicitud de compras nacionales o insumos regulares: Estos repuestos son de alta facilidad de adquisición ya que el producto se puede encontrar con proveedores nacionales y se pueden realizar pedidos con periodos de adquisición cortos. Estos productos son producidos en Guatemala o ya completaron su importación por lo que desprecia el procedimiento aduanero.

Durante la visita de reconocimiento se logró realizar una entrevista a un analista de compras internacionales que explica que durante el proceso se analiza la disponibilidad y calidad del repuesto. En algunos casos se puede conseguir repuestos o componentes reacondicionados que todavía pueden rendir un tiempo de vida útil.

Estos precios son analizados por la aerolínea y son adecuados a un presupuesto para la adquisición de este. Al momento de realizar las compras regularmente son enviadas a Estados Unidos debido a que dentro del territorio de la república de Guatemala no existen proveedores que se dediquen a diseñar y fabricar estos componentes. Los componentes son enviados a una bodega alquilada por la aerolínea dentro del territorio de Estados Unidos para luego ser enviados a Guatemala.

Los analistas de compras buscan crear paquetes para gestionar el envío hacia Guatemala y realizar el proceso de importación con varias partes a la vez para simplificar el proceso aduanero. Este procedimiento generalmente es por parte del encargado de logística. El encargado de logística indica que, al momento de importar componentes prioritarios por motivos de tener una aeronave en tierra, generalmente aumenta los costos y reduce el presupuesto.

Al momento de importar componentes con menor prioridad y que no están sujetos a una aeronave en tierra, se puede encontrar la manera de escoger precios de envíos económicos para poder ser importados.

El precio del componente o parte del avión que se adquiere depende del fabricante y de la habilidad de negociación del precio del gerente de compras internacionales. Un área de oportunidad que puede ser tomada como ventaja para una aerolínea es la reducción de costos por envío de paquetes por lo que

en la una de las tablas se muestra un ejemplo de la diferencia de precios de envío de paquetes con respecto a la prioridad de tiempo para recibirlo dentro de Estados Unidos.

En este caso se logró realizar una muestra del costo de envío y de los servicios que ofrecen las compañías de paquetería para identificar la variación debido a la urgencia de los paquetes. Para este ejemplo se utilizó la dirección de la ubicación de la bodega y la misma dirección de un proveedor para identificar la variación de los costos de envíos.

Tabla XIV. Tabla comparativa de cotizaciones de envío de paquete de una libra

Costos de envío de paquetes							
Peso		1 lb					
Dimensiones del paquete							
	Longitud	1 in	Ancho	1 in	Alto	1 in	
Compañía	Día siguiente 8:00am	Día siguiente 10:30am	Día siguiente 4:30pm	2 días AM	2 días PM	Económico 3 a 5 días	Entrega por camión 7 a 10 días
Fedex	\$.141,29	\$.104,55	\$.89,47	\$.48,83	\$.40,61	\$.32,79	\$.12,66
UPS	\$.130,03	\$.94,48	\$.83,60	\$.43,04	\$.37,62	\$.28,82	\$.13,06
USPS				\$.45,70		\$21,50	\$.10,90

Fuente: elaboración propia, usando datos de Fedex, UPS y USPS.

Las compañías que se dedican al traslado de paquetes basan su precio debido al peso o las dimensiones del objeto a transportar. Se colocaron dimensiones de 1 pulgada cúbica para obtener el precio neto del envío cuando el peso es el que determina el precio. Se colocó un peso de 0.5 gramos y las dimensiones de 1 pie cuadrado para obtener el precio neto del envío cuando el volumen es el que determina el precio.

Tabla XV. Tabla comparativa de cotizaciones de envío de paquete de un pie cuadrado

Costos de envío de paquetes							
Peso		0.5 gramos					
Dimensiones del paquete							
Longitud		1 pie	Ancho	1 pie	Alto	1 pie	
Compañía	Día siguiente 8:00am	Día siguiente 10:30am	Día siguiente 4:30pm	2 días AM	2 días PM	Económico 3 a 5 días	Entrega por camión 7 a 10 días
Fedex	\$275,16	\$238,34	\$216,49	\$162,36	\$137,5	\$96,34	\$34,66
UPS	\$233,56	\$197,93	\$175,38	\$127,12	\$110,87	\$73,38	\$29,80
USPS				\$39.1		\$10.75	\$5.40

Fuente: elaboración propia, usando datos de Fedex, UPS y USPS.

Los componentes que se solicitan por urgencia debido a una aeronave en tierra requieren de una entrega al día siguiente para que sea enviado a Guatemala lo antes posible. Los componentes o partes solicitados por mantenimiento no programado que tienen una prioridad menor regularmente son enviados por medio del servicio de entrega de dos días. Los componentes que aún tienen un tiempo prudencial para ser enviados a Guatemala y se realizan de forma planificada antes del reemplazo pueden ser enviados por camión y el encargado de logística indica que el envío hacia Guatemala puede ser de tipo económico.

Estos costos impactan directamente en el presupuesto del Departamento de Mantenimiento y no generan ningún valor adicional al servicio que se entrega por parte del taller. El tiempo de entrega del componente o parte hacia la bodega de mantenimiento permite programar los trabajos preventivos y correctivos de un taller aeronáutico. Después de recibir un componente en la bodega de mantenimiento se procede a ejecutar la actividad de reemplazo en un tiempo de producción estipulado.

2.9. Tiempos de producción de actividades de mantenimiento

Al definir las limitantes para realizar las actividades del mantenimiento es necesario identificar como se utilizan estos tiempos para la ejecución de actividades de mantenimiento predictivo y preventivo para poder realizar una propuesta de solución coherente de estas tareas. Para la evaluación del nivel de producción dentro de esta investigación se utilizó el sistema Westinghouse para diferentes actividades programadas. Como modelo de referencia se realizaron muestras para inspecciones programadas.

Tabla XVI. **Hoja de observación de estudios de tiempo para una inspección mensual**

HOJA DE OBSERVACIONES DE ESTUDIO DE TIEMPOS											
Operación		Inspección mensual de Motores, Sistemas, Estructura y Aviónica a (FLOTA 12 AERONAVES MISMO TIPO)									
Hora inicial:	07:00pm	Operadores:	Grupo A	Aprobado por:				Observaciones:			
Hora Final:	02:00am			Ing. César Menocal					Ninguna		
Descripción		1	2	3	4	5	Σ T	Tiempo promedio	Fc	Tn	
1	Interpretación del procedimiento	T	7,00	6,00	7,00	6,00	6,00	32,00	6,40	1,26	8,064
		L	7,00	6,00	7,00	6,00	6,00				
2	Elección de herramientas de bodega	T	15,00	12,00	14,00	14,00	13,00	68,00	13,60	1,16	15,776
		L	22,00	18,00	21,00	20,00	19,00				
3	Organización del equipo	T	8,00	10,00	7,00	7,00	10,00	42,00	8,40	1,07	8,988
		L	30,00	28,00	28,00	27,00	29,00				
4	Ejecución de la actividad	T	40,00	40,00	40,00	42,00	39,00	201,00	40,20	1,25	50,25
		L	70,00	68,00	68,00	69,00	68,00				
5	Revisiones del supervisor	T	5,00	5,00	4,00	3,00	6,00	23,00	4,60	1,32	6,072
		L	75,00	73,00	72,00	72,00	74,00				
6	Intervenciones del QC	T	3,00	2,00	3,00	2,00	2,00	12,00	2,40	1,32	3,168
		L	78,00	75,00	75,00	74,00	76,00				
7		T	7,00	8,00	7,00	8,00	8,00	38,00	7,60	1,2	9,12

Continuación de la tabla XVI.

Reporte del trabajo y entrega	L	85,00	83,00	82,00	82,00	84,00		
							83,2	101,438

Fuente: elaboración propia.

Luego con la calificación de Westinghouse se puede identificar que el procedimiento tiene áreas de mejora. La siguiente tabla muestra la calificación Westinghouse para los datos de la inspección mensual.

Tabla XVII. **Resultados de evaluación Westinghouse para la inspección**

		Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	
1	A	B1	B2	B	B	
2	B	B2	C1	C	C	
3	C	C1	D	D	C	
4	D	B2	B1	A	C	
5	E	B1	A2	A	B	
6	F	B1	A2	A	B	
7	G	A1	E1	A	B	

**TOMA DE
DATOS
04/08/2022**

Fuente: elaboración propia.

Conforme lo que se obtuvo de la evaluación Westinghouse para la tarea mensual se puede usar la tabla de valores para dar un valor cuantitativo de la inspección mensual de donde se obtienen los datos mostrados.

Tabla XVIII. **Resultados cuantitativos de la evaluación Westinghouse para la inspección mensual**

	A	B	C	D	E	F	G
Habilidad	0,11	0,08	0,06	0,08	0,11	0,11	0,15
Esfuerzo	0,08	0,05	0,00	0,1	0,12	0,12	-0,04
Condiciones	0,04	0,02	0,00	0,06	0,06	0,06	0,06
Consistencia	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03
Factor	1	1	1	1	1	1	1
Total Fc	1,26	1,16	1,07	1,25	1,32	1,32	1,2

Fuente: elaboración propia.

Para la inspección de 400 horas de vuelo se puede observar los siguientes resultados como se muestran en la Tabla XIX.

Tabla XIX. **Hoja de observación de estudios de tiempo para una inspección de 400 FH**

HOJA DE OBSERVACIONES DE ESTUDIO DE TIEMPOS											
Operación		Inspección 400 horas de vuelo a (FLOTA 12 AERONAVES MISMO TIPO)									
Hora inicial:	9:00pm	Operadores:		Grupo D	Aprobado por: Ing. César Menocal			Observaciones: Ninguna			
Hora Final:	4:00pm										
Descripción		1	2	3	4	5	Σ T	Tiempo promedio	Fc	Tn	
1	Interpretación del procedimiento	T	13,00	15,00	7,00	9,00	9,00	53,00	10,60	1,27	13,462
		L	13,00	15,00	7,00	9,00	9,00				
2	Elección de herramientas de bodega	T	25,00	26,00	26,00	28,00	24,00	129,00	25,80	1,16	29,928
		L	38,00	41,00	33,00	37,00	33,00				
3	Organización del equipo	T	20,00	16,00	12,00	13,00	15,00	76,00	15,20	1,09	16,568
		L	58,00	57,00	45,00	50,00	48,00				
4	Ejecución de la actividad	T	160,00	160,00	160,00	157,00	170,00	807,00	161,40	1,25	201,75
		L	218,00	217,00	205,00	207,00	218,00				
5	Revisiones del supervisor	T	8,00	9,00	10,00	15,00	6,00	48,00	9,60	1,29	12,384
		L	226,00	226,00	215,00	222,00	224,00				

Continuación tabla XIX.

6	Intervenciones del QC	T	7,00	12,00	8,00	9,00	4,00	40,00	8,00	1,29	10,32
		L	233,00	238,00	223,00	231,00	228,00				
7	Reporte del trabajo y entrega	T	7,00	10,00	7,00	7,00	5,00	36,00	7,20	1,17	8,424
		L	240,00	248,00	230,00	238,00	233,00				
									237,8	292,836	

Fuente: elaboración propia.

Luego con la calificación de Westinghouse se puede identificar que el procedimiento tiene áreas de mejora. La siguiente tabla muestra la calificación Westinghouse para la inspección de 400FH.

Tabla XX. **Resultados de evaluación Westinghouse para la inspección de 400 FH**

	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	TOMA DE DATOS 06/08/2022
1 A	B2	A2	B	B	
2 B	B2	C1	C	C	
3 C	C1	D	B	C	
4 D	B2	B1	A	C	
5 E	B1	A2	A	D	
6 F	B1	A2	A	D	
7 G	A1	E1	A	D	

Fuente: elaboración propia.

Conforme los datos de la evaluación Westinghouse para la tarea de 400FH se utilizó la tabla de valores para dar un valor cuantitativo de la inspección en donde se obtienen los datos de la tabla XXI.

Tabla XXI. **Resultados cuantitativos de la evaluación Westinghouse para la inspección de 400 FH**

	A	B	C	D	E	F	G
Habilidad	0,08	0,08	0,06	0,08	0,11	0,11	0,15
Esfuerzo	0,12	0,05	0	0,1	0,12	0,12	-0,04
Condiciones	0,04	0,02	0,02	0,06	0,06	0,06	0,6
Consistencia	0,03	0,01	0,01	0,01	0	0	0
Factor	1	1	1	1	1	1	1
Total Fc	1,27	1,16	1,09	1,25	1,29	1,29	1,17

Fuente: elaboración propia.

Para la inspección A Check se puede observar los siguientes resultados como se muestran en la tabla XXII.

Tabla XXII. **Hoja de observación de estudios de tiempo para una inspección A**

HOJA DE OBSERVACIONES DE ESTUDIO DE TIEMPOS											
Operación		Inspección A CHECK 500FH (FLOTA 12 AERONAVES MISMO TIPO)									
Hora inicial:	19:00pm	Operadores:		Grupo C1	Aprobado por: Ing. César Menocal				Observaciones: Ninguna		
Hora Final:	04:00am										
Descripción		1	2	3	4	5	Σ T	Tiempo promedio	Fc	Tn	
1	Interpretación del procedimiento	T	20,00	18,00	15,00	16,00	10,00	79,00	15,80	1,31	20,698
		L	20,00	18,00	15,00	16,00	10,00				
2	Elección de herramientas de bodega	T	26,00	22,00	13,00	26,00	22,00	109,00	21,80	1,22	26,596
		L	46,00	40,00	28,00	42,00	32,00				
3	Organización del equipo	T	19,00	13,00	20,00	24,00	32,00	108,00	21,60	1,2	25,92
		L	65,00	53,00	48,00	66,00	64,00				
4	Ejecución de la actividad	T	400,00	420,00	430,00	406,00	423,00	2079,00	415,80	1,24	515,592
		L	465,00	473,00	478,00	472,00	487,00				
5	Revisiones del supervisor	T	15,00	25,00	20,00	30,00	15,00	105,00	21,00	1,27	26,67
		L	480,00	498,00	498,00	502,00	502,00				
6		T	15,00	25,00	12,00	25,00	8,00	85,00	17,00	1,25	21,25

Continuación tabla XXII.

