

Análisis doctrinario y técnico de los indicadores de gestión utilizados en organizaciones de mantenimiento aeronáutico militar (MRO)

Simba Sangucho, Stiven Paúl y Alquinga Asaña, Jefferson Alexis

Departamento de Seguridad y Defensa

Carrera de Tecnología Superior Universitaria en Ciencias Militares Aeronáuticas

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior Universitario en Ciencias Militares Aeronáuticas

Tcrn. Emt. Avc. Narváez Aguilar, Roberto Carlos

04 de septiembre del 2026

Latacunga

Reporte de verificación de contenido

Informe de análisis
Compilatio Studium

Tesis_Completa_Simba_Stiven_Alquinga_Jeferson
ID : a73da3d467b6045fe51ccef512303eedddf95eab

5%
Textos sospechosos

Nombre del fichero : media tesis.txt
Tamaño del archivo original : 5,37 MB
Número de palabras : 8842

Depositante : katy sg
Fecha de depósito : 2 de septiembre de 2026
Tipo de carga : interface
fecha de fin de análisis : 2 de septiembre de 2026

Resumen (sección 1/3)

Localización de los textos sospechosos en el documento :



Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Similitudes 3%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



Detección de IA 2%

Textos estilísticamente próximos a un texto generado por una IA.
Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.



No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Textos entre comillas 2%

Pasajes entre comillas, a menudo indicativos de una cita.

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
ROBERTO CARLOS NARVAEZ AGUILAR

Tcrn. Emt. Avc. Narváez Aguilar, Roberto Carlos

Director

CC:1715195952

Departamento de Seguridad y Defensa

Carrera de Tecnología Superior Universitaria en Ciencias Militares Aeronáuticas

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **"Análisis doctrinario y técnico de los indicadores de gestión utilizados en organizaciones de mantenimiento aeronáutico militar (MRO)"** fue realizado por los señores **Simba Sangucho, Stiven Paúl y Alquinga Asaña, Jefferson Alexis,** 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 analizada 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.

Latacunga, 04 de septiembre de 2026

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
ROBERTO CARLOS NARVAEZ AGUILAR

Tcrn. Emt. Avc. Narváez Aguilar, Roberto Carlos

Director

CC:1715195952

Departamento de Seguridad y Defensa

Carrera de Tecnología Superior Universitaria en Ciencias Militares Aeronáuticas

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Simba Sangucho,Stiven Paúl y Alquinga Asaña, Jefferson Alexis**, con cédulas de ciudadanía n°0504749706 y n°1756024822, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular**: Análisis doctrinario y técnico de los indicadores de gestión utilizados en organizaciones de mantenimiento aeronáutico militar (MRO),** 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.

Latacunga, 04 de septiembre de 2026

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
STIVEN PAUL SIMBA SANGUCHO

Simba Sangucho, Stiven Paúl

C.C.: 0504749706

Jefferson Alexis Alquinga Asana
Time Stamping Security Data

Alquinga Asaña, Jefferson Alexis

C.C.: 1756024822

Departamento de Seguridad y Defensa

Carrera de Tecnología Superior Universitaria en Ciencias Militares Aeronáuticas

Autorización de Publicación

Yo/ nosotros **Simba Sangucho,Stiven Paúl y Alquinga Asaña, Jefferson Alexis**, con cédulas de ciudadanía n°0504749706 y n°1756024822, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Análisis doctrinario y técnico de los indicadores de gestión utilizados en organizaciones de mantenimiento aeronáutico militar (MRO)** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 04 de septiembre de 2026

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
STIVEN PAUL SIMBA SANGUCHO

Simba Sangucho, Stiven Paúl

C.C.: 0504749706

Jefferson Alexis Alquinga Asana
Time Stamping Security Data

Alquinga Asaña, Jefferson Alexis

C.C.: 1756024822

Dedicatoria

A mi madre, por ser mi mayor fortaleza y por enseñarme con su ejemplo que ningún obstáculo es más grande que la voluntad de seguir adelante. Cada sacrificio, cada palabra de aliento y cada muestra de amor fueron parte de este camino. Este logro lleva mi nombre, pero también lleva una parte de ti.

A Dios, por darme sabiduría, fortaleza y perseverancia para alcanzar esta meta. Y a mí misma, por no rendirme en los días difíciles, por aprender de cada caída y continuar hasta convertir este sueño en una realidad.

Hoy cierro una etapa con gratitud y abro otra con la certeza de que aún quedan muchos sueños por conquistar.

Simba Sangucho, Stiven Paúl

A mis padres, por ser la base de mis principios y el respaldo que me permitió avanzar aun cuando el camino se volvió difícil. Sus sacrificios, consejos y confianza fueron parte esencial de cada paso hasta alcanzar esta meta.

A Dios, por guiarme y darme la fortaleza para superar cada desafío. Y a todas las personas que, con una palabra, un consejo o su confianza, dejaron una huella en este recorrido.

Este logro representa el final de una etapa, pero también el comienzo de nuevos desafíos que asumiré con la misma determinación que me trajo hasta aquí.

Alquinga Asaña, Jefferson Alexis

Agradecimiento

A Dios, por concederme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa.

A mi madre y a mi familia, por su apoyo, confianza y motivación constante. A nuestros docentes, por compartir sus conocimientos y contribuir a nuestra formación profesional, y a nuestro tutor de tesis, por su orientación, paciencia y valiosos aportes durante el desarrollo de este proyecto.

A todas las personas que contribuyeron, directa o indirectamente, a la culminación de esta investigación, mi sincero agradecimiento.

Simba Sangucho, Stiven Paúl

A Dios, por darme la fortaleza y perseverancia para culminar esta etapa.

A mis padres, por su apoyo incondicional y por ser parte fundamental de mi formación.

A nuestros docentes, por cada enseñanza que aportó a nuestro crecimiento profesional, y a nuestro tutor de tesis, por su guía y acompañamiento durante el desarrollo de este proyecto.

A mis compañeros, amigos y a todas las personas que aportaron de alguna manera a este proceso, mi más sincero agradecimiento. Cada aporte fue parte de este logro.

