



Análisis descriptivo de las partes críticas de los aviones Boeing 737-200, CASA-295M y Twin Otter DHC-6, propuesta modelo probabilístico de confiabilidad.

Acosta Ruales, Franklin Eduardo y Rojas Carrillo, Marlon Gonzalo

Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Maestría en Defensa y Seguridad

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Magíster en Defensa y Seguridad con
Mención en Planeamiento Estratégico Aeroespacial

Ing. Galvis Correa Andrés Alejandro, M. Sc.

11 de diciembre de 2023



TESIS ROJAS ACOSTA FINAL.pdf

Scan details

Scan time:
December 11th, 2023 at 17:39 UTC

Total Pages:
76

Total Words:
18800

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	3.7%	700
Minor Changes	2.5%	469
Paraphrased	1.2%	219
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage

- AI text
- Human text

Ing. Galvis Correa Andrés Alejandro, M. Sc.

Director

C.C.: 1723197503



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: “**Análisis descriptivo de las partes críticas de los aviones Boeing 737-200, CASA-295M y TWIN OTTER DHC-6, propuesta modelo probabilístico de confiabilidad.**” fue realizado por los señores **Acosta Ruales Franklin Eduardo y Rojas Carrillo Marlon Gonzalo**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 11 de diciembre de 2023

Ing. Galvis Correa Andrés Alejandro, M. Sc.

Director

C.C.: 1723197503



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Responsabilidad de Autoría

Nosotros **Acosta Ruales Franklin Eduardo** y **Rojas Carrillo Marlon Gonzalo**, con cédulas de ciudadanía n° 1712496205 y 1802786374, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Análisis descriptivo de las partes críticas de los aviones Boeing 737-200, CASA-295M y TWIN OTTER DHC-6, propuesta modelo probabilístico de confiabilidad."**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 11 de diciembre de 2022

Acosta Ruales Franklin Eduardo

C.C.: 1712496205

Rojas Carrillo Marlon Gonzalo

C.C.: 1802786374



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Autorización de Publicación

Nosotros **Acosta Ruales Franklin Eduardo** y **Rojas Carrillo Marlon Gonzalo**, con cédulas de ciudadanía n° 1712496205 y 1802786374, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **"Análisis descriptivo de las partes críticas de los aviones Boeing 737-200, CASA-295M y TWIN OTTER DHC-6, propuesta modelo probabilístico de confiabilidad."** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 11 de diciembre de 2022

Acosta Ruales Franklin Eduardo

C.C.: 1712496205

Rojas Carrillo Marlon Gonzalo

C.C.: 1802786374

Dedicatoria

Dedicado a mi amada esposa, que ha sido mi principal apoyo en el camino de la vida y me ha brindado comprensión y fortaleza en los momentos más difíciles.

A mi hijo Gabriel, que es mi mejor versión, por su dedicación, empeño y constancia, que lo demuestra en cada actividad que realiza.

A mis queridos padres, que con esfuerzo y sacrificio lograron sacarnos adelante, forjándonos por el camino del bien e inculcando valores.

Franklin Acosta Ruales**Dedicatoria**

Brota de mi interior la dedicación de este trabajo, en primer lugar, a mi amada mami Patty, quien desde niño se convirtió en el eslabón para unir mis sueños con la realidad, demostrándome que nada es imposible en esta vida; a mi hermana Carolina quien con su sabiduría y consejos, guía e ilumina mis pensamientos; a mis hijos Sebastián, Marlon y Mateo, quienes se han convertido en el motor y motivación para alcanzar cada una de mis metas y aspiraciones; a mi esposa Diana, quien con su amor, apoyo y comprensión ha convertido este arduo camino en un sendero más afable. Definitivamente, toda mi familia es la fuente de fortaleza, convicción e inspiración perpetua, para materializar los objetivos propuestos.

Marlon Rojas Carrillo

Agradecimiento

A mi Dios y la Santísima Virgen, por mantenerme con la fe intacta y cuidarme en cada momento de mi vida, permitiéndome luchar día a día para alcanzar mis anheladas metas. A nuestro director Ing. Andrés Galvis Correa MSc, por su acertada guía y sus conocimientos compartidos, que nos permitieron concluir el presente trabajo.

Franklin Acosta Ruales

Agradecimiento

Expreso mi eterna gratitud a Dios, por bendecirme con salud y vida durante este largo trayecto. Quiero agradecer al ingeniero Andrés Galvis Correa por sus conocimientos y apoyo incondicional como director de tesis, guiándome hasta la conclusión de este proyecto de titulación. Asimismo, mi reconocimiento a todo el personal de profesores militares y civiles de la UFA-ESPE y de la Academia de Guerra Aérea, cuya dedicación y persistencia en el cumplimiento de su noble tarea, han sido el norte para la exploración y construcción del conocimiento.

Marlon Rojas Carrillo

Tabla de Contenidos

Dedicatoria	6
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Agradecimiento	7
Tabla de Contenidos	8
Índice de Tablas	12
Índice de Figuras	13
Resumen	15
Abstract	16
Introducción	17
Planteamiento del problema	17
Justificación del Tema	20
Conveniencia	20
Relevancia social	21
Implicaciones prácticas	22
Valor teórico	22
Utilidad metodológica.	22
Objetivos	23
Objetivo General	23
Objetivos Específicos	23
Hipótesis	23

	9
Estructura del Trabajo de Titulación	23
Capítulo I	27
Marco Teórico	27
Concepciones y Definiciones	27
Teorías	27
Definiciones y variables	36
Conceptualización de cada variable	36
Instrumentos de medición de las variables	37
Modelos a utilizar	39
Matriz de variables	41
Capítulo II	42
Diseño Metodológico	42
Introducción al Diseño Metodológico	42
Definición del Objeto de Estudio	42
Enfoque Epistemológico de la Investigación	43
Paradigma de la investigación	43
Enfoque metodológico	44
Diseño de la investigación.	44
Tipo de Investigación	45
Longitudinal	45
Alcance de la investigación: Descriptivo y Correlación	45

	10
Determinación de la Población y del Tamaño de la Muestra	46
Fuentes de Investigación	46
Secundaria	46
Detalle del Procedimientos de Toma de Datos	47
Procesamiento de la Información.	48
Análisis Estadístico de la Información.	48
Capítulo III	49
Análisis de la Información	49
Recolección y Manejo de Datos	49
Descripción de datos	49
Estructura de los datos	50
La Disponibilidad	50
Análisis de los datos obtenidos	51
Disponibilidad	51
Horas de vuelo	51
Confiabilidad	52
Análisis reportajes aeronaves por ATAS	53
Capítulo IV	67
Propuesta	67
Fundamentación teórica	67
Objetivo	73

	11
Desarrollo del modelo	73
Análisis del modelo	103
Implementación del modelo	104
Capítulo V	105
Conclusiones y recomendaciones	105
Conclusiones	105
Recomendaciones	106
Bibliografía	107
Apéndice	114

Índice de Tablas

Tabla 1 Estructura del Trabajo de Titulación	25
Tabla 2 Disponibilidad media de aeronaves del Ala Nro.11	51
Tabla 3 Horas cumplidas por las aeronaves del Ala de Transporte Nro.11	51
Tabla 4 Cuadro de reportajes B737-200 del año 2015	54
Tabla 5 Cuadro de reportajes B737-200 año 2016	55
Tabla 6 Cuadro de reportajes B737-200 año 2017	56
Tabla 7 Cuadro de reportajes B737-200 año 2018	57
Tabla 8 Cuadro de reportajes B737-200 año 2019	58
Tabla 9 Cuadro de reportajes B737-200 año 2020	59
Tabla 10 Cuadro de reportajes B737-200 año 2021	60
Tabla 11 Cuadro de reportajes B737-200 año 2022	61
Tabla 12 Resumen de reportajes avión B737-200 del 2015 al 2022.....	62
Tabla 13 Resumen de reportajes avión CASA 295M desde el año 2015 al 2022.....	63
Tabla 14 Resumen de reportajes avión Twin Otter DHC-6 desde el año 2015 al 2022	65
Tabla 15 Cuadro de ATA's críticas de las aeronaves del Ala de Transporte Nro.11	74
Tabla 16 Cuadro de días sin falla de los días sin falla	75
Tabla 17 Análisis de reportajes de ATA's	103

Índice de Figuras

Figura 1 Diagrama Causa-Efecto de Ishikawa	16
Figura 2 Línea de tiempo del institucionalismo	29
Figura 3 Línea de tiempo de relaciones internacionales	31
Figura 4 Línea de tiempo de la Teoría de la Administración	32
Figura 5 Línea del tiempo de la teoría de la calidad	34
Figura 6 Línea de tiempo de la Teoría de la Probabilidad.....	35
Figura 7 Métodos de medición de las variables	37
Figura 8 Métodos de integración de variables.	38
Figura 9 Procedimiento para la recolección de datos	47
Figura 10 Disponibilidad media de aeronaves del Ala Nro.11	51
Figura 11 Horas cumplidas por las aeronaves del Ala de Transporte Nro.11	52
Figura 12 Cuadro de reportajes B737-200 del año 2015	54
Figura 13. Cuadro de reportajes B737-200 año 2016	55
Figura 14 Cuadro de reportajes B737-200 año 2016	56
Figura 15 Cuadro de reportajes B737-200 año 2018.....	57
Figura 16 Cuadro de reportajes B737-200 año 2019	58
Figura 17 Cuadro de reportajes B737-200 año 2020	59
Figura 18 Cuadro de reportajes B737-200 año 2021	60
Figura 19 Cuadro de reportajes B737-200 año 2022.....	61
Figura 20 Resumen de reportajes avión B737-200 del 2015 al 2022	63
Figura 21 Resumen de reportajes avión CASA 295M desde el año 2015 al 1022.....	64
Figura 22 Resumen de reportajes avión Twin Otter DHC-6 desde el año 2015 al 2022	66
Figura 23 Función de supervivencia estimada.....	72
Figura 24. Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 21	76

Figura 25 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 23	77
Figura 26 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 24	78
Figura 27 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 27	79
Figura 28 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 28	80
Figura 29 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 29	81
Figura 30 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 34	82
Figura 31 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 51	83
Figura 32 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 72	84
Figura 33 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 21	85
Figura 34 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 23	86
Figura 35 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 24	87
Figura 36 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 27	88
Figura 37 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 28	89
Figura 38 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 29	90
Figura 39 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 34	91
Figura 40 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 51	92
Figura 41 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 72	93
Figura 42 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 21	94
Figura 43 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 23	95
Figura 44. Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 24	96
Figura 45 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 27	97
Figura 46 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 28	98
Figura 47 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 29	99
Figura 48 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 34	100
Figura 49 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 51	101
Figura 50 Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 72	102

Resumen

El presente trabajo de investigación busca determinar la relación que se tiene entre las partes críticas y la confiabilidad (RCM) para mantener una mejor disponibilidad de las aeronaves Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6 del Ala de Transportes Nro.11, fundamentada en datos de los últimos 8 años de operación.

Cabe indicar que a través de la recopilación de datos obtenidos de los reportajes (fallas) de pilotos y técnicos, se elaborarán cuadros estadísticos que ayuden a diseñar un modelo probabilístico asertivo, tomando en cuenta la especificidad de las operaciones de vuelo que cumplen las aeronaves de la FAE en todas las regiones del país.

Además, es importante recalcar que para el desarrollo de esta investigación, se enfocará en un correcto método de análisis, manejo de información y proyección, para obtener una mejora en la confiabilidad, que permita incrementar la disponibilidad y los niveles de seguridad en las operaciones aéreas.

Es importante destacar que este modelo no solo se podrá aplicar a las aeronaves Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6 del Ala de Transportes Nro.11, sino que puede ser ampliado su uso a otras aeronaves de la Fuerza Aérea, Fuerzas Armadas e incluso a otros equipos como sistemas radar, sistemas de armas, etc.

Palabras clave: aeronaves, confiabilidad, partes, disponibilidad, Fuerza Aérea.

Abstract

This research work seeks to determine the relationship between critical components and reliability (RCM) to maintain better availability of the Boeing 737-200, Casa C-295M and Twin Otter DHC-6 aircraft of the Transport Wing No. 11, based on data from the last 8 years of operation.

It should be noted that through the collection of data obtained from the reports (failures) of pilots and technicians, statistical tables will be prepared to help design an assertive probabilistic model, taking into account the specificity of flight operations carried out by aircraft of the Ecuadorian Air Force in all regions of the country.

It is also important to emphasize that for the development of this research, it will focus on a correct method of analysis, information management and projection, to obtain an improvement in reliability, which allows increasing availability and safety levels in air operations.

It is important to highlight that this model can not only be applied to the Boeing 737-200, Casa C-295M and Twin Otter DHC-6 aircraft of the Transportation Wing No. 11, but its use can be extended to other aircraft of the Ecuadorian Air Force, Armed Forces of Ecuador and even other equipment such as radar systems, weapons systems, etc.

Key Words: Aircraft, availability, components, reliability, Air Force.

Introducción

La Constitución de la República del Ecuador asegura en su artículo 158 que las Fuerzas Armadas tienen la responsabilidad de defender la soberanía de todo el territorio nacional, así la Fuerza Aérea como parte constitutiva de las FFAA tiene como misión fundamental el control del espacio aéreo, para lo cual requiere de medios aéreos para cumplir con esta tarea.

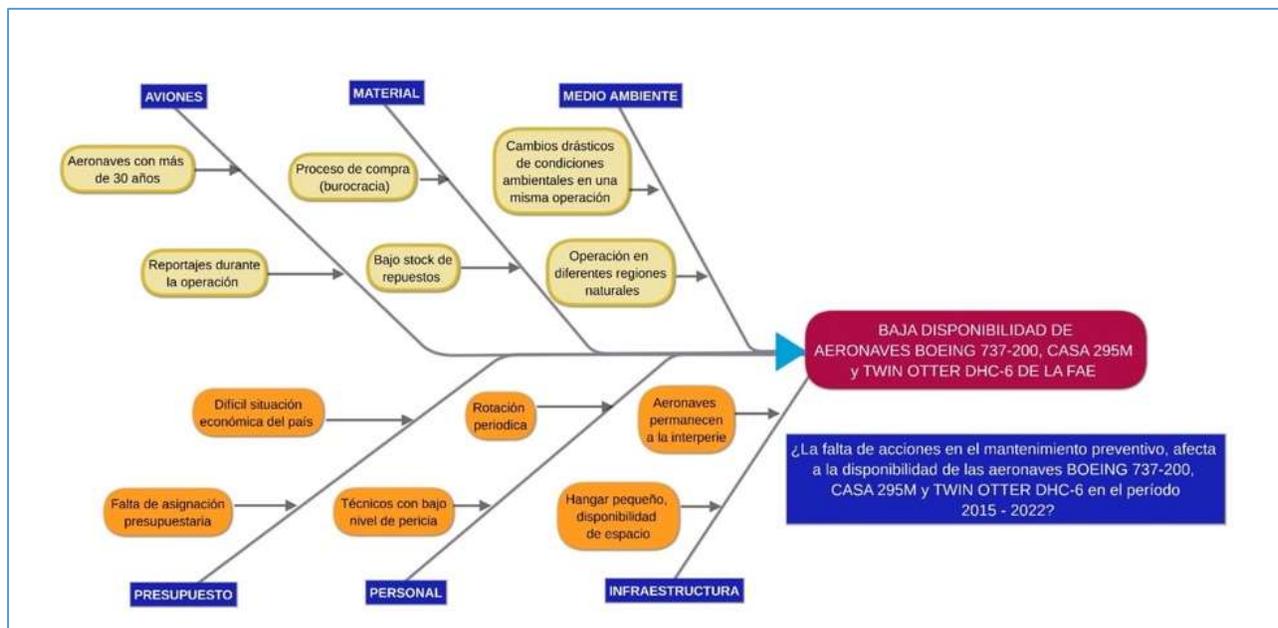
Es importante recalcar que desde 2015 ha existido una significativa disminución en el presupuesto asignado a la FAE, lo cual ha tenido un impacto directo en la adquisición de partes, repuestos y en el cumplimiento del programa de mantenimiento de las aeronaves, afectando su disponibilidad. Ante esta situación, es necesario prever la ejecución de acciones de mantenimiento preventivo utilizando métodos científicos que pronostique el tiempo de operación de las partes críticas de las aeronaves del Ala de Transportes nro.11 y de esa manera planificar su ejecución, con el fin de mejorar la disponibilidad de los medios aéreos.

Planteamiento del problema

Para dar cumplimiento a la misión de la Fuerza Aérea Ecuatoriana; es necesario mantener una adecuada disponibilidad de medios aéreos con el fin de satisfacer los requerimientos del Estado con el cumplimiento de operaciones aéreas; para ello es de suma importancia realizar un análisis descriptivo de las partes críticas de los aviones Boeing 737-200, CASA-295M y Twin Otter DHC-6 para determinar un modelo probabilístico de confiabilidad de los mismos y de esa manera prever acciones de mantenimiento preventivo que se van a necesitar para optimizar el proceso de mantenimiento y seguridad en las operaciones aéreas.

Figura 1

Diagrama Causa-Efecto de Ishikawa



Nota. Tomado de <https://www.antonioalcoer.com/porter-creating-value-estrategia-light-creating-shared-value/diagrama-de-ishikawa-causa-efecto-aplicacion-practica-y-ejemplo/>

Para contextualizar el problema, a continuación, se describe a continuación el diagrama de Ishikawa indicado en la figura 1.

Aviones

La primera aeronave Twin Otter de la Fuerza Aérea llega en el año de 1975, iniciando su operación en las diferentes regiones de nuestro país y acumulando hasta la presente fecha alrededor de 20.000 horas de vuelo.

Posterior a esto, en el 2013 se incorpora el equipo Boeing B737-200 ADV fabricado en el año 1985 y a partir del 2014 se agrega la primera de tres aeronaves Casa C-295M totalmente nuevas.

Cabe indicar que con el paso de los años los diferentes sistemas que componen las aeronaves se van envejeciendo e influye directamente a que exista mayor cantidad y recurrencia de fallas, lo cual es una afectación directa a la disponibilidad de las mismas.

Material.

En caso que se produzcan fallas en algún equipo y no existe este componente en stock, se requiere inmediatamente realizar el proceso de compra a fin de recuperar la aeronave, por lo cual la Fuerza Aérea debe efectuar los trámites reglamentarios de acuerdo a la Ley de Contratación Pública que establece el Estado. Este proceso tarda alrededor de 4 meses en el mejor de los casos, con lo cual la aeronave permanecerá en condición inoperativa durante este tiempo.

Medio ambiente.

Es necesario tener presente el medio ambiente donde se desempeñan las operaciones aéreas, tomando en cuenta que en una misma operación de vuelo se puede experimentar una gran variación de clima, temperatura, humedad, etc.; por la geografía de nuestro país; por ende, la afectación de los componentes va a ser diferente a lo establecido por el fabricante.

Presupuesto.

Considerando las consecuencias del COVID-19 que afectó a la economía mundial, nuestro país cayó en una profunda crisis económica, que ocasionó la reducción del presupuesto general del Estado destinado a la Defensa. En este sentido a la Fuerza Aérea le entregan pocos recursos económicos para el sostenimiento operativo de las aeronaves, lo cual limita en el cumplimiento de las horas de vuelo requeridas y brindar el soporte logístico necesario.

Personal.

La profesión militar exige que exista una rotación periódica del personal, ocasionando que técnicos con experiencia en el área de mantenimiento tenga que salir con el pase a otras unidades, lo cual afecta directamente en la disponibilidad de aeronaves ya que en su reemplazo son asignadas personas que, para poder alcanzar un nivel de pericia adecuado, deben capacitarse y entrenarse durante varios años. Este personal asignado requiere de más tiempo para el cumplimiento de los trabajos de mantenimiento, debido a su falta de experiencia.

Infraestructura.

En el año 2013 debido al cambio del Aeropuerto Mariscal Sucre desde la ciudad de Quito a Tababela, el Ala de Transportes Nro. 11, se vio obligada a trasladar su base de operación a la Base Aérea Cotopaxi, en donde existe un pequeño hangar para realizar el mantenimiento a las aeronaves. Cabe indicar que desde Latacunga operan 10 aeronaves de transporte y los trabajos de mantenimiento de las mismas obedece a la disponibilidad de espacio que exista en el hangar. Además, las aeronaves disponibles por falta de espacio en el hangar deben permanecer en la intemperie, ocasionando un mayor deterioro de las mismas e incremento de fallas.

De acuerdo al diagrama de Ishikawa el problema a investigar se sustenta en la siguiente pregunta: La falla de acciones en el mantenimiento preventivo afecta a la disponibilidad de las aeronaves B737-200, C-295M y DHC-6 en el periodo 2015-2022.?

Justificación del Tema

En la justificación del tema se han considerado los aspectos siguientes:

Conveniencia

La investigación será de mucha utilidad, porque a través del análisis de los datos recolectados de las aeronaves Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6 de la Fuerza

Aérea Ecuatoriana en los últimos años de operación, se podrá establecer un modelo probabilístico de confiabilidad, para determinar los tiempos de ejecución de acciones de mantenimiento preventivo que permita incrementar la disponibilidad de estos aviones.

Adicionalmente, tomando en consideración las características de la situación económica que atraviesa el país, es necesario optimizar los recursos, por lo tanto, se requiere identificar los sistemas que más se reportan durante la operación en un determinado periodo de tiempo.

Otro de los aspectos importantes en aviación es la seguridad, es así que la mayoría de las aeronaves tienen más de 30 años de operación, por lo tanto, los reportajes se siguen incrementando, presentándose incidentes que pone en riesgo la seguridad de las personas.

Relevancia social

Las aeronaves Twin Otter de la FAE arribaron al Ecuador en el año 1975, por sus características y bondades que le permiten aterrizar en pistas no preparadas, cumplen vuelos de acción cívica a ciudadanos que viven en la región amazónica en donde el transporte es el aéreo es el único disponible. Su importancia radica en realizar operaciones de transporte de personal y carga, como suministros médicos, alimentos, donaciones y provisiones, en rutas que no son atractivas para otras compañías de aviación.

El equipo B737-200 es el avión con mayor capacidad de pasajeros que tiene las FFAA para el transporte de tropas y el Casa 295M es un avión mediano de transporte y carga, donde también se pueden cumplir operaciones especiales de lanzamiento vertical.

Todas estas aeronaves han cumplido operaciones de vuelo en tiempo de crisis y conmoción nacional como sucedió en el terremoto de Manabí en el 2016, cierres de vías durante las manifestaciones indígenas y la pandemia del COVID-19; donde efectuaron operaciones de apoyo a otras instituciones del estado y de transporte sanitario aéreo.

Implicaciones prácticas

Al existir un significativo número de reportajes, ocasiona que las aeronaves permanezcan gran cantidad de tiempo en mantenimiento correctivo, afectando directamente a que no se ejecuten misiones de interés social. Ante esta problemática se requiere actuar inmediatamente, a fin de proponer cambios que permitan optimizar la disponibilidad de estas aeronaves, a través de un modelo probabilístico de confiabilidad.

Estas acciones traerán beneficios adicionales como el tener tripulaciones de vuelo actualizadas y preparadas para cualquier tipo de operación, ayudando a incrementar los índices de inseguridad.

Valor teórico

Actualmente no existe en la Fuerza Aérea un estudio que aborde la problemática presentada en las aeronaves del Ala de Transporte Nro.11 respecto a un modelo probabilístico de confiabilidad de sistemas de aeronaves, lo cual afecta directamente a la disponibilidad de aeronaves y la seguridad operacional, por lo cual es necesario conocer que acciones de mantenimiento preventivo se debe planificar aplicar en un determinado periodo de tiempo para prevenir las fallas.

Utilidad metodológica.

Esta investigación proporcionará a la Fuerza Aérea un nuevo modelo que permita ejecutar y prever acciones de mantenimiento a sistemas críticos de las aeronaves de forma más efectiva. Además, se podrá realizar una correlación con el resto de aeronaves de la FAE con el propósito de que sea ampliado a los otros escuadrones, para contribuir al mejoramiento de las capacidades que ayuden al cumplimiento de la misión encomendada por el Estado.

Objetivos

Objetivo General

- Realizar un análisis descriptivo de las partes críticas de los aviones Boeing 737-200, CASA-295M y Twin Otter DHC-6, propuesta modelo probabilístico de confiabilidad.

Objetivos Específicos

- Establecer la relación entre las teorías de soporte y las variables de estudio.
- Determinar la confiabilidad de los últimos años de las aeronaves Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6 de la FAE.
- Establecer los sistemas críticos que afectan a la disponibilidad de las aeronaves Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6 de la FAE.
- Elaborar una propuesta de modelo probabilístico de confiabilidad de sistemas críticos para aeronaves Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6 de la FAE.

Hipótesis

- Existe una baja disponibilidad de aeronaves B737-200, C-295M, DHC-6 en los últimos años.
- Existe una disminución de horas de vuelo en las aeronaves B737-200, C-295M y DHC-6 en los últimos años.
- Existen sistemas de las aeronaves que presentan fallas continuas.

Estructura del Trabajo de Titulación

La tabla 1 muestra la estructura del trabajo de titulación, distribuida en la introducción y cinco capítulos desarrollados en función de los objetivos específicos de la investigación e hipótesis.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

Tabla 1

Estructura del Trabajo de Titulación

Capítulo	Estructura	Objetivos Específicos e Hipótesis
Introducción	<ul style="list-style-type: none"> • Planteamiento del Problema • Justificación del Tema • Objetivos: General y Específicos • Hipótesis • Estructura del Trabajo de Titulación 	
I. Marco Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción al Marco Teórico • Concepciones y Definiciones • Definiciones y Variables • Instrumentos de medición de las variables • Modelos a utilizarse 	OE1: Establecer la relación entre las teorías de soporte y las variables de estudio.
II. Diseño Metodológico	<ul style="list-style-type: none"> • Enfoque epistemológico de la investigación • Paradigma de la investigación • Enfoque metodológico • Diseño y alcance de la investigación • Procedimientos de investigación • Procesamiento y análisis de datos 	
Capítulo	Estructura	Objetivos Específicos e Hipótesis
III. Análisis de la Información	<ul style="list-style-type: none"> • Recolección y manejo de datos • Descripción de los datos • Estructura de los datos • Análisis de los datos obtenidos 	<p>OE2: Determinar la confiabilidad de los últimos años de las aeronaves Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6 de la FAE.</p> <p>OE3: Establecer los sistemas críticos que afectan a la disponibilidad de las aeronaves Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6 de la FAE.</p>

IV Propuesta	<ul style="list-style-type: none">• Fundamentación teórica• Objetivo• Descripción de la propuesta• Análisis de la propuesta	OE4: Elaborar una propuesta de modelo probabilístico de confiabilidad de sistemas críticos para aeronaves Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6 de la FAE.
V Conclusiones y futuras investigaciones	<ul style="list-style-type: none">• Conclusiones• Recomendaciones	

Capítulo I

Marco Teórico

Con el propósito de visualizar la importancia de tener un adecuado porcentaje de disponibilidad de los medios aéreos de la Fuerza Aérea Ecuatoriana que le proporcione al Estado no solo mejorar su sistema de defensa, sino también para el desarrollo del país, se han revisado las siguientes teorías que veremos a continuación.