	Intervenciones del QC	L	495,00	523,00	510,00	527,00	510,00				
7	Reporte del trabajo y entrega	T	15,00	13,00	12,00	7,00	8,00	55,00	11,00	1,29	14,19
		L	510,00	536,00	522,00	534,00	518,00				
									524		650,916

Fuente: elaboración propia.

Luego con la calificación de Westinghouse se puede identificar que el procedimiento tiene áreas de mejora. La tabla XXIII muestra la calificación Westinghouse para la inspección de A.

Tabla XXIII. Resultados de evaluación Westinghouse para la inspección A Check

		Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	TOMA DE DATOS 04/08/2022
1	A	B1	A2	B	B	
2	B	B2	B1	C	C	
3	C	C1	A2	D	C	
4	D	B2	A1	B	C	
5	E	B1	A1	B	C	
6	F	B1	A2	B	C	
7	G	A1	B1	B	B	

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de la evaluación Westinghouse para la inspección A Check muestran los valores planteados en la tabla XXIV.

Tabla XXIV. **Resultados cuantitativos de la evaluación Westinghouse para la inspección A Check**

	A	B	C	D	E	F	G
Habilidad	0,11	0,08	0,06	0,08	0,11	0,11	0,15
Esfuerzo	0,13	0,11	0,13	0,15	0,15	0,13	0,11
Condiciones	0,04	0,02	0	0	0	0	0
Consistencia	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
Factor	1	1	1	1	1	1	1
Total Fc	1,31	1,22	1,2	1,24	1,27	1,25	1,29

Fuente: elaboración propia.

Para la inspección A2 Check se puede observar los siguientes resultados como se muestran en la tabla XXV.

Tabla XXV. **Hoja de observación de estudios de tiempo para inspección A2**

HOJA DE OBSERVACIONES DE ESTUDIO DE TIEMPOS											
Inspección A2 de Motores, Sistemas, Estructura y Aviónica a (FLOTA 12 AERONAVES MISMO TIPO)											
Operación											
Hora inicial:	19:00pm	Operadores:			Grupo A	Aprobado por:			Observaciones:		
Hora Final:	09:00am	Ing. César Menocal									
Descripción			1	2	3	4	5	Σ T	Tiempo promedio	Fc	Tn
1	Interpretación del procedimiento	T	26,00	28,00	29,00	26,00	24,00	133,00	26,60	1,26	33,516
		L	26,00	28,00	29,00	26,00	24,00				
2	Elección de herramientas de bodega	T	33,00	28,00	28,00	37,00	40,00	166,00	33,20	1,16	38,512
		L	59,00	56,00	57,00	63,00	64,00				
3	Organización del equipo	T	27,00	38,00	34,00	25,00	20,00	144,00	28,80	1,07	30,816
		L	86,00	94,00	91,00	88,00	84,00				
4	Ejecución de la actividad	T	746,00	715,00	732,00	762,00	728,00	3683,00	736,60	1,25	920,75
		L	832,00	809,00	823,00	850,00	812,00				
5	Revisiones del supervisor	T	19,00	24,00	25,00	38,00	12,00	118,00	23,60	1,32	31,152
		L	851,00	833,00	848,00	888,00	824,00				
6	Intervenciones del OC	T	13,00	12,00	12,00	5,00	9,00	51,00	10,20	1,32	13,464

Continuación tabla XXV.

		L	864,00	845,00	860,00	893,00	833,00				
7	Reporte del trabajo y entrega	T	24,00	18,00	32,00	26,00	27,00	127,00	25,40	1,2	30,48
		L	888,00	863,00	892,00	919,00	860,00				
									884,4	Min/pr oce	1098,69

Fuente: elaboración propia.

Luego con la calificación de Westinghouse se puede identificar que el procedimiento tiene áreas de mejora. La tabla XXVI muestra la calificación Westinghouse para la inspección de A2.

Tabla XXVI. **Resultados de evaluación Westinghouse para la inspección A2**

Check						TOMA DE DATOS 04/08/2022
	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia		
1	A	B1	A2	B	B	
2	B	B2	B1	C	C	
3	C	C1	A2	D	C	
4	D	B2	A1	B	C	
5	E	B1	A1	B	C	
6	F	B1	A2	B	C	
7	G	A1	B1	B	B	

Fuente: elaboración propia.

Los datos de la evaluación Westinghouse para la inspección A2 Check pueden ser utilizados para la elaboración de la tabla de valores mostrada en la tabla XXVII.

Tabla XXVII. **Resultados cuantitativos de la evaluación Westinghouse para la inspección A2 Check**

	A	B	C	D	E	F	G
Habilidad	0,11	0,08	0,06	0,08	0,11	0,11	0,15
Esfuerzo	0,13	0,11	0,13	0,15	0,15	0,13	0,11
Condiciones	0,04	0,02	0	0	0	0	0
Consistencia	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
Factor	1	1	1	1	1	1	1
Total Fc	1,31	1,22	1,2	1,24	1,27	1,25	1,29

Fuente: elaboración propia.

Durante el periodo de investigación se realizó una entrevista a un grupo de planificadores de dos aerolíneas distintas. La aerolínea de Panamá expuso que al crear grupos multidisciplinarios dentro del equipo de técnicos de mantenimiento aeronáutico se obtiene una mayor capacidad para la realización de actividades de mantenimiento, conociendo la variabilidad de los horarios. La aerolínea de Colombia apuesta en el 2022, por crear especialistas en todas las ramas de la aviación para la ejecución de actividades y responsabilizar a cada uno de los grupos para llevar a cabo las inspecciones programadas y no programadas para obtener mejores resultados, especializando a cada técnico en cada área y sistema del avión.

Para la identificación de ambas teorías se procedió a identificar la forma de trabajo en la aerolínea en cuestión y se logró determinar, por medio de entrevistas, que el grupo de técnicos se encuentra asociado por habilidades multidisciplinarias. Para esta medición se realizó un diseño experimental con posprueba para asociar a mecánicos de manera especializada y se realizó la inspección de 400FH para evaluar los resultados. Utilizando el sistema de Westinghouse se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla XXVII.

Tabla XXVIII. Hoja de observación de estudios de tiempo para una inspección de 400 horas con grupo especialista en cada sistema

HOJA DE OBSERVACIONES DE ESTUDIO DE TIEMPOS											
Operación		Inspección 400 horas de vuelo a (FLOTA 12 AERONAVES MISMO TIPO)									
Hora inicial:	7:00pm	Operadores:			Grupo E		Aprobado por: Ing. César Menocal		Observaciones:		
Hora Final:	05:00am										
Descripción		1	2	3	4	5	Σ T	Tiempo promedio	Fc	Tn	
1	Interpretación del procedimiento	T	15,00	17,00	18,00	13,00	19,00	82,00	16,40	1,13	18,532
		L	15,00	17,00	18,00	13,00	19,00				
2	Elección de herramientas de bodega	T	29,00	25,00	21,00	28,00	22,00	125,00	25,00	1,13	28,25
		L	44,00	42,00	39,00	41,00	41,00				
3	Organización del equipo	T	5,00	6,00	3,00	6,00	3,00	23,00	4,60	1,08	4,968
		L	49,00	48,00	42,00	47,00	44,00				
4	Ejecución de la actividad	T	207,00	215,00	223,00	221,00	210,00	1076,00	215,20	1,10	236,72
		L	256,00	263,00	265,00	268,00	254,00				
5	Revisiones del supervisor	T	10,00	8,00	11,00	10,00	11,00	50,00	10,00	1,17	11,7
		L	266,00	271,00	276,00	278,00	265,00				
6	Intervenciones del QC	T	7,00	9,00	5,00	10,00	8,00	39,00	7,80	1,17	9,126
		L	273,00	280,00	281,00	288,00	273,00				
7	Reporte del trabajo y entrega	T	11,00	12,00	12,00	11,00	13,00	59,00	11,80	1,21	14,278
		L	284,00	292,00	293,00	299,00	286,00				
								290,8	MIN/ PROCESO	323,57	

Fuente: elaboración propia.

Luego con la calificación de Westinghouse se puede identificar que el procedimiento tiene áreas de mejora. La tabla XXVIII muestra la calificación Westinghouse para la inspección de 400FH con grupos especializados.

Tabla XXIX. **Resultados de evaluación Westinghouse para la inspección de 400 FH con grupo especializado**

	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	
1	A	B2	C1	A	B
2	B	B2	C1	B	C
3	C	C1	C2	A	E
4	D	B2	C2	B	C
5	E	B1	C1	A	E
6	F	B1	C1	A	D
7	G	A1	E1	A	D

**TOMA DE DATOS
28/08/2022**

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de esta evaluación Westinghouse para las actividades de 400FH con grupos especializados se utilizó la tabla de valores para dar un valor cuantitativo.

Tabla XXX. **Resultados cuantitativos de la evaluación Westinghouse para la inspección de 400FH con grupos especializados**

	A	B	C	D	E	F	G
Habilidad	0,08	0,08	0,06	0,08	0,11	0,11	0,15
Esfuerzo	0,05	0,05	0,02	0,02	0,05	0,05	-0,04
Condiciones	0,06	0,04	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06
Consistencia	0,03	0,01	-0,02	0,01	-0,02	0	0
Factor	1	1	1	1	1	1	1
Total Fc	1,13	1,13	1,08	1,1	1,17	1,17	1,21

Fuente: elaboración propia.

Estos resultados permiten comparar los grupos e identificar las cualidades de cada uno de ellos para optar por la mejor organización del personal técnico

de mantenimiento. En el siguiente capítulo se pueden observar los resultados de la investigación.

3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el diseño de una planificación de ejecución de actividades de mantenimiento de un grupo de aviones se tomaron en cuenta distintos factores que intervienen directamente en un taller. No contar con una planificación en el Departamento de Mantenimiento puede afectar en la reputación de una aerolínea, así como en la operación área, financiera y comercial.

Al momento que un paquete de tarjetas de trabajo no está bien ejecutado y no se realizan acciones preventivas la posibilidad de los fallos en sistemas y componentes de un avión aumenta. Es posible que los fallos se presenten dentro de un horario de viajes establecido y pueden ocasionar retrasos e incluso hasta cancelación de vuelos.

El plan presentado al inicio de la temporada permite una cierta cantidad de tiempo para el trabajo de mantenimiento basado en el conocimiento previo y también en el supuesto de que las partes, los suministros, la mano de obra y las instalaciones estarán disponibles cuando se necesiten. El plan también asume que no hay variación en el flujo de actividad laboral. El planificador de producción solo puede estimar la cantidad de tiempo necesario para los artículos no rutinarios y esto puede ser menos que exacto.

Al momento de la investigación se observó una tarea de rutina que consiste en verificar si hay fugas en las líneas hidráulicas. Si no hay fugas, la tarea de inspección debe tomar una cantidad específica de tiempo, pero dado que no hay forma de que el planificador determine si habrá fugas o no sabe el alcance de cualquier fuga encontrada, no hay forma de que se pueda estimar con

precisión el tiempo requerido para realizar la tarea no rutinaria de reparar las fugas. Pero aún debe ser estimado y programado. (Harry Kinnison, 2004)

El enfoque de la investigación fue el reconocimiento de la utilización del tiempo dentro de un taller de mantenimiento aeronáutico para encontrar la mejor organización del proceso de ejecución de tarjetas de trabajo. Esto se logró mediante:

- Definición de las exigencias de disponibilidad de horarios de una aerolínea.
- Determinando las actividades cotidianas que se deben de realizar dentro de un taller de mantenimiento aeronáutico.
- Identificando las habilidades y fortalezas necesarias requeridas para la ejecución de mantenimiento.

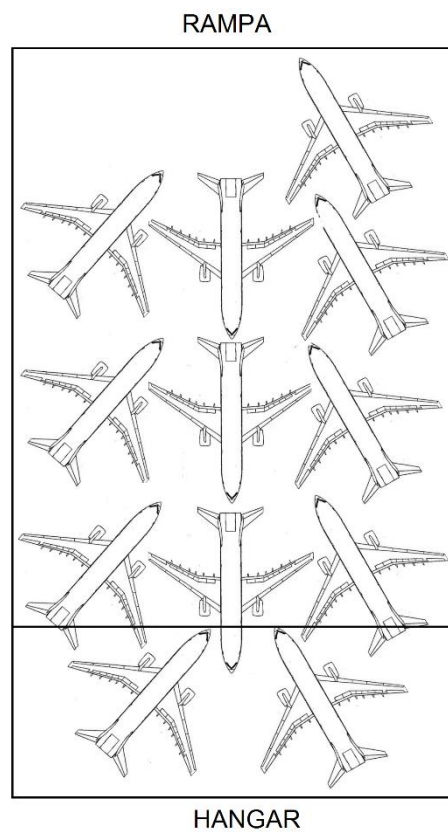
Luego de identificar y determinar los controles que se cuentan dentro del taller de aeronaves de ala fija se presentaron áreas de oportunidad que deben de ser atendidas constantemente para lograr la mejora continua y aumentar la eficiencia en el arte de realizar mantenimiento.

3.1. Distribución de aeronaves en el hangar y en rampa

Es importante reconocer que las áreas destinadas para las aeronaves de ala fija son limitadas. En diferencia con una aeronave de ala rotativa que puede elegir distintos helipuertos para aterrizar, una aeronave de ala fija está destinada a buscar un aeropuerto para su aterrizaje por lo que el área del aeropuerto internacional La Aurora esta seccionada y limita su posibilidad de extensión por lo que se tiene que encontrar la manera de realizar una distribución óptima para la organización de una flota. En la figura 28 se muestra la distribución en el año

2022 de la flota para las pernoctas. Las aeronaves son ubicadas de tal forma se disminuye la cantidad de espacios vacíos para poder aprovechar de mejor manera toda el área disponible.

Figura 28. **Distribución de aeronaves para pernocta en el año 2022**



Fuente: elaboración propia, usando Photoshop.