Alquinga Asaña, Jefferson Alexis

Índice de contenidos

Carátula 1

Reporte de verificación de contenido 2

Certificación 3

Responsabilidad de Autoría 4

Autorización de Publicación 5

Dedicatoria 6

Agradecimiento 7

Índice de contenidos 8

Índice de tablas 11

Índice de figuras 12

Resumen 13

Abstract 14

Capítulo I 15

Introducción 15

Planteamiento del problema 16

Formulación del problema o pregunta de investigación 17

Objetivos 17

Objetivo general: *17*

Objetivos específicos: *18*

Justificación 18

Capítulo II 20

Marco teórico 20

Mantenimiento aeronáutico 20

Concepto de mantenimiento aeronáutico *20*

Tipos de mantenimiento aeronáutico *20*

Organización de mantenimiento aeronáutico (MRO) 25

Definición de MRO (Maintenance, Repair and Overhaul) *25*

Procedimientos ejecutados en una organización MRO *26*

Recursos de los procedimientos MRO *27*

Gestión de mantenimiento aeronáutico 29

Concepto de gestión del mantenimiento aeronáutico *29*

Planificación del mantenimiento *29*

Gestión de recursos *30*

Productividad en el mantenimiento aeronáutico 31

Conceptualización de productividad en el mantenimiento aeronáutico *31*

Indicador de horas – hombre programadas o planificadas (HHP) *31*

Indicador de horas – hombre ejecutadas (HHE) *31*

Indicador de horas – hombre ganadas (HHG) *32*

Principales indicadores empleados en MRO 32

Indicador de tarjetas de trabajo cerradas (TTC) *32*

Avance ponderado *32*

Eficiencia laboral *33*

Turnaround Time (TAT) *33*

Tiempo improductivo *33*

Utilización de Manpower *33*

Capítulo III 35

Metodología 35

Enfoque de investigación 35

Tipo y diseño de investigación 35

Técnica e instrumento 37

Consideraciones éticas 38

Capítulo IV 40

Análisis y discusión de los resultados 40

Desarrollo de las fichas documentales 40

Desarrollo de la matriz comparativa de indicadores de gestión MRO 49

Capítulo V 55

Conclusiones y recomendaciones 55

Recomendaciones 57

Referencias: 58

Apéndices 62

Índice de tablas

Tabla 1 Ficha documental Nº 1 40

Tabla 2 Ficha documental Nº 2 41

Tabla 3 Ficha documental Nº 3 41

Tabla 4 Ficha documental Nº 4 42

Tabla 5 Ficha documental Nº 5 43

Tabla 6 Ficha documental Nº 6 43

Tabla 7 Ficha documental Nº 7 44

Tabla 8 Ficha documental Nº 8 45

Tabla 9 Ficha documental Nº 9 45

Tabla 10 Ficha documental Nº 10 46

Tabla 11 Ficha documental Nº 11 47

Tabla 12 Ficha documental Nº 12 48

Tabla 13 Matriz comparativa de indicadores de gestión MRO 49

Índice de figuras

Figura 1 Tipos de mantenimiento aeronáutico 21

Figura 2 Mantenimiento preventivo aeronáutico 22

Figura 3 Mantenimiento correctivo aeronáutico 22

Figura 4 Mantenimiento predictivo aeronáutico 23

Figura 5 Mantenimiento programado aeronáutico 24

Figura 6 Mantenimiento no programado aeronáutico 24

Figura 7 Mantenimiento basado en condiciones (CBM) aeronáutico 25

Resumen

La investigación en cuestión, examina la forma doctrinaria y el tipo técnico, los indicadores de gestión utilizados en organizaciones de mantenimiento (MRO) de tipo aeronáutico militar, para así poder identificar indicadores que pueden ser aplicables a los procesos de la OMA DIAF. La metodología de la investigación fue bajo un enfoque cualitativo, tipo documental y aplicado de diseño no experimental. Se utilizó como técnicas la revisión documental y el estudio comparativo, organizando y evaluando con fichas de análisis documental y una matriz comparativa la información que se fue obteniendo de la revisión de fuentes técnicas, normativas y doctrinarias de los organismos su EASA, OACI, FAA y la Fuerza Aérea estadounidense. Los resultados señalaron que el control por solo tarjetas de trabajo cerradas no permite valorar integralmente la productividad del mantenimiento. Se presentaron como indicadores utilizables: horas-hombre programadas, manpower utilizado, cumplimiento del mantenimiento programado, cumplimiento técnico y de aeronavegabilidad, rendimiento laboral, tiempo improductivo, disponibilidad de aeronaves e indicadores de rendimiento de mantenimiento militar. Se puede concluir que, a partir de la aplicación conjunta de estos indicadores, se lograría reforzar el seguimiento de los procesos, optimizar el uso de recursos y contar con información más certera para apoyar la toma de decisiones y la mejora continua en la OMA DIAF de forma eficiente y oportuna institucionalmente.

Palabras clave: indicadores de gestión, enfoque cualitativo, horas-hombre programadas, manpower utilizado, tiempo improductivo.

Abstract

This research examines, from both a theoretical and technical perspective, the management indicators used in military aviation maintenance organizations (MROs) in order to identify indicators that may be applicable to the processes of the OMA DIAF. The research methodology employed a qualitative, documentary, and applied approach with a non-experimental design. The techniques employed included a literature review and a comparative study, in which the information obtained from reviewing technical, regulatory, and doctrinal sources from organizations such as EASA, ICAO, the FAA, and the U.S. Air Force was organized and evaluated using document analysis forms and a comparative matrix. The results indicated that relying solely on closed work orders does not allow for a comprehensive assessment of maintenance productivity. The following were presented as usable indicators: scheduled man-hours, manpower utilized, compliance with scheduled maintenance, technical and airworthiness compliance, work performance, downtime, aircraft availability, and military maintenance performance indicators. It can be concluded that the joint application of these indicators would strengthen process monitoring, optimize resource use, and provide more accurate information to support decision-making and continuous improvement within the OMA DIAF in an efficient and timely manner at the institutional level.

Keywords: management indicators, qualitative approach, scheduled man-hours, manpower used, downtime.

Capítulo I

Introducción

En el ámbito militar, el mantenimiento de los aviones es esencial para optimizar la estabilidad operacional, el abastecimiento y la confiabilidad. Por lo tanto, las entidades encargadas de mantener, reparar y revisar aeronaves tienen como responsabilidad preservar los sistemas y componentes de estas en condiciones adecuadas de funcionamiento mediante actividades organizadas por revisión, mantenimiento preventivo, correctivo, restauración y control técnico. Estas tareas son especialmente relevantes en el ámbito militar porque el abastecimiento de los medios aéreos afecta directamente la realización de intervenciones y misiones institucionales.

Para lograr niveles adecuados de eficiencia y eficacia, las organizaciones de mantenimiento aeronáutico requieren disponer de mecanismos que permitan una valoración objetiva de su desempeño; en este sentido, los indicadores de gestión se constituyen de herramientas que permiten medir y dar seguimiento a atributos relacionados a la disponibilidad por aeronaves, cumplimiento de los programas de mantenimiento, tiempos de intervención, confiabilidad de los sistemas, uso de recursos, productividad y calidad de los trabajos ejecutados; por lo que su correcta aplicación aporta información relevante para la identificación de desviaciones, la determinación de acciones correctivas y el robustecimiento de los procesos de decisión.

Dentro de las organizaciones de mantenimiento aeronáutico militar, el uso de estos indicadores debe responder a criterios técnicos, por una parte inherentes a la actividad, y, por otra parte, a lo establecido por la doctrina institucional; por ello resulta necesario analizar la relación existente entre los fundamentos doctrinarios que orientan la gestión del mantenimiento y los criterios técnicos empleados para medir su desempeño, dado que una inadecuada selección o interpretación de indicadores los restringe a una evaluación parcial de la eficiencia de las operaciones de mantenimiento.

En este sentido, el presente estudio tendrá un enfoque doctrinario y técnico sobre los indicadores de gestión de mantenimiento utilizados en las organizaciones de mantenimiento aeronáutico militar (MRO), que determinará sus principales características, criterios de aplicación y su aporte al control de los procesos de mantenimiento; este análisis permitirá definir la base conceptual y técnica que contribuya a comprender la importancia de los indicadores como instrumentos de evaluación y apoyo para la toma de decisiones, orientados al mejoramiento continuo y optimización de los recursos, y fortalecer la disponibilidad operacional de los medios aéreos militares.

Planteamiento del problema

Las organizaciones de mantenimiento aeronáutico (MRO) requieren tener disponible información confiable y oportuna para evaluar el desarrollo de las actividades de mantenimiento, la planificación y el uso de los recursos disponibles; para lo cual, los indicadores de gestión constituyen una herramienta necesaria para medir diferentes dimensiones del desempeño que pueden incluir el avance de los trabajos, la productividad, la eficiencia, las horas-hombre utilizadas, los tiempos de ejecución y el aprovechamiento de los técnicos.

En la “Dirección de la Industria Aeronáutica de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (DIAF)”, a través de la Organización de Mantenimiento Aeronáutico (OMA DIAF), los procesos de mantenimiento producen información referente a las horas-hombre, las tarjetas de trabajo, las actividades ejecutadas, las especialidades técnicas, los tiempos de ejecución y el avance de producción; dentro de esos procesos, uno de los mecanismos utilizados para realizar el seguimiento de los trabajos corresponde al control de las tarjetas de trabajo cerradas, las cuales permiten verificar el cumplimiento de las actividades con su respectiva documentación.

No obstante, usar el número de tarjetas cerradas como principal referencia de avance tiene limitaciones para una representación integrada del desempeño productivo; una tarjeta, puede estar técnicamente ejecutada en un porcentaje elevado y permanecer abierta porque

falta una actividad, una inspección, una firma o algún requerimiento para el cierre documental; además, las tarjetas presentan diferentes complejidades y requieren diferentes cantidades de horas-hombre para su ejecución; aun así, con un simple conteo, una actividad que requiere pocas horas tiene el mismo peso que otra que requiere una cantidad bastante mayor de recursos.

Esto dificulta el seguimiento real del avance de los trabajos y el análisis de otras variables de importancia para la gestión del mantenimiento; entre estas, se encuentran las horas-hombre que se utilizan, la eficiencia de producción, el tiempo de permanencia de las aeronaves en mantenimiento, los tiempos improductivos, la utilización del personal disponible y el rendimiento de las diferentes especialidades.

Como resultado, la dependencia de un indicador principalmente documental puede ofrecer una visión incompleta del comportamiento de la producción, porque con un solo indicador no se puede evaluar de forma integral las distintas dimensiones que intervienen en el mantenimiento aeronáutico. Por ello surge la necesidad de analizar doctrinaria y técnicamente los indicadores de gestión utilizados por organizaciones de mantenimiento aeronáutico militar (MRO), con el objetivo de identificar aquellos de productividad, eficiencia, tiempo, utilización de recursos y cumplimiento que se puedan aplicar a los procesos de mantenimiento de la OMA DIAF, y que complementen los mecanismos actuales de seguimiento de la producción.

Formulación del problema o pregunta de investigación

¿Qué indicadores de gestión que utilizan organizaciones de mantenimiento aeronáutico militar (MRO) permiten realizar una valoración integral sobre la productividad, eficiencia, avances, tiempos y utilización de recursos de los procesos de mantenimiento de la OMA DIAF?

Objetivos

Objetivo general:

Analizar doctrinaria y técnicamente los indicadores de gestión utilizados en organizaciones de mantenimiento aeronáutico militar (MRO).

Objetivos específicos:

- Realizar una revisión bibliográfica y documental sobre metodologías de medición de productividad utilizadas en organizaciones MRO.
- Identificar indicadores de productividad aplicables al mantenimiento aeronáutico de la OMA DIAF.

Justificación

La acción de medir y evaluar lo que pasa en las organizaciones de mantenimiento aeronáutico militar (MRO), se hace necesaria, en el caso de MRO el requerimiento de parámetros (recursos humanos, técnicos, materiales y temporales), las mismas requieren un uso coordinado. En este contexto, contar con indicadores de gestión adecuados permite convertir la información que se desarrolla durante el mantenimiento en elementos útiles que ayuden a conocer el avance de los trabajos, a evaluar el rendimiento y a tomar decisiones.

Desde el aspecto técnico, el análisis es relevante pues la medición basada principalmente en el cierre de la tarjeta de trabajo por sí solo no permite representar todas las dimensiones que intervienen en el desempeño de una organización MRO; los trabajos de mantenimiento presentan diferentes niveles de complejidad, duración, requerimiento de horas-hombre, por lo que se deben analizar indicadores complementarios que permitan valorar la productividad, la eficiencia, el avance, los tiempos de ejecución, la utilización del personal y el cumplimiento de la producción.