Se presentan las teorías de soporte que respaldan el estudio de las partes críticas y la disponibilidad, cada una con sus respectivas dimensiones. De esta manera se visualizará la evolución de mencionadas teorías, mediante la elaboración de líneas de tiempo.

Concepciones y Definiciones

Se presentan las teorías de soporte que respaldan el estudio de las partes críticas y la disponibilidad, cada una con sus respectivas dimensiones. De esta manera se visualizará la evolución de mencionadas teorías, mediante la elaboración de líneas de tiempo.

Teorías

En razón que el tema de investigación se relaciona al ámbito militar, se ha considerado también describir las teorías del institucionalismo y las relaciones internacionales. Cabe recalcar que el mantenimiento es una actividad eminentemente técnica, por lo que también se utilizarán las teorías de administración y de calidad; ya que están enfocadas en la necesidad de los estados en mantener la capacidad operativa y logística de sus medios de defensa.

Teorías del institucionalismo.

Varios autores han abordado esta teoría al querer conceptualizar la seguridad y defensa de una nación, por lo tanto, las fuerzas armadas se ven involucradas en éste espectro.

Admitamos que en la mayoría de países del mundo las instituciones castrenses mantienen un

estatus de respeto y prestigio que se han ganado durante muchos años por ser parte activa y decisiva en la historia de la sociedad.

Lo que más le interesaba a Thostein Veblen, era el estudio del comportamiento regulado por instituciones (Figueras, 2013), dentro de este contexto, el conglomerado de hábitos, ideas o pensamientos estaba regido por mencionadas organizaciones, convirtiendo a éstas, en el génesis del hacer o pensar de las personas.

Como punto importante de esta teoría, Jhon Commons destacó la innovación social junto a las acciones empresariales de una institución, donde la economía institucional deben basarse en las regulaciones laborales para poder fomentar un cambio institucional y poder afrontar los cambios que puedan amenazar al conglomerado, por esto puede decirse que, las organizaciones oficiales dan estabilidad al sector económico porque regeneran estructuras en cuanto la cultura y las costumbres (Rossi, 2016).

Para Meyer y Rowan la base de supervivencia de una organización y su desarrollo está regido por la legitimidad. En este sentido, la fiabilidad y el equilibrio de las organizaciones depende de la demostración de la conveniencia, credibilidad y adaptabilidad de los valores vinculados con la normativa que rige la sociedad (Martin et al., 2010).

Di Maggio & Powel (como se citó Pacheco et al., 2017) en de esta teoría indican que los cambios se dan por el acatamiento de una norma o ley de obligatorio cumplimiento (de, y es importante detallar que las organizaciones públicas o privadas son influenciadas por la sociedad y la norma que las rigen, dando paso a la búsqueda de aceptación de la organización. La organización debe ser dinámica para poder adaptarse a los requerimientos cambiantes de la sociedad.

El enfoque ostromiano se centra en la visión del individuo para determinar quién está facultado para tomar decisiones, la búsqueda y organización de la información, además,

aborda la vinculación entre las acciones individuales y las decisiones colectivas (Gonzalo et al., 2015).

Figura 2

Línea de tiempo del institucionalismo.



Nota. Tomado de Gonzalo et al. 2015

Las Fuerzas Armadas son una institución formal dentro de la organización estatal, por lo que es importante mostrar las teorías del institucionalismo.

Teorías de las relaciones internacionales

La teoría de las Relaciones Internacionales, se establece mediante la interacción que se da entre instancias internacionales en diversos escenarios: económico, político, geográficas, culturales y jurídicas

En 1945 en Westfalia, surge a partir de la firma del Tratado como resultado de la guerra de los Treinta Años a inicios del siglo XVII, otorgando la soberanía a estados de Europa Central, con lo cual se confirma que el territorio es el requisito clave para ser parte de la política internacional, además se consolidó la burocracia y la creación de ejércitos nacionales.

Durante el siglo XIX Francia decide hacer la guerra al resto de Europa y difundir sus ideales de República, ante esta amenaza varias naciones realizan una alianza a través del Congreso de Viena de 1815, estableciendo un orden internacional basado en el equilibrio del poder.

A raíz de las dos guerras mundiales se altera el orden mundial, en donde el sistema de alianzas terminó arrastrando a las grandes potencias a las guerras catastróficas, debido a dos aspectos importantes como fue el avance tecnológico e industrial. En 1945 con la creación de las Naciones Unidas surge la necesidad de crear un mecanismo que regule la diferencia de poderío entre los países a fin de intervenir en las crisis internacionales.

Los siguientes cincuenta años no se rigen por el sistema de Naciones Unidas sino por una confrontación bipolar establecida durante la Guerra Fría, en donde la seguridad colectiva se configura como producto de la fuerza de las circunstancias.

El fin de la Guerra Fría, trae grandes transformaciones en la vida social de todo el mundo, con consecuencias en las relaciones internacionales ya van perdiendo sentido y capacidad por la conformación de una especie de sociedad global.

El nuevo orden mundial ya no puede enfocarse en los antiguos sistemas internacionales ya que es muy extenso y complejo, como es el terrorismo considerado como una nueva forma de guerra; así también las nuevas amenazas que afectan a los estados como lo es el narcotráfico y el crimen organizado transnacional, quienes han ingresado a todas las instituciones de los estados corrompiéndolos a tal manera que se ha hecho muy difícil eliminar o neutralizar sus actividades ilícitas en los sistemas gubernamentales.

Por lo tanto la Teoría de las Relaciones Internacionales está estrechamente relacionada con las guerras y la relación entre estados, es así que nuestra investigación se enfoca en incrementar la capacidad operativa de aeronaves perteneciente a las Fuerzas Armadas que

tiene como misión fundamental la defensa de la soberanía e integridad territorial. Cabe indicar que la presente tesis está directamente enfocada en el ámbito militar, por lo tanto, tiene relación directa con las relaciones internacionales, porque la misión encomendada a las Fuerzas Armadas es la defensa de la soberanía e integridad territorial.

Figura 3

Línea de tiempo de relaciones internacionales.



Nota. Tomado de <https://view.genial.ly/609af4a22973130d5c241915/interactive-content-linea-de-tiempo-internacional>

Teoría general de la administración

En esta teoría se deduce que la administración es una verdadera ciencia expresando que es un conjunto de posiciones estructuradas lógicamente, que predicen y explican las conductas (Hernández, 2014).

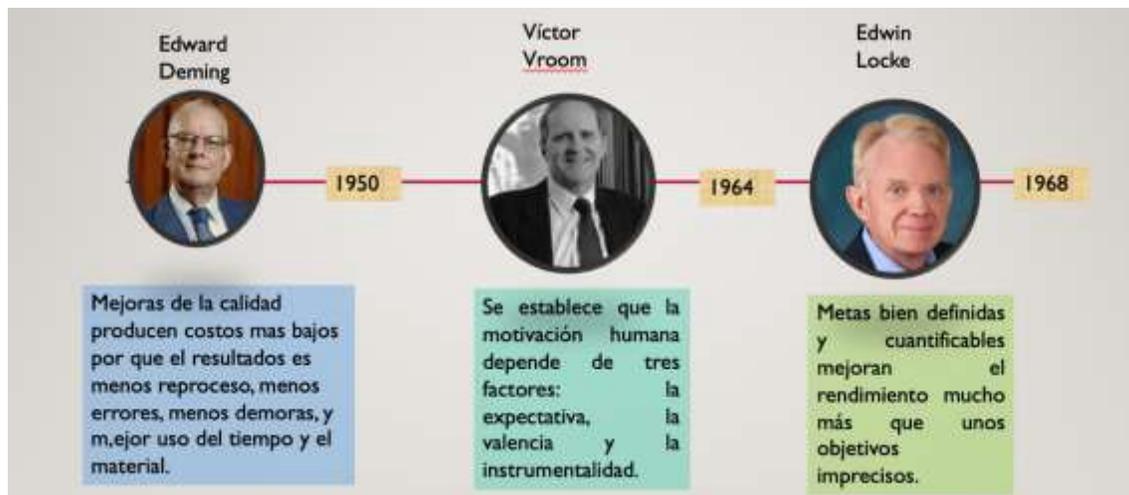
La importancia de esta teoría según Zacarías (2014) está centrada en la participación de los sentidos, que concentran su esfuerzo máximo para dar servicios o productos de calidad; al llegar a este punto conviene decir que el producto final de un trabajo de mantenimiento debe

ser la disponibilidad de los medios aéreos para poder cumplir la misión, donde el ciclo de Deming se convierte en una excelente herramienta para aplicar a dichos procesos.

La importancia de esta teoría es la relación entre la fuerza individual y los cambios de las fuerzas motivadoras, la cual se representa por la convicción que posee la persona que al realizar un esfuerzo en su trabajo, éste se reflejará en el efecto deseado (Hernández, 2014). Esta teoría brinda a la investigación de campo y de laboratorio tiene una fuerte correlación con el establecimiento de metas y pasos: diagnóstico, preparación, énfasis, realización de revisiones intermedias, realización de una revisión final (Hernández, 2014).

Figura 4

Línea de tiempo de la Teoría de la Administración.



Nota. Tomado de <https://cjmrcampeche.blogspot.com/2018/01/linea-del-tiempo-de-teorias.html>

Teoría de la calidad

La esencia de la competitividad debe mantenerse dentro la institución armada, aun cuando conocemos que se tiene el monopolio de la fuerza y no tenemos otra institución ajena a la milicia que se dedique a nuestra labor; sin embargo, la importancia de la calidad es vital para aplicarla en todos los procesos de la Fuerza Aérea.

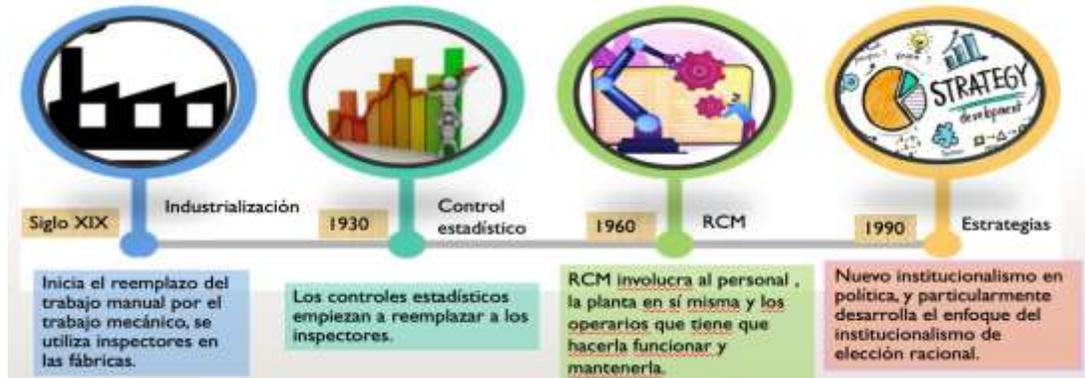
Para poder entender la teoría de calidad, tenemos que remontarnos a inicios del siglo XIX donde Europa occidental el trabajo manual fue reemplazado por las máquinas; y de esa manera, las cadenas de producción se vuelven más complejas, para industrias y empresas a partir de 1930; ya no solo utilizan los inspectores, sino también los controles estadísticos, favoreciendo ampliamente a los procesos tecnológicos. Para Cesar et al. (2006) el enfoque técnico de la calidad se inicia con la gestión de la calidad en procesos y productos.

En la presente investigación hemos considerado esta teoría, porque a través de su aplicación podemos proponer un modelo, que permita operar las aeronaves Twin Otter de manera efectiva y segura. El RCM se aplica en la mayoría de flotas aéreas del mundo, incrementando la disponibilidad de equipos, reduce costos y ayuda a la mejora de la seguridad. El RCM cambia especialmente el personal encargado de mantenerla.

A inicios de los 90, los procesos de calidad son vinculados como un proceso estratégico, considerando que ya se consideran los procesos de mejora continua; por esta razón, la calidad ya no es ejercida únicamente por inspectores; sino por la dirección de la empresa; la implantación de un sistema de gestión de calidad, en medida en que lleva a la formulación explícita de la estrategia competitiva, puede redefinir la estructura para atender las prioridades de la organización (Cesar et al., 2006).

Figura 5

Línea del tiempo de la teoría de la calidad.



Nota. Tomado de <https://view.genial.ly/5b3434f82b26473a76cb6d94/interactive-content-linea-de-tiempo-gestion-de-calidad>

Teoría de la Probabilidad

La historia de la probabilidad está estrechamente ligada con los juegos de azar; por ejemplo, el juego del astrágalo, el cual fue el ancestro del juego de dados en la civilización egipcia, sin embargo, propondremos las teorías más aplicables para el presente trabajo y poder desarrollar el modelo probabilístico propuesto en la FAE.

Blas Pascal y Pierre Fermat fueron matemáticos que a 1654, empezaron a formalizar la teoría de las probabilidades (Restrepo & González 2002) analizaron las probabilidades que salgan resultados deseados a través del lanzamiento de dos dados; aunque su trabajo no fue expuesto por escrito, otros autores tomaron analizaron el contenido de la correspondencia que mantenían Pascal y Fermat en aquella época.

Pierre Laplace se basó en las ideas de Bernoulli, Moivre, Bayes y Lagrange, para escribir muchos artículos sobre temas de la probabilidad; y fue en 1812, cuando publicó su libro *Théorie Analytique des Probabilités*, donde tiene un riguroso desarrollo sobre la aplicabilidad de

su teoría en problemas astronómicos, jurídicos, demográficos, sociales, considerándola como una parte autónoma de las matemáticas. El aporte de Laplace, permitió el avance en la estadística probabilística (Restrepo & González, 2002).

El matemático ruso Lvovich Chebyshev quién expuso en 1845 que la probabilidad de una variable aleatoria que contenga alguna varianza finita, se puede situar a cierta medida de su media o esperanza matemática. Por ende, este teorema es importante aplicarlo cuando es difícil dar un valor exacto a la probabilidad de un evento. Para Alirio, et al. (2012) la desigualdad permite demostrar probabilidades. Los fundamentos modernos de la teoría de la probabilidad matemática se dio por uno de los matemáticos más brillantes del siglo XX, el ruso Andréi Kolmogorov ; quién desarrolla su teoría axiomática “Nociones de cálculo de probabilidades” (Cifuentes, 2014) donde formaliza la teoría de las probabilidades, donde se venían manejando en el ámbito estrictamente estadístico, y Kolmorórov le da un carácter propio casi independiente a la estadística descriptiva.

Figura 6

Línea de tiempo de la Teoría de la Probabilidad



Nota. Adaptado de

https://www.researchgate.net/publication/333520077_Linea_de_Tiempo_de_Probabilidad_Andrea_Vergara_y_Soledad_Estrella

Para nuestra investigación es importante la teoría de la probabilidad porque se encarga de estudios aleatorios y su objetivo es modelar matemáticamente un experimento de interés, a fin de determinar la posibilidad que ocurra un determinado evento; también se hará referencia a la incertidumbre de la medida se vincula con un número que representa la dispersión de los valores atribuidos a lo mesurando (Pol, 2015).

Definiciones y variables

Conceptualización de cada variable

Las variables de la presente investigación son:

Variable Independiente

Partes críticas.

Variable dependiente

Confiabilidad.

Partes Críticas

Son elementos de una aeronave que debido a su mal funcionamiento afecta la operación normal de avión, ocasionando que se quede en tierra durante un período de tiempo.

Confiabilidad

Corresponde a la posibilidad de que un equipo ejecute una tarea en un período de tiempo establecido. Garantiza que se optimicen los costos, la seguridad, la calidad y disminuya la ocurrencia de fallas.

Por lo antes descrito, podemos establecer que en nuestra investigación la variable independiente son las partes críticas, en vista que este podemos manipularlo, corregirlo en base a los resultados obtenidos.

La confiabilidad corresponde a la variable dependiente, ya que a través de la manipulación de las partes críticas vamos a mejorar los niveles de disponibilidad de las aeronaves.

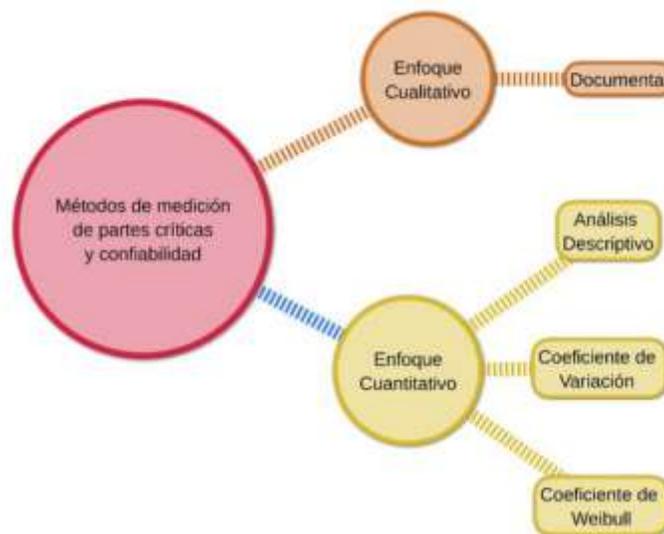
En las dos variables vamos a utilizar el enfoque cuantitativo y cualitativo; en lo que respecta a las partes críticas se hará referencia al análisis descriptivo, coeficiente de variación y distribución de Weibull; mientras que en la confiabilidad se utilizará el análisis descriptivo y el coeficiente de variación.

Instrumentos de medición de las variables

En la figura 7 se esquematiza los métodos de medición que se utilizarán en la investigación. A saber, existen dos: el enfoque cualitativo y cuantitativo. Durante este proceso investigativo será necesario la aplicación de los dos métodos.

Figura 7

Métodos de medición de las variables.



Nota. Elaboración propia

En el enfoque cualitativo se utilizará la siguiente técnica documental, extrayendo datos e información de fuentes científicas (Rubio, 2005). El enfoque cuantitativo se aplicará las técnicas que se describen a continuación:

Análisis descriptivo

Consiste en realizar la descripción de las tendencias de una población.

Coefficiente de variación

Es el Pearson, corresponde a la medida de la dispersión que es relativa de un conjunto de datos.

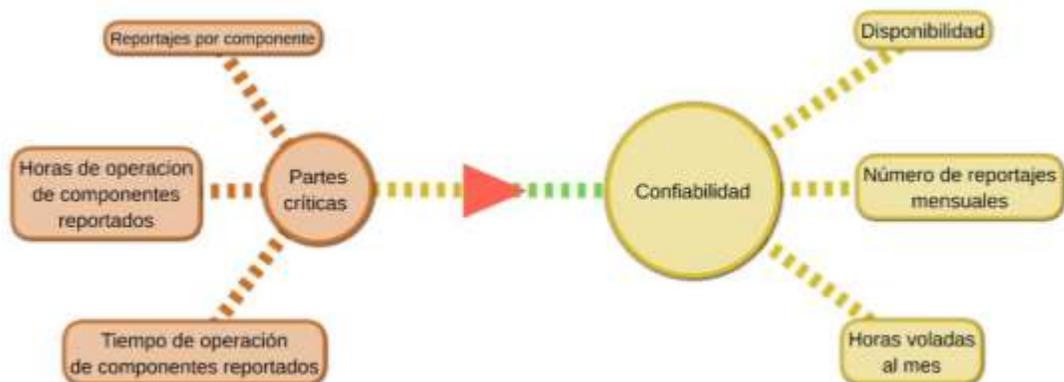
Distribución de Weibull

Que es una función de probabilidad continua que es utiliza en cálculos estadísticos para modelar la vida útil de productos o sistemas.

En la figura 8, se presenta el modelo de integración de variables que permitirá determinar el modelo probabilístico de confiabilidad de partes críticas de las aeronaves en estudio.

Figura 8

Métodos de integración de variables.



Nota. Elaboración propia

Modelos a utilizar

La investigación sobre “*Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)*” de Moubray (2004), tuvo como objetivo encontrar un marco de trabajo que sintetice los nuevos avances en mantenimiento, se enfocó en los elementos físicos, su capacidad y confiabilidad inherente. La metodología utilizada es a través del análisis de fiabilidad poniendo en práctica técnicas de mantenimiento predictivo, preventivo, reactivo, y proactivo de los equipos, basado en la operación. Entre los resultados que se obtuvieron son: mayor seguridad y protección del entorno. Concluyó que el RCM tiene resultados rápidos, así la mayoría de las organizaciones pueden aplicarlo en menos de un año, con beneficios de seguridad y precisión durante su operación

En el trabajo sobre la “*Doctrina del mantenimiento, mantenibilidad, fiabilidad y aplicación en equipos aeronáuticos*” de Moreno (2004), su objetivo fue buscar las razones porque las aeronaves fallan e implementar correcciones para prevenirlas a futuro. Utilizó la metodología del análisis de fallas a través de la ingeniería de la fiabilidad. Como resultados obtenidos se encontró que, al aplicar modelos matemáticos, permite direccionar sus esfuerzos hacia la causa principal por las cuales el sistema no opera de manera óptima y por ende reducir costos. En conclusión, indica que las técnicas de fiabilidad son esenciales en la gestión de mantenimiento ya que permiten tener una idea clara hacia donde se deben dirigir los esfuerzos.

Rendón (2007) elaboró un “*Modelo matemático óptimo de Mantenimiento y fiabilidad aplicado a la aviación comercial*” para resolver la necesidad de técnicas garantizadas en políticas sobre el mantenimiento de equipos en las aerolíneas. La metodología utilizada fue la puesta en práctica de técnicas de inferencia estadística a la inspección de la condición de un elemento/sistema y su estrategia de mantenimiento. Los resultados permitieron actualizar la tecnología actual, la monitorización de los dispositivos y efectos inmediatos en la duración,

seguridad y coste de los equipos. En conclusión, la manera más eficaz de reducir gastos en mantenimiento es mejorar la precisión en la predicción de la fiabilidad.

En la investigación de Díaz (2018) sobre la implementación del mantenimiento preventivo aplicado a los trenes de aterrizaje de aviones Boeing 737-clásicos, su objetivo propone la implementación de un programa centrado en la confiabilidad. Utiliza la metodología RCM basado en la jerarquía de los subsistemas reportados en la bitácora de vuelo. Como resultado se obtuvo que la metodología RCM produce respuestas rápidas y puede aplicarse a la mayoría de las organizaciones. Se develó la importancia del mantenimiento preventivo confiable, correctivo expresado en horas-hombre.

En su investigación sobre el "Desarrollo de una metodología para identificar fallos en los elementos de productos aeronáuticos mediante el enfoque basado en confiabilidad", Zamora (2018) creó una metodología que contribuya a disminuir los gastos asociados a la adquisición innecesaria de repuestos para aeronaves y a mantener un inventario mínimo de piezas de repuesto. Utiliza técnicas de revisión documental y observación registrada, empleando herramientas de recopilación de datos mediante el análisis de modo y efectos de falla a través del SGS. Los resultados obtenidos incluyen un modelo que permite optimizar la confiabilidad de las flotas de aeronaves, al mismo tiempo que reduce los costos asociados al mantenimiento de piezas y la mano de obra. En sus conclusiones, señala que la metodología MCC se emplea para evaluar los requisitos de mantenimiento, resultando en una disminución de los costos asociados.

La investigación de Polanco (2022) sobre el "*Modelo de abastecimientos basado en confiabilidad para la flota de helicópteros TH-67*", tiene como objetivo garantizar la aeronavegabilidad continua a través de una óptima gestión de abastecimientos y el análisis de la confiabilidad. En cuanto a la metodología que emplea usa la recolección de datos e investigación descriptiva, explicativa y correlacional. En sus resultados se estableció que este modelo se puede aplicar en 9 pasos en los cuales realiza adaptación, integración y desarrollo

de la metodología TPM, PMO y EOQ, y requiere una actualización periódica para aumentar su efectividad. Su conclusión menciona que se definió las herramientas de confiabilidad que permitió analizar las fallas con relación al reemplazo de componentes.

Matriz de variables

Objetivo Específico	Variables	Dimensiones	Hipótesis	Reactivos	Instrumentos	Fuente
Establecer la relación entre las teorías de soporte y las variables de estudio.	Confiabilidad Partes críticas					
Determinar la disponibilidad de los últimos años de las aeronaves Boeing 737-200, Casa C295M y Twin Otter DH-6 de la FAE	Confiabilidad	Disponibilidad Horas voladas.	Existe una baja en la disponibilidad de aeronaves B737-200, C-295M, DHC-6 en los últimos años. Existe una disminución de horas de vuelo en las aeronaves B737-200, C-295M, DHC-6 en los últimos años.	Datos	Informe mensual. Registros de mantenimiento.	Secundarias
Establecer los sistemas críticos que afectan a la disponibilidad de las aeronaves.	Partes críticas.	Reportajes Horas de operación Tiempo de operación.	Existen sistemas de las aeronaves que presentan fallas continuas.	Datos	Registros de mantenimiento de aeronaves.	Secundarias
Elaborar un modelo probabilístico de confiabilidad de partes críticas en función de los hallazgos obtenidos en la investigación.		Secuencia entre fallos. Intervalos de confianza.		Datos		

Capítulo II

Diseño Metodológico

Introducción al Diseño Metodológico

El enfoque epistemológico elegido para la investigación es el Empirismo-Inductivo, que utiliza análisis matemáticos y estadísticos. Se basará en datos de los últimos 8 años de operación de las aeronaves Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6 de la FAE. La recopilación de datos de informes técnico/operativos se utilizará para elaborar cuadros estadísticos y diseñar un modelo probabilístico de confiabilidad. Se considerará la especificidad de las operaciones de vuelo realizadas por la FAE en todas las regiones del país.