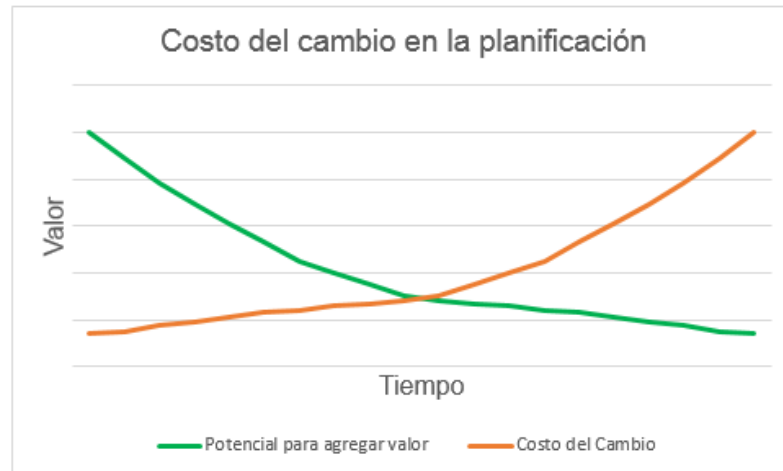
La ubicación de las aeronaves es llevada a cabo por el equipo de operaciones terrestres que es un departamento con alta destreza para realizar maniobras y remolcar aeronaves desde la rampa de abordaje hasta el hangar. La prioridad de las aeronaves para su ubicación dentro del hangar está prevista por el supervisor / certificador que se encuentra como encargado al momento del arribo de cada aeronave.

Las aeronaves de ala fija que terminan sus vuelos más temprano son las ubicadas dentro del hangar y por lo general son los aviones que reciben mantenimiento programado. Debido a la calidad de la iluminación que se tiene en el área techada se pueden programar tarjetas de trabajo complejas de motores, sistemas y fuselaje lo que logra definirla como el área de mejor calidad para realizar trabajos de mantenimiento.

En el área de rampa se realizan trabajos de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo. Es en esta área en donde se puede disponer en llevar a una aeronave a alguna cabecera de la pista de aterrizaje para realizar pruebas operacionales como corrida de motores o tareas que requieran una mayor movilidad de un avión como calibración de brújula o verificación del radar meteorológico. Durante el periodo de investigación se encontró que el taller aeronáutico pierde alrededor de 18 minutos en la movilización de 1 aeronave que ya ha sido estacionada en una posición en la rampa por lo que este tiempo va reduciendo para el periodo de producción de actividades de mantenimiento.

Dentro de la etapa establecida para la visita de reconocimiento se pudo verificar que se realizan cambios imprevistos al momento de las pernoctas. Los cambios imprevistos son determinados por el mantenimiento no programado que depende de los reportes de pilotos aviadores. Giorgio Locatelli en el año 2020 empleó la gráfica de la figura 32 para representar el costo versus el periodo de tiempo que generan los gastos dentro de una planificación que puede ser categorizada como improvisada. Dentro de la organización existen también lapsos de tiempo que son utilizados para determinar el orden que deben de tomar las aeronaves dentro del espacio disponible de la aerolínea, para realizar mantenimientos.

Figura 29. **Gráfica del costo del cambio en la planificación**



Fuente: Locatelli. (2020) *Curso de especialización Managing Major Engineering Projects*.

En la figura se comprende que a menor tiempo transcurrido en una actividad de mantenimiento menor es el costo y mayor es el grado para agregar valor a la organización con una planificación bien realizada. Al transcurrir el tiempo si se tiene que realizar algún cambio y las tareas ya empezaron a ser ejecutadas el costo aumenta y el potencial para agregar valor disminuye por lo que puede haber un colapso de la planificación y se puede salir de control financieramente.

Durante el periodo de investigación se pudo identificar que la planificación estaba siendo manejada por tres personas de la organización de la aerolínea en donde la comunicación en algunos momentos era inefectiva debido a olvidos o falta de comunicación por vía telefónica. Se realizaban cambios a última hora en el plan del día, lo que generaba hacer mantenimiento programado y no programado en el espacio de la rampa desperdiciando el espacio dentro del hangar.

3.2. Autorización del plan de ejecución de actividades de mantenimiento

En el año de 2022, el plan de actividades de conservación es realizado por el coordinador de producción. El coordinador de producción del mantenimiento recibe toda la información de las tareas que se deben de ejecutar con la cuadrilla de técnicos y organiza el cronograma para delegarlo a los supervisores certificadores. Dentro de la planificación interviene el jefe de taller de mantenimiento de base y el jefe de taller de mantenimiento de línea.

El jefe de taller de mantenimiento del área de embarque expone los reportes de mantenimiento encontrados durante los tránsitos, los reportes de los pilotos aviadores y de las tripulantes de cabina que deben de ser atendidos para la aeronavegabilidad y la conservación aviones. El jefe de taller de mantenimiento de base acompaña al jefe de mantenimiento de línea para la verificación de la solución de fallas y verifica el historial de cada aeronave para realizar un estudio de las posibles deficiencias de las células para encontrar la solución más efectiva.

El coordinador de producción establece las tareas de mantenimiento programado que se deben de realizar con respecto a las horas y ciclos acumulados por las aeronaves después del plan de vuelos ejecutado. Estas tres posiciones dentro del organigrama deben de encontrar una sinergia para presentar la planificación de actividades de mantenimiento al gerente de mantenimiento y poder realizar lo que programó para el día.

El gerente de mantenimiento tiene el control del presupuesto y de la disponibilidad de aeronaves por lo que de acuerdo con la experiencia autoriza o no el plan de ejecución presentado por el coordinador de producción. Al momento de establecer la planificación se prepara al equipo de supervisores y se reparten las tareas de mantenimiento programado y no programado para su ejecución.

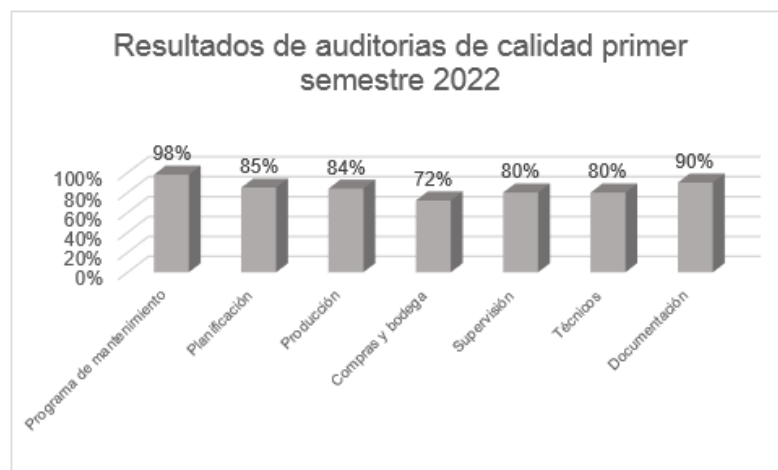
Dentro de la planificación de producción se reciben tareas de mantenimiento no programado que requieren cambios o trabajos exhaustivos en las aeronaves que consumen gran cantidad de horas / hombre (HH:MM) para su ejecución.

Durante el periodo de investigación se pudo comprobar que al momento de atender las tareas críticas y resolver las fallas presentes se posponen las inspecciones de mantenimiento programado obteniendo como consecuencia la pérdida de confianza de los equipos por desconocimiento de la condición de cada una de sus partes y células.

3.3. Eficiencia del procedimiento de ejecución de actividades

Después de acompañar los tres procedimientos de ejecución de actividades de mantenimiento se pudo obtener los siguientes resultados con respecto a la organización de los departamentos que intervienen al taller de mantenimiento aeronáutico. Los resultados fueron obtenidos de las auditorías realizadas por el departamento de calidad de la aerolínea y fueron presentados.

Figura 30. Resultados de auditorías a departamentos



Fuente: elaboración propia.

Dentro de lo que se obtuvo de las auditorias del departamento de calidad se obtuvieron las siguientes discrepancias:

- Programa de mantenimiento: actualización de datos pendiente por zona de aeronave incorrecta.
- Planificación: documentación pendiente de recolectar en auditoria de control de bitácoras de vuelo y mantenimiento. Consumible desactualizado en tabla de control de partes para inspecciones.
- Producción: excedente en HH:MM requeridas para actividades de mantenimiento.
- Compras y bodega: inventario desactualizado en componentes eléctricos. Estanterías desorganizadas. Faltante en lubricantes.

Los resultados anteriores se acomodan al procedimiento establecido en el capítulo anterior y el resultado global presentado por el departamento de calidad para el primer trimestre del año 2022 es de 84 %. Cada uno de los departamentos cuenta con un periodo de tiempo establecido por el gerente de calidad para solucionar la deficiencia y corregir el porcentaje por lo que el procedimiento después de ser auditado tiene que obtener un 100 %.

3.4. Ocupación en el mantenimiento transitorio de mantenimiento de línea

Antes de liberar una aeronave, el técnico de mantenimiento aeronáutico realiza una inspección de 360° al avión para comprobar que no haya sucedido ningún accidente durante el vuelo. Durante el vuelo es posible que debido a la velocidad de la aeronave, el clima o las condiciones de operación del avión hayan surgido algunos inconvenientes mecánicos que disminuyan los índices de aeronavegabilidad permitidos por lo que el técnico de mantenimiento aeronáutico

necesita verificar y cerciorarse que el avión se encuentre en óptimas condiciones para poder continuar con su itinerario.

Debido a la recurrencia de las inspecciones de 360°, el técnico de mantenimiento aeronáutico aumenta la precisión para identificar fallos o anomalías en la aeronave. Las inspecciones que se hacen en un mantenimiento transitorio.

Tabla XXXI. **Inspección transitoria de aeronaves de ala fija**

Zona	Código ATA	Descripción
400	12	Examinación visual del nivel de aceite de ambos motores
200	24	Verificación del voltaje de baterías
200	35	Verificación de la presión de oxígeno en reservorio
100	29	Examinación visual del nivel de aceite hidráulico en reservorio
700	32	Verificación de presión de llantas tren de nariz
700	32	Verificación de presión de llantas trenes principales
700	32	Verificación de fugas de hidráulico en trenes principales
200	53	Inspección visual del fuselaje
800	52	Inspección visual de puertas
200	33	Inspección y verificación de luces de emergencia
200	33	Inspección de luces exteriores
400	72	Verificación de obstrucciones en entradas de aire del motor
200	25	Verificación del botiquín de primeros auxilios
300	30	Verificación del estado de las botas de deshielo en estabilizador

Fuente: elaboración propia.

Durante el periodo de investigación se pudo confirmar que los técnicos de mantenimiento aeronáutico generan habilidades para identificar con precisión cualquier anomalía en las aeronaves, por lo que el tiempo de la inspección se

acelera debido a la experiencia de cada uno de los mecánicos. El mantenimiento de tránsito es acompañado del abastecimiento de combustible que prepara la aeronave con el peso adecuado y la cantidad de Jet A necesaria para cumplir con la ruta.

3.5. Intimaciones de la aerolínea

Las intimaciones de la aerolínea por lo general se acomodan a la estrategia comercial. El Departamento Comercial tiene el control de la evaluación del interés de los viajeros hacia los destinos que se tienen dentro de la aerolínea y los horarios que son escogidos para viajar. La aerolínea necesita tener la mayor cantidad de aviones disponibles para poder cubrir con las rutas y el cronograma de vuelos. El servicio y la marca de la aerolínea son primordiales para recibir buenos comentarios dentro de los viajantes para luego recibir recomendaciones y colocar la marca dentro del mercado aeronáutico.

La comodidad y exclusividad son algunos de los factores que más se evalúan por los viajeros vacacionistas, sin embargo, los viajeros por negocios buscan la puntualidad y la seguridad en sus vuelos. La frecuencia de estos aspectos va sumando valores cualitativos a la aerolínea al igual que el servicio al cliente y la facilidad de solución a problemáticas que pueden surgir utilizando el transporte aéreo.

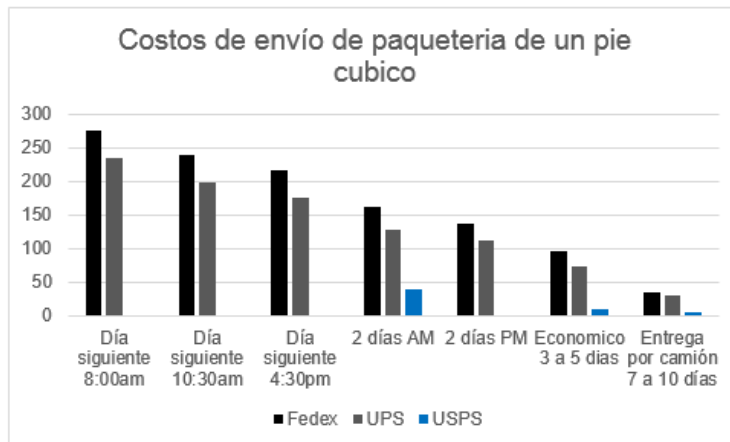
La aerolínea exige que los aviones estén disponibles con un tiempo de antelación de 30 minutos antes de que se permita abordar una aeronave. Durante este tiempo todos los parámetros deben de haberse cumplido para no retrasar los vuelos y cumplir con la puntualidad ofrecida a los clientes. Dentro de la cabina de pasajeros todos los detalles deben de haberse cubierto para otorgar el mejor servicio con una alta calidad.

Durante el periodo de alta demanda de pasajes, es necesario contar con la mayor cantidad de aeronaves de ala fija disponibles para cubrir un mayor rango de horarios y aumentar la frecuencia de vuelos hacia los destinos ofrecidos ya que esto permite acaparar la mayor cantidad viajeros aumentando las ganancias. Cuando el Departamento de Mantenimiento tiene la mayor cantidad de aviones disponibles el departamento comercial puede aperturar más horarios y brindar más opciones que solucionan las demandas de los pasajeros.

Interrumpir un vuelo debido a un mantenimiento no programado repercute en los malos comentarios de los viajeros así también como en las recomendaciones de las aerolíneas. Un viaje cancelado repercute en la devolución de las ganancias y la pérdida de credibilidad de la empresa formando una mala reputación y permitiendo que los viajeros busquen otras aerolíneas para volar. Un mantenimiento inadecuado dentro de la cabina de pasajeros resta al valor cualitativo de la aerolínea y representa pérdida de clientes potenciales.

El Departamento de Mantenimiento regularmente es considerado como una parte de la aerolínea que genera gastos dentro de un control financiero y poca utilidad en temas de costos. Al momento de realizar solicitud de partes urgentes que pueden dejar un avión en tierra los costos de mantenimiento tienden a subir considerablemente. En la gráfica de la figura 31 se puede observar la comparativa de la inversión con respecto al nivel de urgencia de las solicitudes de partes o componentes.