El análisis de diversos indicadores operacionales como el avance ponderado, las horas/hombre ganadas, la eficiencia en el trabajo, los tiempos improductivos, la utilización de manpower y el cumplimiento de producción permitirá contar con distintos criterios para evaluar cómo se comportan los procesos de mantenimiento en su día a día; el uso complementario de estos indicadores puede facilitar la identificación de desviaciones, tiempos de espera, utilización de recursos y diferencias entre lo planificado y lo ejecutado.

El estudio contribuirá a la identificación de indicadores que puedan ser aplicables a los procesos de mantenimiento de la OMA DIAF, a partir de la información que se recolecta a partir de la realización de trabajos (horas-hombre, tarjetas de trabajo, tiempos de realización, especialidades y avance de producción). Así, los resultados del análisis de dicha información pueden servir de referencia para obtener una mayor disponibilidad de la información en los niveles táctico, operativo y estratégico de la organización y para la mejora de procesos como los de planificación, control y toma de decisiones.

En términos académicos y metodológicos, esta investigación permitirá integrar distintos saberes relacionados con mantenimiento aeronáutico, gestión de producción, productividad e indicadores de desempeño, mediante una revisión doctrinaria, bibliográficas y técnicas de metodologías utilizadas en organizaciones MRO nacionales e internacionales. También servirá para establecer la fundamentación metodológica que permitirá identificar y clasificar indicadores de gestión de acuerdo a su aplicabilidad, relevancia y utilidad en una organización de mantenimiento aeronáutico militar.

Capítulo II

Marco teórico

Mantenimiento aeronáutico

Concepto de mantenimiento aeronáutico

Se entiende como mantenimiento aeronáutico el total de operaciones técnicas, administrativas y funcionales que buscan mantener o volver a determinar la aeronave, sus elementos, sistemas y/o equipos en condiciones confiables y apropiadas para su operación. Esto incluye la inspección, revisión, prueba, reparación, sustitución de componentes, modificación y otras acciones, que se realizan de acuerdo a un procedimiento y/o mediante técnicas especificadas en un manual, o bien a partir de otras especificaciones de un fabricante o de un organismo competente, que implican en todos los casos la aplicación de una norma o de un método de aeronavegabilidad (Gómez Salazar & Rodríguez Cano, 2024).

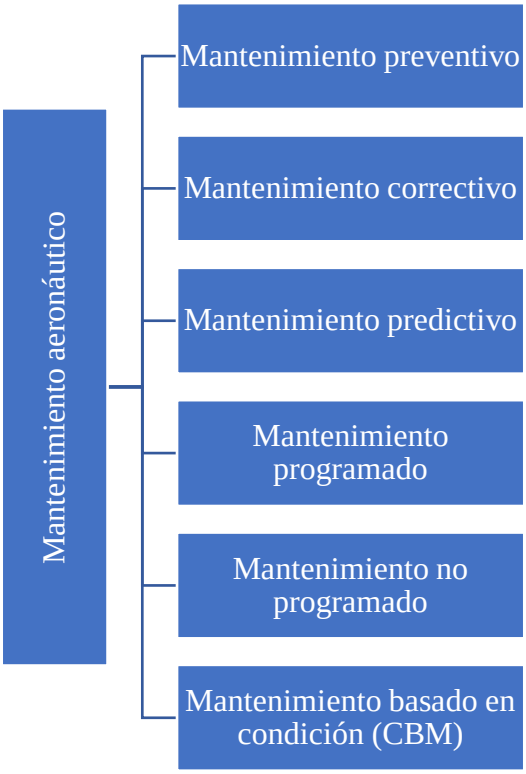
En el entorno de la militarización, el mantenimiento de la aeronáutica, al igual que otras ramas, tiene una función estratégica; procura que las aeronaves necesarias para cumplir las misiones sean disponibles, fiables y operativas. Por lo tanto, se requiere manejar los recursos humanos, materiales, técnicos y repuestos; infraestructura, tiempos de mantenimiento y sistemas de control (Kabashkin, 2024).

Tipos de mantenimiento aeronáutico

El mantenimiento de aeronaves según (Vernet, 2023; Dela Peña, 2024), puede ser clasificado de acuerdo al momento que se realiza, la finalidad y el nivel de intervención que requiere y en las organizaciones de mantenimiento aeronáutico, entre ellas las MRO militares, sus principales tipos son:

Figura 1

Tipos de mantenimiento aeronáutico



Nota. En esta figura están los diferentes tipos de mantenimiento aeronáutico. Tomado de (Vernet, 2023; Dela Peña, 2024).

Mantenimiento preventivo. Comprenden las actividades planificadas que llevan a cabo antes de que ocurra la falla para mantener la aeronave y sus componentes dentro del funcionamiento normal del equipo. Incluyendo revisiones periódicas, lubricación, ajustes, limpieza, pruebas de funcionamiento y cambio de piezas en caso de que se cumplan los límites; por lo que se busca minimizar las probabilidades de falla y a mantener la seguridad y disponibilidad del avión (Dela Peña, 2024).

Figura 2

Mantenimiento preventivo aeronáutico



Nota. En esta figura está la representación del mantenimiento preventivo aeronáutico. Tomado de Dela Peña (2024).

Mantenimiento correctivo. Cuando hay fallo o avería o mal funcionamiento en una aeronave, sistema o componente se lleva a cabo una actividad que consiste en diagnosticar la causa de la avería y realizar las reparaciones, ajustes o sustituciones necesarias para restablecer las condiciones normales de funcionamiento y de aeronavegabilidad, el mantenimiento correctivo puede ser programado o no programado (Dela Peña, 2024).

Figura 3

Mantenimiento correctivo aeronáutico



Nota. En esta figura está la representación del mantenimiento correctivo aeronáutico. Tomado de Dela Peña (2024).

Mantenimiento predictivo. Se fundamenta en el rastreo y análisis del estado real de los componentes y sistemas de la aeronaves, a partir de la información obtenida mediante inspecciones, sensores, análisis de vibraciones, parámetros de motores, análisis de aceite y otros de diagnosis. Su función consiste en la detección de signos de deterioro antes que se origine la falla y el momento más apropiado para llevar a cabo dicha intervención (Dela Peña, 2024).

Figura 4

Mantenimiento predictivo aeronáutico



Nota. En esta figura está la representación del mantenimiento predictivo aeronáutico. Tomado de Dela Peña (2024).

Mantenimiento programado. Se refiere a las tareas que se deben realizar a intervalos definidos previamente, que son horas de vuelo, ciclos, tiempo calendario u otros que se hayan definido en los programas y manuales de mantenimiento. Se incluye las inspecciones y revisiones críticas para que el equipo se mantenga dentro de la especificación técnica (Vernet, 2023).

Figura 5

Mantenimiento programado aeronáutico



Nota. En esta figura está la representación del mantenimiento programado aeronáutico. Tomado de Dela Peña (2024).

Mantenimiento no programado. Se designa intervención no planificada a la que no era parte del plan de mantenimiento regular, sino que es provocada por una falla, una discrepancia, un daño o una anomalía que se produce en el funcionamiento o en las inspecciones. La ejecución puede afectar de forma directa los tiempos de mantenimiento y disponibilidad operacional de las aeronaves (Vernet, 2023).

Figura 6

Mantenimiento no programado aeronáutico



Nota. En esta figura está la representación del mantenimiento no programado aeronáutico. Tomado de Dela Peña (2024).

Mantenimiento basado en condición (CBM). El Condition-Based Maintenance (CBM) consiste en definir el mantenimiento que necesita un equipo por su estado real, sin actuar solo porque se “toca” en un intervalo. El use de Sistemas de Monitoreo permite a las compañías identificar tendencias de degradación y decidir intervenir determinados componentes a tiempo (Vernet, 2023).

Figura 7

Mantenimiento basado en condiciones (CBM) aeronáutico



Nota. En esta figura está la representación del mantenimiento basado en condiciones (CBM) aeronáutico. Tomado de Dela Peña (2024).

Organización de mantenimiento aeronáutico (MRO)

Definición de MRO (Maintenance, Repair and Overhaul)

Es un conjunto de acciones de carácter técnico, logístico y administrativo, que se llevan a cabo a fin de conservar y/o restaurar un activo físico en condiciones de funcionamiento y seguridad óptimas (Velásquez Cárdenas, 2025).

Procedimientos ejecutados en una organización MRO

Es el conjunto de procedimientos especializados, de logística y administrativos que garantizan que un sistema, una aeronave o una parte mantenga un nivel apropiado de protección, eficacia, disponibilidad y operatividad. Dentro de una MRO aeronáutica militar además de ser procesos vinculados al cumplimiento de las misiones, están relacionados a la disponibilidad de la flota (Ribeiro Alves & Amaya Guío, 2020).

Los principales procedimientos según Guinn et al. (2025) son:

1. Planificación y programación del mantenimiento: Establece la realización de actividades, de acuerdo a horas de vuelo, ciclos, calendario, condición técnica de la aeronave y requerimientos operativos.

2. Recepción e inspección de la aeronave: Se entiende como la recepción, la revisión de documentación y la primera inspección para identificar novedades, desvíos, daños o trabajos pendientes.