Definición del Objeto de Estudio

El actual trabajo de investigación, geográficamente se circunscribe en el Ala de Transportes nro.11 en la ciudad de Latacunga y se enfocará en la relación entre las partes críticas y la confiabilidad de las aeronaves Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6 del Ala de Transportes Nro.11. El objetivo es determinar cómo mantener una mejor disponibilidad de mencionadas aeronaves basándose en datos de los últimos 8 años de operación.

El estudio se basará en la recopilación de datos de reportes de fallas de pilotos y técnicos, y se utilizarán cuadros estadísticos para diseñar un modelo probabilístico asertivo.

Además, se enfocará en el correcto método de análisis, manejo de información y proyección para mejorar la confiabilidad, con el objetivo de incrementar las horas y los niveles de seguridad en las operaciones aéreas

Enfoque Epistemológico de la Investigación

Dentro de la investigación, en lo que respecta al enfoque epistemológico, como fuente primaria del conocimiento, se optará por el Empirismo-Inductivo que aplica análisis matemáticos y estadísticos (Patricio, 2018), porque el trabajo se fundamentará en datos basados en la operación de los últimos 8 años de las aeronaves Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6 de la FAE.

Cabe indicar que a través de la recopilación de datos obtenidos de los reportajes (fallas) de pilotos y técnicos, se elaborarán cuadros estadísticos que ayuden a diseñar un modelo probabilístico de confiabilidad, tomando en cuenta la especificidad de las operaciones de vuelo que cumple la FAE en todas las regiones del país.

Además, es importante recalcar que, para el desarrollo de esta investigación, se enfocará en un correcto método de análisis, manejo de información y proyección, para mejorar la confiabilidad operativa, que permita incrementar la disponibilidad y los niveles de seguridad en las operaciones aéreas.

Paradigma de la investigación

El paradigma usado como modelo de investigación para el presente trabajo será el positivismo, que buscará una investigación concentrada en la descripción y explicación (Gallegos et al., 2018), para lo cual nos enfocaremos en la utilización y análisis de medios estadísticos empleando variables para su estudio.

En lo que respecta a la ontología, las aeronaves Boeing 737-200 y Twin Otter DHC-6 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana tienen un promedio de 40 años de antigüedad lo que ha afectado directamente a su mantenimiento, debido a que los reportajes se siguen incrementando con el paso de los años, incidiendo en el no cumplimiento de misiones y la seguridad de las operaciones aéreas. Por otro lado, el equipo Casa 295M es una aeronave relativamente nueva,

ya que se lo adquirió en el 2014; sin embargo, por los pocos recursos económicos que asigna el Estado, se hace necesario optimizar la utilización de este presupuesto para mantener operativas estas plataformas aéreas.

En lo referente a la epistemología, como miembros de la FAE, somos conscientes de la baja disponibilidad de aeronaves que atraviesa la institución y nos enfocaremos en obtener soluciones objetivas y totalmente independientes que permitan apoyar al cumplimiento de las operaciones de vuelo.

La metodología que se utilizará, es la distribución exponencial a través del análisis de reportajes de partes críticas presentadas durante los últimos años, tomando en cuenta la confiabilidad. Además, a través de la estadística por medio de un análisis de tendencias y de acuerdo a los resultados obtenidos se propondrá un modelo probabilístico de confiabilidad de sistemas críticos de las aeronaves capaz de mejorar la disponibilidad de los medios aéreos.

Enfoque metodológico

El enfoque mixto es la combinación de los elementos cuantitativos y cualitativos para implementarlos en el recorrido científico-metodológico (Hernández et al ., 2014). El presente trabajo de investigación se enmarcará en el enfoque mixto, en vista que se utilizará tanto el enfoque cuantitativo para el análisis de datos numéricos a fin de establecer el diseño del modelo, que permita identificar la probabilidad que un sistema presente una falla durante un periodo de tiempo determinado.

Y el enfoque cualitativo-documental porque se recolectará información de documentos como informes mensuales de operación de las aeronaves para su posterior análisis.

Diseño de la investigación.

En lo que se refiere a la concepción del diseño de investigación existen dos tipos las experimentales y las no experimentales (Hernández et al., 2014). Los experimentales se

utilizan mediante la manipulación de variables para establecer el posible efecto de una causa y los no experimentales no manipulan deliberadamente sus variables. Para la investigación se utilizará las no experimentales en vista que no se procederá a manipular las variables de estudio, solo se observará el comportamiento de las diferentes fallas que se han presentado durante la operación de las aeronaves Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6 de la FAE.

Tipo de Investigación

Longitudinal

Dentro de nuestro análisis se realizará a través del tipo longitudinal, en vista que se recopilarán datos de los diferentes reportajes, cantidad de horas de vuelo, a fin de establecer como ha variado la disponibilidad en mencionadas aeronaves durante el período comprendido entre 2015 al 2022.

Con respecto al tipo longitudinal hay tres diseños de tendencia, de evolución de grupo y panel. Los diseños de tendencia y evolución de grupo analizan cambios a través del tiempo, pero en etapas específicas. El diseño de panel establece que una población es seguida a lo largo del tiempo y es el que más se adapta a las características de nuestra investigación, en razón que vamos a analizar los reportajes de las aeronaves de transporte que se han presentado durante los últimos 5 años de operación.

Alcance de la investigación: Descriptivo y Correlación

El descriptivo describe las tendencias de una población y el correlacional asocia variables mediante un patrón. Para el alcance de nuestra investigación, vamos a utilizar los dos alcances el descriptivo para realizar el análisis de las tendencias de las fallas que se presentan en las aeronaves en los últimos años y el correlacional porque a través de este método nos permitirá asociar variables, realizar predicciones y hacer una cuantificación de relaciones.

Determinación de la Población y del Tamaño de la Muestra

La población de estudio para nuestra investigación corresponde a tres tipos de aeronaves de transporte de la Fuerza Aérea Ecuatoriana: Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6 de la FAE, las cuales por las diferentes misiones que cumplen como transporte de tropas y carga, puente aéreo entre varias regiones del país, evacuación aeromédica, vigilancia y reconocimiento, entre otras son de vital importancia para la seguridad y apoyo al desarrollo.

Para nuestro trabajo de investigación no aplica el diseño muestral, en vista que los datos serán obtenidos de los registros de mantenimiento e informes mensuales de las aeronaves Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6 de la FAE desde el año 2015 que serán proporcionados por el Ala de Transportes nro.11.

Fuentes de Investigación

Secundaria

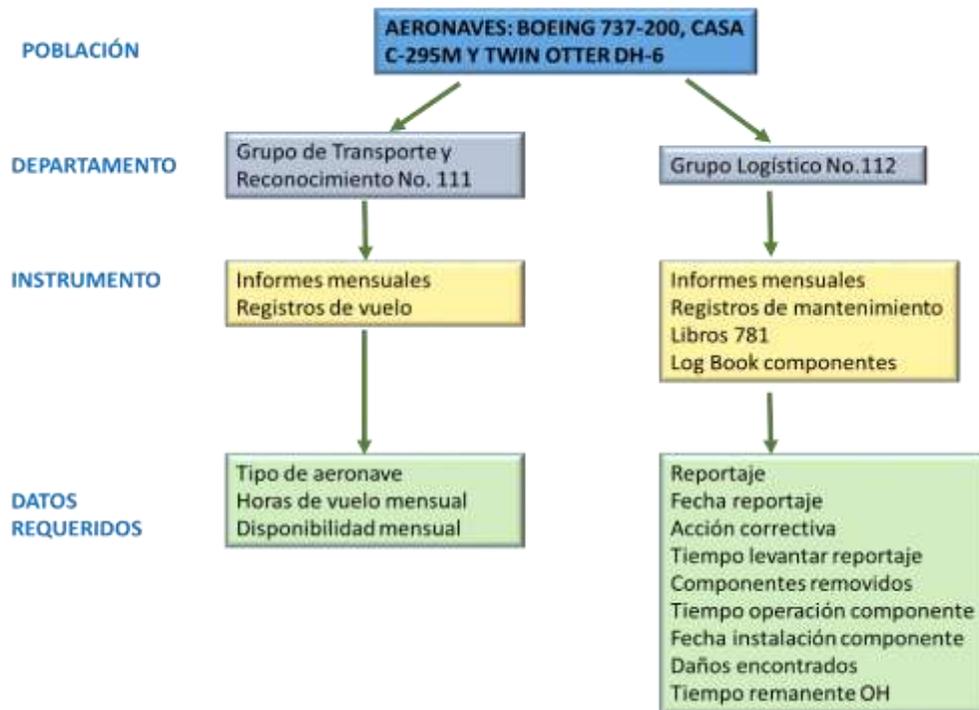
Las fuentes primarias contienen información original que no ha sido procesada producto de una investigación y las secundarias proporcionan información sintetizada como por ejemplo de base de datos.

Para el presente estudio se utilizarán fuentes secundarias en vista que se van a recolectar datos de los archivos existentes de la operaciones de las aeronaves Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6, como son informes mensuales, registros de mantenimiento, libros 781 y log book de componentes mayores

Detalle del Procedimientos de Toma de Datos

Figura 9

Procedimiento para la recolección de datos



Nota. Adaptado de Hernández et al., 2014. Elaboración propia

Los procedimientos para la recolección de datos son los siguientes:

- Establecer la población, para nuestra investigación son las aeronaves de transportes Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6.
- Luego determinamos el lugar donde vamos a obtener la información, que corresponde al Grupo de Transportes y Reconocimiento Nro.111 y Grupo Logístico Nro.112.
- A continuación, establecemos los documentos en los cuales se obtendrá la información como son: informes mensuales, registros de vuelo, registros de mantenimiento, libros 781 y log book de componentes.

- Finalmente se procederá a buscar la información requerida: tipo de aeronave, horas de vuelo, disponibilidad mensual, reportajes, fecha de reportajes, acciones correctivas, tiempo para levantamiento de reportajes, componentes removidos, fecha instalación de componentes removidos, daños encontrados y tiempo remanente OH.

Procesamiento de la Información.

Para el procesamiento de la información primero obtendremos los datos a través de fuentes de información secundarias, que serán recolectadas de diferentes documentos de los departamentos del Ala de Transportes Nro.11, estos datos serán tabulados. Luego se utilizará el análisis descriptivo para obtener las tendencias de las fallas que se presentan en las aeronaves en los últimos años y el correlacional para asociar variables; mediante la utilización del software R. (Universitat Politècnica De Valencia, 2014, p. 33)

Análisis Estadístico de la Información.

En lo que se refiere a las técnicas estadísticas, se utilizará el coeficiente de variación, el análisis factorial exploratorio y el modelo probabilístico.

El coeficiente de variación se lo empleará para el análisis de las fallas a fin de establecer las partes críticas que se encuentren fuera de límite en lo referente a cantidad de reportajes.

La distribución de Weibull que corresponde a una función de probabilidad continua nos permitirá a través de cálculos estadísticos modelar la vida útil de productos o sistemas.

Finalmente se elaborará el modelo probabilístico de fallas de sistemas críticos de las aeronaves con los hallazgos obtenidos en la investigación.

Capítulo III

Análisis de la Información

Recolección y Manejo de Datos

Nate Silver en su obra "La señal y el ruido" explica "cómo navegar por la maraña de datos que nos inunda, localizar los que son relevantes y utilizarlos para elaborar predicciones infalibles" (Skali, 2021). Por lo tanto, se centra en la importancia de los datos que se pueden obtener y su uso en el proceso de toma de decisiones, especialmente en el contexto de la estadística y la predicción. En el libro, Silver explora cómo los datos pueden ayudarnos a distinguir entre la "señal", que representa información valiosa y relevante, y el "ruido", que son datos irrelevantes o aleatorios.

Descripción de datos

En el presente trabajo de investigación, se analizarán los datos correspondientes a la confiabilidad del equipo B737-200, CASA-295M y Twin Otter DHC-6, las partes críticas que han presentado reportajes (fallas) en los últimos 8 años y que ha afectado a la operatividad del avión de transporte de pasajeros del Ala de Transportes Nro. 11.

Con relación a la fuente de los datos a analizar; han sido obtenidos de los cuadros estadísticos que maneja el Grupo Logístico Nro.112, cuya información ha sido reportada y recopilada por pilotos y técnicos en el formulario 781 de los libros de vuelo.

Estructura de los datos

La Disponibilidad

De las aeronaves.

Se reflejan tres tipos principales que han sido objeto de un seguimiento y recopilación significativa de datos en los últimos 8 años, que corresponde a los aviones Boeing B737-200, CASA-295M y Twin Otter DHC-6, estos equipos de vuelo son aviones militares de transporte de pasajeros y carga. Adicional, las aeronaves militares han sido objeto de seguimiento intensivo debido a consideraciones de seguridad nacional y estrategia militar del Estado ecuatoriano.

De la cantidad de aeronaves.

Se refleja el número de aeronaves que posee cada tipo de equipo de vuelo del Ala de Transporte Nro. 11 acantonada en Latacunga; Por otro lado, las aeronaves pueden experimentar fluctuaciones en su número debido a factores como cambios en la estrategia de defensa nacional, operaciones en el ámbito interno y programas de modernización. Sin embargo, en nuestro caso, no se puede mantener la disponibilidad de las pocas unidades que dispone la Fuerza Aérea.

Del porcentaje de disponibilidad.

Se desprende un indicador crítico que muestra el grado de operatividad de cada tipo de equipo de vuelo en los últimos 8 años. Este porcentaje es un reflejo directo de la capacidad operativa de la fuerza para brindar un servicio específico y realizar sus funciones según lo dispuesto en las operaciones militares, un alto porcentaje de disponibilidad es esencial para cumplir con la planificación de las operaciones no solo de la Fuerza Aérea, sino de las Fuerzas Armadas.

Análisis de los datos obtenidos

Disponibilidad

Tabla 2

Disponibilidad media de aeronaves del Ala Nro.11

AVIÓN	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
	CANT.	DISP.														
CASA	3	2,13	3	1,37	3	1,59	3	1,19	3,00	1,70	3,00	1,2	3,00	0	3,00	0,11
TWIN	3	1,07	3	0,95	3	0,87	3	0,72	3,00	0,30	3,00	0,38	3,00	0,73	3,00	0,67
BOEING	1	0,28	1	0,62	1	0,81	1	0,65	1,00	0,15	1,00	0,66	1,00	0,71	1,00	0,55
TOTAL	7	3,48	7	2,94	7	3,27	7	2,56	7	2,15	7	2,24	7	1,44	7	1,33

De acuerdo a la tabla anterior se puede apreciar que ha existido una tendencia a la baja en la disponibilidad de aeronaves, así mientras en el año 2015 se aprecia una disponibilidad de 3,48 para el año 2022 ha disminuido considerablemente al 1,33.

Horas de vuelo

Tabla 3

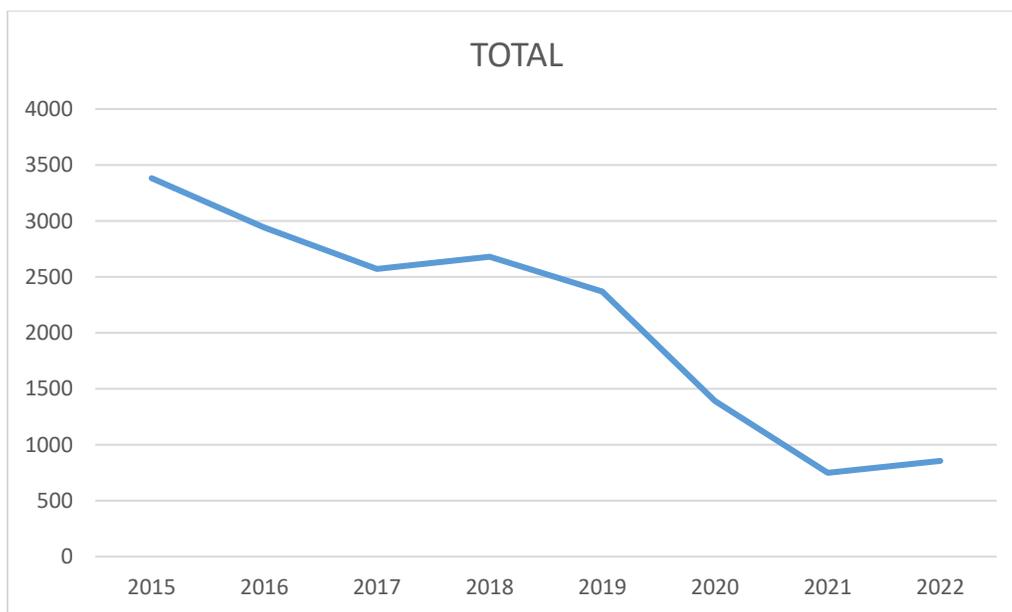
Horas cumplidas por las aeronaves del Ala de Transporte Nro.11

AERONAVES	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
CASA	1850:05	1417:25	1871:30	1772:40	1959:50	445:25		164:30
TWIN	1296:30	1010:20	698:30	907:50	409:35	565:30	407:30	452:30
BOEING	236:05	512:25	656:40	774:20	193:15	379:50	342:15	239:25
TOTAL	3382:40	2940:10	3236:40	2854:50	2562:40	1390:45	749:45	856:25

Nota. Datos del Grupo Logístico Nro.112

Figura 10

Horas cumplidas por las aeronaves del Ala de Transporte Nro. 11



Nota. Datos del Grupo Logístico Nro.112

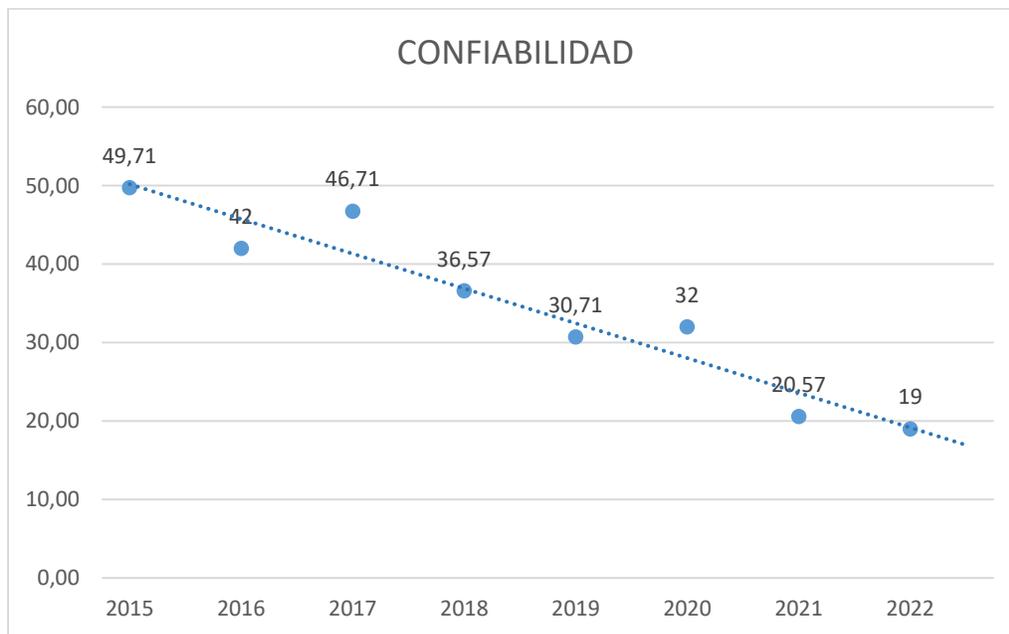
De acuerdo a la gráfica se puede concluir que existe una disminución en las horas de vuelo de las aeronaves en estudio, así mientras en el 2015 se voló 3382 horas, para el año 2022 disminuyó a 856 horas.

Confiabilidad

AÑO	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
CONFIABILIDAD	49,71	42	46,71	36,57	30,71	32	20,57	19

Figura 11

Confiabilidad de aeronaves del Ala Nro.11



Nota. Datos del Grupo Logístico Nro.112

De acuerdo a la gráfica anterior se puede apreciar que ha existido una tendencia a la baja en la confiabilidad de aeronaves, así mientras en el año 2015 se aprecia una confiabilidad del 49,71%, para el año 2022 ha disminuido considerablemente al 19%. Por lo tanto al ser la confiabilidad, la posibilidad de que una aeronave cumpla una operación de vuelo en un período de tiempo establecido, y al analizar los registros de los últimos 8 años se determina que existe una disminución del más del 50% de la confiabilidad de aviones Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6.

Análisis reportajes aeronaves por ATAS

Para el análisis de los reportajes se han considerado las principales ATA (Air Transport Association) que corresponde a la clasificación para mantenimiento de los diferentes sistemas de las aeronaves.

Aeronave BOEING FAE-630

Tabla 4

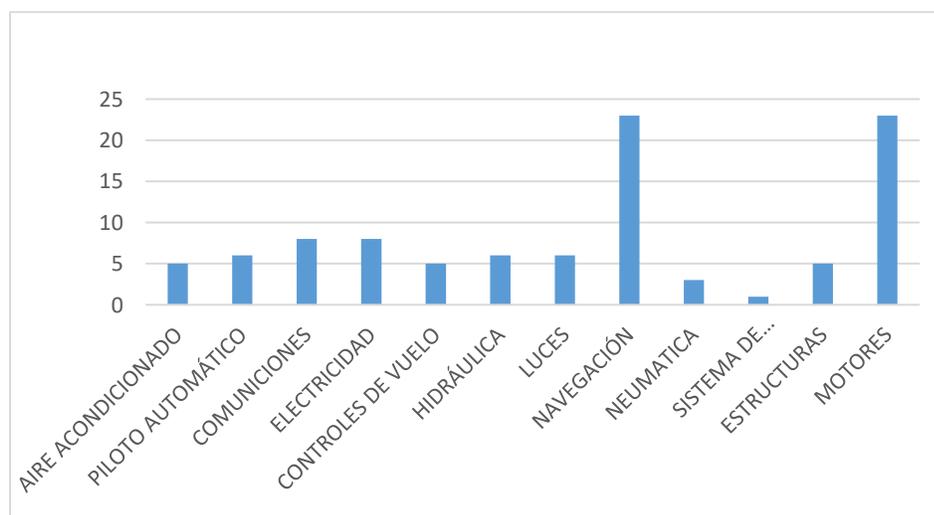
Cuadro de reportajes B737-200 del año 2015

ORD	SISTEMA	ATA	NÚMERO DE REPORTAJES
1	AIRE ACONDICIONADO	21	5
2	PILOTO AUTOMÁTICO	22	6
3	COMUNICACIONES	23	8
4	ELECTRICIDAD	24	8
5	CONTROLES DE VUELO	27	5
6	HIDRÁULICA	29	6
7	LUCES	33	6
8	NAVEGACIÓN	34	23
9	NEUMÁTICA	36	3
10	SISTEMA DE INFORMACIÓN	46	1
11	ESTRUCTURAS	51	5
12	MOTORES	72	23
TOTAL		TOTAL	99

Nota. Reportajes B737-200 del año 2015

Figura 12

Gráfico de reportajes B737-200 del año 2015



Nota. Datos del Grupo Logístico Nro.112

Tabla 5

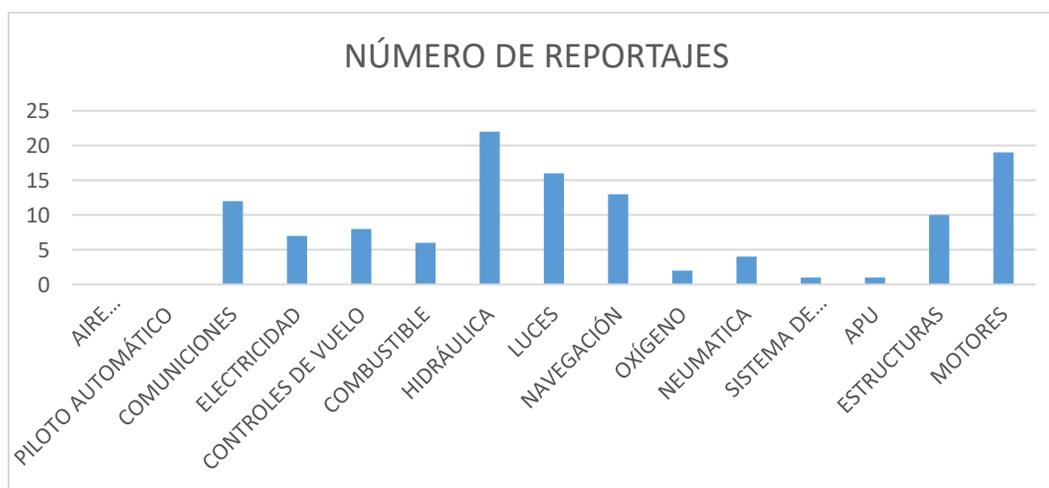
Cuadro de reportajes B737-200 año 2016

ORD	SISTEMA	ATA	NÚMERO DE REPORTAJES
1	AIRE ACONDICIONADO	21	0
2	PILOTO AUTOMÁTICO	22	0
3	COMUNICACIONES	23	12
4	ELECTRICIDAD	24	7
5	CONTROLES DE VUELO	27	8
6	COMBUSTIBLE	28	6
7	HIDRÁULICA	29	22
8	LUCES	33	16
9	NAVEGACIÓN	34	13
10	OXÍGENO	35	2
11	NEUMÁTICA	36	4
12	SISTEMA DE INFORMACIÓN	46	1
	APU	49	1
13	ESTRUCTURAS	51	10
14	MOTORES	72	19
	TOTAL	TOTAL	121

Nota. Reportajes B737-200 año 2016

Figura 13.