Figura 31. **Comparativa de costos con respecto a la urgencia en el stock de partes o componentes**



Fuente: elaboración propia.

El mantenimiento no programado que requiere una urgencia considerable interfiere con los objetivos del departamento de compras para ahorrar en temas de costos descuidando el presupuesto de la aerolínea. Estos costos impactan directamente en las ganancias de la empresa y perjudican en la rentabilidad.

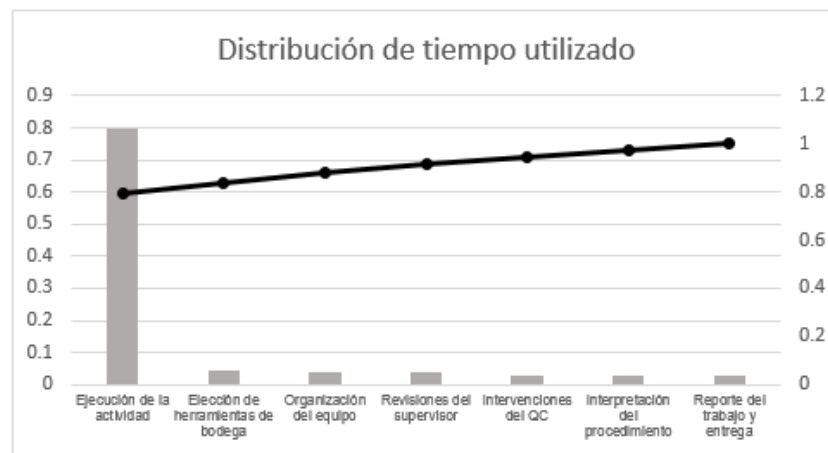
Dentro de los procedimientos de compras también se presentaron demoras debido a los escasos proveedores de partes y componentes de aeronaves de ala fija. El departamento de compras realiza la solicitud de cotizaciones con los proveedores y los ejecutivos de ventas requieren de tiempo para verificar los certificados y el estado de las partes para comprobar que se puedan vender. Estas verificaciones consumen el tiempo de solicitud y provoca que los analistas de compras internacionales paguen costos elevados de envío de paquetes para recuperar el tiempo y cumplir con las fechas establecidas por el coordinador de producción.

La aerolínea también requiere del máximo aprovechamiento del tiempo en las actividades de mantenimiento para controlar los pagos de planillas sin incrementar los salarios debido a horas extra que se deben de pagar a los miembros del Departamento de Mantenimiento. Reincidir en la solicitud de horas extra al personal de mantenimiento aeronáutico provoca un desgaste físico que disminuye el rendimiento en las jornadas de trabajo por lo que se debe buscar la optimización de tiempos para el cuidado de los pagos de planilla y demás gastos que puedan ocurrir dentro del presupuesto autorizado.

3.6. Análisis de la producción de tareas del mantenimiento

Al momento de evaluar y tomar la información de las situaciones en las que se ejecutan las ocupaciones de mantenimiento se buscaba identificar las áreas en donde se concentra el tiempo empleado por la empresa para completar las inspecciones de mantenimiento. Con la información obtenida se pudo realizar un estudio de Pareto para evaluar la utilidad del tiempo y se obtuvo la gráfica de la figura 32.

Figura 32. Diagrama de Pareto de la utilidad del tiempo disponible



Fuente: elaboración propia.

Los resultados reflejados de la mayor cantidad de tiempo se encuentran en la ejecución de las acciones debido a la complejidad y el cuidado de los trabajos cada zona de las aeronaves. La segunda actividad que presenta mayor consumo de tiempo es en la elección de herramientas de bodega seguido de la organización del equipo. Estas tres áreas representan el ochenta por ciento de la concentración del tiempo al momento de realizar las actividades.

3.7. Resultados del estudio de tiempos en inspecciones programadas

Durante el periodo de investigación se midió el tiempo en que las cuadrillas de técnicos elaboran las actividades de mantenimiento. En el capítulo 2 se presentaron las hojas de toma de datos utilizando cinco muestras para cada inspección realizada a toda la flota tomando en cuenta que las aeronaves son del mismo tipo por lo cual se evaluaron las mismas tareas para aviones diferentes.

Dentro de los resultados encontrados y al continuar con el diseño del sistema Westinghouse se puede verificar si el estudio es confiable o no. En la tabla XXXII se muestra la tabla del análisis de confiabilidad de las corridas tomadas.

Tabla XXXII. Resultados de evaluación por método Westinghouse

Inspección	Toma de datos	Valor máximo	Resultado
Inspección mensual	2,484	8,32	Confiable
Inspección 400FH	13,227	23,78	Confiable
Inspección A Check	20,87	52,4	Confiable
Inspección A2 Check	45,893	88,44	Confiable
Inspección 400FH grupo especializado	11,383	29,8	Confiable

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la toma de datos de cada una de las inspecciones se puede comprobar que los resultados son confiables debido a que son menores que el valor máximo aceptable para la utilización del sistema Westinghouse. Se utilizó una tolerancia de 20 min. Al obtener resultados confiables se comprueba que tomar el tiempo cinco veces por cada inspección disminuye la posibilidad de errores.

Dentro de la observación de la asignación de tareas también se pudo observar que la cuadrilla de técnicos de mantenimiento aeronáutico sufre consecuencias debido a cambios drásticos de las tareas, es decir que los mecánicos presentan retrasos al cambiarse de una zona a otra para ejecutar actividades. En la inspección de 400FH los técnicos que estaban trabajando en las zonas 500 y 600 presentaron retrasos en la interpretación de las tareas al cambiarse a la zona 700 y luego trasladarse a la zona 200 debido a que tienen que analizar las tareas nuevamente.

3.8. Discusión de los resultados

Los resultados presentados de los procedimientos en el año 2022 de la aerolínea en cuestión tienen como consecuencia un ambiente de urgencia en el cumplimiento de las actividades dentro de la organización. Las actividades de mantenimiento son realizadas en los últimos momentos del periodo limitado por las regulaciones de la DGAC y del programa de mantenimiento. En cuanto a la distribución de aeronaves de ala fija dentro del hangar utilizado por la aerolínea, es una limitante que no permite realizar mayor cantidad de cambios ya que el espacio destinado no se puede extender.

El organigrama del taller de mantenimiento aeronáutico está liderado por personal calificado con experiencia en la aviación y en la mecánica de aviones

por lo que la comunicación de instrucciones y la autorización de planes de ejecución no crea ninguna demora y mantiene un flujo constante. En cuanto al procedimiento existen áreas del Departamento de Mantenimiento que pueden ser mejoradas como la selección de herramientas ya que este procedimiento se puede considerar como repetitivo y se puede utilizar la experiencia de inspecciones anteriores para crear una ventaja para las siguientes actividades.

Los mecánicos de mantenimiento de línea cuentan con espacios de tiempo libre cuando las aeronaves se encuentran volando. Este espacio libre en las rampas de abordaje es señalado por la aerolínea como tiempo muerto, pero existen actividades que pueden ser aprovechadas para la preparación del personal con técnicas que puedan acelerar la producción de actividades de mantenimiento. Dentro de los resultados obtenidos se cuenta con una planificación básica de las actividades de mantenimiento sin embargo si esta planificación es fortalecida y se cuida cada uno de los detalles que se necesitan para la ejecución de actividades de mantenimiento puede otorgar mejores resultados a los trabajos de mantenimiento.

El ajuste que deben realizar los técnicos de aviación al momento de trasladarse a una zona diferente de la aeronave representa pérdida de tiempo ya que las zonas de un avión son diferentes y presentan mecanismos distintos por lo que presenta una dificultad al momento de la interpretación de las actividades de mantenimiento.

4. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

En el capítulo anterior se presentaron los resultados del año 2022 de la aerolínea y también se pudo identificar las limitantes en las condiciones de trabajo para un taller de mantenimiento aeronáutico. Se definieron las estimaciones de la aerolínea y se establecieron los requerimientos de la autoridad de aviación civil para poder realizar el diseño de la planificación de ejecución que obedezca las intimaciones de una aerolínea.

4.1. Diseño de un plan de ejecución de actividades para una flota de aeronaves de ala fija

Un plan de ejecución de actividades debe de contemplar los parámetros para cumplir a cabalidad con las regulaciones de la autoridad de aeronáutica civil, para Guatemala es la DGAC, por lo que requiere que las actividades de mantenimiento se deben de realizar de acuerdo con el tiempo en ciclos y horas de vuelos publicadas por el fabricante. La alternativa de realizar las inspecciones con antelación permite utilizar un criterio preventivo aumentando la confiabilidad de los equipos.

El criterio de las empresas fabricantes de aeronaves presenta un intervalo de tiempo prudente para confirmar que las partes y componentes se encuentren en buenas condiciones para continuar operando. Al momento de acortar estos intervalos en beneficio de la aerolínea, permite asegurar la operación para temporadas de alta demanda y disminuye la actividad de mantenimiento en dichos periodos.

Al concentrarse en las temporadas de baja demanda de vuelos se debe de brindar un espacio para efectuar actividades de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo. Los servicios menores y mayores a los aviones deben de ser ejecutados como se describen en los manuales de mantenimiento del avión.

La propuesta para la planificación de las tareas de mantenimiento requiere utilizar la mejor ubicación para las aeronaves. La ubicación debe de ser establecida con antelación para distribuir las aeronaves partiendo de las solicitudes y del diseño del plan de ejecución de actividades para cada periodo.

4.1.1. Intervención del equipo de mantenimiento en la operación aérea

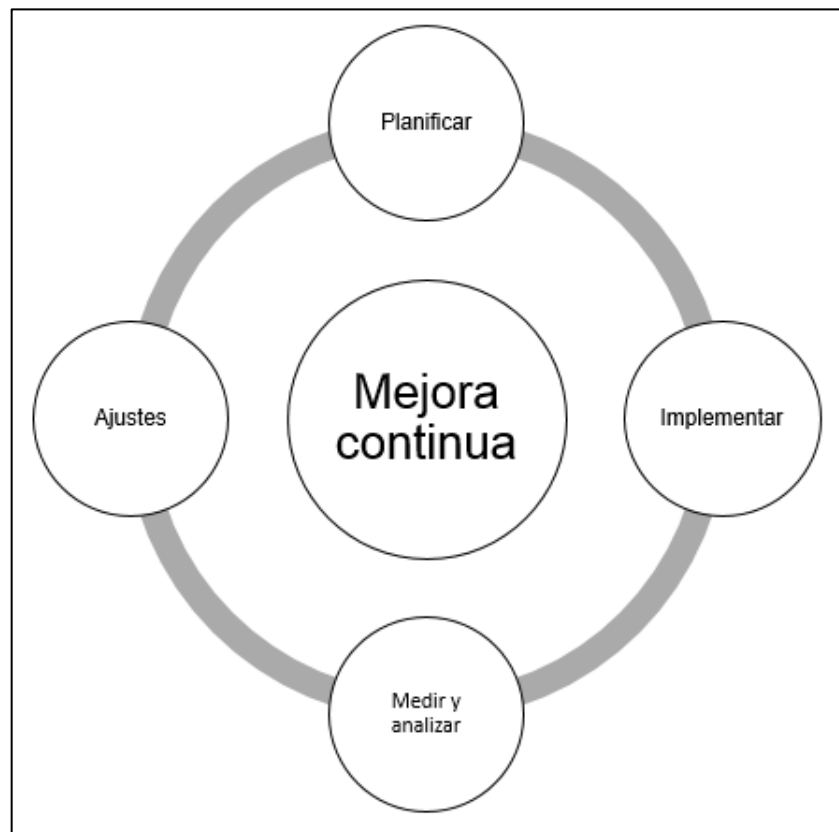
El coordinador de producción debe de transmitir la información actualizada al departamento de operaciones aéreas y comunicar acerca de las aeronaves que están programadas para mantenimiento. Al momento de comunicar la programación, la distribución de vuelos debe de permitir que la aeronave en el cronograma de mantenimiento llegue a la hora destinada para luego ser remolcada y ubicada en el espacio correspondiente para el mantenimiento programado. Se debe de identificar cada estacionamiento con una numeración correlativa y se debe de girar una directriz para que los aviones sean estacionados en la mejor ubicación de acuerdo con la complejidad de las tarjetas de trabajo que se van a realizar en ese día.

4.1.2. Organización para la adecuación del tiempo de ejecución

El sistema para mejorar continuamente estipulado en la maestría de ingeniería del mantenimiento aconseja evaluar los procedimientos y efectuar

mejoras para aumentar los índices efectividad de la organización es el de la figura 33.

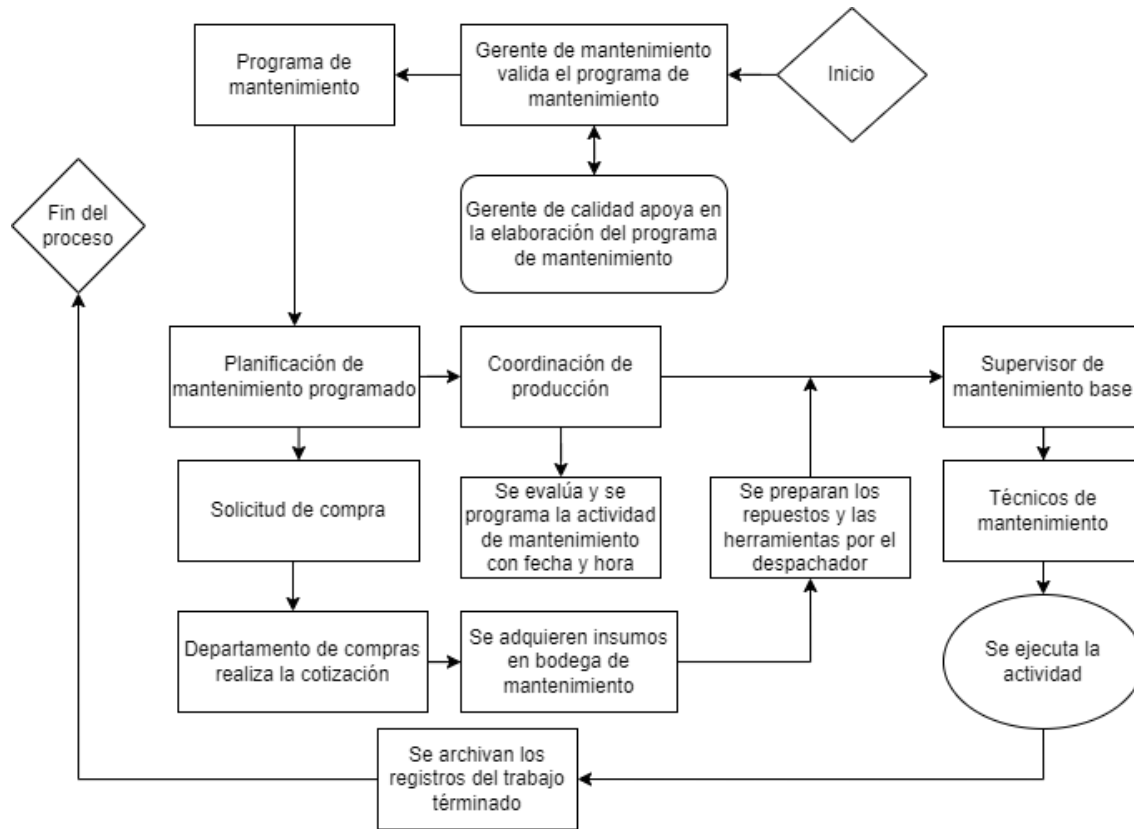
Figura 33. **Sistema de mejora continua**



Fuente: Norma ISO 9001:2015 (2015). *Ciclo de Deming*.