3. Diagnóstico y evaluación técnica: Permite conocer la condición de los aviones, mecanismos y elementos, detectar las fallas y establecer las medidas de mantenimiento.

4. Mantenimiento en marcha: Incluye revisiones, desarmado, lavado, ajustes, engrase, reparación, cambio de piezas y otras labores de prevención o corrección.

5. Reparación y revisión completa de componentes: Son entidades que ejecutan medidas de prevención con el fin de evitar que el equipo sufra fallos o se pare de manera no programada.

6. Inspección y control de calidad: Verifica que las obras realizadas se ejecuten conforme a las directrices técnicas, procesos, indicaciones y exigencias de protección y aeronavegabilidad pertinentes.

7. Gestión de materiales, piezas de repuesto y herramientas: Asegura que cuente con accesorios, suministros, instrumentos y dispositivos para conservación, al igual que su almacenamiento, verificación y supervisión.

8. Mantenimiento de los documentos y registros: Comprende el historial de inspección, reparación, sustitución de piezas, tiempo de trabajo, órdenes de servicio y cualquier otro dato que sea preciso para su seguimiento.

9. Gestión de seguridad y riesgos: Detecta y controla los peligros asociados a las actividades de mantenimiento para evitar incidentes, errores humanos y daños al equipo o a la aeronave.

10. Seguimiento de indicadores de gestión: Evalúa el desempeño de la MRO a partir de indicadores como disponibilidad de aeronaves, cumplimiento del Mantenimientos Programado, MTBF, MTTR, tiempos de ciclo, retrasos, productividad y utilización de recursos.

Recursos de los procedimientos MRO

Recursos humanos, que son personal técnico y especializado encargado de planificar, ejecutar, supervisar y controlar el mantenimiento como los técnicos aeronáuticos, ingenieros, inspectores de calidad, planificadores, especialistas en aviónica, motores, estructuras y personal logístico (Nam et al., 2023).

La infraestructura, que incluye las instalaciones necesarias para realizar el trabajo que hay que hacer; esto es, hangares, talleres especializados, almacenes, zonas de inspección, laboratorios, plataformas y zonas de prueba o ensayo (Nam et al., 2023).

Las herramientas y equipos de mantenimiento: herramientas manuales y especiales, equipos de diagnóstico, bancos de prueba, equipos de medición, dispositivos de elevación, equipos de apoyo en tierra y herramientas de precisión (Nam et al., 2023).

Repuestos y materiales, como componentes, partes, consumibles, lubricantes, sellantes, elementos de fijación y otros materiales necesarios para efectuar reparaciones, sustituciones y mantenimiento preventivo (Troncoso González, 2025).

Sistemas computacionales y programas informáticos que sirven para la planificación, programación y seguimiento del mantenimiento, administración de órdenes de trabajo, control de inventarios, trazabilidad de componentes y análisis de indicadores (Troncoso González, 2025).

Documentos que serán necesarios para realizar correctamente los trabajos que se prevean en el contrato como ser: manuales de mantenimiento, catálogos de partes, órdenes técnicas, boletines de servicio, procedimientos de inspección, diagramas, historiales de mantenimiento y demás (Troncoso González, 2025).

Recursos financieros para la organización, con presupuesto para la compra de repuestos, pago de servicios, mantenimiento de equipos e instalaciones, capacitación de personal y demás necesidades de funcionamiento (Sáenz Hernández, 2024).

Equipos de seguridad y protección personales, así como de la aeronave, que desarrollará el trabajo. Por ejemplo, equipos de protección personal, sistemas de extinción de

incendios, señalización y otros dispositivos para el control de los riesgos laborales (Sáenz Hernández, 2024).

Gestión de mantenimiento aeronáutico

Concepto de gestión del mantenimiento aeronáutico

Es una disciplina fundamental que garantiza la seguridad, la eficiencia de las operaciones y la confiabilidad de los aviones mediante el monitoreo constante de los trabajos de conservación. Como fundamento para la seguridad aérea, este sector especializado une la trayectoria técnica con fundamentos de gestión planificada para mantener los aviones aptos para volar y hacer un uso óptimo de los recursos. Entender las bases del manejo del mantenimiento de aeronaves es fundamental para aquellos que persiguen una carrera que integre oportunidades de liderazgo con trabajo práctico y técnico (Lituma Briceño, 2025).

Planificación del mantenimiento

El plan de la conservación de la aeronave incluye el monitoreo del estado de la aeronave o del conjunto para determinar cuándo expira la labor a corto, medio y prolongado plazo. La accesibilidad de herramientas, trabajadores y lugares de reparación es lo que determina las resoluciones sobre el planeamiento del mantenimiento. Al momento en que el mantenimiento es fundamental, se logra eficiencia organizando el trabajo de tal manera que se aprovechen al máximo los recursos (Marrero Hernández, 2022).

Estas planificaciones son:

Planificación de lugares para mantenimiento. La programación y planificación de tareas de mantenimiento para aviones o equipos podría ser complicada, ya que frecuentemente el equipo o la aeronave que necesita mantenimiento no está en el lugar correcto a la hora

adecuada. La coordinación y programación de tripulación, materiales y asignaciones en localizaciones MRO forma parte de la planificación del emplazamiento de mantenimiento (Guo et al., 2025).

Costos de mantenimiento o conservación. Son los gastos que se incurren en mantenimiento de planificación engloban los costos de previsión, empleando las propiedades del planificador, así como los presupuestos de supervisión y planificación en la aplicación llamada Supervisión del presupuesto (Guo et al., 2025).

Implementación de tarjetas de tarea y tarjetas para tareas maestras. Las tarjetas laborales incluyen información minuciosa acerca de los trabajos de mantenimiento programados en aeronaves o componentes del equipo. Las asignaciones de trabajo se crean una vez que las tareas han vencido. Los avisos se producen cuando los documentos de tarea llegan o superan su límite, lo que evita que éstas caduquen (Andrade et al., 2021).

Manejo del empleo de mantenimiento. La administración de las labores de mantenimiento supone configurar órdenes, paquetes y tarjetas de trabajo para brindar la información que se requiere para llevar a cabo el mantenimiento (Andrade et al., 2021).

Gestión de recursos

La gestión de recursos del mantenimiento aeronáutico se refiere al uso coordinado del personal técnico, de los repuestos logísticos, de las herramientas especializadas y de la información técnica, con el fin de que la aeronave opere de forma segura, eficaz y dentro de los límites de la Ley (Mantilla González, 2024).

Productividad en el mantenimiento aeronáutico

Conceptualización de productividad en el mantenimiento aeronáutico

Las labores de mantenimiento aeronáutico incluyen diversas tareas, tales como la limpieza y las reformas de los componentes de un avión. Su objetivo principal es garantizar la mecánica de los aviones y otra el cumplimiento de todas las especificaciones exigidas como la FAA o la EASA, en Ecuador, la DGAC regula los procesos y licencias para el personal técnico (Laverde Amores, 2019).

$$Productividad = \frac{Resultados\ obtenidos}{Recursos\ usados}$$

$$Productividad\ MRO = \frac{Tareas\ de\ mantenimiento\ realizado}{Recursos\ utilizados}$$

Indicador de horas – hombre programadas o planificadas (HHP)

Es el total de horas de trabajo que se prevé o presupone que su personal dedicará a una tarea, proyecto u operación (Sandoval Chávez et al., 2024).

$$HHP = Número\ de\ trabajadores\ x\ Horas\ al\ día\ x\ Días\ programados$$

Indicador de horas – hombre ejecutadas (HHE)

Se encarga de medir el tiempo real total que el personal dedica a realizar un trabajo, tarea o proyecto; sirve para controlar la productividad, calcular costos laborales y presentar estadísticas en salud y seguridad en el trabajo. Se mide el tiempo real total que el personal dedica a realizar un trabajo, tarea o proyecto. Sirve para controlar la productividad, calcular costos laborales y presentar estadísticas en salud y seguridad en el trabajo (Pérez Gómez Martínez et al., 2023).

$$HHE = Número\ de\ trabajadores\ x\ Horas\ al\ día\ trabajados\ individualmente$$

Indicador de horas – hombre ganadas (HHG)

Es el volumen de trabajo formalmente ejecutado y validado en términos de tiempo estándar o presupuesto, que se calcula multiplicando el porcentaje de avance real de la tarea por los total hombres-hora presupuestados (Pérez Gómez Martínez et al., 2023).

$$HHG = Porcentaje\ de\ avance\ real\ x\ HHP$$

Principales indicadores empleados en MRO

Indicador de tarjetas de trabajo cerradas (TTC)

Permite conocer porcentaje de tarjetas de trabajo que han sido completadas y cerradas formalmente respecto del total de tarjetas programadas para un mantenimiento (Martínez Ramírez & Carbonell Soto, 2020).

$$TTC = \frac{N°\ de\ tarjetas\ cerradas}{N°\ total\ de\ tarjetas\ programadas} x100$$

Avance ponderado

Es un indicador que permite establecer el porcentaje real alcanzado en un conjunto de actividades de mantenimiento, considerando que las actividades pueden tener diferente magnitud, o carga de trabajo (Rojas Díaz, 2025).

$$Avance\ ponderado\ (\%) = \frac{\sum HHG}{\sum HHP} X100$$

Eficiencia laboral

La eficiencia laboral en una MRO aeronáutica es un tipo de indicador que a partir del calendario se define que tan bien se ha realizado, los usos de las horas hombre (Laverde Amores, 2019).