Gráfico de reportajes B737-200 año 2016



Nota. Datos del Grupo Logístico Nro.112

Tabla 6

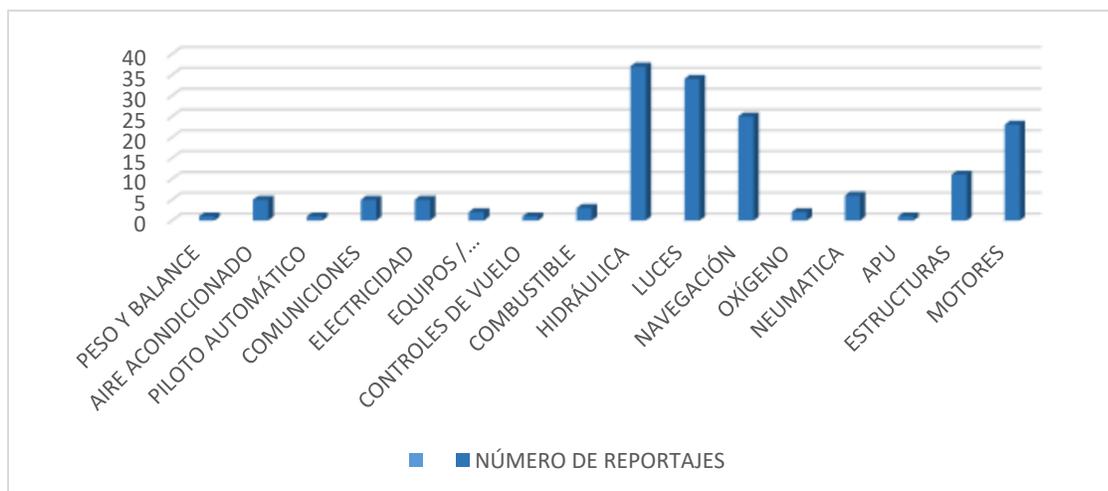
Cuadro de reportajes B737-200 año 2017

ORD	SISTEMA	ATA	NÚMERO DE REPORTAJES
1	PESO Y BALANCE	8	1
2	AIRE ACONDICIONADO	21	5
3	PILOTO AUTOMÁTICO	22	1
4	COMUNICACIONES	23	5
5	ELECTRICIDAD	24	5
6	EQUIPOS / SALVAMENTO	25	2
7	CONTROLES DE VUELO	27	1
8	COMBUSTIBLE	28	3
9	HIDRÁULICA	29	37
10	LUCES	33	34
11	NAVEGACIÓN	34	25
12	OXÍGENO	35	2
13	NEUMÁTICA	36	6
14	APU	49	1
15	ESTRUCTURAS	51	12
16	MOTORES	72	23
	TOTAL	TOTAL	162

Nota. Reportajes B737-200 año 2017

Figura 14

Gráfico de reportajes B737-200 año 2016



Nota. Datos del Grupo Logístico Nro.112

Tabla 7

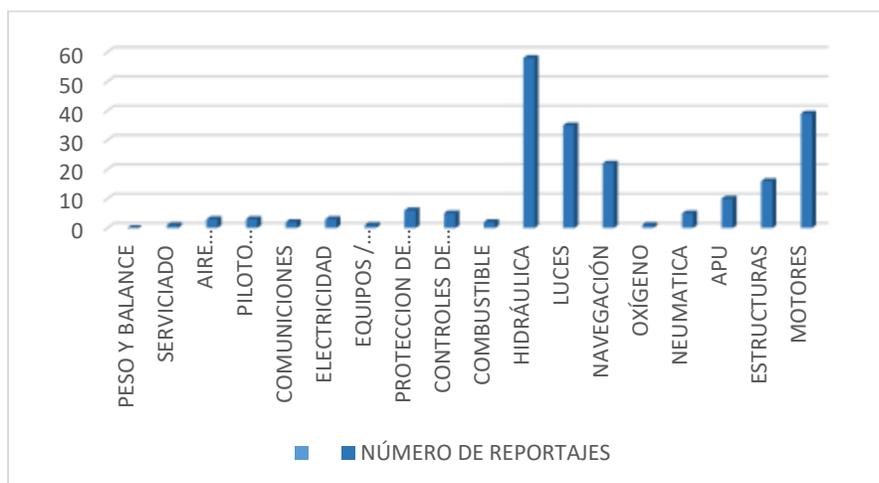
Cuadro de reportajes B737-200 año 2018

ORD	SISTEMA	ATA	NÚMERO DE REPORTAJES
1	PESO Y BALANCE	8	0
2	SERVICIADO	12	1
3	AIRE ACONDICIONADO	21	3
4	PILOTO AUTOMÁTICO	22	3
5	COMUNICACIONES	23	2
6	ELECTRICIDAD	24	3
7	EQUIPOS / SALVAMENTO	25	1
8	PROTECCION DE FUEGO	26	6
9	CONTROLES DE VUELO	27	5
10	COMBUSTIBLE	28	2
11	HIDRÁULICA	29	58
12	LUCES	33	35
13	NAVEGACIÓN	34	22
14	OXÍGENO	35	1
15	NEUMATICA	36	5
16	APU	49	10
17	ESTRUCTURAS	51	16
18	MOTORES	72	39
TOTAL		TOTAL	212

Nota. Reportajes B737-200 año 2018

Figura 15

Gráfico de reportajes B737-200 año 2018



Nota. Datos del Grupo Logístico Nro.112

Tabla 8

Cuadro de reportajes B737-200 año 2019

ORD	SISTEMA	ATA	NÚMERO DE REPORTAJES
1	AIRE ACONDICIONADO	21	0
2	PILOTO AUTOMÁTICO	22	8
3	COMUNICACIONES	23	1
4	ELECTRICIDAD	24	4
5	CONTROLES DE VUELO	27	0
6	COMBUSTIBLE	28	0
7	HIDRÁULICA	29	8
8	LUCES	33	7
9	NAVEGACIÓN	34	9
10	OXÍGENO	35	1
11	NEUMÁTICA	36	6
12	SISTEMA DE INFORMACIÓN	46	0
	APU	49	2
13	ESTRUCTURAS	51	7
14	MOTORES	72	2
	TOTAL	TOTAL	55

Nota. Reportajes B737-200 año 2019

Figura 16

Gráfico de reportajes B737-200 año 2019



Nota. Datos del Grupo Logístico Nro.112

Tabla 9

Cuadro de reportajes B737-200 año 2020

ORD	SISTEMA	ATA	NÚMERO DE REPORTAJES
1	AIRE ACONDICIONADO	21	0
2	PILOTO AUTOMÁTICO	22	10
3	COMUNICACIONES	23	0
4	ELECTRICIDAD	24	6
5	CONTROLES DE VUELO	27	0
6	COMBUSTIBLE	28	6
7	HIDRÁULICA	29	24
8	LUCES	33	12
9	NAVEGACIÓN	34	7
10	OXÍGENO	35	1
11	NEUMÁTICA	36	0
12	SISTEMA DE INFORMACIÓN	46	0
	APU	49	16
13	ESTRUCTURAS	51	8
14	MOTORES	72	10
	TOTAL	TOTAL	100

Nota. Reportajes B737-200 año 2020

Figura 17

Gráfico de reportajes B737-200 año 2020



Nota. Datos del Grupo Logístico Nro.112

Tabla 10

Cuadro de reportajes B737-200 año 2021

ORD	SISTEMA	ATA	NÚMERO DE REPORTAJES
1	SERVICIADO	12	2
2	AIRE ACONDICIONADO	21	2
3	PILOTO AUTOMÁTICO	22	4
4	COMUNICACIONES	23	0
5	ELECTRICIDAD	24	5
6	PROTECCION FUEGO	26	5
7	CONTROLES DE VUELO	27	1
8	COMBUSTIBLE	28	0
9	HIDRÁULICA	29	22
10	LUCES	33	8
11	NAVEGACIÓN	34	19
12	OXÍGENO	35	5
13	NEUMÁTICA	36	1
14	SISTEMA DE INFORMACIÓN	46	0
15	APU	49	4
16	ESTRUCTURAS	51	0
17	MOTORES	72	16
TOTAL		TOTAL	92

Nota. Reportajes B737-200 año 2021

Figura 18

Gráfico de reportajes B737-200 año 2021



Nota. Datos del Grupo Logístico Nro.112

Tabla 11

Cuadro de reportajes B737-200 año 2022

ORD	SISTEMA	ATA	NÚMERO DE REPORTAJES
1	AIRE ACONDICIONADO	21	0
2	PILOTO AUTOMÁTICO	22	5
3	COMUNICACIONES	23	0
4	ELECTRICIDAD	24	2
5	CONTROLES DE VUELO	27	3
6	COMBUSTIBLE	28	3
7	HIDRÁULICA	29	19
8	LUCES	33	5
9	NAVEGACIÓN	34	14
10	OXÍGENO	35	1
11	NEUMÁTICA	36	1
12	SISTEMA DE INFORMACIÓN	46	0
	APU	49	1
13	ESTRUCTURAS	51	12
14	MOTORES	72	11
	TOTAL	TOTAL	77

Nota. Reportajes B737-200 año 2022

Figura 19

Gráfico de reportajes B737-200 año 2022



Nota. Datos del Grupo Logístico Nro.112

Resumen reportajes del año 2015 al 2022 aeronave Boeing

Tabla 12

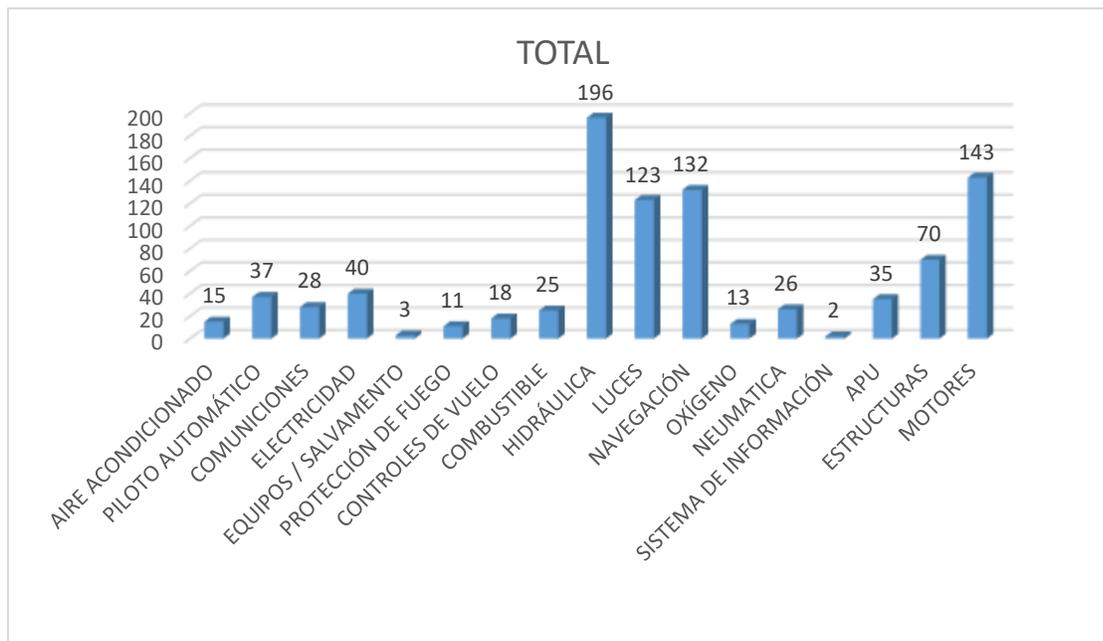
Resumen de reportajes avión B737-200 del 2015 al 2022

ORD	SISTEMA	ATA	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TOTAL
1	PESO Y BALANCE	8			1	0					1
2	SERVICIADO	12				1			2		3
3	AIRE ACONDICIONADO	21	5	0	5	3	0	0	2	0	15
4	PILOTO AUTOMÁTICO	22	6	0	1	3	8	10	4	5	37
5	COMUNICACIONES	23	8	12	5	2	1	0	0	0	28
6	ELECTRICIDAD	24	8	7	5	3	4	6	5	2	40
7	EQUIPOS / SALVAMENTO	25			2	1					3
8	PROTECCIÓN DE FUEGO	26				6			5		11
9	CONTROLES DE VUELO	27		8	1	5	0	0	1	3	18
10	COMBUSTIBLE	28	5	6	3	2	0	6	0	3	25
11	HIDRÁULICA	29	6	22	37	58	8	24	22	19	196
12	LUCES	33	6	16	34	35	7	12	8	5	123
13	NAVEGACIÓN	34	23	13	25	22	9	7	19	14	132
14	OXÍGENO	35		2	2	1	1	1	5	1	13
15	NEUMÁTICA	36	3	4	6	5	6	0	1	1	26
16	SISTEMA DE INFORMACIÓN	46	1	1		0	0	0	0	0	2
17	APU	49		1	1	10	2	16	4	1	35
18	ESTRUCTURAS	51	5	10	12	16	7	8	0	12	70
19	MOTORES	72	23	19	23	39	2	10	16	11	143
	TOTAL	TOTAL	99	121	163	212	55	100	94	77	921

Nota. Reportajes avión B737-200 del 2015 al 2022

Figura 20

Gráfico de resumen de reportajes avión B737-200 del 2015 al 2022



Nota. Datos del Grupo Logístico Nro.112

Como se puede apreciar de acuerdo al análisis anterior las ATA´s (sistemas) que presentan mayor reportajes en la aeronave Boeing desde al año 2015 al año 2022 son hidráulica, motores, navegación y luces.

Resumen reportajes del año 2015 al 2022 aeronave CASA

Tabla 13

Resumen de reportajes avión CASA 295M desde el año 2015 al 2022

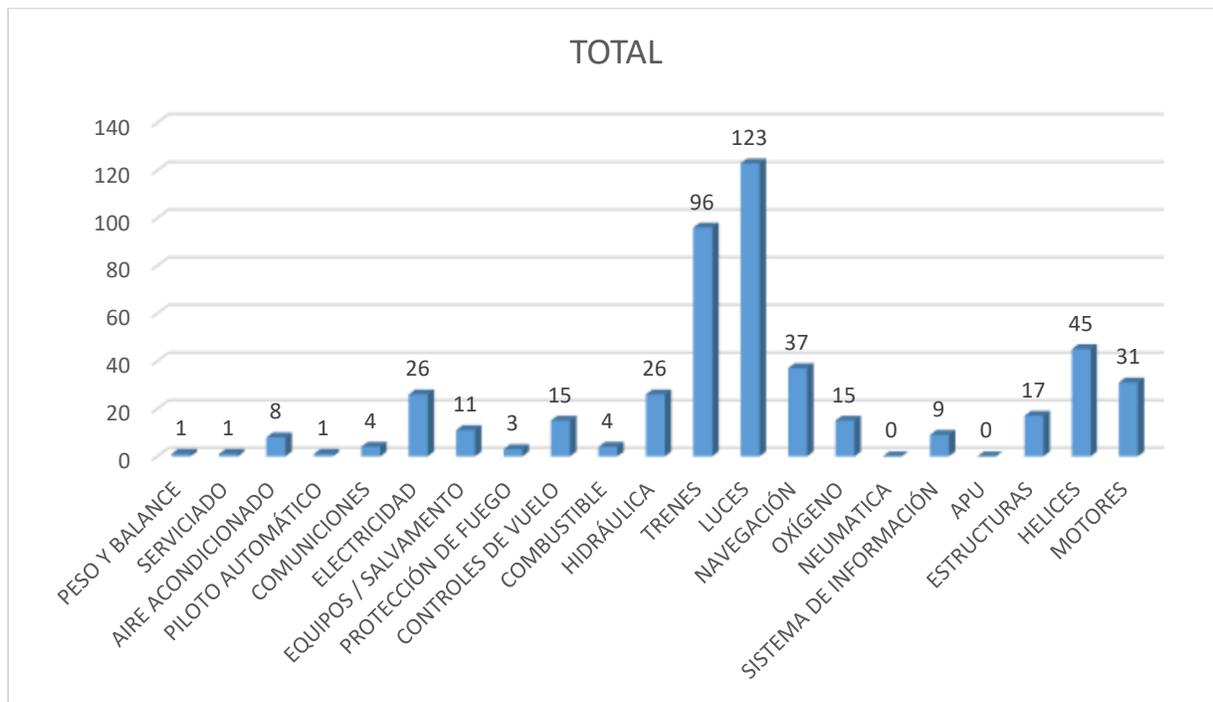
ORD	SISTEMA	ATA	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TOTAL
1	PESO Y BALANCE	8	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2	SERVICIADO	12	1	0	0	0	0	0	0	0	1
3	AIRE ACONDICIONADO	21	1	1	3	1	0	0	0	2	8
4	PILOTO AUTOMÁTICO	22	0	1	0	0	0	0	0	0	1
5	COMUNICIONES	23	0	0	0	2	1	1	0	0	4
6	ELECTRICIDAD	24	3	6	6	4	3	1	0	3	26
7	EQUIPOS / SALVAMENTO	25	4	1	0	0	2	2	0	2	11

ORD	SISTEMA	ATA	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TOTAL
8	PROTECCIÓN DE FUEGO	26	0	0	0	0	0	3	0	0	3
9	CONTROLES DE VUELO	27	2	0	2	10	0	0	0	1	15
10	COMBUSTIBLE	28	1	0	2	0	0	1	0	0	4
11	HIDRÁULICA	29	5	6	3	7	1	1	0	3	26
12	TRENES	32	16	20	13	21	17	4	2	3	96
13	LUCES	33	22	23	13	32	17	6	6	4	123
14	NAVEGACIÓN	34	9	7	9	4	2	3	1	2	37
15	OXÍGENO	35	0	0	0	1	6	0	8	0	15
16	NEUMÁTICA	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	SISTEMA DE INFORMACIÓN	46	1	0	0	3	0	3	0	2	9
18	APU	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	ESTRUCTURAS	51	6	1	3	1	2	2	0	2	17
20	HELICES	61	11	6	2	5	7	0	0	14	45
21	MOTORES	72	13	2	1	1	3	2	0	9	31
	TOTAL		95	74	57	92	61	29	17	48	473

Nota. Reportajes avión CASA 295M desde el año 2015 al 1022

Figura 21

Gráfico de resumen de reportajes avión CASA 295M desde el año 2015 al 1022



Nota. Datos del Grupo Logístico Nro.112

Como se puede apreciar de acuerdo al análisis anterior las ATA's (sistemas), que presentan mayores reportajes en la aeronave CASA desde al año 2015 al año 2022 son luces, trenes, hélices y navegación.

Resumen reportajes del año 2015 al 2022 aeronave Twin Otter

Tabla 14

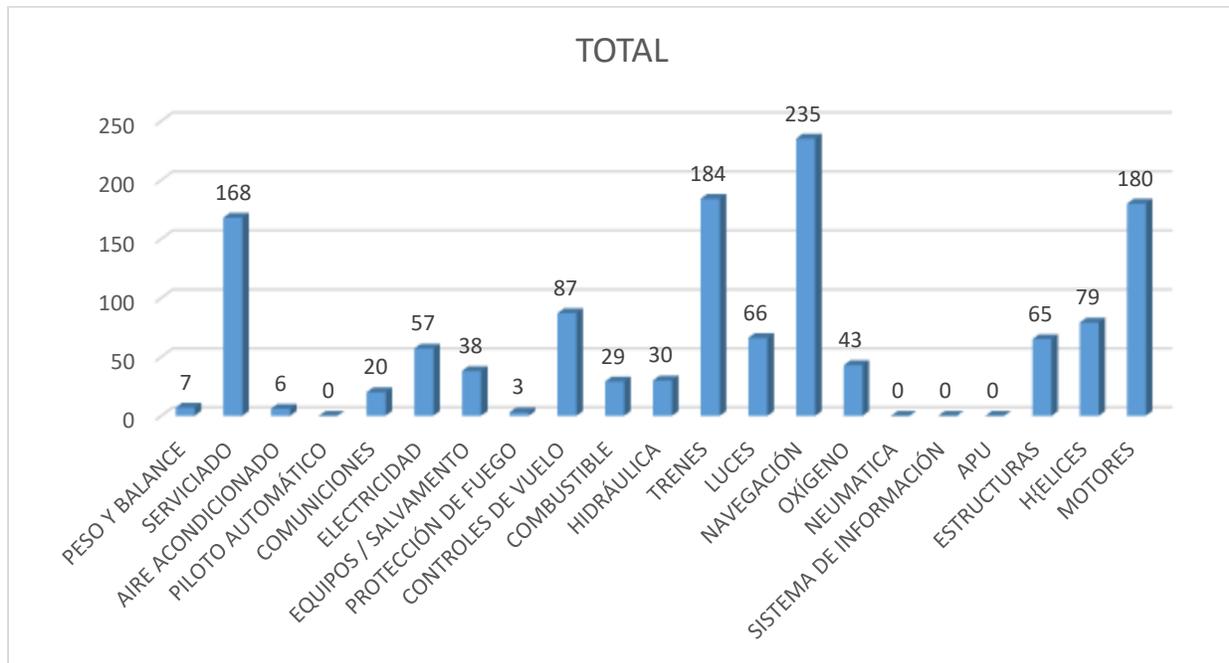
Resumen de reportajes avión Twin Otter DHC-6 desde el año 2015 al 2022

ORD	SISTEMA	ATA	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TOTAL
1	PESO Y BALANCE	8	2	1	0	0	1	0	1	2	7
2	SERVICIADO	12	64	78	3	7	0	1	12	3	168
3	AIRE ACONDICIONADO	21	0	0	0	2	1	1	2	0	6
4	PILOTO AUTOMÁTICO	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	COMUNICACIONES	23	1	3	2	2	3	2	0	7	20
6	ELECTRICIDAD	24	6	11	6	4	11	12	4	3	57
7	EQUIPOS / SALVAMENTO	25	4	4	2	0	0	1	13	14	38
8	PROTECCIÓN DE FUEGO	26	0	0	0	0	0	3	0	0	3
9	CONTROLES DE VUELO	27	25	33	6	2	7	4	7	3	87
10	COMBUSTIBLE	28	10	12	3	0	0	1	1	2	29
11	HIDRÁULICA	29	10	10	1	0	2	6	1	0	30
12	TRENES	32	47	59	31	5	11	13	9	9	184
13	LUCES	33	13	15	6	5	5	5	10	7	66
14	NAVEGACIÓN	34	52	59	11	6	10	30	41	26	235
15	OXÍGENO	35	10	12	4	2	3	5	7	0	43
16	NEUMÁTICA	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	SISTEMA DE INFORMACIÓN	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	APU	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	ESTRUCTURAS	51	17	20	9	4	4	2	3	6	65
20	HELICES	61	9	20	14	4	8	8	10	6	79
21	MOTORES	72	22	31	34	15	15	23	26	14	180
	TOTAL	TOTAL	292	368	132	58	81	117	147	102	1297

Nota. Reportajes avión Twin Otter DHC-6 desde el año 2015 al 2022

Figura 22

Gráfico de resumen de reportajes avión Twin Otter DHC-6 desde el año 2015 al 2022



Nota. Datos del Grupo Logístico Nro.112

Como se puede apreciar de acuerdo al análisis anterior, las ATA (sistemas) que presentan mayores reportajes en la aeronave Twin Otter desde al año 2015 al año 2022 son navegación, trenes, motores y controles de vuelo.

Capítulo IV

Propuesta

Fundamentación teórica

La distribución de Weibull es una función de probabilidad continua que es utilizada en cálculos estadísticos para modelar la vida útil de productos y sistemas. Fue elaborada por Waloddi Weibull en 1950 y se utiliza en ingeniería y otras disciplinas.

La distribución de Weibull es muy versátil y se aplica en el análisis de confiabilidad, así como en la estimación de la vida útil de productos, sistemas y componentes, es utilizada comúnmente en ingeniería para modelar la distribución de tiempos de fallo en equipos y materiales.

A continuación, se ejemplificará la distribución Weibull según el proyecto de tesis “Inferencia para modelos de supervivencia de un solo evento y extensiones para modelos de riesgos competitivos” (Marco, 2010)

Sea Y_1, Y_2, \dots, Y_n una muestra de v.a.s., posiblemente censurada a la derecha, tal que

$$Y_1, Y_2, \dots, Y_n \stackrel{i.i.d.}{\sim} Weibull(\theta, \alpha).$$

La función de supervivencia correspondiente de la distribución Weibull es

$$S(y) = \exp(-\theta y^\alpha) \quad \forall y > 0,$$

Y la correspondiente función de riesgo es

$$h(y) = \theta \alpha y^{\alpha-1} \quad \forall y > 0.$$

Al tomar la transformación logaritmo natural del tiempo Y , lo que observamos son pares de la forma $(T_1, \delta_1), (T_2, \delta_2), \dots, (T_n, \delta_n)$, donde $T_i = \min(W, \log C_i)$, $W = \log Y_i$, y δ_i es su indicador de censura.

De (2.17) se tiene que la v.a. W tiene función de supervivencia

$$S_W(w) = \exp\{-\theta \exp(\alpha w)\}$$

Redefiniendo los parámetros como

$$\theta = \exp\left(-\frac{\mu}{\sigma}\right) \quad \text{y} \quad \sigma = \frac{1}{\alpha} \quad \text{con} \quad -\infty < \mu < \infty, \quad \sigma > 0,$$

se obtiene el siguiente modelo log-lineal de Tiempo de Falla Acelerado $W = \mu + \sigma W^*$ (2.31)

donde μ es el parámetro de localización (o interceptación), σ es el parámetro de escala y W^* Valor Extremo (0,1), cuya función de supervivencia es

$$S_{W^*}(w^*) = \exp(-\exp^{w^*}), \quad \forall w^* \in (-\infty, \infty)$$

El modelo de tiempo de falla acelerado dado en (2.31) corresponde a un modelo de regresión de una población homogénea (ausencia de variables explicativas).

De esta forma las funciones de densidad de probabilidad y de supervivencia, respectivamente, para W son.

$$f_W(t) = \frac{1}{\sigma} \exp\left\{\frac{w - \mu}{\sigma} - \exp\left[\frac{w - \mu}{\sigma}\right]\right\}$$

$$S_W(w) = \exp(-\exp[(w - \mu)/\sigma])$$

Así la función log-verosimilitud para datos de supervivencia con censura por la derecha está dada por.

$$l(\theta) = \sum_{i=1}^n \delta_i \log f_T(t_i) + \sum_{i=1}^n (1 - \delta_i) \log S_T(t_i)$$

donde $\theta = (\mu, \sigma)$. Para encontrar el EMV de θ hay que resolver el sistema de ecuaciones:

$$\begin{cases} \frac{\partial l(\hat{\theta})}{\partial \hat{\mu}} = 0 \\ \frac{\partial l(\hat{\theta})}{\partial \hat{\sigma}} = 0 \end{cases} \quad (2.32)$$

Ya que las ecuaciones resultantes del sistema anterior son no lineales, se procede a resolverlas mediante algún método iterativo.