Siguiendo el esquema de la figura 33, después de medir y analizar el proceso encontrado dentro de la aerolínea, se puede optar por realizar ajustes en las responsabilidades del departamento de bodega y compras para agilizar el proceso de despachos de herramientas y partes. La posición que agiliza este procedimiento es la que se agregó en el procedimiento de la figura 34, lo que agrega un preparador de despachos dentro de la bodega de mantenimiento.

Figura 34. **Procedimiento para mantenimiento programado con despachador asignado**



Fuente: elaboración propia.

Las funciones principales del despachador de materiales y herramientas serían las siguientes:

- Preparar todas las herramientas, partes y componentes y asignarles un código para la tarjeta de trabajo que se va a ejecutar.
- Analizar y tomar nota de herramientas secundarias que puedan ayudar a simplificar los trabajos de los técnicos de mantenimiento aeronáutico.
- Iniciar el conteo de tiempo de producción para los técnicos de mantenimiento aeronáutico.

- Utilizar cajas para almacenar los consumibles, partes y componentes al igual que asignar mesas.
- Recibir las partes y mantener un inventario controlado de los insumos.
- Cuidar y fomentar las buenas prácticas de la realización de actividades de mantenimiento.
- Controlar los periodos de calibración de herramientas para programar sus certificaciones.

Un despachador asignado agiliza la distribución de los componentes y prepara todas las herramientas necesarias antes de que se inicie el horario de trabajo de los técnicos para realizar las actividades de mantenimiento lo que disminuye la cantidad de tiempo que utiliza un técnico de mantenimiento aeronáutico para elegir las herramientas que se deben de utilizar para ejecutar la actividad. El despachador debe de tener las siguientes cualidades laborales:

- Experiencia en manejo de inventarios y reconocimiento de herramientas
- Experiencia en servicio al cliente
- Poseer licencia como auxiliar de mecánicos
- Conocimiento en Microsoft Excel
- Experiencia en sistemas de mejora continua
- Evaluación de la calidad de las herramientas

Estas cualidades permiten asistir a los técnicos de mantenimiento aeronáutico para agilizar las actividades, disminuir y medir tiempos de elaboración para llevar un control ordenado. El despachador debe de tener criterio para calificar el estado de calidad de las herramientas y solicitar cambios herramientas cuando sea necesario.

Al momento de contar con una persona encargada en la agilización de las tareas de mantenimiento y el cuidado de las herramientas se crea una ventaja para la aerolínea obteniendo un mayor provecho de las inversiones de los insumos de bodega.

4.1.3. Adquisición de insumos con ventajas de ahorro en envíos

La adquisición de insumos de forma planificada permite utilizar servicios de envío y transporte de paquetes a menor costo, pero mayor tiempo. Este tiempo de transporte debe de ser contemplado en la planificación y debe de ser la opción principal para recibir insumos en la bodega de mantenimiento. El departamento de compras tiene que recibir las solicitudes de compra con suficiente antelación para poder optar por la adquisición de insumos a menor precio. El departamento de planificación debe de contemplar que los repuestos tienen que ser solicitados en paquetes con alrededor de cuatro meses de anticipación

El periodo de cuatro meses permite al departamento de compras solicitar cotizaciones a por lo menos tres distribuidores autorizados. Brindar el tiempo suficiente al departamento de compras presenta la opción de cotizar la reparación de componentes con talleres MRO autorizados. Este periodo también permite al taller MRO, realizar las reparaciones y pruebas necesarias para que el componente pueda ser certificado y enviado por métodos de envío terrestre a menor costo. Si el periodo de compra y adquisición se acorta, el componente puede permanecer en la bodega ubicada en Estados Unidos y solicitar el envío hacia Guatemala con dos semanas de anticipación antes del reemplazo programado por el coordinador de producción.

4.1.4. Distribución de horarios para la cuadrilla de técnicos de mantenimiento aeronáutico

Por lo general en la cuadrilla de técnicos de mantenimiento aeronáutico se manejan horarios similares para todos los grupos multidisciplinarios. Los horarios seleccionados regularmente son al iniciar una hora exacta. El criterio de desfase de horarios se puede utilizar alternando las horas de entrada y salida para evitar aglomeraciones entre los turnos que van de salida y los que van de entrada.

Realizar un desfase de quince minutos para la entrada de los técnicos, permite al certificador participar en la lectura de cada uno de los procedimientos asignados a los técnicos. Este desfase de horario de entrada también permite un acompañamiento personalizado en la comunicación del equipo de técnicos y el supervisor del turno.

Si el horario de entrada de cada grupo de técnicos es desfasado, el supervisor contará con un tiempo prudente para iniciar la ejecución de actividades de mantenimiento con un primer grupo y dejarlo en proceso para poder arrancar, quince minutos después el siguiente grupo. El desfase permite apoyar al supervisor certificador a organizar el turno y ordenar el acompañamiento que es necesario para la ejecución de actividades.

Al momento de programar las actividades conforme a las horas y hombres necesarios para la ejecución los grupos estarán terminando las actividades en formas desfasadas por lo que el supervisor y el analista de calidad podrán emplear un tiempo adecuado para la evaluación del trabajo realizado.

4.1.4.1. Cuadrilla de técnicos con cualidades multidisciplinarias

Dentro del esquema de investigación se realizaba la evaluación de grupos especialistas y grupos multidisciplinarias para conformar una cuadrilla de técnicos de mantenimiento aeronáutico. Dentro de la creación de grupos multidisciplinarios se encuentra mejores resultados resolutivos por parte de cada técnico de mantenimiento aeronáutico por lo que brindar capacitaciones de cada uno de las células de los aviones permite al mecánico una mejor evaluación de los posibles incidentes y tener una mejor actitud resolutiva ante situaciones que requieren criterio para apoyar a un equipo de mantenimiento.

Proporcionar un panorama completo puede llegar a formar un miembro comprometido, resolutivo y proactivo dentro del equipo de mantenimiento por lo que apoyar el desempeño multidisciplinario permite formar una cuadrilla con alta capacidad para alertar a los jefes de mantenimiento de la línea y de base ante situaciones que requieran intervenciones y así evitar fallas inoportunas.

4.1.4.2. Asignación de horarios conforme a las necesidades de la aerolínea

Dentro de la distribución de HH:MM necesarias para mantenimiento se deben de considerar los espacios de tiempo disponibles por el departamento de operaciones aéreas. La OMA debe de visualizar al departamento de operaciones aéreas como el principal cliente de los servicios entregados. La aeronavegabilidad proporcionada por mantenimiento es el producto final entregado al departamento de operaciones aéreas para la obediencia de las demandas comerciales de la aerolínea. El beneficio de cumplir y utilizar los

espacios de tiempo libre debe de ser la oportunidad de la OMA para conservar las aeronaves.

El horario comprendido de 19:00 horas a 4:00 horas es el tiempo que puede ser aprovechado para el mantenimiento y así lograr una sinergia entre departamentos. El horario anteriormente presentado proporciona la opción a los técnicos de mantenimiento a realizar actividades personales durante el día y cuidar de actividades personales para que desarrollen con optimismo durante el turno de trabajo asignado. Debido a que el horario esta previamente analizado y no genera cambios debe de ser presentado a la cuadrilla proporcionando los beneficios de tener horas diurnas disponibles para utilizarlas con sus familias o actividades de estudio que se tengan.

4.1.5. Mantenimiento programado apoyado por mantenimiento de línea

Durante las tareas de mantenimiento programado generalmente se presentan inspecciones de mantenimiento rutinario que puede ser apoyado por el grupo de mantenimiento de línea. La verificación de componentes monitoreados por condición requiere de mediciones simples que pueden ser ejecutadas durante el tránsito de una aeronave. El riesgo de realizar actividades de mantenimiento de base en las rampas de abordaje puede ser controlado con una planificación bien estudiada.

El personal asignado para mantenimiento de línea ha generado destrezas para controlar las actividades repetitivas del tránsito, pero pueden ser fortalecidas con inspecciones programadas. Elevando el nivel de mantenimiento de línea con inspecciones que son de mantenimiento de base permite preparar con anticipación algún reemplazo necesario y aumentar el aprovechamiento del

grupo de técnicos de mantenimiento aeronáutico por lo que desviar actividades de forma recíproca entre los grupos de mantenimiento de base y de línea es una solución que puede ser tomada en cuenta.

Las actividades que pueden ser realizadas en mantenimiento de línea que se adjudican a mantenimiento de base son las mostradas en la tabla XXXIII.

Tabla XXXIII. Paquete de inspecciones de mantenimiento base con bajo grado de complejidad

Zona	Descripción de la tarea
700	Lubricación de puntos de bisagra de tren de nariz, soportes del tren de aterrizaje y soporte asociado al ensamble
100	Drenado de aire sistema de líneas neumáticas
100	Extracción de la(s) antena(s) VHF inferior(es) y del conector para una inspección visual detallada
200	Inspeccionar visualmente el estado de las paletas del ángulo de ataque (AOA) y verifique la libertad de movimiento
700	Tren de aterrizaje principal – Lubricación de los cojinetes de los eslabones de torsión.
700	Puertas principales de trenes – Inspecciones en puertas trenes para comprobar su seguridad y estado general.
700	Tren de aterrizaje, frenos – Inspecciones en los pivotes de los frenos de los trenes de aterrizaje principales en busca de fugas.
500/600	Descongelación de los bordes de alas – Aplicación de "icex" (o equivalente) a las botas de descongelación si se esperan condiciones de formación de hielo durante los vuelos.
200	Limpiaparabrisas: Inspecciones del conjunto del brazo del limpiaparabrisas en busca de grietas, corrosión, alineación adecuada y fijación segura.
700	Tren de aterrizaje principal – Comprobación de la cantidad de líquido hidráulico del puntal amortiguador del tren de aterrizaje y la presión de nitrógeno.
700	Inspecciones por corrosión en trenes de aterrizaje

Fuente: elaboración propia.

Realizar mantenimiento con baja complejidad en la rampa de abordaje permite bajar la carga para un mejor desempeño del mantenimiento de base. Esta distribución de carga de trabajo permite concentrar de mejor manera la cantidad de actividades del mantenimiento en el hangar.

4.1.5.1. Distribución de actividades de mantenimiento programado por zonas

En las labores de mantenimiento de tránsito se debe de tomar en cuenta que los pasajeros están próximos a abordar y que los técnicos de mantenimiento deben de liberar una aeronave. La percepción general del viajero puede concentrarse en la cabina (zona 200) e ignorar otras zonas del avión. Al momento de abordar una aeronave de ala fija, los pasajeros que viajan y son designados a las ventanas están pendientes de las actividades que surgen a los alrededores, por ejemplo, las alas (zona 500 y 600) y los motores (zona 400).

Es común la toma de fotografías del viajero desde las ventanas hacia los alrededores por lo que realizar actividades de mantenimiento a estas zonas puede resultar como consecuencia una mala percepción de los viajeros. Sin embargo, la zona de trenes de aterrizaje (zona 700) no está a la vista de los consumidores al igual que el empenaje (zona 300). Esta ventaja puede resultar útil para la OMA para realizar inspecciones de baja complejidad en estas zonas y realizar diagnósticos el estado de las aeronaves.

Posicionar a la cuadrilla de técnicos mecánicos en estas zonas permite avanzar en las inspecciones programadas y adelantar con los dictámenes antes de ser diagnosticados por el mantenimiento de base. El coordinador de producción puede optar por este beneficio y desviar actividades de

mantenimiento de base al mantenimiento de línea de la zona 700 y algunas de la zona 300 para contabilizar un avance adecuado del diagnóstico.

CONCLUSIONES

1. Los requerimientos de las regulaciones de la aviación civil en Guatemala exigen que las tareas de mantenimiento predictivo y preventivo sean realizadas en el tiempo establecido y autorizado por la DGAC, por lo cual el plan no puede contemplar atrasos en la ejecución de las tarjetas de trabajo listadas en el manual de mantenimiento de cada aeronave. El mantenimiento correctivo debe de ser ejecutado inmediatamente para conservar la aeronavegabilidad de cada uno de los doce aviones.
2. Los lineamientos establecidos en las regulaciones de la aviación civil de Guatemala que intervienen en la gestión del Departamento de Mantenimiento exigen ejecutar las tareas predictivas, preventivas y correctivas a los aviones sin ningún retraso debido a que la falta de atención a las instrucciones dictadas en el manual de mantenimiento puede atentar en contra de la seguridad de los pasajeros. Se debe de actualizar el certificado de aeronavegabilidad cumpliendo en su totalidad con el programa de mantenimiento para continuar operando cada uno de los aviones que conforman la flota.
3. Las características del entorno que intervienen en la ejecución de tareas de mantenimiento para un taller de aeronaves contemplan la localización del estacionamiento de las aeronaves dentro de un hangar, las autorizaciones por parte del fabricante de la aeronave y las necesidades que tiene una aerolínea para poder cumplir con las metas comerciales y generar ganancias financieras en los distintos periodos del año.