$$Eficiencia\ (\%) = \frac{HHG}{HHE} \times 100$$

Turnaround Time (TAT)

Es un indicador que permite medir el tiempo que transcurre desde que una aeronave es sometida a un proceso de mantenimiento hasta que finaliza dicho proceso y es entregada (Setiawan et al., 2025).

$$TAT = Tiempo_{\ entrega} - Tiempo_{\ ingreso}$$

Tiempo improductivo

El tiempo improductivo constituye un indicador de gestión utilizado en organizaciones MRO para medir un periodo donde no hay avance productivo en una actividad producto o proceso de mantenimiento y que ocurre por causa específica (Setiawan et al., 2025).

$$TI(\%) = \frac{Timproductivas}{T\ disponibles} \times 100$$

Utilización de Manpower

La utilización de manpower es un indicador de gestión que permite determinar qué porcentaje de la capacidad disponible del personal técnico se utiliza efectivamente en actividades productivas de mantenimiento aeronáutico (Biruk et al., 2022)

$$Manpower\ (\%) = \frac{HH\ utilizadas}{HH\ disponibles} \times 100$$

Capítulo III

Metodología

Enfoque de investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, ya que se orientó al análisis e interpretación de información doctrinaria, técnica, bibliográfica y documental sobre los indicadores de gestión empleados en organizaciones de mantenimiento aeronáutico militar (MRO). Este enfoque facilitó la observación de las cualidades, procedimientos de cálculo, ventajas, restricciones y utilizaciones de los diversos indicadores utilizados para medir efectividad, rendimiento, avance, tiempos y aplicación de recursos dentro del mantenimiento aeronáutico.

Se detectaron y clasificaron los indicadores más importantes empleados en organizaciones MRO, mediante la inspección y análisis de informes técnicos, regulaciones, reglamentos, estudios académicos y bibliográficos. Después se analizó la aplicabilidad de los mismos en sus procesos de mantenimiento de la OMA DIAF, para lo cual se utilizaron criterios de: pertinencia, disponibilidad de información, facilidad de cálculo, utilidad para la toma de decisiones. Así, desde un enfoque cualitativo se establecieron una interpretación técnica y doctrinaria de los indicadores, la cual determinó el aporte de los mismos a la gestión del mantenimiento aeronáutico.

Tipo y diseño de investigación

La investigación es documental, ya que consistió en recolectar, revisar, analizar e interpretar información proveniente de fuentes bibliográficas, documentos técnicos, doctrina, normativa, investigación académica y literatura especializada relacionada con la gestión del mantenimiento aeronáutico y los indicadores utilizados en organizaciones MRO. Para este tipo de investigación se analizaron las metodologías que se emplearon para medir variables como

la productividad, la eficiencia, el avance, horas hombre, tiempos y utilización de recursos, por lo que se pudo establecer sus características, ventajas, limitaciones y aplicaciones de los diferentes indicadores.

La investigación es del tipo aplicada, ya que los conocimientos que se obtuvieron mediante el análisis documental se orientaron hacia una situación concreta de la “Organización de Mantenimiento Aeronáutico de la Dirección de la Industria Aeronáutica de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (OMA DIAF)”; a partir del análisis doctrinario y técnico, se identificaron los indicadores que presentan mayor aplicabilidad a sus procesos de mantenimiento, considerando aspectos como: la relevancia, disponibilidad de información, facilidad de cálculo y utilidad para la toma de decisiones.

Se utilizó un diseño no experimental, en vista que la investigación no consideró la manipulación intencionada de ninguna variable ni la modificación de las condiciones en que se realizaron los procesos de mantenimiento aeronáutico, el estudio buscó hacer uso de la observación, recolección, análisis e interpretación de información que existe sobre los indicadores de gestión que utilizaron las organizaciones de mantenimiento aeronáutico militar (MRO); por lo que se consideraron lo relacionado a la productividad, eficiencia, avance, tiempos y uso de recursos.

Igualmente, se utilizó un diseño documental, en virtud que la información requerida desarrollo la investigación por lo que se obtiene mediante la revisión de doctrina, normativa, documentación técnica, publicaciones científicas, investigaciones académicas y demás fuentes referidas a la gestión y a la medición del desempeño organizacional, en organizaciones MRO; la información que se obtuvo permitió realizar una comparación de las metodologías de medición e identificación de características, ventajas, limitaciones y aplicación de los indicadores. Horas - hombre, Avance ponderado, Eficiencia laboral, Turnaround Time (TAT), Tiempo improductivo, Utilización manpower y Cumplimiento de producción.

Técnica e instrumento

Técnicas

Revisión de documentos. Se utilizó como técnica de investigación principal para la recolección, revisión, selección e interpretación de información de bibliografía técnica, manuales de organizaciones MRO, artículos científicos, normativa y documentación aeroespacial referente a los indicadores de gestión. Esta técnica se utilizó para determinar las metodologías, fórmulas, variables, características y aplicaciones de los indicadores utilizados para la evaluación de la productividad, eficiencia y desempeño operacional en el mantenimiento aeronáutico.

Estudio comparativo. La técnica permitió contrastar los diferentes indicadores de gestión identificados en las organizaciones MRO, considerando su finalidad, fórmula de cálculo, variables que componen el indicador, datos disponibles, ventajas, desventajas y aplicabilidad. A través de la comparación se identificaron los indicadores que presentan mayor utilidad para los procesos de mantenimiento aeronáutico de la OMA DIAF.

Instrumentos

La **ficha de análisis documental** fue el instrumento utilizado para la revisión de bibliografía técnica, manuales MRO, artículos científicos y documentación aeronáutica. En este instrumento se registró de forma sistemática la información asociada a los indicadores de gestión que se fueron identificando, considerando entre otros aspectos autor, año, tipo de fuente, definición del indicador, finalidad, fórmula de cálculo, variables, unidad de medida, aplicación, ventajas y limitaciones. Posteriormente, la información registrada se ordenó para facilitar la identificación y clasificación de los indicadores que se utilizan en las organizaciones MRO nacionales e internacionales.

La **matriz comparativa** fue el instrumento del estudio comparativo, aplicado una vez que se recopiló y sistematizó la información mediante las fichas de análisis documental; en esta se organizaron los indicadores identificados y se compararon con base en criterios como: finalidad, fórmula de cálculo, variables requeridas, disponibilidad de información, ventajas, limitaciones y aplicabilidad a los procesos de mantenimiento aeronáutico; los resultados de esta comparación permitió determinar los indicadores que presentaron mejores condiciones para su aplicación en la gestión de mantenimiento de la OMA DIAF.

Consideraciones éticas

La investigación en desarrollo, se llevó a cabo con responsabilidad, integridad académica, objetividad, confidencialidad y respeto a los derechos de autor. Se empleó exclusivamente con fines académicos y de investigación la información doctrinaria, técnica y documental utilizada para el análisis de los indicadores de gestión, que se enmarca en las disposiciones institucionales relativas al acceso, utilización y difusión de información de organizaciones de mantenimiento aeronáutico.

Se entregó un informe final y la información confidencial a la que se tuviera acceso en la ejecución del estudio; no se entregará ni se leerá ningún dato reservado, sensible o limitado sobre procesos, capacidades y operaciones, así como también actividades de mantenimiento aéreo militar.

De igual manera, se garantizó el respeto a la propiedad intelectual de los autores, las instituciones o las organizaciones que se consultaron mediante una citación y referencia adecuada a la bibliografía técnica, manuales, artículos científicos, normativa y demás documentos utilizados, de forma tal de evitar el plagio, alteración o apropiación de información.

Finalmente, se llevó a cabo un análisis de los indicadores de forma objetiva e imparcial, tratando de que los resultados obtenidos respondan a la evidencia documental recolectada y no

a intereses particulares. La información no se manipuló para privilegiar determinados resultados y, finalmente, las conclusiones se establecieron en función de lo encontrado en el análisis en documental y comparativo.

Capítulo IV

Análisis y discusión de los resultados

Desarrollo de las fichas documentales

Tabla 1

Ficha documental Nº 1

Área	**Información requerida**
Institución	“European Union Aviation Safety Agency (EASA)”
Año	2022
Titulo	“Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Annex II (Part-145) to Commission Regulation (EU) No 1321/2014 Issue 2 — Amendment 5”
Tipo de fuente	Normativa y manual técnico aeronáutica
Tema	Programación de horas hombre y presencia de medios.
Link de enlace	https://www.easa.europa.eu/en/document-library/agency-decisions/ed-decision-2022011r
Indicador/ es:	Indicador de horas – hombre programadas o planificadas (HHP) Utilización de Manpower
Contribución documental	La norma establece que en el mantenimiento base, el plan de horas-hombre debe guardarse de acuerdo al programa de visitas al hangar y, además, debe existir personal suficiente para el desarrollo de las actividades programadas.
Dato significativo	Se considera que una desviación superior al 25 % de las horas-hombre disponibles respecto al plan, es significativa y merece ser revisada.
Aplicación a OMA DIAF.	Organiza y racionaliza los procesos de planificación y se establece como un término común en la doctrina y la gestión.
Análisis	Es una de las más importantes fuentes de respaldo para HHP y uso de manpower

Nota. En la tabla se detallan la fichas documental distribuida por las distintas áreas necesarias.