Una vez que se ha obtenido el EMV $\hat{\theta} = (\hat{\mu}, \hat{\sigma})$ de $\theta = (\mu, \sigma)$ se procede a calcular la matriz información observada

$$\mathbf{i}(\hat{\theta}) = - \left. \frac{\partial^2 l(\theta)}{\partial \theta^2} \right|_{\theta=\hat{\theta}}. \quad (2.33)$$

De acuerdo a (A.6) la inversa de (2.33) es un estimador de la matriz de varianza-covarianza de θ :

$$\mathbf{i}^{-1}(\hat{\theta}) = \begin{pmatrix} \widetilde{Var}[\hat{\mu}] & \widetilde{Cov}[\hat{\mu}, \hat{\sigma}] \\ \widetilde{Cov}[\hat{\mu}, \hat{\sigma}] & \widetilde{Var}[\hat{\sigma}] \end{pmatrix} \approx \begin{pmatrix} Var[\mu] & Cov[\mu, \sigma] \\ Cov[\mu, \sigma] & Var[\sigma] \end{pmatrix}$$

Tanto métodos iterativos para resolver el sistema (2.32) como la aproximación de la matriz de varianza-covarianza de θ están disponibles en varios paquetes estadísticos.

Usando la propiedad de invarianza de los EMV de μ y σ se obtienen los EMV de θ y α dados por

$$\hat{\theta} = \exp(-\hat{\mu}/\hat{\sigma}) \quad \text{y} \quad \hat{\alpha} = 1/\hat{\sigma}$$

Para obtener la varianza-covarianza de θ y α aplicamos el Método Delta, el cual consiste en una aproximación de Serie de Taylor de segundo orden:

$$Var[g(\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2)] \approx \left(\frac{\partial g}{\partial \hat{\theta}_1} \right)^2 Var[\hat{\theta}_1] + \left(\frac{\partial g}{\partial \hat{\theta}_2} \right)^2 Var[\hat{\theta}_2] + 2 \left(\frac{\partial g}{\partial \hat{\theta}_1} \frac{\partial g}{\partial \hat{\theta}_2} \right) Cov[\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2].$$

y

$$Cov[g_1(\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2), g_2(\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2)] \approx \left(\frac{\partial g_1}{\partial \hat{\theta}_1} \frac{\partial g_2}{\partial \hat{\theta}_1} \right) Var[\hat{\theta}_1] + \left(\frac{\partial g_1}{\partial \hat{\theta}_2} \frac{\partial g_2}{\partial \hat{\theta}_2} \right) Var[\hat{\theta}_2] + \left(\frac{\partial g_1}{\partial \hat{\theta}_1} \frac{\partial g_2}{\partial \hat{\theta}_2} + \frac{\partial g_1}{\partial \hat{\theta}_2} \frac{\partial g_2}{\partial \hat{\theta}_1} \right) Cov[\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2].$$

Ya que se han obtenido los EMV de θ y α y su correspondiente varianza, se procede a calcular intervalos de confianza y a realizar pruebas de hipótesis. Por ejemplo, si el intervalo de confianza para el EMV del parámetro de forma α contiene el valor 1, es posible que el modelo exponencial ajuste mejor nuestro conjunto de datos que el modelo Weibull.

Ejemplo 2.4. Considere los tiempos de falla del ejemplo 1.4 de aquellos pacientes que recibieron un trasplante autólogo. Con la finalidad de ilustrar el proceso de inferencia descrito anteriormente, suponga que el Modelo Weibull se ajusta bien a ese conjunto de dato de tiempos de falla. El código R es el siguiente:

Código en R. Ejemplo 2.4.

```
> library(KMsurv); data(alloauto);
> attach(alloauto) #se usan las variables de "alloauto" como objetos
> tiempo<-time[type==2] ; estatus<-delta[type==2];
> auto<-data.frame(tiempo,estatus)
> detach(alloauto)
# Realiza la regresion para el Modelo Weibull;
> auto.wei<-survreg(Surv(tempo,estatus)~1,data=auto, dist='weibull')
> summary(auto.wei)
```

	Value	Std. Error	z	valor-p
(Intercept)	3.452	0.218	15.821	2.24e-56
Log(scale)	0.105	0.158	0.666	5.05e-01

Scale= 1.11
Weibull distribution
Loglik(model)= -123.441 Loglik(intercept only)= -123.441

Ya que el paquete estadístico R nos da un estimado de $\log \sigma$, los EMV junto con su error estándar obtenidos respectivamente son:

$$\hat{\mu} = 3.452, \quad s.e.[\hat{\mu}] = 0.218$$

$$\log \hat{\sigma} = 0.105, \quad s.e.[\log \hat{\sigma}] = 0.158.$$

Los límites de un intervalo de confianza al 95% para los $\log \hat{\sigma}$ son

$$\log \hat{\sigma} \pm 1.96 s.e.[\log \hat{\sigma}].$$

De manera que, un intervalo de confianza para $\log \hat{\sigma}$ es (-2.20468, 0.41468). Como este intervalo incluye al cero y ya que

$$\alpha = 1 \quad \text{si y sólo si} \quad \log \sigma = 0.$$

De esta manera es plausible que el modelo Exponencial proporcione un mejor ajuste a los datos que el modelo Weibull. Para eso, se prueba la hipótesis $H_0: \alpha = 1$ (equivalentemente que $\log \sigma = 0$) mediante algún tipo de prueba, por ejemplo, la prueba de la razón de verosimilitud.

En resumen, proporcionado por R para el conjunto de datos bajo un modelo Exponencial se obtiene con las mismas instrucciones, pero cambiando la distribución Weibull por Exponencial, dando como resultado

```

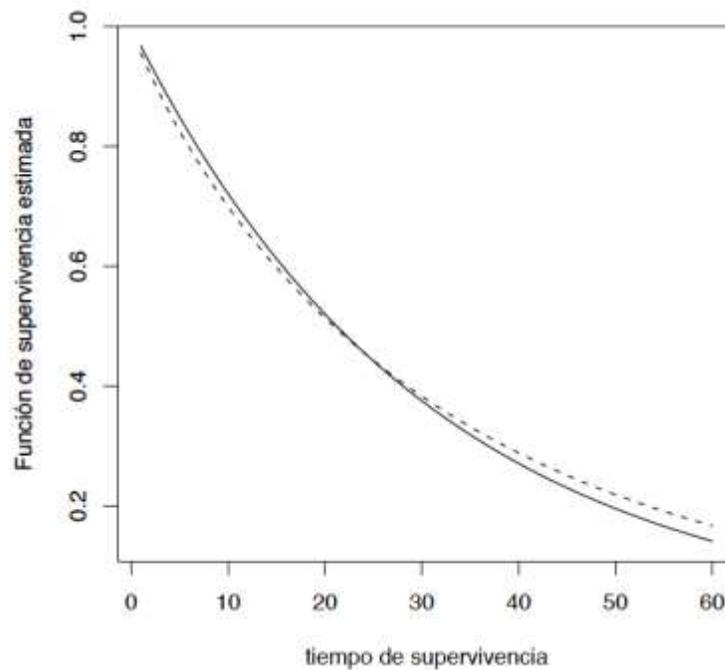
                Value      Std. Error      z      p
(Intercept)  3.42         0.189      18.1   4.52e-73
Scale fixed at 1

Exponential distribution
Loglik(model)= -123.674   Loglik(intercept only)= -123.674

```

Figura 23

Función de supervivencia estimada



Para el modelo Weibull la función log-verosimilitud es $\log L(\hat{\alpha}, \hat{\omega}) = -123.441$ y para el modelo exponencial es $\log L(\hat{\omega}_0) = -123.674$. Rechazamos la hipótesis nula si $\chi_{obs}^2 \geq 3.842$, donde

$$\chi_{obs}^2 = -2 \log \left[\frac{L(\hat{\omega}_0)}{L(\hat{\alpha}, \hat{\omega})} \right] = -2 \left[\log L(\hat{\omega}_0) - \log L(\hat{\alpha}, \hat{\omega}) \right], \quad (2.34)$$

Y 3.842 es el valor crítico del percentil $\chi_{0.05,1}^2$. Al substituir los valores correspondientes en (2.34) se tiene que $\chi_{obs}^2 = 0.467$. El valor P es

$$\text{valor } p = \Pr(X > \chi_{obs}^2) = 0.494, \quad \text{donde } X \sim \chi_1^2,$$

El cual es mayor que 0.05. Por lo tanto, no tenemos evidencia alguna para rechazar la hipótesis nula, lo cual sugiere que una distribución exponencial puede proporcionar un mejor ajuste que la distribución Weibull para ese conjunto de datos.

Los correspondientes EMV del Modelo Weibull son $\hat{\theta} = 0.045$, $\hat{\alpha} = 0.900$. El EMV para el modelo exponencial es $\hat{\theta} = 0.0327$. Las curvas de las funciones de supervivencia se obtiene al substituir los EMV en cada modelo, respectivamente (ver figura 2.4)

Objetivo

El objetivo planteado es elaborar una propuesta de modelo probabilístico de confiabilidad de sistemas críticos para aeronaves Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6 de la FAE, que permita establecer actividades de mantenimiento a fin incrementar la disponibilidad y seguridad de las aeronaves. Para lo cual mediante los registros de reportajes existentes desde el año 2015 al 2022, se establecerán parámetros de confianza que nos permitan determinar los ciclos que se presentan las fallas en los sistemas, a fin de ejecutar con anticipación actividades de mantenimiento preventivo, así como la adquisición de componentes, para evitar que las aeronaves se paren durante largos periodos de tiempo e incrementar los niveles de seguridad en el cumplimiento de las operaciones de vuelo.

Desarrollo del modelo

En base a los resultados obtenidos en el capítulo anterior, se procedió a realizar un análisis de las principales sistemas críticos (ATA's) que afectan a las aeronaves tomando en consideración varios aspectos como las estadísticas de los reportajes, los sistemas prioritarios

de las aeronaves que pueden afectar a la seguridad en vuelo; con el propósito de incrementar la disponibilidad y los niveles de seguridad.

Con lo cual se llegó a determinar las siguientes ATA's críticas, para realizar la propuesta:

Tabla 15

Cuadro de ATA's críticas de las aeronaves del Ala de Transporte Nro.11

ORD	SISTEMA	ATA	Cantidad de reportajes	Afectación a la seguridad
1	AIRE ACONDICIONADO	21		X
2	COMUNICIONES	23	X	
3	ELECTRICIDAD	24	X	X
4	CONTROLES DE VUELO	27		X
5	COMBUSTIBLE	28		X
6	HIDRÁULICA	29	X	X
7	NAVEGACIÓN	34	X	
8	ESTRUCTURAS	51	X	X
9	MOTORES	72	X	X

Nota. Datos del Grupo Logístico Nro.112

Una vez establecidas las ATA's de estudio, para nuestra propuesta se va a utilizar la distribución Weibull que corresponde a una función de densidad de probabilidad la cual es utilizada en estadísticas y teoría de probabilidad para modelar el tiempo hasta que ocurre un evento. Este modelo fue escogido ya que cumple con nuestro requerimiento, como es el determinar la vida útil de productos o sistemas, así como realizar el análisis de confiabilidad. En nuestro análisis vamos a tomar cada una de las ATA's críticas por aeronave, que fueron previamente seleccionadas y con las fechas que se presentaron los reportajes, se logrará establecer la cantidad de los días que no ha presentado fallo este sistema.

Tabla 16*Cuadro de días sin falla*

FECHA	ATA	DIAS_SIN_FALLO
9/2/2015	21	0
15/8/2015	21	187
1/5/2017	21	625
6/5/2017	21	5
4/12/2017	21	212
20/12/2017	21	16
21/12/2017	21	1
11/7/2018	21	202
12/11/2018	21	124
4/7/2021	21	965
10/7/2021	21	6

Nota. Días sin falla del sistema.

Para realizar el procesamiento y análisis de la información se utilizará el lenguaje de programación R, en vista que es un software abierto, confiable y está enfocado al estudio estadístico, debido a su flexibilidad y potencia en el análisis de datos, permitiendo una visualización gráfica de los resultados.

Se utilizó la biblioteca y las diferentes funciones estadísticas, para lo cual se puede visualizar en el Anexo 1, la codificación de nuestro programa tomando en consideración el modelo de Weibull con los siguientes aspectos importantes:

- Secuencia de tiempo entre fallos:
- Los intervalos de confianza.
- La función de riesgo para cada tiempo.

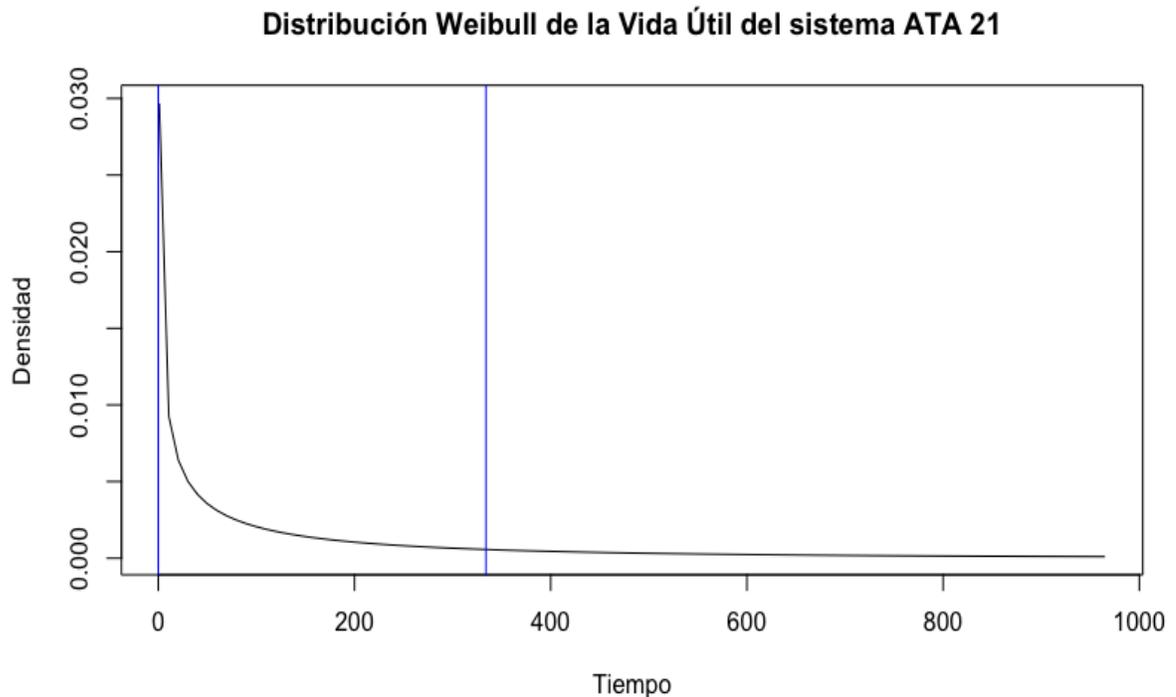
A continuación, se va a realizar el análisis de cada una de las ATA's críticas por aeronaves, mediante la aplicación de nuestro modelo probabilístico de confiabilidad.

Aplicación del modelo probabilístico de confiabilidad a la aeronave Boeing

ATA 21

Figura 24.

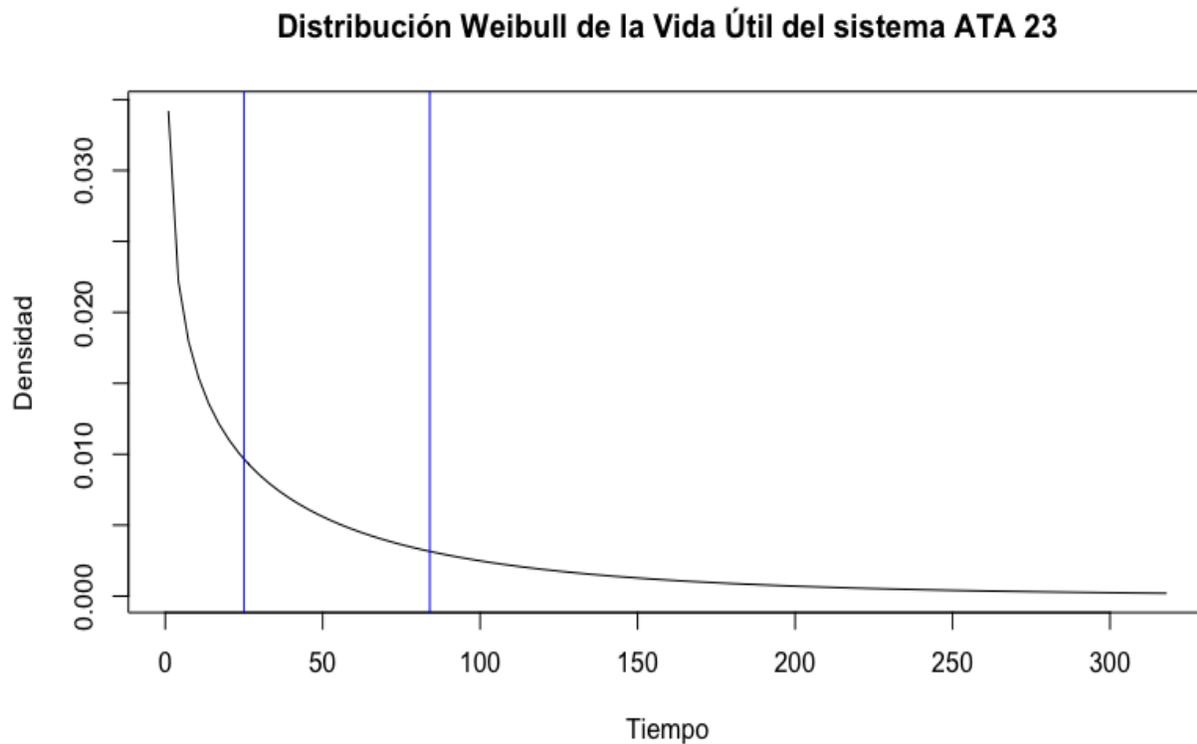
Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 21



Intervalo	Conf
(0, 334)	0,95

En la aeronave Boeing, en lo que corresponde al ATA 21 o sistema de aire acondicionado, se establece que el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 0 y 334 días con una confianza del 95 %, por lo tanto este sistema es muy irregular en su comportamiento y no se puede determinar un intervalo de tiempo para cumplir alguna acción de mantenimiento.

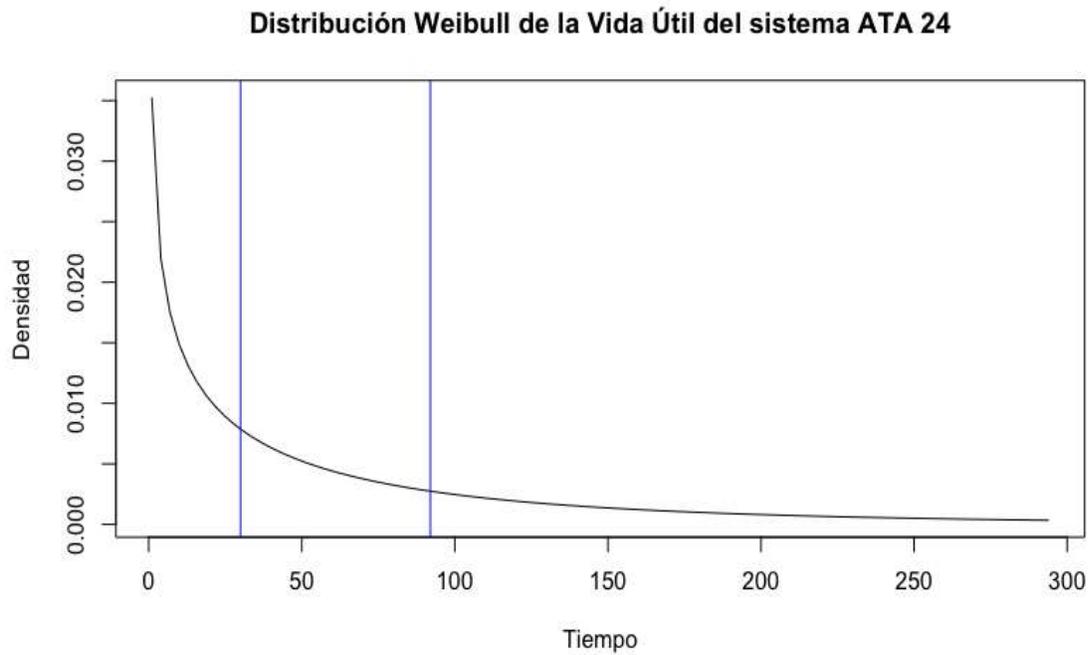
ATA 23

Figura 25*Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 23*

Intervalo	Conf
(25, 84)	0,95

En el ATA 23 o sistema de comunicaciones de la aeronave Boeing, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 25 y 84 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tendientes a mejorar la disponibilidad y seguridad en las operaciones se podrían ejecutar antes de los 25 días.

ATA 24

Figura 26*Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 24*

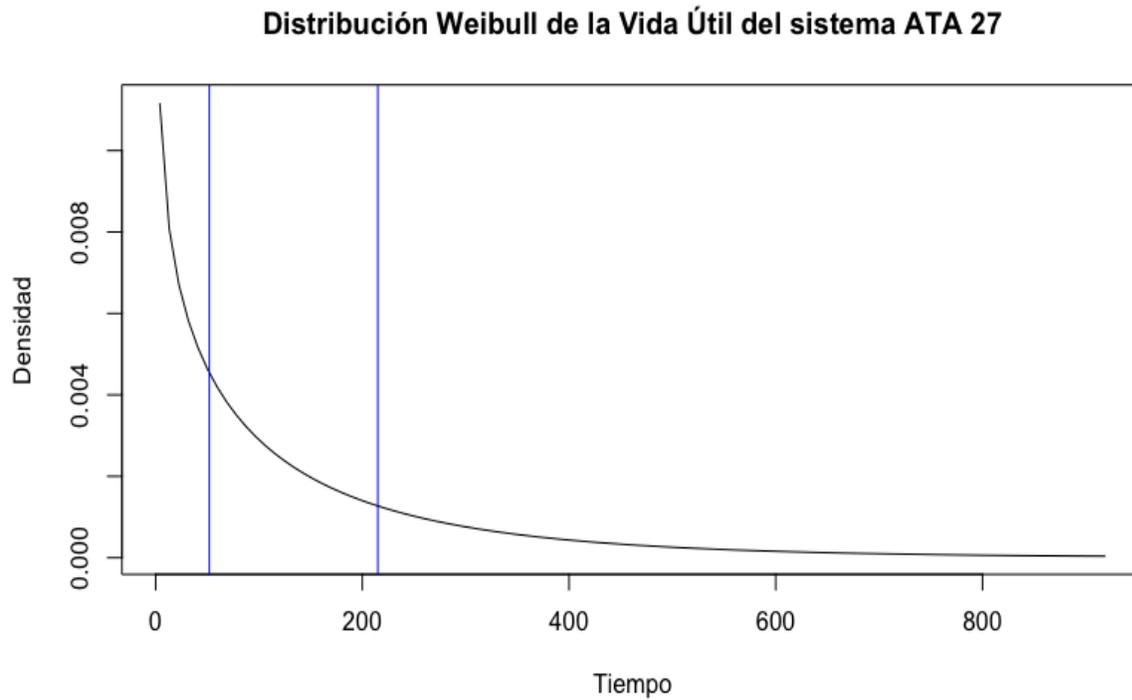
Intervalo	Conf
(30, 92)	0,95

En el ATA 24 o sistema de electricidad de la aeronave Boeing, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 30 y 92 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 30 días.

ATA 27

Figura 27

Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 27



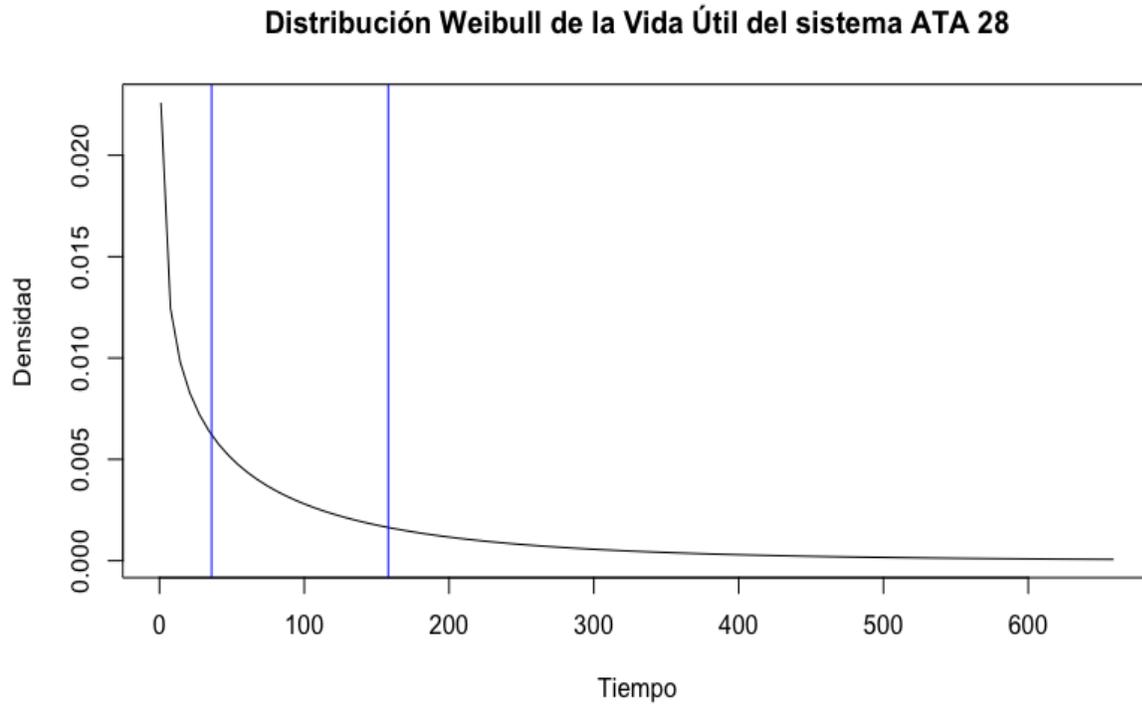
Intervalo	Conf
(52, 215)	0,95

En el ATA 27 o sistema controles de vuelo de la aeronave Boeing, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 52 y 215 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 52 días.