4. Un plan de ejecución de actividades permite disminuir el esfuerzo requerido al momento de ejecutar las tareas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo por lo que se obtienen mejores resultados en la gestión del taller y también mejora la conservación de las aeronaves de ala fija.

RECOMENDACIONES

1. Para investigaciones posteriores se debe de considerar la utilización de softwares para la gestión del mantenimiento y las ventajas que proporciona a los usuarios para la producción de actividades de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.
2. Para poder mejorar las condiciones adecuadas se deben de tomar en cuenta las regulaciones internacionales de aviación civil para aumentar los índices de confiabilidad de los aviones que conforman la flota.
3. Para poder establecer las condiciones adecuadas para la ejecución de tareas de mantenimiento se debe de considerar las etapas del cambio del clima que puede presentarse al momento de la práctica de actividades de mantenimiento y crear planes de contingencia en caso de climas desfavorables.
4. El diseño de un plan de ejecución de actividades de mantenimiento debe de contemplar el uso de la tecnología avanzada para mejorar la precisión de los diagnósticos que se realizan a las aeronaves de ala fija.

REFERENCIAS

1. Aircraft Technology, Engineering y Maintenance. (febrero 2013) Middle East market taking stock of the future. *Revista Ghafari*. 2 (121), 34-38. Recuperado de <https://www.ghafari.com/uploads/photos/ATEM-MRO-Design-Trends-Article-Dec12-Jan13.pdf>
2. Bergkvist, E., y Sabbagh, T. (2021). *Smart future solutions for maintenance of aircraft, Enhancing aircraft maintenance at Saab AB*. (Tesis de maestría). Linköping University. Suecia. Recuperado de <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1566870/FULLTEXT01.pdf>
3. De Florio, F. (2016). *Airworthiness An introduction to Aircraft Certification and Operations*. (3ª edición) Kidlington, Reino Unido: Editorial Butterworth.
4. Deng, Q. (2021). *Optimal Decision Making for Aircraft Maintenance Planning*. (Tesis de doctorado). Delft University of Technology. Países bajos. Recuperado de <https://doi.org/10.4233/uuid:0bfb7a4a-366a-4492-b897-741d3422f9ff>
5. El Uamari, H. (2021). *Airport strategic stand capacity assessment applied through a value-focused thinking process*. (Tesis de maestría). Institute Aeronautics and Astronautics. Estados Unidos. Recuperado de <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:55598057-e728-4cf6-9f63-91ff22cf18d7/datastream/OBJ/>

6. Gamarra, L., (2018). *Propuesta de mejora de procesos en la atención de Aeronaves en tránsito de la flota Airbus de LAN Perú, para incrementar la productividad en el área de mantenimiento*. (Tesis de maestría). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Perúa. Recuperado de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624201/Gamarra_SL.pdf?sequence=10&isAllowed=y
7. García, F., (2021). *Estudio de viabilidad para la creación de una empresa de mantenimiento de aeronaves*. (Trabajo de fin de grado). Universidad de Cádiz. España. Recuperado de <https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/24975/Estudio%20de%20Viabilidad%20para%20la%20Creaci%3bn%20de%20una%20Empresa%20de%20Mantenimiento%20de%20Aeronaves.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
8. Gauna, M. (2020). *Optimización de procesos para la venta de servicios de mantenimiento a terceros de una aerolínea*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. Recuperado de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/17618/Gauna%2c%20M.%20%282020%29.%20Optimizaci%3bn%20de%20procesos%20para%20la%20venta%20de%20servicios%20de%20mantenimiento%20a%20terceros%20de%20una%20aerolinea.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
9. Harris, K. (1986). D. *Integration of RCM analysis into the S-3^a maintenance*

Program. (Tesis de postgrado). Dudley Knox Library. California, Estados Unidos. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/36715159.pdf>

10. Kinnison, H. (2004). *Aviation Maintenance Management*. (1ª edición), Estados Unidos: Editorial McGraw-Hill.
11. Landio, M. (2018). *La gestión administrativa y el derecho a la seguridad en el trabajo, en mecánicos de la Escuela de Aviación del Ejército Peruano, Moquegua, año 2018*. (Tesis de maestría en Derecho). Universidad José Carlos Mariátegui. Perú. Recuperado de http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/542/Marlan_tesis_grado-academico_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
12. Laverde, A. (2019). *Estudio de competitividad de las empresas de mantenimiento aeronáutico del Ecuador*. (Tesis de maestría). Universidad Andina Simón Bolívar. Bolivia. Recuperado de <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6651/1/T2878-MAE-Laverde-Estudio.pdf>
13. Locatelli, G. (2020). *Managing Major Engineering Projects, Curso Especializado*. Reino Unido: Coursera.
14. Ortiz, P. (2017). *Valoración de la formación profesional, capacitación técnica de los funcionarios de seguridad aeroportuaria, operaciones y su incidencia en la atención a los usuarios del transporte aéreo en el Aeropuerto Internacional “Augusto C. Sandino”, durante el segundo semestre del 2016*. (Tesis de maestría de Administración y Gestión

de la Educación). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
Managua. Recuperado de
<https://repositorio.unan.edu.ni/6577/1/97326.pdf>

15. Rammner, M. (2021). *Modeling of a Generic Cost-Efficient Spare Parts Inventory Management based on a Prognostics and Health Management Approach to Aircraft Maintenance*. (Tesis de maestría). Delft University of Technology. Países bajos. Recuperado de <https://elib.dlr.de/141206/1/DLR-IB-MO-HF-2021-40.pdf>
16. Rodríguez, D. y Lavorato, P. (diciembre 2016). *Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) Fundamentals and Strategies: An Aeronautical Industry Overview*. *International Journal of Computer Applications*. (0975-8887), 135 (12)

APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de consistencia

No.	Objetivo	Conclusión	Recomendación
1	Identificar los lineamientos de las regulaciones de la aviación civil que intervienen en la gestión de mantenimiento de un taller aeronáutico en Guatemala.	Los lineamientos establecidos en las regulaciones de la aviación civil de Guatemala que intervienen en la gestión del Departamento de Mantenimiento exigen ejecutar las tareas predictivas, preventivas y correctivas a los aviones sin ningún retraso debido a que la falta de atención a las instrucciones dictadas en el manual de mantenimiento puede atentar en contra de la seguridad de los pasajeros. Se debe de actualizar el certificado de aeronavegabilidad cumpliendo en su totalidad con el programa de mantenimiento para continuar operando cada uno de los aviones que conforman la flota.	Para poder mejorar las condiciones adecuadas se deben de tomar en cuenta las regulaciones internacionales de aviación civil para aumentar los índices de confiabilidad de los aviones que conforman la flota.
2	Conocer el entorno que interviene en la ejecución de tareas de mantenimiento en un taller de aeronaves de ala fija.	Las características del entorno que intervienen en la ejecución de tareas de mantenimiento para un taller de aeronaves contemplan la localización del estacionamiento de las aeronaves dentro de un hangar, las autorizaciones por parte del fabricante de la aeronave y las necesidades que tiene una aerolínea para poder cumplir con las metas comerciales y generar ganancias financieras en los distintos periodos del año.	Para poder establecer las condiciones adecuadas para la ejecución de tareas de mantenimiento se debe de considerar las etapas del cambio del clima que puede presentarse al momento de la práctica de actividades de mantenimiento y crear planes de contingencia en caso de climas desfavorables.
3	Diseñar un plan para la ejecución de actividades de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo que cumpla con las intimaciones de una aerolínea.	Un plan de ejecución de actividades permite disminuir el esfuerzo requerido al momento de ejecutar las tareas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo por lo que se obtienen mejores resultados en la gestión del taller y también mejora la conservación de las aeronaves de ala fija.	El diseño de un plan de ejecución de actividades de mantenimiento debe de contemplar el uso de la tecnología avanzada para mejorar la precisión de los diagnósticos que se realizan a las aeronaves de ala fija.

Continuación apéndice 1.

G Diseñar un plan para ejecutar actividades de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo para una flota de doce aeronaves de ala fija conforme al cumplimiento de regulaciones de la aviación civil de Guatemala.	Los requerimientos de las regulaciones de la aviación civil en Guatemala exigen que las tareas de mantenimiento predictivo y preventivo sean realizadas en el tiempo establecido y autorizado por la DGAC, por lo cual el plan no puede contemplar atrasos en la ejecución de las tarjetas de trabajo listadas en el manual de mantenimiento de cada aeronave. El mantenimiento correctivo debe de ser ejecutado inmediatamente para conservar la aeronavegabilidad de cada uno de los doce aviones.	Para investigaciones posteriores se debe de considerar la utilización de softwares para la gestión del mantenimiento y las ventajas que proporciona a los usuarios para la producción de actividades de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.
---	---	---

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Tarjeta de trabajo del manual de mantenimiento de la aeronave ATR 72-500

	JOB CARD PACKAGE TITLE: FUNCTIONAL TEST OF THE ELECTRICAL CIRCUIT OF THE NACELLE OVERHEAT DETECTION	Tail Number - MSN ALL						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Reference</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ATR-A-26-16- XX-00001-340A-A</td> </tr> </tbody> </table>	Reference	ATR-A-26-16- XX-00001-340A-A	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Title</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Functional Test of the Electrical Circuit of the Nacelle Overheat Detection</td> </tr> </tbody> </table>	Title	Functional Test of the Electrical Circuit of the Nacelle Overheat Detection	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DocType</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Line Maintenance</td> </tr> </tbody> </table>	DocType	Line Maintenance
Reference								
ATR-A-26-16- XX-00001-340A-A								
Title								
Functional Test of the Electrical Circuit of the Nacelle Overheat Detection								
DocType								
Line Maintenance								
JCP Title: FUNCTIONAL TEST OF THE ELECTRICAL CIRCUIT OF THE NACELLE OVERHEAT DETECTION	(C) ATR ALL RIGHTS RESERVED. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY DOCUMENT	Page 1 of 1 PRINT DATE: Apr 13/2023						

Continuación anexo 1.

	JOB CARD	REV DATE: Jan 01/2023
	Line Maintenance - - ATR72	TASK: ATR-A-26-16- XX-00001-340A-A MAINTENANCE PROCEDURE
Tail Number - MSN ALL	TITLE: ATR-A-26-16-XX-00001-340A-A - Functional Test of the Electrical Circuit of the Nacelle Overheat Detection	

		MECH.	INSP.
DM status information			
 DM Code : ATR-A-26-16-XX-00001-340A-A Airline :  Issue Number : 001 Issue Date : Jan 01/23 Breakdown Title : NACELLE OVERHEAT DETECTION DM Title : Functional Test of the Electrical Circuit of the Nacelle Overheat Detection Applicability : ON A/C MSN ALL Aircraft Type : ATR72 DM Producer :  Language : Simplified English Copyright : ATR-A-00-65-XX-10000-021A-D ON A/C MSN ALL TASK ATR-A-26-16-XX-00001-340A-A Functional Test of the Electrical Circuit of the Nacelle Overheat Detection 1. <u>General</u> A. Reason for the Job Self Explanatory 2. <u>Job Set-Up Information</u> 			
JCP Title: FUNCTIONAL TEST OF THE ELECTRICAL CIRCUIT OF THE NACELLE OVERHEAT DETECTION	(C) ATR ALL RIGHTS RESERVED. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY DOCUMENT	Page 1 of 7 PRINT DATE: Apr 13/2023	

Continuación anexo 1.

	JOB CARD	REV DATE: Jan 01/2023
	Line Maintenance - - ATR72	TASK: ATR-A-26-16-XX-00001-340A-A MAINTENANCE PROCEDURE
Tail Number - MSN ALL	TITLE: ATR-A-26-16-XX-00001-340A-A - Functional Test of the Electrical Circuit of the Nacelle Overheat Detection	

		MECH.	INSP.										
A. Work Zones. <table border="1"> <thead> <tr> <th>ZONE</th> <th>ZONE DESCRIPTION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>210</td> <td>FLIGHT AND FORWARD AVIONICS COMPARTMENT</td> </tr> <tr> <td>470</td> <td>ENGINE 1 AFT SECTION + EXHAUST NOZZLE</td> </tr> <tr> <td>480</td> <td>ENGINE 2 AFT SECTION + EXHAUST NOZZLE</td> </tr> </tbody> </table>				ZONE	ZONE DESCRIPTION	210	FLIGHT AND FORWARD AVIONICS COMPARTMENT	470	ENGINE 1 AFT SECTION + EXHAUST NOZZLE	480	ENGINE 2 AFT SECTION + EXHAUST NOZZLE		
ZONE	ZONE DESCRIPTION												
210	FLIGHT AND FORWARD AVIONICS COMPARTMENT												
470	ENGINE 1 AFT SECTION + EXHAUST NOZZLE												
480	ENGINE 2 AFT SECTION + EXHAUST NOZZLE												
B. Access/Panel. <table border="1"> <thead> <tr> <th>ACCESS/DOOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>484AR (Panel)</td> </tr> </tbody> </table>				ACCESS/DOOR	484AR (Panel)								
ACCESS/DOOR													
484AR (Panel)													
C. Fixtures, Tools, Test and Support Equipment. <table border="1"> <thead> <tr> <th>REFERENCE</th> <th>QTY</th> <th>DESIGNATION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No Specific</td> <td>1</td> <td>DECADE RESISTOR BOX</td> </tr> <tr> <td>No Specific</td> <td>1</td> <td>OHMMETER</td> </tr> </tbody> </table>				REFERENCE	QTY	DESIGNATION	No Specific	1	DECADE RESISTOR BOX	No Specific	1	OHMMETER	
REFERENCE	QTY	DESIGNATION											
No Specific	1	DECADE RESISTOR BOX											
No Specific	1	OHMMETER											
D. Consumable Materials. <table border="1"> <thead> <tr> <th>REFERENCE</th> <th>QTY</th> <th>DESIGNATION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>05077A</td> <td>AR</td> <td>Lockwire</td> </tr> </tbody> </table>				REFERENCE	QTY	DESIGNATION	05077A	AR	Lockwire				
REFERENCE	QTY	DESIGNATION											
05077A	AR	Lockwire											
E. Referenced Information. <table border="1"> <thead> <tr> <th>REFERENCE</th> <th>DESIGNATION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ATR-A-24-46-XX-00ZZZ-561Z-A</td> <td>MP - De-energization of the Electrical Circuits - AC and DC Circuits</td> </tr> <tr> <td>ATR-A-24-46-XX-00ZZZ-761Z-A</td> <td>MP - Energization of the Electrical Circuits - AC and DC Circuits</td> </tr> <tr> <td>ATR-A-54-XX-XX-00ZZZ-520Z-A</td> <td>MP - Removal of the Engine Cowls</td> </tr> <tr> <td>ATR-A-54-XX-XX-00ZZZ-720Z-A</td> <td>MP - Installation of the Engine Cowls</td> </tr> </tbody> </table>				REFERENCE	DESIGNATION	ATR-A-24-46-XX-00ZZZ-561Z-A	MP - De-energization of the Electrical Circuits - AC and DC Circuits	ATR-A-24-46-XX-00ZZZ-761Z-A	MP - Energization of the Electrical Circuits - AC and DC Circuits	ATR-A-54-XX-XX-00ZZZ-520Z-A	MP - Removal of the Engine Cowls	ATR-A-54-XX-XX-00ZZZ-720Z-A	MP - Installation of the Engine Cowls
REFERENCE	DESIGNATION												
ATR-A-24-46-XX-00ZZZ-561Z-A	MP - De-energization of the Electrical Circuits - AC and DC Circuits												
ATR-A-24-46-XX-00ZZZ-761Z-A	MP - Energization of the Electrical Circuits - AC and DC Circuits												
ATR-A-54-XX-XX-00ZZZ-520Z-A	MP - Removal of the Engine Cowls												
ATR-A-54-XX-XX-00ZZZ-720Z-A	MP - Installation of the Engine Cowls												
JCP Title: FUNCTIONAL TEST OF THE ELECTRICAL CIRCUIT OF THE NACELLE OVERHEAT DETECTION		(C) ATR ALL RIGHTS RESERVED. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY DOCUMENT											
		Page 2 of 7 PRINT DATE: Apr 13/2023											

Continuación anexo 1.