Tabla 2

Ficha documental Nº 2

Área	**Información requerida**
Institución	“European Union Aviation Safety Agency (EASA)”
Año	2024
Titulo	“User Guide for Aircraft Maintenance Programmes (AMP) approvals”
Tipo de fuente	Instrucciones Técnicas.
Tema	Mantenimiento planificado y sistemático.
Link de enlace	https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/UG.CAMO_.00010-002_-_User_Guide_for_Aircraft_Maintenance_Programmes__AMP__approvals.pdf
Indicador/ es:	Indicador de cumplimiento del mantenimiento programado
Contribución documental	El programa de mantenimiento consiste en las tareas, prácticas y procedimientos que sirven de base para el mantenimiento programado de la aeronave.
Dato significativo	Actividades programadas, intervalos de mantenimiento, cumplimiento y actualización del programa.
Aplicación a OMA DIAF.	Permite construir un parámetro que compare lo que se planificó, y lo que se ejecutó.
Análisis	Proporciona soporte para indicadores de cumplimiento y programación del mantenimiento.

Nota. En la tabla se detallan la fichas documental distribuida por las distintas áreas necesarias.

Tabla 3

Ficha documental Nº 3

Área	**Información requerida**
Institución	“European Union Aviation Safety Agency (EASA)”
Año	2025
Titulo	“Easy Access Rules for Continuing Airworthiness (Regulation (EU) No 1321/2014)”
Tipo de fuente	Reglamento de la aviación
Tema	Mantenimiento y continuidad de la aeronavegabilidad.

Área	Información requerida
Link de enlace	https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/easy-access-rules-continuing-airworthiness
Indicador/ es:	Cumplimiento Disponibilidad de insumos Control de mantenimiento
Contribución documental	Incorpora los requerimientos correspondientes a las organizaciones encargados de la continuidad de la aeronavegabilidad y entidades de mantenimiento.
Aplicación a OMA DIAF.	Dota un marco legal para analizar si los índices de gestión tienen que estar vinculados a la consolidación técnica y organizacional.
Análisis	Es de utilidad para el componente doctrinario del estudio.

Nota. En la tabla se detallan la fichas documental distribuida por las distintas áreas necesarias.

Tabla 4

Ficha documental Nº 4

Área	Información requerida
Institución	“International Civil Aviation Organization (ICAO)”
Año	Consulta actual.
Titulo	“Operational Safety - Airworthiness”
Tipo de fuente	Documentación técnica sobre un ente internacional.
Tema	Mantenimiento junto con aeronavegabilidad.
Link de enlace	https://www.icao.int/operational-safety/normal-airworthiness
Indicador/ es:	Indicador de cumplimiento de los requisitos técnicos.
Contribución documental	Indica que las aeronaves deben ser mantenidas en condiciones de aeronavegabilidad utilizando procedimientos aceptables para el Estado de matrícula.
Aplicación a OMA DIAF.	Se relacionaría el cumplimiento de las actividades de mantenimiento con el mantenimiento de las condiciones de aeronavegabilidad.
Análisis	Los indicadores de productividad deben analizarse, considerando el cumplimiento de los requisitos técnicos y de aeronavegabilidad que procedan.

Nota. En la tabla se detallan la fichas documental distribuida por las distintas áreas necesarias.

Tabla 5

Ficha documental Nº 5

Área	**Información requerida**
Institución	“Federal Aviation Administration”
Año	2023
Titulo	“Aviation Maintenance Technician Handbook–General”
Tipo de fuente	Guía técnica.
Tema	Elementos básicos de la conservación de la aeronave.
Link de enlace	https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation
Indicador/ es:	Tarjetas de trabajo, conformidad técnica y registros.
Contribución documental	Proporcionan los principios técnicos utilizados de forma previa y durante el desarrollo de tareas de mantenimiento de aeronaves.
Aplicación a OMA DIAF.	Su finalidad es cargar conceptos de mantenimiento, inspección, documentación y procedimientos técnicos.
Análisis	Se trata de una fuente de soporte para el marco técnico y conceptual, en lugar de una fórmula concreta de KPI.

Nota. En la tabla se detallan la fichas documental distribuida por las distintas áreas necesarias.

Tabla 6

Ficha documental Nº 6

Área	**Información requerida**
Institución	“Federal Aviation Administration”
Año	2023
Titulo	“Human Factors in Aviation Maintenance”
Tipo de fuente	Investigación y asesoramiento técnico.
Tema	Componentes humanos y eficiencia de la plantilla.
Link de enlace	https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf
Indicador/ es:	Rendimiento laboral. Utilización de Manpower. Tiempo no productivo o improductivo.

Área	Información requerida
Contribución documental	Realiza una evaluación de los factores que influyen en el comportamiento humano y su actuación durante los desempeños de tareas de mantenimiento e inspección.
Dato significativo	Recursos, fatiga, entrenamiento, capacitación, motivación, seguridad, capacidades y limitaciones humanas.
Aplicación a OMA DIAF.	Facilita la interpretación de los resultados de productividad y eficiencia teniendo en cuenta factores humanos y organizacionales.
Análisis	No se le debe asignar ineficacia automáticamente al técnico en cuestión.

Nota. En la tabla se detallan la fichas documental distribuida por las distintas áreas necesarias.

Tabla 7

Ficha documental Nº 7

Área	Información requerida
Institución	“Federal Aviation Administration”
Año	2022-2024
Titulo	“Procedural Non-Compliance / Maintenance Error Decision Aid (MEDA) Users Guide”
Tipo de fuente	Manual de Mantenimiento Técnico.
Tema	Procedimientos y fichas de trabajo que necesitan ser cumplidas.
Link de enlace	https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/procedural_non-compliance
Indicador/ es:	Cumplimiento documental Tarjetas de trabajo cerradas
Contribución documental	Presenta herramientas estructuradas para optimizar el cumplimiento de los procedimientos analizando los errores asociados al mantenimiento.
Aplicación a OMA DIAF.	Facilita distinguir entre la documentación cumplida y la producción lograda, y refuerza el análisis de las fichas de trabajo.
Análisis	Una tarjeta cerrada verifica los documentos presentados pero no necesariamente refleja por sí sola el alcance total del trabajo ejecutado.

Nota. En la tabla se detallan la fichas documental distribuida por las distintas áreas necesarias.

Tabla 8

Ficha documental Nº 8

Área	**Información requerida**
Institución	“U.S. Air Force-Air Education and Training Command”
Año	2024
Titulo	“AETCI 21-105 - Logistics Performance Measures Reporting Procedures”
Tipo de fuente	Instrucción o enseñanza militar.
Tema	Indicadores de eficacia de los mantenimientos.
Link de enlace	https://static.e-publishing.af.mil/production/1/aetc/publication/aetci21-105/aetci21-105.pdf
Indicador/ es:	Parámetros de disponibilidad Mantenimiento Empleo Frecuencias de fallas
Contribución documental	Establece procedimientos para notificar, examinar y evaluar el rendimiento de aeronaves y mantenimiento.
Aplicación a OMA DIAF.	Es una referencia militar internacional que se vincula directa con el tema de trabajo.
Análisis	Se trata de uno de los más importantes documentos doctrinarios para la comparación de KPI de mantenimiento militar.

Nota. En la tabla se detallan la fichas documental distribuida por las distintas áreas necesarias.

Tabla 9

Ficha documental Nº 9

Área	**Información requerida**
Institución	“U.S. Department of the Air Force”
Año	2026
Titulo	“Department of the Air Force Guidance Memorandum to Department of the Air Force Instruction 21-101, Aircraft and Equipment Maintenance Management”
Tipo de fuente	Doctrina militar
Tema	Mantener el manejo y la utilización de los medios humanos.

Área	Información requerida
Link de enlace	https://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a4/publication/dafi21-101/dafi21-101.pdf
Indicador/ es:	Utilización de Manpower. Disponibilidad de aeronaves
Contribución documental	De acuerdo a lo indicado, se debe contar con personal disponible y bien utilizado con el fin de ejecutar las tareas de mantenimiento consideras vitales y optimizar la disponibilidad de las aeronaves.
Aplicación a OMA DIAF.	Analiza el indicador de utilización de manpower desde la doctrina.
Análisis	La gestión del personal se relaciona con la disponibilidad operacional.

Nota. En la tabla se detallan la fichas documental distribuida por las distintas áreas necesarias.

Tabla 10

Ficha documental Nº 10

Área	Información requerida
Institución	"U.S. Department of the Air Force"
Año	2022
Titulo	"Department of the Air Force Instruction 21-103, Equipment Inventory, Status and Utilization Reporting"
Tipo de fuente	Comando militar doctrinal.
Tema	Aviones en disposición.
Link de enlace	https://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a4/publication/dafi21-103/dafi21-103.pdf
Indicador/ es:	Aircraft Availability Rate
Formula Inglés:	$\text{Aircraft Availability Rate} = \frac{MC\ Hours}{TAI\ Hours} x100$

Área	Información requerida
Formula Español:	$\text{Tasa disponible de aeronaves} = \frac{Horas\ de\ cumplir\ una\ misión.}{Horas\ totales\ del\ inventario} x100$
Contribución documental	Establece indicadores para la ejecución efectiva de los recursos conducido por la acción.
Aplicación a OMA DIAF.	Permite añadir una referencia a la disponibilidad como resultado global del mantenimiento
Análisis	Este parámetro puede ser objeto de análisis como complemento de los KPI de productividad.