ATA 28

Figura 28

Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 28



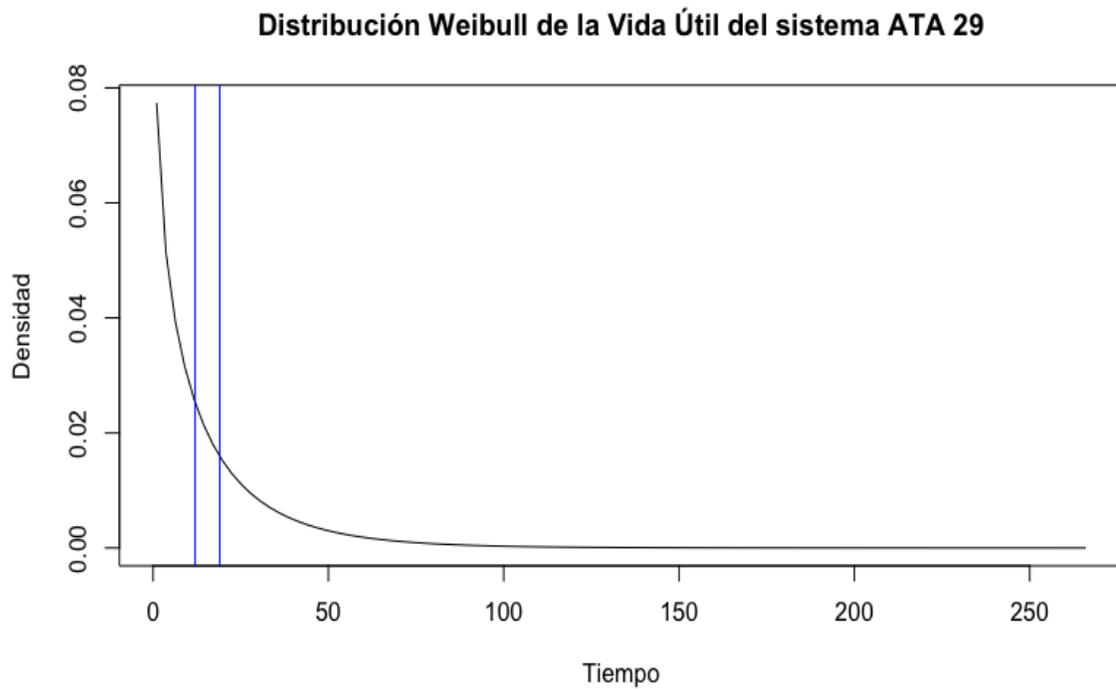
Intervalo	Conf
(36, 158)	0,95

En el ATA 28 o sistema de combustible de la aeronave Boeing, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 36 y 158 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto, las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 36 días.

ATA 29

Figura 29

Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 29



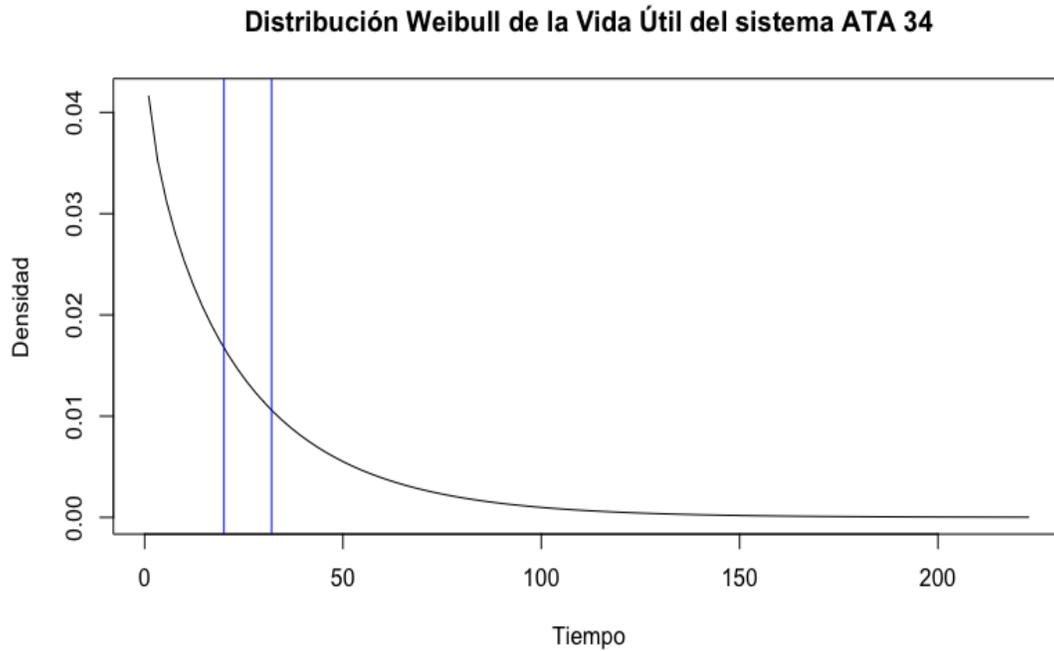
Intervalo	Conf
(12, 19)	0,95

En el ATA 29 o sistema de hidráulica de la aeronave Boeing, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 12 y 19 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 12 días, por lo cual se puede observar que mencionado sistema presenta continuos reportajes durante periodos cortos de tiempo.

ATA 34

Figura 30

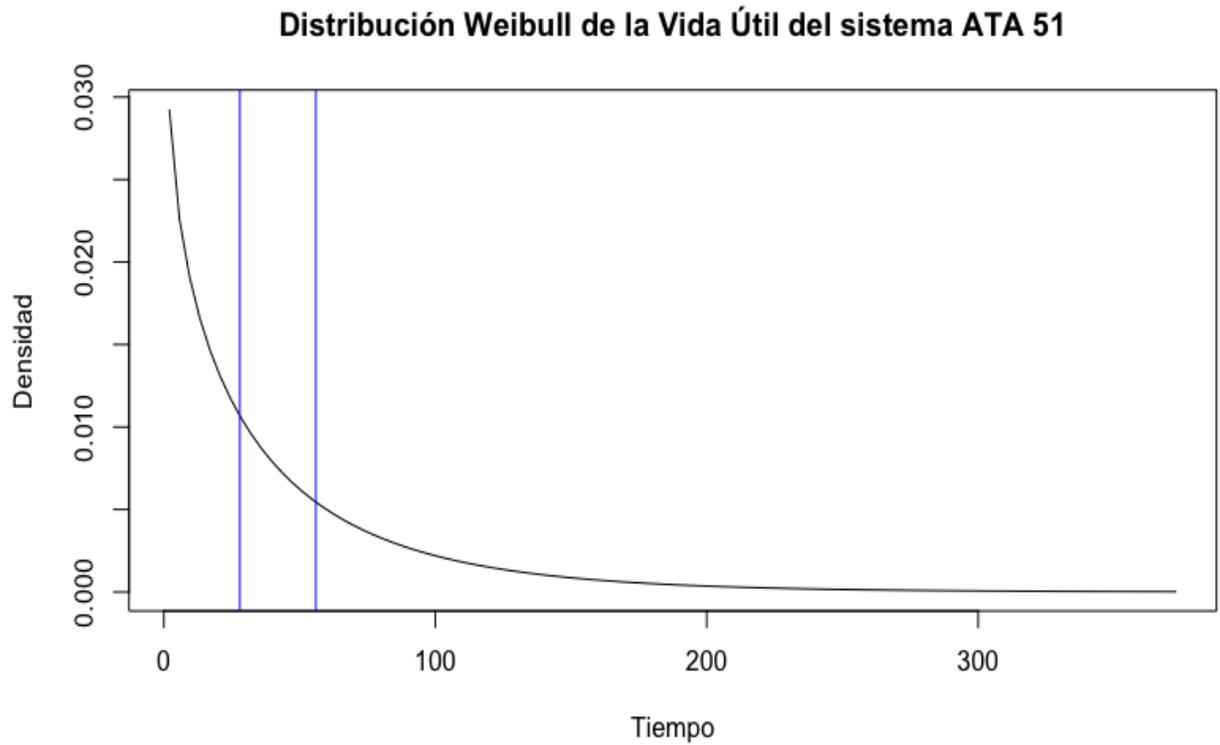
Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 34



Intervalo	Conf
(20, 32)	0,95

En el ATA 34 o sistema de navegación de la aeronave Boeing, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 20 y 32 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto, las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 20 días, por lo cual se puede observar que mencionado sistema presenta continuos reportajes durante periodos cortos de tiempo.

ATA 51

Figura 31*Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 51*

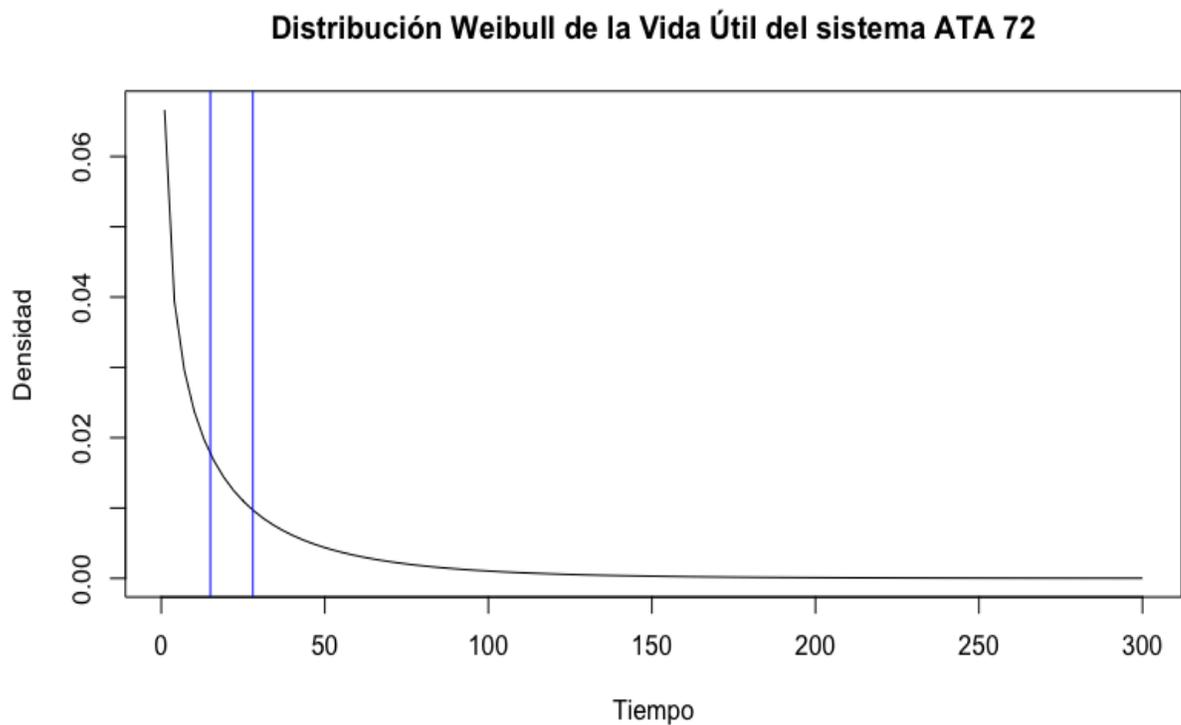
Intervalo	Conf
(28, 56)	0,95

En el ATA 51 o sistema de estructuras de la aeronave Boeing, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 28 y 56 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 28 días.

ATA 72

Figura 32

Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 72



Intervalo	Conf
(15, 28)	0,95

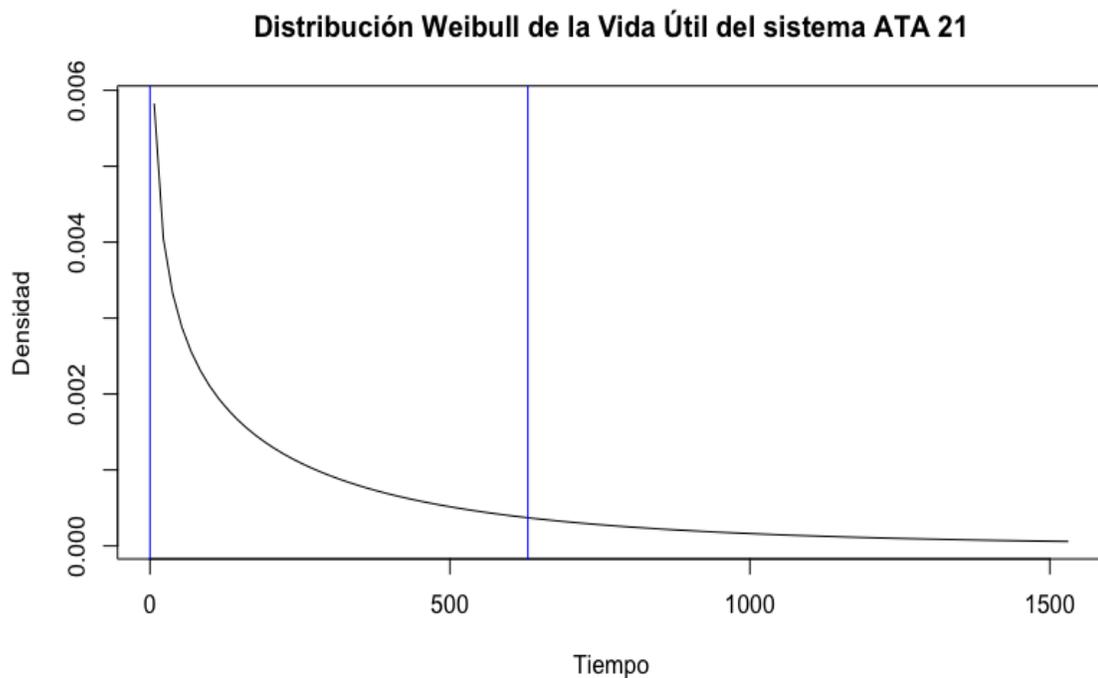
En el ATA 72 o sistema de motores de la aeronave Boeing, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 15 y 28 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 15 días, por lo cual se puede observar que mencionado sistema presenta continuos reportajes durante periodos cortos de tiempo.

Aplicación del modelo probabilístico de confiabilidad a la aeronave CASA

ATA 21

Figura 33

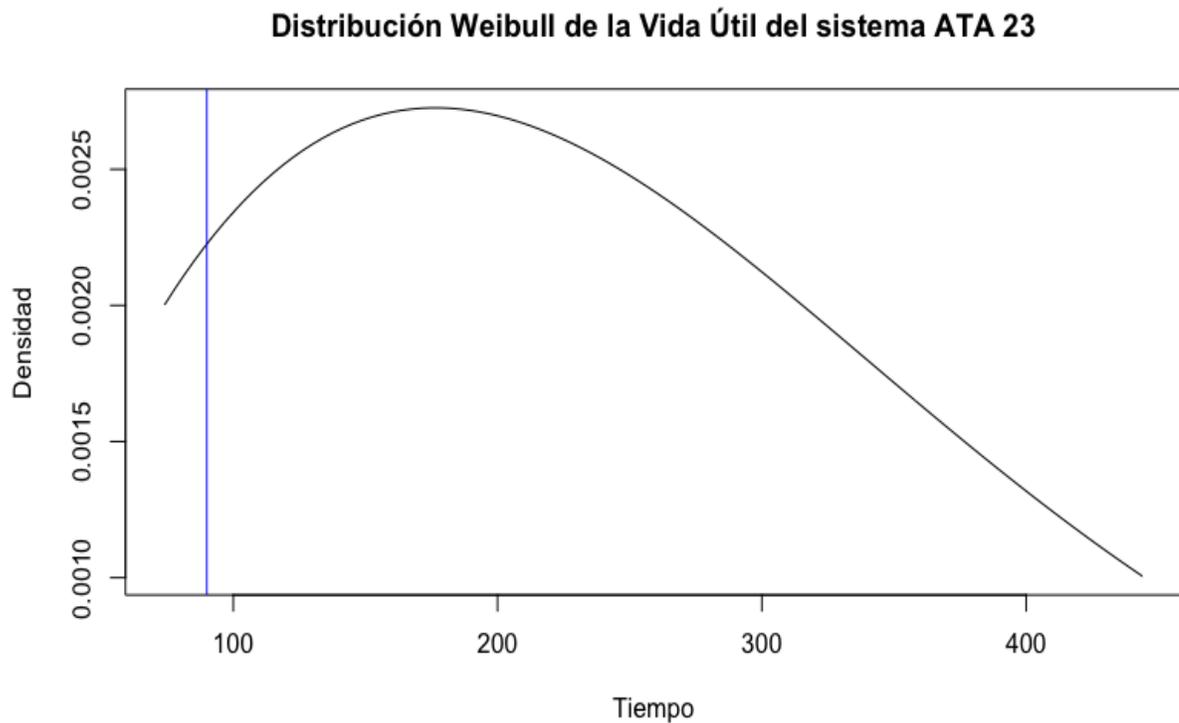
Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 21



Intervalo	conf
(0, 630)	0,95

En la aeronave CASA, en lo que corresponde al ATA 21 o sistema de aire acondicionado, se establece que el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 0 y 630 días con una confianza del 95 %, por lo tanto, este sistema es muy irregular en su comportamiento y no se puede determinar un intervalo de tiempo para cumplir alguna acción de mantenimiento.

ATA 23

Figura 34*Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 23*

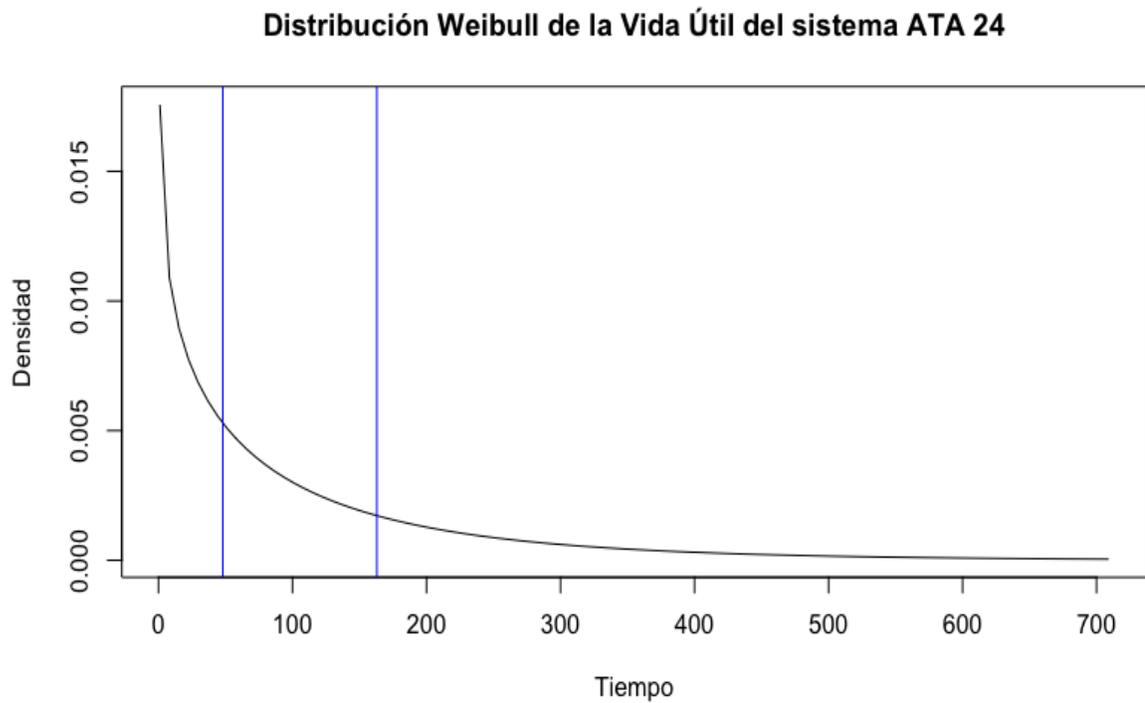
Intervalo	conf
(90, 489)	0,95

En el ATA 23 o sistema de comunicaciones de la aeronave CASA, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 90 y 489 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tendientes a mejorar la disponibilidad y seguridad en las operaciones se podrían que ejecutar antes de los 90 días.

ATA 24

Figura 35

Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 24



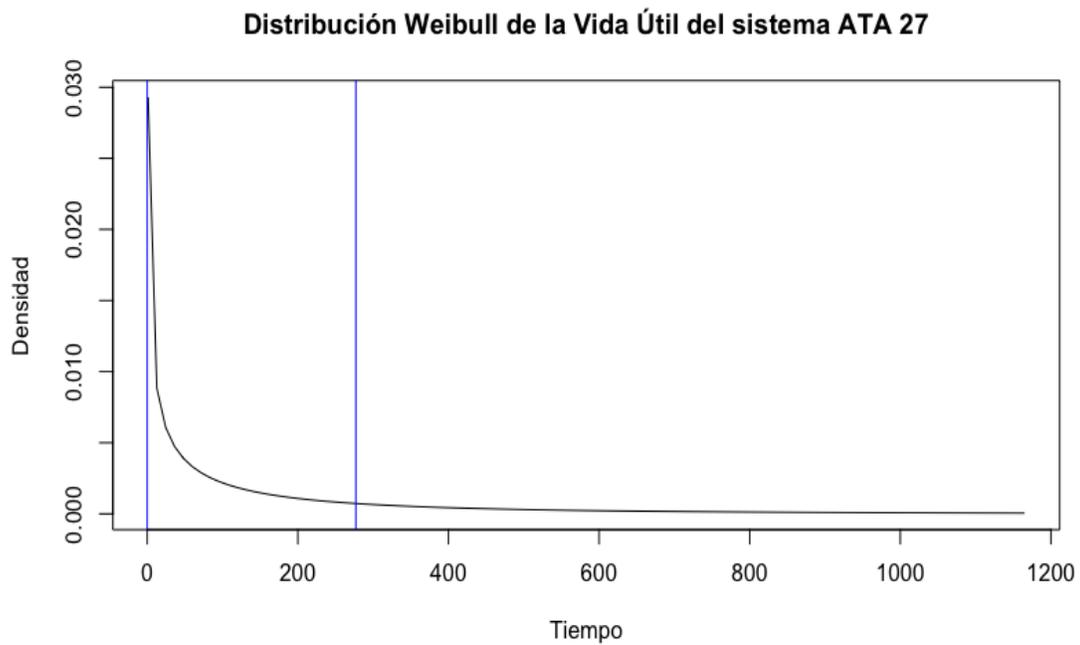
Intervalo	conf
(48, 163)	0,95

En el ATA 24 o sistema de electricidad de la aeronave CASA, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 48 y 163 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 48 días.

ATA 27

Figura 36

Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 27



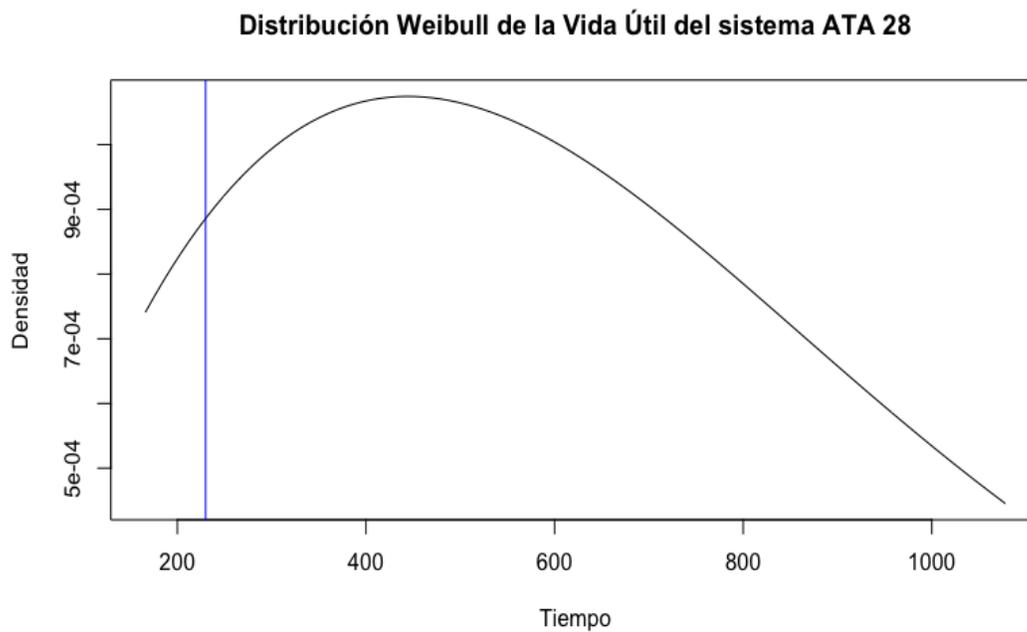
Intervalo	conf
(0, 277)	0,95

En el ATA 27 o sistema controles de vuelo de la aeronave CASA, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 0 y 277 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto este sistema es muy irregular en su comportamiento y no se puede determinar un intervalo de tiempo para cumplir alguna acción de mantenimiento.

ATA 28

Figura 37

Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 28



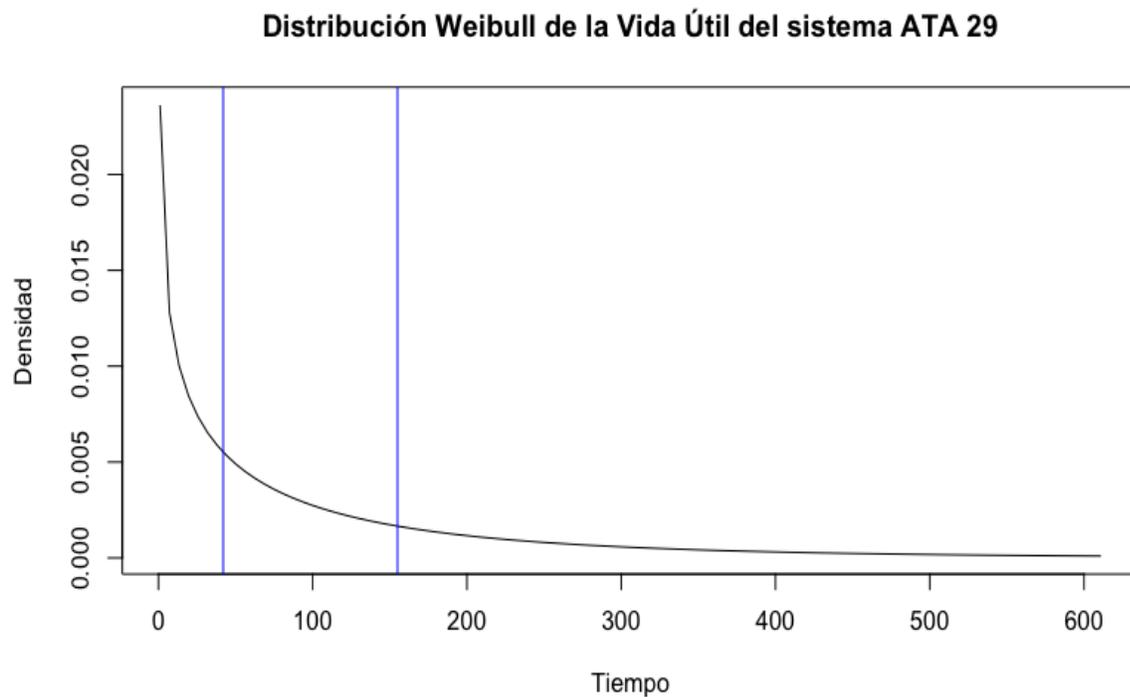
Intervalo	conf
(230, 1236)	0,95

En el ATA 28 o sistema de combustible de la aeronave CASA, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 230 y 1236 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 230 días.