	JOB CARD	REV DATE: Jan 01/2023
	Line Maintenance - - ATR72	TASK: ATR-A-26-16-XX-00001-340A-A MAINTENANCE PROCEDURE
Tail Number - MSN ALL	TITLE: ATR-A-26-16-XX-00001-340A-A - Functional Test of the Electrical Circuit of the Nacelle Overheat Detection	

3. <u>Job Set-Up</u> SUBTASK 2616XX-86500010001 A. Open, safety and tag these circuit breaker(s): <table border="1"> <thead> <tr> <th>PANEL</th><th>DESIGNATION</th><th>FIN</th><th>LOCATION</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>122VU</td><td>C/B-ENG IND/CTL/PROP BRK/ CTL & IND</td><td>4KY</td><td>N14</td></tr> <tr> <td>122VU</td><td>C/B-NAC 2 OVHT DET</td><td>6WH</td><td>L12</td></tr> </tbody> </table> SUBTASK 2616XX-10100010002 B. Aircraft Maintenance Configuration (1) The aircraft must be on its wheels. SUBTASK 2616XX-10100020003 C. Get Access (1) Remove the engine cowls: Ref. MP ATR-A-54-XX-XX-00ZZZ-520Z-A. (a) Remove access panel(s): - 484AR. SUBTASK 2616XX-10100030001 Ref. Fig. Engine Nacelle Overheat Thermal Switch D. Aircraft Maintenance Configuration (1) Cut and discard 05077A (Lockwire) (2). (2) Disconnect connector (1). SUBTASK 2616XX-10100040001 E. Aircraft Maintenance Configuration (1) Energize the aircraft electrical AC and DC circuits: Ref. MP ATR-A-24-46-XX-00ZZZ-761Z-A.		PANEL	DESIGNATION	FIN	LOCATION	122VU	C/B-ENG IND/CTL/PROP BRK/ CTL & IND	4KY	N14	122VU	C/B-NAC 2 OVHT DET	6WH	L12	MECH.	INSP.
PANEL	DESIGNATION	FIN	LOCATION												
122VU	C/B-ENG IND/CTL/PROP BRK/ CTL & IND	4KY	N14												
122VU	C/B-NAC 2 OVHT DET	6WH	L12												
4. <u>Procedure</u> SUBTASK 2616XX-86500020001 A. Identify circuit breakers used in this procedure:															
JCP Title: FUNCTIONAL TEST OF THE ELECTRICAL CIRCUIT OF THE NACELLE OVERHEAT DETECTION	(C) ATR ALL RIGHTS RESERVED. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY DOCUMENT	Page 3 of 7 PRINT DATE: Apr 13/2023													

Continuación anexo 1.

	JOB CARD	REV DATE: Jan 01/2023
	Line Maintenance - - ATR72	TASK:
Tail Number - MSN ALL	TITLE: ATR-A-26-16-XX-00001-340A-A - Functional Test of the Electrical Circuit of the Nacelle Overheat Detection	ATR-A-26-16- XX-00001-340A-A MAINTENANCE PROCEDURE

MECH. INSP.

PANEL	DESIGNATION	FIN	LOCATION
122VU	C/B-ENG FIRE/WARN/ENG 2/ CLA	2KC	K06

SUBTASK 2616XX-50000010003

B. Functional Test of Engine Nacelle Overheat Detection Circuit

[Ref. Fig. Engine Nacelle Overheat Thermal Switch](#)

- (1) Connect a DECADE RESISTOR BOX to pins 1 and 2 of connector (1).
- (2) Apply a resistance comprised between 162.9 ohms and 166.6 ohms.
- (3) Remove safety clip(s) and tag(s) and close circuit breaker(s) previously open.
- (4) Make sure that the crew alerting system is activated in the following way:
 - Master Warning lights flash (on (3VU and 5VU) or (133VU and 134VU) or (133VM and 134VM)).
 - Continuous Repetitive Chime operates.
 - On Crew Alerting Panel, these lights come on:
 - NAC 2 OVHT.
- (5) Apply resistances lower than above mentioned values, all warnings are not triggered.
- (6) Disconnect the decade resistor box.

[Ref. Fig. Sensor Resistance](#)

- (7) Connect an OHMMETER to the sensor (4).
- (8) Do the check of the sensor for correct resistance.

NOTE: For detailed information refer to manufacturer CMM (see IPD for CMM reference).

5. Close-Up

SUBTASK 2616XX-10200020001

A. Close Up

- (1) De-energize the aircraft electrical AC and DC circuits: [Ref. MP ATR-A-24-46-XX-00777-561Z-A](#).

SUBTASK 2616XX-10200050002

[Ref. Fig. Engine Nacelle Overheat Thermal Switch](#)

B. Close Up

JCP Title: FUNCTIONAL TEST OF THE ELECTRICAL CIRCUIT OF THE NACELLE OVERHEAT DETECTION

(C) ATR ALL RIGHTS RESERVED. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY DOCUMENT

Page 4 of 7
PRINT DATE: Apr 13/2023

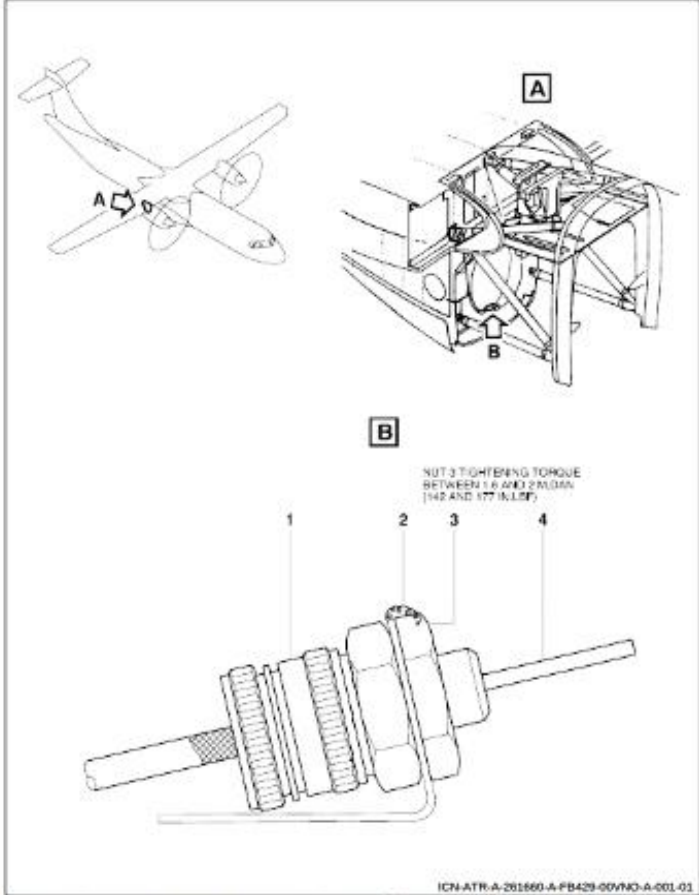
Continuación anexo 1.

	JOB CARD	REV DATE: Jan 01/2023
	Line Maintenance - - ATR72	TASK: ATR-A-26-16-XX-00001-340A-A MAINTENANCE PROCEDURE
Tail Number - MSN ALL	TITLE: ATR-A-26-16-XX-00001-340A-A - Functional Test of the Electrical Circuit of the Nacelle Overheat Detection	

(1) Connect connector (2). (2) Safety nut (4) with a new 05077A (Lockwire) on thermal switch connector base (2). (3) Make sure that the work area is clean and clear of tools and other items. SUBTASK 2616XX-10200030002 C. Close Up (1) Make sure that: - Master Warning lights go off (on (3VU and 5VU) or (133VU and 134VU) or (133VM and 134VM)). - Continuous Repetitive Chime goes off. - On EWD alert window, these messages go out of view: - "NAC OVHT". (2) Make sure that the work area is clean and clear of tools and other items. SUBTASK 2616XX-10200040001 D. Close Access (1) Install the engine cowls: Ref. MP ATR-A-54-XX-XX-00ZZZ-720Z-A. (a) Close any access opened/removed before. ▲▲ Figure ICN-ATR-A-261660-A-FB429-00VNO-A-001-01 SHEET 1/1 - Engine Nacelle Overheat Sensor ▲▲ Figure ICN-ATR-A-261660-A-FB429-00VNQ-A-001-01 SHEET 1/1 - Sensor Resistance		MECH.	INSP.
JCP Title: FUNCTIONAL TEST OF THE ELECTRICAL CIRCUIT OF THE NACELLE OVERHEAT DETECTION	(C) ATR ALL RIGHTS RESERVED. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY DOCUMENT	Page 5 of 7 PRINT DATE: Apr 13/2023	

Continuación anexo 1.

	JOB CARD	REV DATE: Jan 01/2023
	Line Maintenance - - ATR72	TASK: ATR-A-26-16-XX-00001-340A-A MAINTENANCE PROCEDURE
Tail Number - MSN ALL	TITLE: ATR-A-26-16-XX-00001-340A-A - Functional Test of the Electrical Circuit of the Nacelle Overheat Detection	

 Figure ICN-ATR-A-261660-A-00VNO-A-001-01 (SHEET 1) - Engine Nacelle Overheat Sensor		MECH.	INSP.
JCP Title: FUNCTIONAL TEST OF THE ELECTRICAL CIRCUIT OF THE NACELLE OVERHEAT DETECTION	(C) ATR ALL RIGHTS RESERVED. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY DOCUMENT	Page 6 of 7 PRINT DATE: Apr 13/2023	

Continuación anexo 1.

	JOB CARD	REV DATE: Jan 01/2023
	Line Maintenance - - ATR72	TASK: ATR-A-26-16- XX-00001-340A-A MAINTENANCE PROCEDURE
Tail Number - MSN ALL	TITLE: ATR-A-26-16-XX-00001-340A-A - Functional Test of the Electrical Circuit of the Nacelle Overheat Detection	

MECH. INSP

Temp (°C)	Rmin (Ω)	Rmax (Ω)
0	98,1	101,9
1	98,4	102,3
2	98,8	102,7
3	99,2	103,1
4	99,6	103,5
5	100,0	103,9
6	100,4	104,3
7	100,8	104,7
8	101,2	105,0
9	101,6	105,4
10	101,9	105,8
11	102,3	106,2
12	102,7	106,6
13	103,1	107,0
14	103,5	107,4
15	103,9	107,8
16	104,3	108,1
17	104,7	108,5
18	105,0	108,9
19	105,4	109,3
20	105,8	109,7
21	106,2	110,1
22	106,6	110,5
23	107,0	110,9
24	107,4	111,3
25	107,8	111,6

Temp (°C)	Rmin (Ω)	Rmax (Ω)
26	108,1	112,0
27	108,5	112,4
28	108,9	112,8
29	109,3	113,2
30	109,7	113,6
31	110,1	114,0
32	110,5	114,4
33	110,9	114,7
34	111,3	115,1
35	111,6	115,5
36	112,0	115,9
37	112,4	116,3
38	112,8	116,7
39	113,2	117,1
40	113,6	117,5
41	114,0	117,8
42	114,4	118,2
43	114,7	118,6
44	115,1	119,0
45	115,5	119,4
46	115,9	119,8
47	116,3	120,2
48	116,7	120,6
49	117,1	121,0
50	117,5	121,3

ICN-ATR-A-261660-A-PB429-00VNQ-A-001-01

Figure ICN-ATR-A-261660-A-00VNQ-A-001-01 (SHEET 1) - Sensor Resistance

© *** END OF CARD ***

JCP Title: FUNCTIONAL TEST OF THE ELECTRICAL CIRCUIT OF THE NACELLE OVERHEAT DETECTION	(C) ATR ALL RIGHTS RESERVED. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY DOCUMENT	Page 7 of 7 PRINT DATE: Apr 13/2023
---	---	--

Fuente: Camuzard (2016) ATR-Technical Publication Services for ATR-aircraft.

Anexo 2. Directiva de aeronavegabilidad 2021-01055-E

[Federal Register Volume 87, Number 100 (Tuesday, May 24, 2022)]

[Rules and Regulations]

[Pages 31384-31386]

From the Federal Register Online via the Government Publishing Office [www.gpo.gov]

[FR Doc No: 2022-11084]

DEPARTMENT OF TRANSPORTATION

Federal Aviation Administration

14 CFR Part 39

[Docket No. FAA-2021-1071; Project Identifier AD-2021-01055-E; Amendment 39-22044; AD 2022-10-06]

RIN 2120-AA64

Airworthiness Directives; Rolls-Royce Corporation Turboshaft Engines

AGENCY: Federal Aviation Administration (FAA), DOT.