Nota. En la tabla se detallan la fichas documental distribuida por las distintas áreas necesarias.

Tabla 11

Ficha documental Nº 11

Área	Información requerida
Institución	"U.S. Department of the Air Force"
Año	2024
Titulo	"Department of the Air Force Policy Directive 21-1. Maintenance of Military Materiel"
Tipo de fuente	Política militar básica.
Tema	Indicador, tendencia y gestión de mantenimiento.
Link de enlace	https://static.e-publishing.af.mil/production/1/saf_aq/publication/dafpd21-1/dafpd21-1.pdf
Indicador/ es:	KPI de disponibilidad Productividad Rendimiento
Contribución documental	Las organizaciones de mantenimiento deberán contar con métricas y sistemas de datos orientados a medir y reportar el rendimiento y la disponibilidad.
Aplicación a OMA DIAF.	Argumenta que se tiene que contar con indicadores estructurados y con sistemas de información, para la toma de decisiones.

Área	Información requerida
Análisis	Se relaciona directamente con el problema central de su investigación.

Nota. En la tabla se detallan la fichas documental distribuida por las distintas áreas necesarias.

Tabla 12

Ficha documental Nº 12

Área	Información requerida
Institución	"U.S. Department of the Air Force"
Año	2024
Titulo	"Air Force Manual 38-102- Manpower and Organization Standard Work Processes and Procedures"
Tipo de fuente	Guía militar técnica.
Tema	Mano de obra, horas-hombre y tiempo improductivo.
Link de enlace	https://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a1/publication/afman38-102/afman38-102.pdf
Indicador/ es:	Utilización de Manpower. Tiempo no productivo o improductivo Horas-hombre
Contribución documental	Se establecen metodologías para la determinación de requisitos de personal en función de la carga de trabajo y el tiempo de mantenimiento. Separa las horas que destinas a un trabajo productivo del tiempo que esperas o standby.
Datos significativos:	Horas - hombre disponibles, volumen de actividad, tiempos de tarea, tamaño de equipo, turnos.
Aplicación a OMA DIAF.	Facilita la fundamentación técnica de los indicadores de horas-hombre, utilización del personal y tiempo improductivo.
Análisis	Esto es especialmente útil para la dimensión de recursos humanos de su matriz comparativa.

Nota. En la tabla se detallan la ficha documental distribuida por las distintas áreas necesarias.

Desarrollo de la matriz comparativa de indicadores de gestión MRO

Tabla 13

Matriz comparativa de indicadores de gestión MRO

N^0	Indicador/ aspecto	Fuentes	Propósito	Información necesaria	Aporte/ ventaja o beneficio	Limitaciones	Aplicabilidad OMA DIAF
1	Indicador horas – hombre programadas o planificadas (HHP)	European Union Aviation Safety Agency (EASA) y U.S. Department of the Air Force 38-102	Determinar y controlar la disponibilidad de recursos humanos frente a la carga de mantenimiento planificado.	Disponibilidad de personal, carga de trabajo, tiempos de tarea y turnos.	Permite planear y asignar el recurso humano.	La planificación de las cargas y de la disponibilidad del personal deberá ser adecuada.	Alta.
2	Utilización de Manpower	European Union Aviation Safety Agency (EASA); Federal Aviation Administration Human	Analizar el uso y la disponibilidad del personal asignado a mantenimiento.	El personal disponible, las horas hombre (HH) disponibles, la carga de trabajo, los turnos y la	Conecta la gestión del personal con las necesidades del mantenimiento.	El rendimiento puede estar afectado por la fatiga, la formación, los recursos y otros factores humanos.	Alta.

N^0	Indicador/ aspecto	Fuentes	Propósito	Información necesaria	Aporte/ ventaja o beneficio	Limitaciones	Aplicabilidad OMA DIAF
		Factors; U.S. Department of the Air Force 21 -105; U.S. Department of the Air Force 38-102		utilización del personal.			
3	Cumplimiento del mantenimiento programado	European Union Aviation Safety Agency (EASA) AMP	Contrastar las actividades planeadas y las actividades ejecutadas.	Actividades previstas, plazos, tareas llevadas a cabo y modificación del programa.	Posibilita supervisar la ejecución del plan de mantenimiento.	Requiere registros de planificación y ejecución actualizados.	Alta.
4	Cumplimiento técnico/ aeronavegabilidad	European Union Aviation Safety Agency (EASA) - Regulation (EU) No 1321/2014 y	Comprobar el desarrollo de las actividades de mantenimiento y su conformidad a requisitos técnicos.	Requisitos, procedimientos y registros de mantenimiento.	Evitar el análisis de la productividad por separado de seguridad y aeronavegabilidad.	Por sí mismo, no se considera una medida directa de eficiencia.	Alta como el indicador de control.

N^0	Indicador/ aspecto	Fuentes	Propósito	Información necesaria	Aporte/ ventaja o beneficio	Limitaciones	Aplicabilidad OMA DIAF
		International Civil Aviation Organization (ICAO)					
5	Tarjetas de trabajo cerradas Cumplimiento de documentos	Federal Aviation Administration - Handbook– General; Federal Aviation Administration - MEDA	Supervisar que se cumplan los documentos y procedimientos para llevar a cabo el trabajo realizado.	Tarjetas de trabajo, procesos y registros	Facilita chequear que las tareas y documentos correspondientes estén realizados.	Una tarjeta cerrada no necesariamente refleja el ámbito total del trabajo ejecutado.	Nivel medio-alto
6	Rendimiento laboral.	Federal Aviation Administration Human Factors	Examinar el desempeño de los colaboradores en las actividades de mantenimiento.	Recursos y capacitación, fatiga, motivación y seguridad, capacidades humanas.	Posibilita la interpretación del rendimiento atendiendo a factores humanos y organizacionales.	No se debe dar automáticamente a un técnico un bajo rendimiento.	Alta.

N^0	Indicador/ aspecto	Fuentes	Propósito	Información necesaria	Aporte/ ventaja o beneficio	Limitaciones	Aplicabilidad OMA DIAF
7	Tiempo no productivo o improductivo	Federal Aviation Administration Human Factors; U.S. Department of the Air Force 38-102	Reconocer los momentos en que un personal no produce un trabajo útil.	Tiempo útil, tiempo muerto/exterior, carga de trabajo y disponibilidad de recursos.	Facilita la identificación de pérdidas de tiempo y áreas de mejora.	Es importante distinguir apropiadamente entre el tiempo útil y el tiempo de espera.	Alta.
8	Índices de rendimiento del mantenimiento militar	U.S. Air Force-Air Education and Training Command 21-105	Evaluar, reportar y medir el rendimiento de las naves y el mantenimiento.	Mantenimiento, uso y tiempo de caída disponibles.	Está relacionada con la aeronáutica militar.	Las métricas necesitan adaptarse a los contextos y registros disponibles, OMA DIAF.	Extremadamente alta.
9	Disponibilidad de aeronaves	U.S. Air Force-Air Education and Training Command 21-105; U.S. Department of	Establecer el estado de mantenimiento de un sistema o equipo.	Estado, mantenimiento y utilización, y registros operacionales.	Establece una conexión entre los resultados y la capacidad operativa.	Puede estar influenciada por factores diferentes a las actividades de mantenimiento.	Alta

N^0	Indicador/ aspecto	Fuentes	Propósito	Información necesaria	Aporte/ ventaja o beneficio	Limitaciones	Aplicabilidad OMA DIAF
		the Air Force 21-105; U.S. Department of the Air Force 21-103; U.S. Department of the Air Force 21-1					
10	Aircraft Availability Rate	U.S. Department of the Air Force 21-103	Cuantificar la disponibilidad de las aeronaves.	Condición y uso de las aeronaves.	Aporta una referencia medible de disponibilidad.	La ficha no contiene la fórmula de cálculo completada.	Complemento del indicador alta.
11	KPI de disponibilidad Productividad Rendimiento	U.S. Department of the Air Force 21-1	Cuantificar y dar a conocer el rendimiento del mantenimiento.	Datos y sistemas de métricas e información de mantenimiento.	Justifica doctrinalmente la necesidad de contar con indicadores estructurados.	La ficha establece el concepto general de la estrategia, pero no dispone una fórmula.	Muy alta como base doctrinal.
12	Horas-hombre Carga de trabajo	U.S. Department of	Definir los requerimientos de personal	HH disponibles, volumen de	Ayuda a unir los requerimientos de personal con	Es necesario registrar sistemáticamente	Alta.

N^0	Indicador/ aspecto	Fuentes	Propósito	Información necesaria	Aporte/ ventaja o beneficio	Limitaciones	Aplicabilidad OMA DIAF
		the Air Force 38-102	según la carga de trabajo.	actividad, tiempo de tarea, tamaño del equipo y turnos.	las necesidades reales de mantenimiento.	la carga y el tiempo.	

Nota. La tabla detalla la matriz comparativa de los indicadores de gestión MRO

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

El análisis doctrinario y técnico permitió establecer que la gestión del mantenimiento aeronáutico se debe realizar mediante indicadores en conjunto ya que un único indicador no permite la evaluación del desempeño en más de una dimensión, así no representa en su totalidad la productividad de una organización MRO. Una vez analizadas las fuentes, pueden afirmarse las ventajas de considerar indicadores relacionados con horas-hombre, utilización de manpower, cumplimiento, tiempos improductivos, rendimiento y disponibilidad, respectivamente manteniendo a su vez el cumplimiento de los requisitos técnicos como así también de aeronavegabilidad. Los diferentes indicadores que se identificaron y compararon se convierten en una base técnica y doctrinaria para el mejoramiento del seguimiento, control y toma de decisiones en OMA DIAF en los procesos de mantenimiento aeronáutico.