ATA 29

Figura 38

Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 29



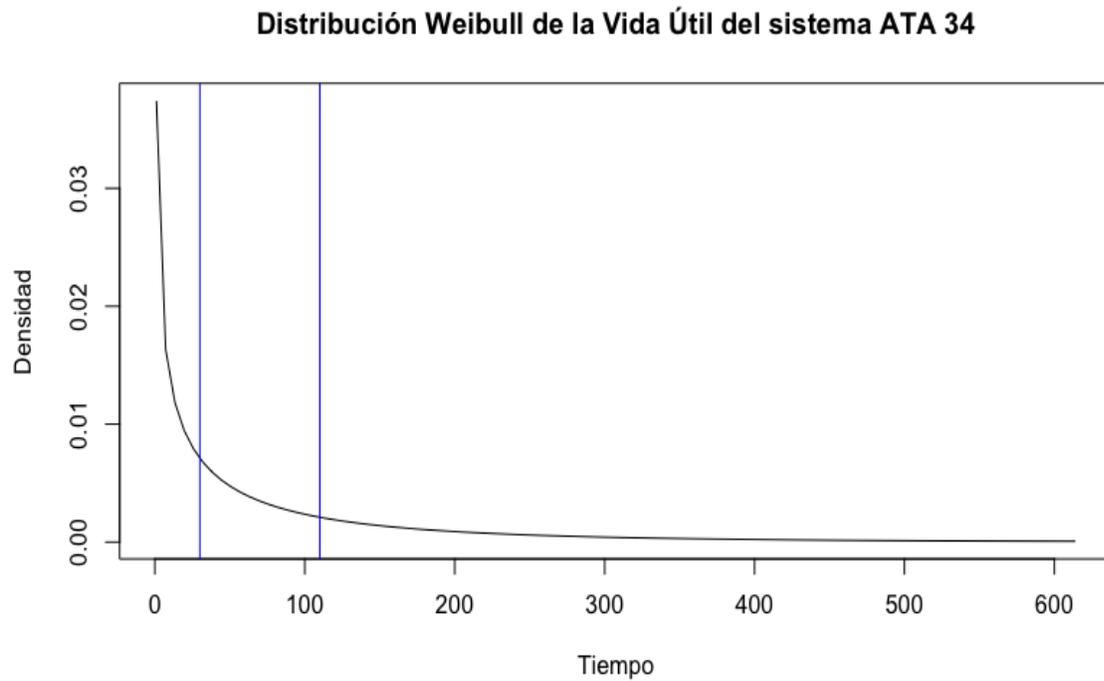
Intervalo	conf
(42, 155)	0,95

En el ATA 29 o sistema de hidráulica de la aeronave CASA, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 42 y 155 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 42 días.

ATA 34

Figura 39

Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 34



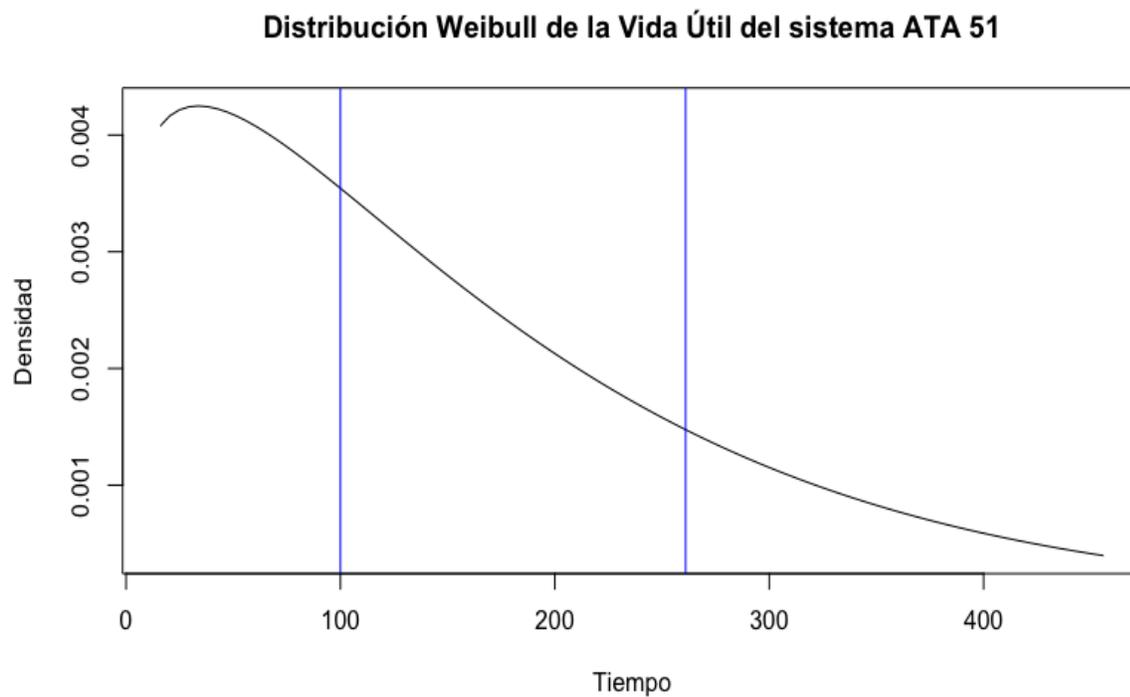
Intervalo	conf
(30, 110)	0,95

En el ATA 34 o sistema de navegación de la aeronave CASA, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 30 y 110 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 30 días, por lo cual se puede observar que mencionado sistema presenta continuos reportajes durante periodos cortos de tiempo.

ATA 51

Figura 40

Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 51



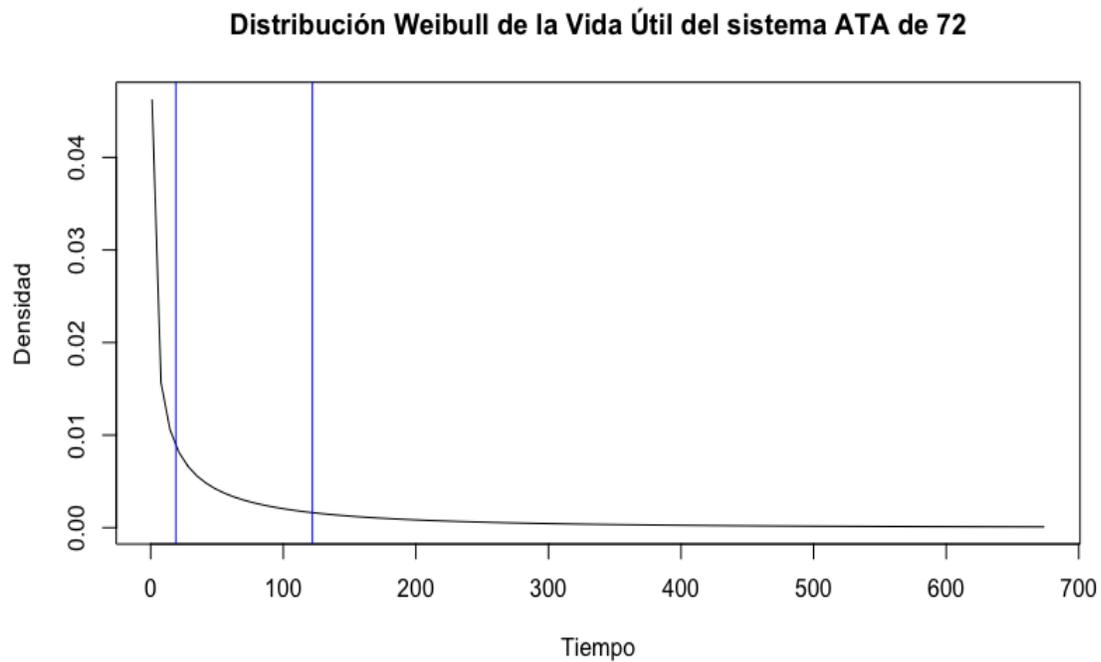
Intervalo	conf
(100, 261)	0,95

En el ATA 51 o sistema de estructuras de la aeronave CASA, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 100 y 261 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 100 días.

ATA 72

Figura 41

Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 72



Intervalo	conf
(19, 122)	0,95

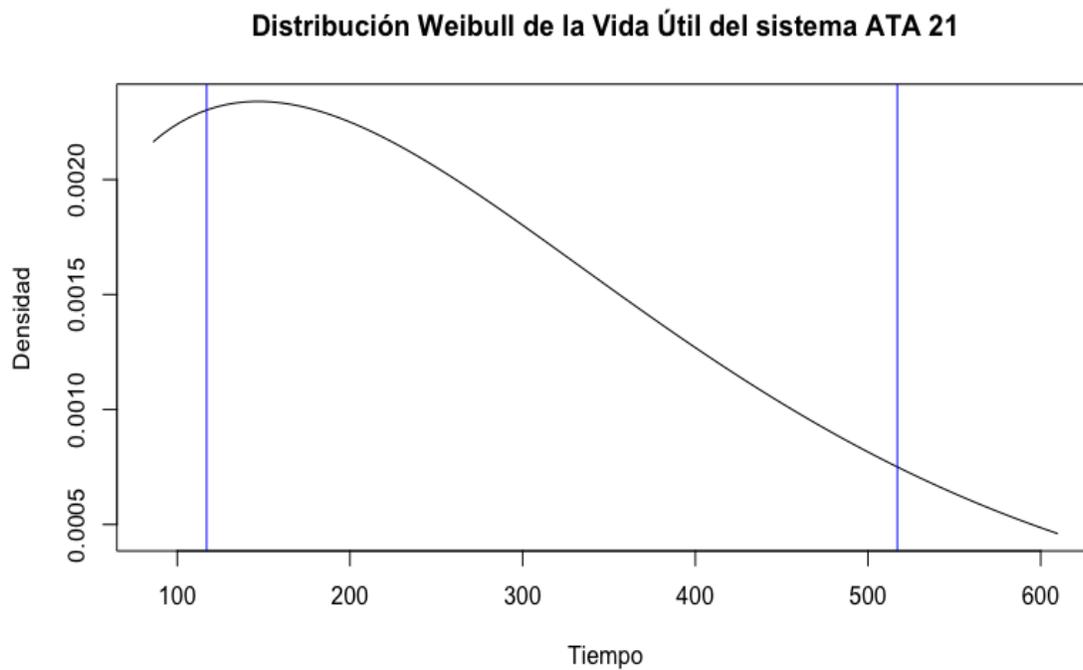
En el ATA 72 o sistema de motores de la aeronave CASA, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 19 y 122 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 19 días, por lo cual se puede observar que mencionado sistema presenta continuos reportajes durante periodos cortos de tiempo.

Aplicación del modelo probabilístico de confiabilidad a la aeronave Twin Otter

ATA 21

Figura 42

Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 21



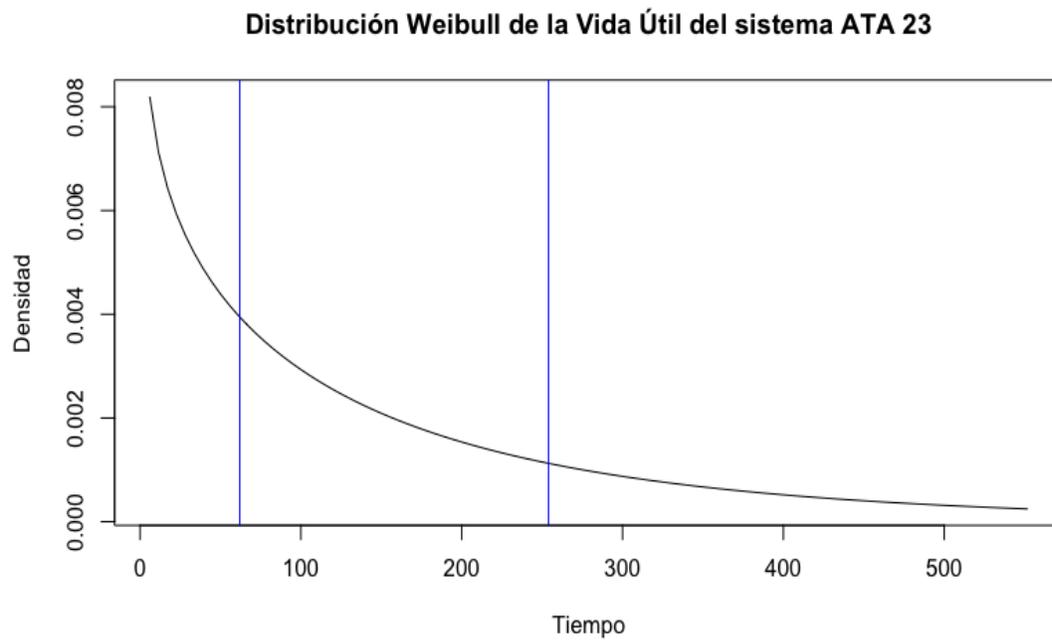
Intervalo	conf
(117, 517)	0,95

En la aeronave Twin Otter, en lo que corresponde al ATA 21 o sistema de aire acondicionado, se establece que el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 117 y 517 días con una confianza del 95 %, por lo tanto, las acciones de mantenimiento tendientes a mejorar la disponibilidad y seguridad en las operaciones se podrían que ejecutar antes de los 117 días.

ATA 23

Figura 43

Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 23



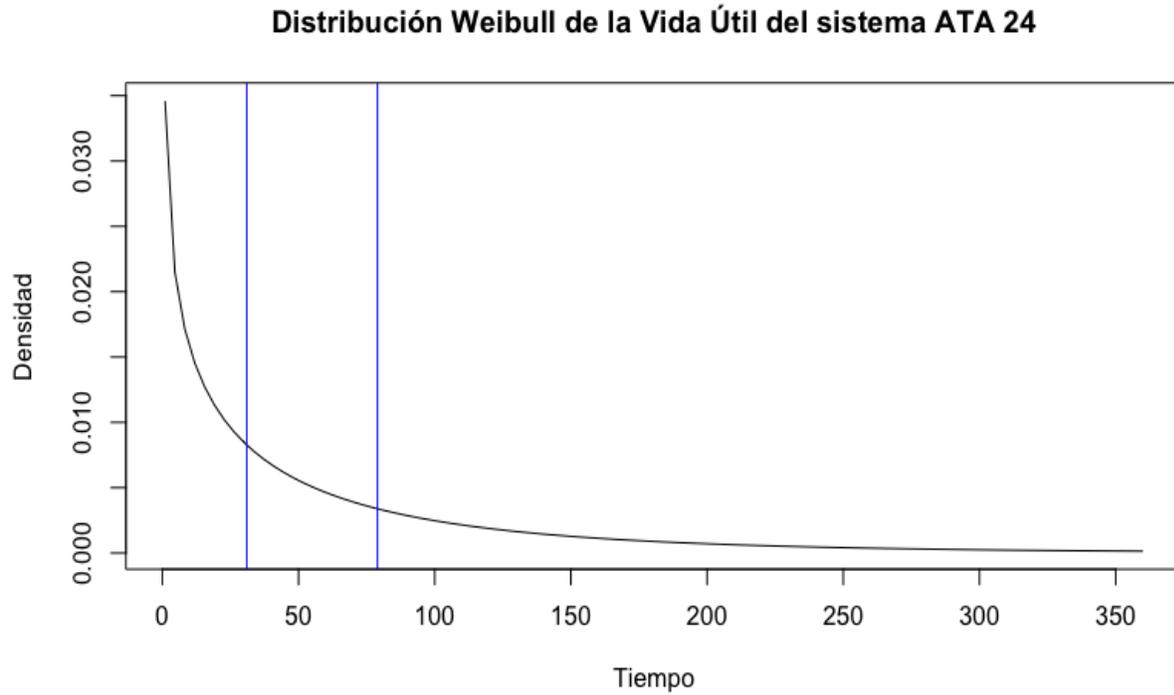
Intervalo	conf
(62, 254)	0,95

En el ATA 23 o sistema de comunicaciones de la aeronave Twin Otter, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 62 y 254 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tendientes a mejorar la disponibilidad y seguridad en las operaciones se podrían que ejecutar antes de los 62 días.

ATA 24

Figura 44.

Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 24



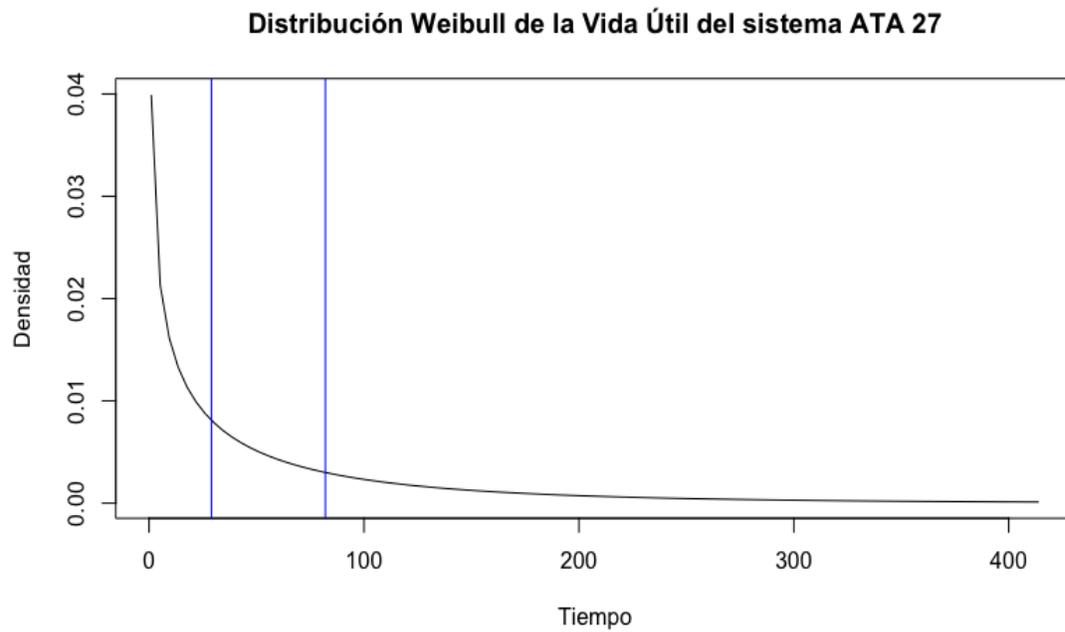
Intervalo	conf
(31, 79)	0,95

En el ATA 24 o sistema de electricidad de la aeronave Twin Otter, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 31 y 79 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 31 días.

ATA 27

Figura 45

Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 27



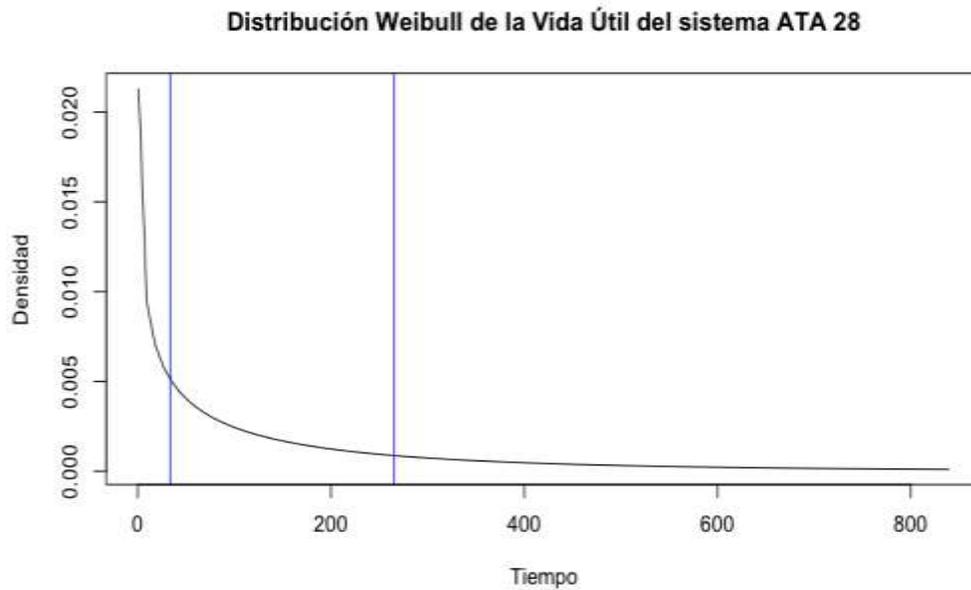
Intervalo	conf
(29, 82)	0,95

En el ATA 27 o sistema controles de vuelo de la aeronave Twin Otter, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 29 y 82 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 29 días.

ATA 28

Figura 46

Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 28



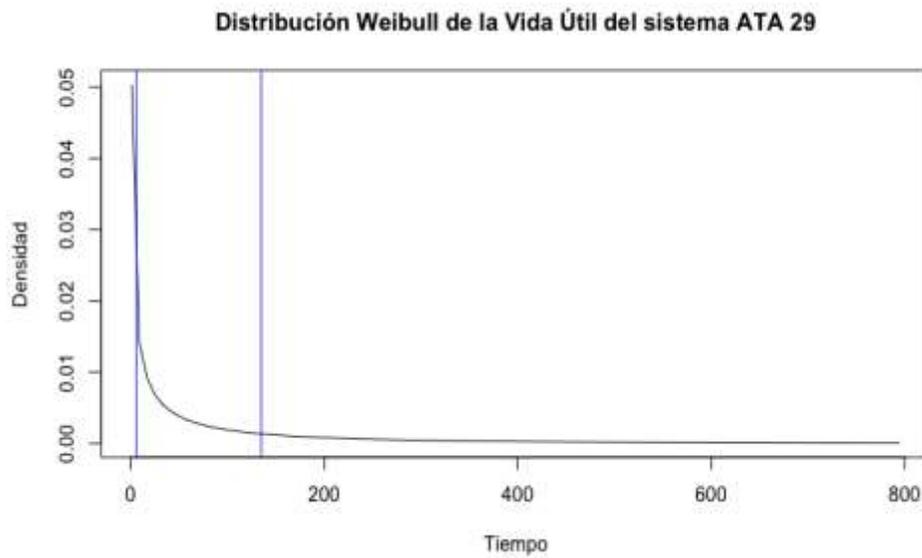
Intervalo	conf
(34, 265)	0,95

En el ATA 28 o sistema de combustible de la aeronave Twin Otter, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 34 y 265 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 34 días.

ATA 29

Figura 47

Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 29



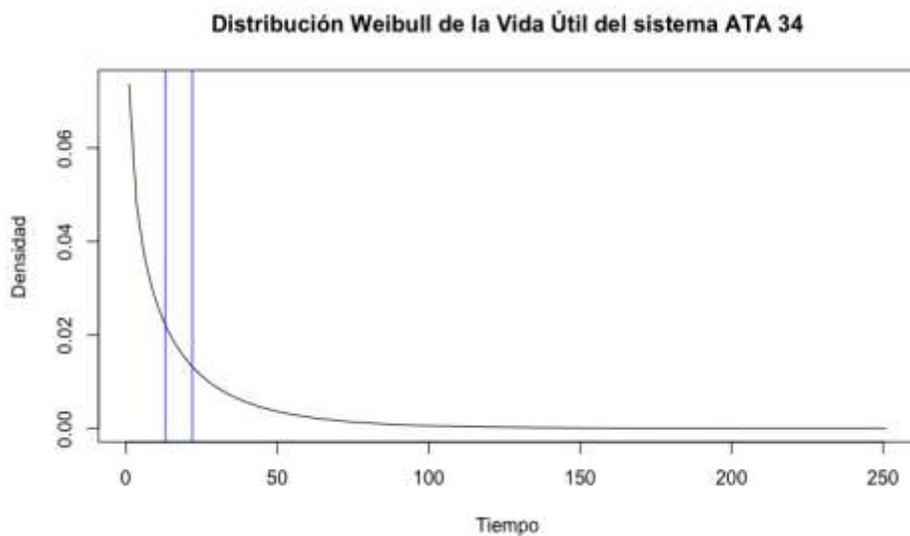
Intervalo	conf
(6, 135)	0,95

En el ATA 29 o sistema de hidráulica de la aeronave Twin Otter, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 6 y 135 días, con una confianza del 95 %, por lo cual se puede observar que mencionado sistema presenta continuos reportajes durante periodos cortos de tiempo.