ACTION: Final rule.

SUMMARY: The FAA is superseding Airworthiness Directive (AD) 2017-18-14, which applied to certain Rolls-Royce Corporation (RRC) 250 model turboshaft engines. AD 2017-18-14 required repetitive visual inspections and fluorescent penetrant inspections (FPIs) of the 3rd-stage turbine wheel and removal from service of the 4th-stage turbine wheel. This AD was prompted by in-service turbine blade failures that resulted in the loss of power and engine in-flight shutdowns. This AD requires replacement of the 3rd-stage and 4th-stage turbine wheels. This AD also revises the applicability to include an additional turboshaft engine model. The FAA is issuing this AD to address the unsafe condition on these products.

DATES: This AD is effective June 28, 2022.

ADDRESSES: For service information identified in this final rule, contact Rolls-Royce Corporation, 450 South Meridian Street, Mail Code NB-01-06, Indianapolis, IN 46225; phone: (317) 230-2720; email: HelicoptCustSupp@Rolls-Royce.com; website: www.rolls-royce.com. You may view this service information at the Airworthiness Products Section, Operational Safety Branch, FAA, 1200 District Avenue, Burlington, MA 01803. For information on the availability of this material at the FAA, call (817) 222-5110.

Examining the AD Docket

You may examine the AD docket at <https://www.regulations.gov> by searching for and locating Docket No. FAA-2021-1071; or in person at Docket Operations between 9 a.m. and 5 p.m., Monday through Friday, except Federal holidays. The AD docket contains this final rule, any comments received, and other information. The address for Docket Operations is U.S. Department of

Continuación anexo 2.

Transportation, Docket Operations, M-30, West Building Ground Floor, Room W12-140, 1200 New Jersey Avenue SE, Washington, DC 20590.

FOR FURTHER INFORMATION CONTACT: John Tallarovic, Aviation Safety Engineer, Chicago ACO, FAA, 2300 E Devon Avenue, Des Plaines, IL 60018; phone: (847) 294-8180; email: john.m.tallarovic@faa.gov.

SUPPLEMENTARY INFORMATION:

Background

The FAA issued a notice of proposed rulemaking (NPRM) to amend 14 CFR part 39 to supersede AD 2017-18-14, Amendment 39-19023 (82 FR 42443, September 8, 2017), (AD 2017-18-14). AD 2017-18-14 applied to certain RRC 250-C20, -C20B, -C20F, -C20J, -C20R, -C20R/1, -C20R/2, -C20R/4, -C20W, -C300/A1, and -C300/B1 turboshaft engines with either a 3rd-stage turbine wheel, part number (P/N) 23065818, or a 4th-stage turbine wheel, P/N 23055944 or RR30000240, installed. The NPRM published in the Federal Register on January 14, 2022 (87 FR 2365). The NPRM was prompted by in-service turbine blade failures that resulted in the loss of power and engine in-flight shutdowns. Since the FAA issued AD 2017-18-14, the manufacturer redesigned the 3rd-stage turbine wheel. The manufacturer published Rolls-Royce Alert Commercial Engine Bulletin (CEB) CEB A-1428/CEB A-72-4111 (single document), which describes procedures for replacement of the 3rd-stage turbine wheel, P/N 23065818, with the new increased blade fillet 3rd-stage turbine wheel, P/N M250-10473. Additionally, the FAA determined that the RRC 250-C20C (T63-A-720) model turboshaft engine is also susceptible to the unsafe condition. In the NPRM, the FAA proposed to require replacement of the 3rd-stage and 4th-stage turbine wheels. The FAA is issuing this AD to address the unsafe condition on these products.

Discussion of Final Airworthiness Directive

Comments

The FAA received comments from two commenters. The commenters were an anonymous commenter and RRC. The following presents the comments received on the NPRM and the FAA's response to each comment.

Comments on Part Availability and Costs

The anonymous commenter stated that RRC does not have the inventory to supply engine shops with the 3rd-stage and 4th-stage turbine wheels proposed for replacement in the NPRM. The commenter requested that RRC provide credit to its customers for unused time on 3rd-stage and 4th-stage turbine wheels and reasoned that customers paid for the full life of the 3rd-stage and 4th-stage turbine wheels, not a partial life, which now requires replacement at full price. The commenter also stated that the part cost estimates in the NPRM for the 3rd-stage and 4th-stage turbine wheels are inaccurate and should indicate an estimated cost of \$22,929.15 and \$18,926.59 to reflect Aviall and Boeing's prices, respectively. The commenter noted that they have found performing FPIs on the 3rd-stage and 4th-stage turbine wheels result in serviceable conditions compared to the previous configurations that were beyond serviceable. The commenter expressed that the proposed requirements in the NPRM would be a financial burden on RRC's customers, considering the current market instability.

The FAA disagrees that the manufacturer will not have sufficient inventory, which would prevent compliance with this AD. Prior to publishing the NPRM, the FAA confirmed with RRC that there would be adequate inventory for operators to replace the 3rd-stage and 4th-stage turbine wheels. In response to this comment, the FAA confirmed with RRC that the 3rd-stage and 4th-stage turbine

Continuación anexo 2.

wheels are available at a 50% discounted price. Additionally, RRC indicated that suppliers will also provide the discounted price. The FPI of 3rd-stage turbine wheels was an interim action until redesigned parts became available. While FPI reduces the risk of a blade failure, the unsafe condition is addressed by replacing the 3rd-stage turbine wheel with the revised design. The FAA did not change this AD as a result of the comments.

Request To Update Service Information

RRC requested that the FAA revise the Related Service Information paragraph of this AD to reference Rolls-Royce Alert CEB CEB A-1428/CEB A-72-4111 (single document), Revision 2, dated December 8, 2021. RRC reasoned that since the three Rolls-Royce bulletins were submitted to the FAA in support of the NPRM, Rolls-Royce has published Revision 2 of Rolls-Royce Alert CEB CEB A-1428/CEB A-72-4111 (single document).

The FAA agrees. The FAA has updated the Related Service Information paragraph of this AD to reference Rolls-Royce Alert CEB CEB A-1428/CEB A-72-4111 (single document), Revision 2, dated December 8, 2021.

Conclusion

The FAA reviewed the relevant data, considered any comments received, and determined that air safety requires adopting the AD as proposed. Accordingly, the FAA is issuing this AD to address the unsafe condition on these products. Except for minor editorial changes, and any other changes described previously, this AD is adopted as proposed in the NPRM. None of the changes will increase the economic burden on any operator.

Related Service Information

The FAA reviewed Rolls-Royce Alert CEB CEB A-1428/CEB A-72-4111 (single document), Revision 2, dated December 8, 2021. This Alert CEB describes procedures for replacing the 3rd-stage turbine wheel, P/N 23065818, with the new increased blade fillet 3rd-stage turbine wheel, P/N M250-10473.

The FAA reviewed Rolls-Royce Alert CEB CEB A-1422/CEB A-72-4108 (single document), Original Issue, dated September 13, 2017. This Alert CEB describes procedures for replacing 4th-stage turbine wheel, P/N 23055944, with the new increased blade fillet 4th-stage turbine wheel, P/N M250-10445.

The FAA also reviewed Rolls-Royce Alert Service Bulletin (SB) RR300-A-72-024, Original Issue, dated September 13, 2017. This Alert SB describes procedures for replacing the 4th-stage turbine wheel, P/N RR30000240, with the new increased blade fillet 4th-stage turbine wheel, P/N RR30000494.

Costs of Compliance

The FAA estimates that this AD affects 3,769 engines installed on helicopters of U.S. registry. The FAA estimates that 3,041 3rd-stage turbine wheels and 3,769 4th-stage turbine wheels will require replacement.

The FAA estimates the following costs to comply with this AD:

Continuación anexo 2.

Estimated Costs				
Action	Labor cost	Parts cost	Cost per product	Cost on U.S. operators
Replace 3rd-stage turbine wheel, P/N 23065818	3 work-hours × \$85 per hour = \$255	\$11,170	\$11,425	\$34,743,425 (3,041 engines).
Replace 4th-stage turbine wheel, P/N 23055944 or RR30000240	3 work-hours × \$85 per hour = \$255	8,928	9,183	\$34,610,727 (3,769 engines).

The FAA has included all known costs in its cost estimate. According to the manufacturer, however, some of the costs of this AD may be covered under warranty, thereby reducing the cost impact on affected operators.

Authority for This Rulemaking

Title 49 of the United States Code specifies the FAA's authority to issue rules on aviation safety. Subtitle I, Section 106, describes the authority of the FAA Administrator. Subtitle VII, Aviation Programs, describes in more detail the scope of the Agency's authority.

The FAA is issuing this rulemaking under the authority described in Subtitle VII, Part A, Subpart III, Section 44701, General requirements. Under that section, Congress charges the FAA with promoting safe flight of civil aircraft in air commerce by prescribing regulations for practices, methods, and procedures the Administrator finds necessary for safety in air commerce. This regulation is within the scope of that authority because it addresses an unsafe condition that is likely to exist or develop on products identified in this rulemaking action.

Regulatory Findings

The FAA has determined that this AD will not have federalism implications under Executive Order 13132. This AD will not have a substantial direct effect on the States, on the relationship between the national government and the States, or on the distribution of power and responsibilities among the various levels of government.

For the reasons discussed above, I certify that this AD:

- (1) Is not a "significant regulatory action" under Executive Order 12866,
- (2) Will not affect intrastate aviation in Alaska, and
- (3) Will not have a significant economic impact, positive or negative, on a substantial number of small entities under the criteria of the Regulatory Flexibility Act.

List of Subjects in 14 CFR Part 39

Air transportation, Aircraft, Aviation safety, Incorporation by reference, Safety.

The Amendment

Accordingly, under the authority delegated to me by the Administrator, the FAA amends 14 CFR part 39 as follows:

PART 39—AIRWORTHINESS DIRECTIVES

1. The authority citation for part 39 continues to read as follows:

Continuación anexo 2.

Authority: 49 U.S.C. 106(g), 40113, 44701.

§ 39.13 [Amended]

2. The FAA amends § 39.13 by:

- a. Removing Airworthiness Directive 2017-18-14, Amendment 39-19023 (82 FR 42443, September 8, 2017); and
- b. Adding the following new airworthiness directive:

Continuación anexo 2.



FAA
Aviation Safety

AIRWORTHINESS DIRECTIVE

www.faa.gov/aircraft/safety/alerts/
www.gpoaccess.gov/fr/advanced.html

2022-10-06 Rolls-Royce Corporation: Amendment 39-22044; Docket No. FAA-2021-1071; Project Identifier AD-2021-01055-E.

(a) Effective Date

This airworthiness directive (AD) is effective June 28, 2022.

(b) Affected ADs

This AD replaces AD 2017-18-14, Amendment 39-19023 (82 FR 42443, September 8, 2017).

(c) Applicability

This AD applies to Rolls-Royce Corporation (RRC) 250-C20, 250-C20B, 250-C20C (T63-A-720), 250-C20F, 250-C20J, 250-C20R, 250-C20R/1, 250-C20R/2, 250-C20R/4, 250-C20W, 250-C300/A1, and 250-C300/B1 model turboshaft engines with either a 3rd-stage turbine wheel, part number (P/N) 23065818, or a 4th-stage turbine wheel, P/N 23055944 or RR30000240, installed.

(d) Subject

Joint Aircraft System Component (JASC) Code 7250, Turbine Section.

(e) Unsafe Condition

This AD was prompted by in-service turbine blade failures that resulted in the loss of power and engine in-flight shutdowns. The FAA is issuing this AD to prevent failure of the 3rd-stage and 4th-stage turbine blades. The unsafe condition, if not addressed, could result in damage to the engine and damage to the aircraft.

(f) Compliance

Comply with this AD within the compliance times specified, unless already done.

(g) Required Actions

- (1) Within 1,775 hours since last visual inspection and fluorescent penetrant inspection (FPI), or at the next engine shop visit, whichever occurs first after the effective date of this AD, remove:
 - (i) 3rd-stage turbine wheel, P/N 23065818, and replace with a part eligible for installation.
 - (ii) 4th-stage turbine wheel, P/N 23055944, and replace with a part eligible for installation.
- (2) Within 2,025 hours since last visual inspection and FPI, or at the next engine shop visit, whichever occurs first after the effective date of this AD, remove 4th-stage turbine wheel, P/N RR30000240, and replace with a part eligible for installation.

Continuación anexo 2.

(h) Definitions

(1) For this purpose of this AD, an “engine shop visit” is the induction of an engine into the shop for maintenance in which the turbine module is separated from the exhaust collector, the gas-producer-support is separated from the power-turbine-support, or there is separation of pairs of major mating engine flanges, except that the separation of engine flanges solely for the purposes of transportation without subsequent engine maintenance does not constitute an engine shop visit.

(2) For the purpose of this AD, a “part eligible for installation” is a 3rd-stage turbine wheel or 4th-stage turbine wheel that does not have a P/N listed in the Applicability, paragraph (c), of this AD.

(i) Special Flight Permit

A special flight permit may be issued in accordance with 14 CFR 21.197 and 21.199 to permit a one-time non-revenue ferry flight to operate the airplane to a maintenance facility where the engine can be removed from service. This ferry flight must be performed with only essential flight crew.

(j) Alternative Methods of Compliance (AMOCs)

(1) The Manager, Chicago ACO, FAA, has the authority to approve AMOCs for this AD, if requested using the procedures found in 14 CFR 39.19. In accordance with 14 CFR 39.19, send your request to your principal inspector or local Flight Standards District Office, as appropriate. If sending information directly to the manager of the certification office, send it to the attention of the person identified in paragraph (k) of this AD.

(2) Before using any approved AMOC, notify your appropriate principal inspector, or lacking a principal inspector, the manager of the local flight standards district office/certificate holding district office.

(k) Related Information

For more information about this AD, contact John Tallarovic, Aviation Safety Engineer, Chicago ACO, FAA, 2300 E Devon Avenue, Des Plaines, IL 60018; phone: (847) 294-8180; email: john.m.tallarovic@faa.gov.

(l) Material Incorporated by Reference

None.

Issued on May 3, 2022.

Lance T. Gant,
Director, Compliance & Airworthiness Division, Aircraft Certification Service.
[FR Doc. 2022-11084 Filed 5-23-22; 8:45 am]