ATA 34

Figura 48

Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 34



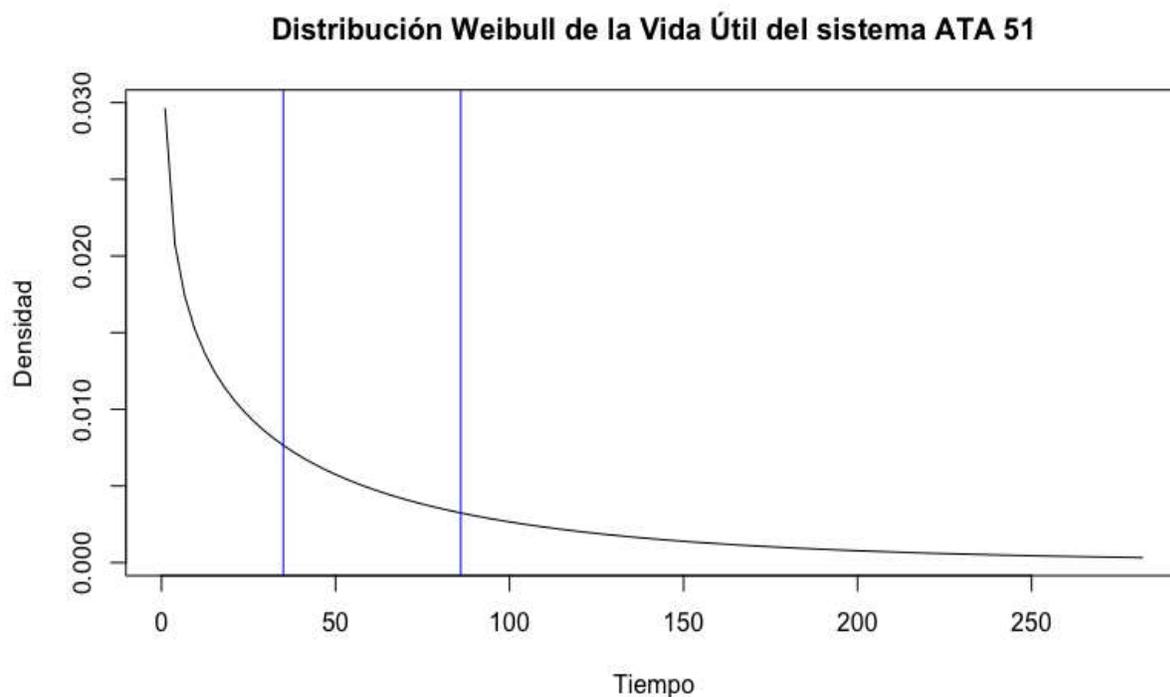
Intervalo	conf
(13, 22)	0,95

En el ATA 34 o sistema de navegación de la aeronave Twin Otter, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 13 y 22 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 13 días, por lo cual se puede observar que mencionado sistema presenta continuos reportajes durante periodos cortos de tiempo.

ATA 51

Figura 49

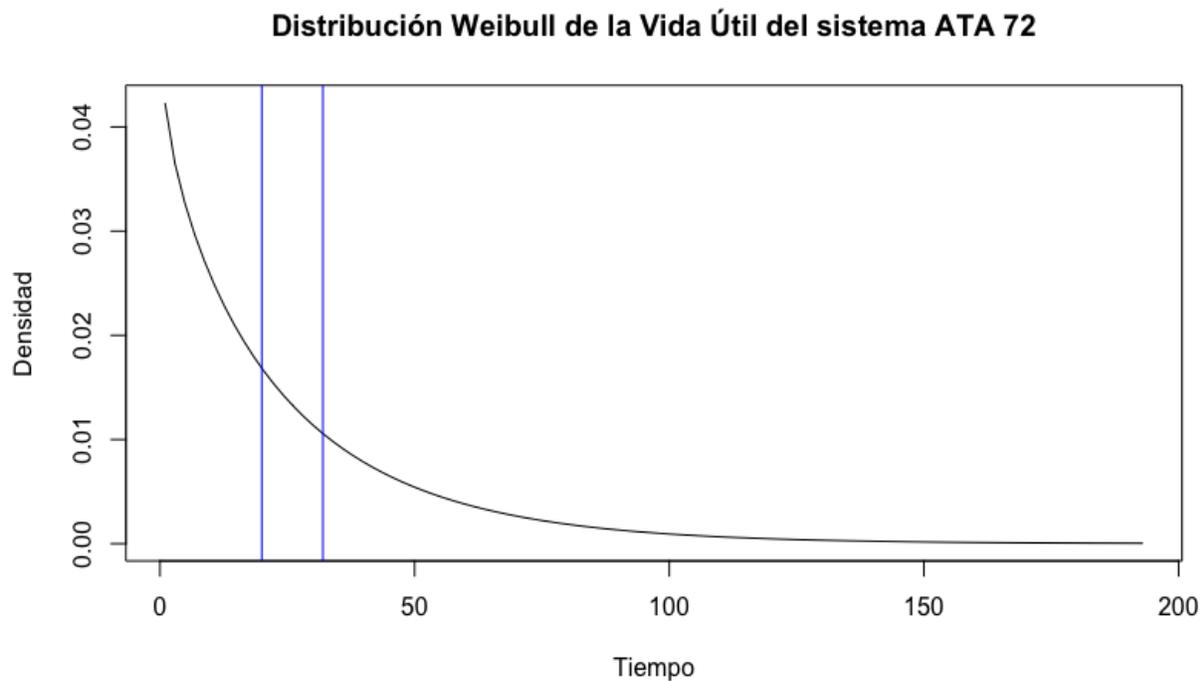
Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 51



Intervalo	conf
(35, 86)	0,95

En el ATA 51 o sistema de estructuras de la aeronave Twin Otter, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 36 y 86 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 35 días.

ATA 72

Figura 50*Distribución Weibull de vida útil sistema ATA 72*

Intervalo	conf
(20, 32)	0,95

En el ATA 72 o sistema de motores de la aeronave Twin Otter, el intervalo de confianza indica que la falla se puede presentar entre 20 y 32 días, con una confianza del 95 %, por lo tanto las acciones de mantenimiento tienen que ejecutarse antes de los 20 días, por lo cual se puede observar que mencionado sistema presenta continuos reportajes durante periodos cortos de tiempo.

Análisis del modelo

Para nuestro análisis vamos a unificar los tres tipos de aeronaves con las 9 ATA's de estudio, considerando la cantidad de reportajes, los intervalos de confianza; con el propósito de determinar las acciones de mantenimiento a cumplir y que sistemas son los más confiables.

Tabla 17

Análisis de reportajes de ATA's

ORD	SISTEMA	ATA	BOEING		CASA		TWIN OTTER	
			REPORT.	INTERVALO	REPORT.	INTERVALO	REPORT.	INTERVALO
1	AIRE ACONDICIONADO	21	13	(0,334)	10	(0,630)	8	(117,517)
2	COMUNICACIONES	23	28	(25,84)	6	(90,489)	21	(62,254)
3	ELECTRICIDAD	24	36	(30,92)	28	(48,163)	53	(31,79)
4	CONTROLES DE VUELO	27	21	(52,215)	17	(0,277)	64	(29,82)
5	COMBUSTIBLE	28	22	(36,158)	6	(230,1236)	21	(34,265)
6	HIDRÁULICA	29	163	(12,19)	28	(42,155)	22	(6,135)
7	NAVEGACIÓN	34	107	(20,32)	38	(30,110)	188	(13,22)
8	ESTRUCTURAS	51	62	(20,56)	19	(100,261)	50	(35,86)
9	MOTORES	72	103	(15,28)	30	(19,122)	162	(20,32)

Nota. Análisis de reportajes de ATA's

Nuestra propuesta nos permite establecer lo siguiente:

- Mientras más reportajes se presenten en un sistema de la aeronave, el rango del intervalo de confianza, se reduce, así como los tiempos para el cumplimiento del mantenimiento preventivo es más continuo.
- En el sistema de aire acondicionado de la aeronave Boeing no se puede ejecutar acciones de mantenimiento, porque su comportamiento es muy irregular.
 - La aeronave CASA es una de las más confiables, en vista que sus sistemas presentan menor cantidad de reportajes.
 - En los sistemas de aire acondicionado y controles de vuelo de la aeronave CASA, no se pueden ejecutar acciones de mantenimiento, porque su comportamiento es muy irregular.

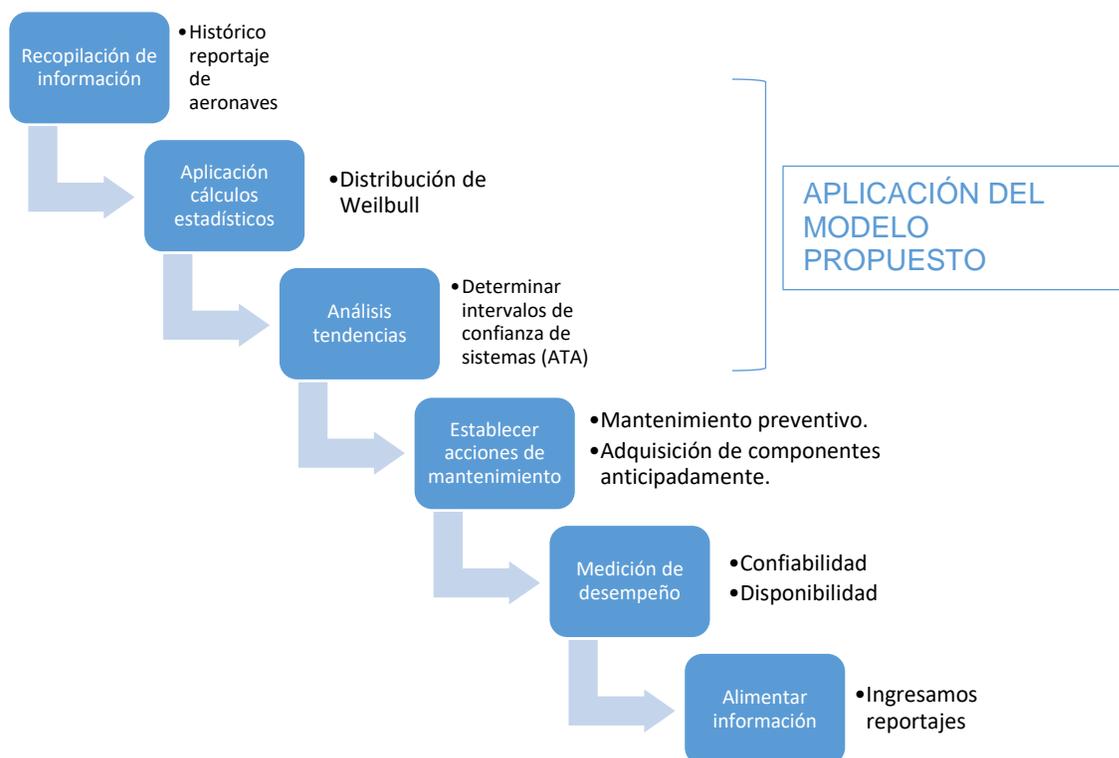
- En el resto de sistemas, se recomiendan ejecutar tareas de mantenimiento preventivo, las cuales deben cumplirse antes del rango establecido en los intervalos de confianza.
- También, con los rangos de los intervalos de confianza se puede prever con anticipación los requerimientos de material, necesarios para el cumplimiento del mantenimiento preventivo.
- En caso que no se ejecuten las acciones de mantenimiento antes del rango de confianza, se puede establecer los componentes que pueden producir una falla, a través del análisis de las estadísticas que se posee.

Implementación del modelo

A continuación, se describe los pasos a seguir para que este modelo propuesto sea implementado a cualquier aeronave de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

Figura 51

Implementación del modelo propuesto



Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Se realizó un análisis detallado del marco teórico para sustentar la relación que existe entre estas teorías con Fuerzas Armadas y la importancia que a través de un incremento de la disponibilidad de los medios aéreos de la Fuerza Aérea Ecuatoriana se puede proporcionar al Estado no solo mejoras en su sistema de defensa, sino también apoyar al desarrollo del país.

Ha existido una tendencia a la baja en la disponibilidad de aeronaves, así mientras en el año 2015 se aprecia una disponibilidad de 3,48 para el año 2022 ha disminuido considerablemente al 1,33.

Las horas de vuelo de las aeronaves en estudio, han disminuido considerablemente, en el 2015 se voló 3382 horas, para el año 2022 disminuyó a 856 horas.

Al ser la confiabilidad, la posibilidad de que una aeronave cumpla una operación de vuelo en un período de tiempo establecido, y al analizar los registros de los últimos 8 años se determina que existe una disminución del más del 50% de la confiabilidad de aviones Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6.

La confiabilidad de aeronaves, presenta un importante decremento, en el año 2015 se aprecia una confiabilidad del 49,71%, para el año 2022 fue del 19%. Por lo tanto se determina que existe una disminución del más del 50% de la confiabilidad de aviones Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6.

Tomando en consideración los resultados obtenidos, se procedió a realizar un análisis de las principales sistemas críticos (ATA's) que afectan a las aeronaves, para lo cual se analizaron

varios aspectos como la cantidad de los reportajes y los sistemas prioritarios de las aeronaves que pueden afectar a la seguridad en vuelo; con el propósito de incrementar la disponibilidad y los niveles de seguridad, estableciéndose 9 sistemas como aire acondicionado, comunicaciones, electricidad, controles de vuelo, combustible, hidráulica, navegación, estructuras y motores.

Para el desarrollo de la propuesta, se utilizó la distribución de Weibull, la cual constituye una función de densidad de probabilidad ampliamente utilizada en estadísticas y teoría de probabilidad para modelar el tiempo hasta que se produce un fallo, porque permite establecer la vida útil de productos o sistemas, así como la realización de análisis de confiabilidad.

Se determinaron 9 sistemas críticos por aeronave, los cuales al aplicar nuestro modelo y el software R, se obtuvo la gráfica y el intervalo de confianza que puede presentarse la falla, tiempo en el cual se deben ejecutar tareas de mantenimiento preventivo a fin de mejorar la disponibilidad y seguridad de las aeronaves, con una confiabilidad del 95%.

Recomendaciones

Autorizar la aplicación de este modelo en las aeronaves Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6, a fin de verificar en que porcentaje se incrementa la confiabilidad y disponibilidad de aeronaves, luego de un período de tiempo de prueba.

Ampliar la aplicación de este modelo a las diferentes aeronaves, equipos de la Fuerza Aérea Ecuatoriana y Fuerzas Armadas, llevando un seguimiento y control para establecer los beneficios alcanzados.

Bibliografía

- Andrade, J. F., Cadena, C. A., Cuenca, M. J., Gómez, F. A., & Viteri, M. A. (19 de 10 de 2013). El Balance Score Card una herramienta para la planeación estratégica. *S.I.E. Facultad de Ciencias Económicas*, 44-59. Recuperado el 8 de 03 de 2022, de https://www.academia.edu/7005175/El_balanced_scorecard_una_herramienta_para_la_Planeaci%C3%B3n_estrat%C3%A9gica_The_balance_scordecard_a_tool_for_strategic_planning
- Bojórquez, M. I., & Pérez, A. E. (4 de 2013). La Planeación Estratégica. Un pilar en la gestión empresarial. (M. López, Ed.) *El buzón de Pacioli*(81), 4-19. Recuperado el 27 de 03 de 2022, de <https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/documents/81/pacioli-81.pdf>
- Cassini, I., & Battaglino, J. (2014). Militares y Política en la Industria de la Defensa. El rol de las FFAA en el origen de las FFAA de Argentina. Buenos Aires, Argentina: Universidad Torcuato Di Tella. Recuperado el 18 de 03 de 2022
- CCFFAA, C. C. (1997). *Manual de Logística Conjunta*. Quito: CCFFAA.
- Chiavenato, I., & Sapiro, A. (2017). *Planeación Estratégica. Fundamentos y aplicaciones*. México DF.: Mc Graw Hill Education.
- Coca, P. A. (2011). *Apuntes de Teoría del Estado (Ciencias Políticas)*. Santa Cruz de la Sierra: WARA Editorial. Recuperado el 25 de 03 de 2022, de <https://www.icees.org.bo/wp-content/uploads/2013/10/apuntes-de-teoria-del-estado-paulcoca.pdf>
- COED, F. A. (2013). *Manual de Logística Aeronáutica* . Quito : Comando de Educación y Doctrina de la FAE.
- Congreso Nacional, R. d. (15 de junio de 1992). Ley Constitutiva de la Dirección de Industria Aeronáutica de la Fuerza Aérea Ecuatoriana. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Cortés, F. (22 de 09 de 2010). El contrato social liberal Jhon Locke. *Co-herencia*, 7(13), 99-132. Obtenido de <http://www.scielo.unal.edu.co/pdf/cohe/v7n13/v7n13a05.pdf>

- Darós, W. (2006). La libertad individual y el contrato social según J. J. Rousseau. *Filosofía universitaria*, 115-128. Recuperado el 24 de 03 de 2022, de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/filosofia/article/download/7435/7106/0>
- De Berríos, O., & Briceño, M. (2009). Enfoques epistemológicos que orientan la investigación de 4to. nivel. *Visión Gerencial*, 47-54. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=465545882009>
- Defense, U. D. (18 de 03 de 2022). *US. Department of Defense*. Obtenido de <https://www.defense.gov/>
- Denman, C., & Haro, J. (2000). *Por los rincones. Antología de metodos cualitativos en la investigación social*. Sonora: El Colegio de Sonora. Recuperado el 17 de julio de 2022, de https://biblioteca.colson.edu.mx/e-docs/RED/Por_los_rincones-DENMAN_HARO.pdf#page=249
- DIAF, D. d. (2017). *Plan Estratégico Institucional 2018-2022*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- DIAF, D. d. (29 de enero de 2020). Regulación interna para normar los precios de los productos aeronáuticos ofertados por la DIAF. Quito, Ecuador.
- DIAF, D. d. (14 de mayo de 2022). *Informe de rendición de cuentas correspondiente al ejercicio fiscal 2021*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Diario El independiente*. (06 de 02 de 2022). Obtenido de El Independiente: <https://www.elindependiente.com/economia/2022/02/06/la-industria-de-defensa-espanola-un-negocio-que-mueve-mas-de-6-000-millones/>
- Diraer, D. d. (11 de 01 de 2022). Lista de Capacidades Rev. 3. Quito, Ecuador.
- Dirección General de Aviación Civil, D. (17 de junio de 2022). Lista de capacidades ubicación Latacunga. Quito, Cotopaxi, Ecuador.
- Ecuador, A. C. (2008). Constitución Política de la República del Ecuador. Montecristi , Manabí, Ecuador.

- Ecuatorianos, A. N. (26 de 03 de 2022). *Astilleros Navales Ecuatorianos*. Obtenido de ASTINAVE EP: <https://www.astinave.com.ec/>
- FAE, F. A. (2013). *Manual de Instrucción de Logística Aeronáutica*. Quito: Comando de Educación y Doctrina.
- Flores, M. (2004). Implicaciones de los Paradigmas de Investigación en la Práctica Educativa. *Revista Digital Universitaria*.
- Fuentes, T., & Luna, M. I. (04 de 2011). ANÁLISIS DE TRES MODELOS DE PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA BAJO CINCO PRINCIPIOS DEL PENSAMIENTO COMPLEJO. *Revista Digital de Investigación y Postgrado de la Universidad Nacional Experimental Politécnica*, 1, 118-134. Recuperado el 23 de 03 de 2022, de <http://redip.bqto.unexpo.edu.ve>
- Función Legislativa del Ecuador. (15 de junio de 1992). Ley Constitutiva de la Dirección de Industria de la Fuerza Aérea. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Fuster, J. (2008). la planificación estratégica, una propuesta metodológica para gestionar el cambio de políticas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1-11.
- Galán, M. A., & Melón, M. Á. (15 de 06 de 2015). La paz de Westfalia y el nuevo orden internacional. Madrid: Facultad de filosofía y letras. Recuperado el 26 de 03 de 2022, de https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/3319/1/TFGUEX_2015_Galan_Martin.pdf
- García, M. J. (04 de 03 de 2022). Metodología de la Investigación. *Presentación de Power Point Maestría Defensa y Seguridad*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Gobierno del Ecuador. (15 de Junio de 1992). Ley Constitutiva de la Dirección de Industria Aeronáutica de la Fuerza Aérea Ecuatoriana. *Registro Oficial*. Quito.
- González, J., Salazar, F., Ortiz, R., & Verdugo, D. (2019). Gerencia estratégica: herramienta para la toma de decisiones en las organizaciones. (V. Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín, Ed.) *Telos*, 21(1), 242-255. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99357718032>

- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, P. (2018). *Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. Ciudad de México: McGraw Hill.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México D.F.: McGRAW-HILL.
- Hobbes, T. (1651). *El Leviatán*. Madrid: Freeeditorial. Recuperado el 27 de 02 de 2022, de freeditorial.com.es
- Johnson, B., Onwuegbuzie, A., & Turner, L. (abril de 2007). Toward a Definition of Mixed Methods Research.
- JRC European Commission, O. (2008). *Handbook on constructing Composite Indicators Methodology and User Guide*. París, Midi Pirinees, Francia: OECD PUBLICATIONS. Recuperado el 27 de julio de 2022, de <https://www.oecd.org/sdd/42495745.pdf>
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). *Cuadro de Mando Integral*. Barcelona. Recuperado el 02 de 03 de 2022, de www.freelibros.me
- Kerlinger, F. (2002). *Investigación del comportamiento* (Cuarta ed.). México: McGraw-Hill.
- Kothari, V. S. (15 de 01 de 2018). Thomas Hobbes: Social Contract. Naya Raipur, , Chhattisgarh, India: Hidayatullah National Law University. Recuperado el 23 de 03 de 2022, de https://www.academia.edu/36122782/Thomas_Hobbes_Social_Contract
- Marco, M. (2010). *INFERENCIA PARA MODELOS DE SUPERVIVENCIA DE UN SOLO EVENTO Y EXTENSIONES PARA MODELOS DE RIESGOS COMPETITIVOS*. Mexico D.F.
- MDN, M. d. (2014). *Agenda Política de la Defensa 2014-2017*. Quito: Midena.
- MDN, M. d. (2018). *Política de la Defensa Nacional*. Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 6 de 03 de 2022, de <https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/2019/01/Pol%C3%ADtica-de-Defensa-Nacional-Libro-Blanco-2018-web.pdf>

- Meiser, J. (2017). Are Our Strategic Models Flawed? Ends + Ways + Means = (Bad) Strategy. *Parameter* 46, 81-91. Recuperado el 28 de 03 de 2022, de <https://press.armywarcollege.edu/parameters/vol46/iss4/9/>
- Mendoza, J. M. (2018). Epistemología de la administración: objeto, estatuto, desarrollo disciplinar. *Pensamiento y Gestión*, 211-238. Recuperado el 21 de marzo de 2022, de <http://dx.doi.org/10.14482/pege.45.10103>
- Ministerio de Defensa Nacional, E. (13 de marzo de 2018). Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por procesos de la Fuerza Aérea Ecuatoriana. *Publicado en la Orden General Ministerial 035*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (31 de 03 de 2022). *Ministerio de Economía y Finanzas*. Obtenido de https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/03/Informe-Ejecucion-PGE_2021_VF31032022.pdf
- Montoya, I. (2009). La formación de la estrategia en Mintzberg y las posibilidades de su aportación para el futuro. *Facultad de Ciencias Económicas*, 23-44. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfce/v17n2/v17n2a03.pdf>
- Oriol, J. (2007). Revisión crítica de los aportes del Institucionalismo a la teoría y la práctica del desarrollo. *Economía Internacional*, 9(16), 121-148. Recuperado el 18 de 03 de 2022, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-59962007000100006
- Orozco, F. (2019). Desarrollo Histórico de la Ciencia Política en la edad moderna. *Ciencias Políticas*. Recuperado el 24 de 03 de 2022, de https://www.academia.edu/39947400/Teori_a_del_Estado
- Porter, M. (1982). Recuperado el 11 de 03 de 2022, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44950478/243493180-M-Porter-Estrategia-competitiva-383-pdf_11-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1648617161&Signature=dIOwls8FELRa0XEfeBIP~tNTRxU3tjnt-

FvoOaSelyv8Z1RncNoVu4CC6Zi4lwTYalnqO7M4Z0CiOoacyTyl-
QLBFRqNf1UQvdsqZ0

Ramos, C. (15 de Junio de 2015). *Los Paradigmas de la Investigación Científica*.

doi:<https://doi.org/10.33539/avpsicol.2015.v23n1.167>

Ricoy, C. (2006). Contribución sobre los paradigmas de investigación. *Educação. Revista do Centro de Educação*.

Rousseau, J. J. (1762). *El contrato social*. Lectulandia. Recuperado el 27 de 02 de 2022

Saavedra, R., Castro, L. E., Restrepo, O., & Rojas, A. (2001). *Planificación del Desarrollo*.

Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá: Jorge Tadeo Lozano. Recuperado el 15 de marzo de 2022

Saint-Pierre, H. (2005). Defensa y Seguridad. Red de Seguridad y Defensa de América Latina:

Grupo de Estudios en Defensa y Seguridad UNESP. Recuperado el 27 de 03 de 2022, de https://www.academia.edu/5419518/DEFENSA_Y_SEGURIDAD

Saint-Pierre, H., & Zague, J. A. (mayo de 2014). la industria de la defensa y la autonomía estratégica. El caso de Brasil. *Patria. Análisis Político de la Defensa*, 181-191.

Recuperado el 13 de 02 de 2022

Sanabria, M. (2004). El pensamiento organizacional estratégico una perspectiva diacrónica.

INNOVAR Revista de Ciencias Administrativas y sociales, 59-81. Recuperado el 8 de marzo de 2022, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/innovar/article/view/25188>

Serna, H. (2008). *Gerencia Estratégica. Teoría Metodología Alineamiento y Mapas Estratégicos* (10. Edición ed.). (3. Editores, Ed.) Bogotá: Departamento en Administración y Política Social.

Skali, A. (9 de octubre de 2021). *THE TOWER OF SCIENCE* . Obtenido de

<https://thetowerofscience.com/>: <https://thetowerofscience.com/espanol/resumen-del-libro-la-senal-y-el-ruido-por-nate-silver-the-signal-and-the-noise-pdf-gratis/>

Torres, A. (18 de 6 de 2020). Enfoques de estrategia y modelos de negocio. *Rev.*

Investigaciones ULCB., 55-66. doi:<https://doi.org/10.36955/RIULCB.2019v6n2.005>

Torres, Z. (2014). *Teoría General de la Administración*. México: Grupo Editorial Patria.

Universidad Nacional 3 de febrero. (2016). Planeamiento de Mediano y largo plazo. *Repositorio*

de la Universidad, untrefvirtual. Buenos Aires, Argetina. Recuperado el 16 de 06 de 2022, de

<https://campus.untrefvirtual.edu.ar/archivos/repositorio/2000/2161/html/Modulo1/archivos/pdf/modulo1.pdf>

Virla, M. Q. (mayo de 2010). Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach. Maracaibo, Venezuela: Telos.

Yáñez, P. (2018). Estilos de pensamiento, enfoques epistemológicos y la generación del conocimiento científico. *Revista Espacios*, 18.

Apéndice