A través de la revisión bibliográfica y documental se realizó un análisis de las metodologías y criterios usados para medir la productividad y el desempeño en organizaciones de mantenimiento aeronáutico (MRO), utilizando 12 fuentes que provienen de EASA, OACI, FAA y U.S. Tropas de la fuerza aérea. A partir del uso de las fichas documentales se evidenció que la medición de la gestión del mantenimiento no debe limitarse al solo cierre de las tarjetas de trabajo, sino considerar horas-hombre, utilización del personal, grado de cumplimiento del mantenimiento programando, tiempos improductivos, rendimiento y disponibilidad de las aeronaves. A través de la revisión documental se obtuvo la fundamentación técnica y doctrinaria que permite comparar distintas alternativas de medición aplicables a la gestión del mantenimiento aeronáutico.

Los indicadores que se identificaron en función de su aplicabilidad para los procesos de mantenimiento aeronáutico de la OMA DIAF, mediante la matriz comparativa, son las horas-

hombre programadas, utilización de manpower, cumplimiento del mantenimiento programado, cumplimiento técnico, cumplimiento de aeronavegabilidad, rendimiento laboral, tiempo improductivo y disponibilidad de aeronaves, así como los indicadores de rendimiento del mantenimiento militar. La comparativa mostró que estos indicadores pueden ser útiles para complementar el control que se hace de las tarjetas de trabajo cerradas, aprovechando así variables que están relacionadas con el uso del recurso humano, cumplimiento de actividades, tiempos y resultados operacionales. Por tanto, la utilización de esta herramienta contribuye a contar con una valoración más global del comportamiento productivo de los procesos de mantenimiento de la OMA DIAF.

Recomendaciones

La recomendación es la implementación de un sistema organizado de seguimiento de indicadores de gestión en la OMA DIAF que contemple la productividad, eficiencia, utilización de recursos humanos, cumplimiento, tiempos y disponibilidad operacional, de manera simultánea a los requerimientos técnicos y de aeronavegabilidad, de modo tal que dicha información colabore con el control de procesos, la detección de desviaciones y la adopción de decisiones enfocadas en el mejoramiento constante del mantenimiento aeronáutico.

La revisión periódica de fuentes bibliográficas, normativas, técnicas y doctrinarias sobre la medición de la productividad y la gestión de mantenimiento aeronáutico, incorporando documentación actualizada de organismos nacionales e internacionales, fortalecerá los criterios utilizados para la evaluación del desempeño de las organizaciones MRO a la vez que se contará con una información confiable para el futuro análisis.

Se recomienda a la OMA DIAF que proceda a la aplicación progresiva de los indicadores más aplicables como: 1) horas-hombre programadas, 2) utilización de manpower, 3) cumplimiento del mantenimiento programado, 4) rendimiento laboral, 5) tiempo improductivo y 6) disponibilidad de aeronaves, estos de forma complementaria con el control de tarjetas de trabajo cerradas, para lograr una valorización más integral de la productividad y utilización de recursos en los mantenimientos aeronáuticos.

Referencias:

Andrade, P., Silva, C., Ribeiro, B., & Santos, B. F. (2021). Aircraft maintenance check scheduling using reinforcement learning. *Aerospace*, *8*(4), 113. https://doi.org/10.3390/aerospace8040113

Biruk, S., Jaśkowski, P., & Maciaszczyk, M. (2022). Conceptual framework of a simulation-based Manpower planning method for construction enterprises. *Sustainability*, *14*(9), 5341. https://doi.org/10.3390/su14095341

Dela Peña, A. (2024). Optimization of preventive maintenance procedures for aircraft systems in an educational laboratory setting. *International Journal of Research and Scientific Innovation*, *XI*(IX), 727-739. https://doi.org/10.51244/IJRSI.2024.1109062

Gómez Salazar, M., & Rodríguez Cano, F. (2024). Estudio prospectivo del sector de mantenimiento aeronáutico en Querétaro. *Repositorio De La Red Internacional De Investigadores En Competitividad*, *17*(17), 1068-1085.

Guinn, L., Woody, M. M. H., & Maleviti, E. (2025). A maintenance repair and overhaul model for operational sustainability; incorporating processes and risks. *International Journal of Aviation Research*, *17*(1), 1-24.

Guo, Z., Wen, X., & Huang, X. (2025). Aircraft maintenance scheduling optimization: State-of-the-art and emerging trends. *Elsevier*, *209*, 104767.

Kabashkin, I. (2024). Unified aviation maintenance ecosystem on the basis of 6G technology. *Electronics*, *13*(19), 3824. https://doi.org/10.3390/electronics13193824

Laverde Amores, A. J. (2019). *Estudio de competitividad de las empresas de mantenimiento aeronáutico del Ecuador* [Tesis de Postgrado, Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador]. https://repositorio.uasb.edu.ec/items/79c07c77-3878-4671-8b38-2a2307b54274

Lituma Briceño, P. A. (2025). *Análisis del mantenimiento basado en la confiabilidad para aeronaves AOG de LATAM Ecuador en el año 2024* [Trabajo de Graduación,

Universidad del Azuay]. https://rraae.cedia.edu.ec/vufind/Record/UAZUAY_6664c8cf2a708e4236ea25d3b547d7fc?sid=3017860

Mantilla González, D. A. (2024). Investigación para la aplicación de un Programa de Administración de Recursos de Mantenimiento para los Procesos Logísticos de la Fuerza Aérea Ecuatoriana. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, *5*(5). https://doi.org/10.56712/latam.v5i5.2818

Marrero Hernández, R. A. (2022). La planificación del mantenimiento, su importancia en la gestión de los activos. *Ingeniería Industrial*, *43*(4), 1-17.

Martínez Ramírez, M. C., & Carbonell Soto, D. V. (2020). Indicadores de gestión de mantenimiento en empresas de servicio petrolero. *Revista Ingeniería*, *4*(9), 143-162. https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v4i9.62

Nam, S., Choi, S., Edell, G., De, A., & Song, W.-K. (2023). Comparative analysis of the aviation maintenance, repair, and overhaul (MRO) industry in Northeast Asian countries: A suggestion for the development of Korea's MRO industry. *Sustainability*, *15*(2), 1159. https://doi.org/10.3390/su15021159

Pérez Gómez Martínez, G. J. F., Ponce Palafox, C., Mata Chairez, L. P., Moreno Juárez, A. N., Cárdenas Díaz, O. E., Cortés Martínez, F., & Espinoza-Fraire, A. T. (2023). Determinación de la relación e impacto de las horas extras laboradas sobre la salud y rendimiento de los trabajadores de la construcción. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, *11*(65), 1-20.

Ribeiro Alves, T. E., & Amaya Guío, C. A. (2020). Modelo de toma de decisión para materiales de mantenimiento, reparación y operaciones (MRO). *Ciencia y Poder Aéreo*, *17*(1), 67-80.

Rojas Díaz, P. L. (2025). Impacto del uso de indicadores en la Gestión de Proyectos Constructivos Públicos, Trujillo, 2022-2023. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *9*(5), 10970-10993. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5.20375

Sáenz Hernández, C. C. (2024). *Mejora en la eficiencia del mantenimiento del panel de precaución y advertencia en helicópteros UH-60: Un enfoque de innovación tecnológica*. 1-11. https://doi.org/10.26507/paper.3990

Sandoval Chávez, D. A., Lozoya Muñoz, L. A., Mendoza Arvizu, U., Urrutia De La Garza, J. A., García Martínez, R., Noriega Morales, S., Limones Meraz, T. F., Pillado Portillo, M., Quintero Ávila, C., Esparza Ramírez, L. G., Aguilar Rivas, X. G., Aguilar Chávez, L. A., Rodríguez Medina, M. A., Aguilar Rodríguez, B. M., Mora Moreno, E., González Meza, A. Y., Gutiérrez Ocampo, J. F., Reyes Valenzuela, R., Camaño Quevedo, J. A., … Zapata De Santiago, I. E. (2024). *La Nueva Frontera: IA, Industria 4.0 y el Desarrollo Sostenible* (P. I. Gómez Zepeda, R. Reyes Valenzuela, & A. I. Garcia Acosta, Eds.; Primera). Editorial CENID. https://doi.org/10.23913/9786078830435

Setiawan, A. R., Sutrisno, T. F., & Christiani, N. (2025). The impact of turnaround time and MRO facility in aircraft maintenance on employee performance. *Eduvest - Journal Of Universal Studies*, *5*(6), 8635-8649. https://doi.org/10.59188/eduvest.v5i6.51428

Troncoso González, A. I. (2025). *Evaluación de mantenimiento, reparación y overhaul (MRO) en operaciones aéreas de aeronaves comerciales narrow-body a través de modelado, visualización y análisis de datos de aerolíneas* [Tesis Pregrado, Universidad de Concepción]. https://repositorio.udec.cl/items/11adbda7-fed9-43cc-9d95-9efb1d820ef7

Velásquez Cárdenas, B. G. (2025). *Evaluación de mantenimiento, reparación y overhaul (MRO) en operaciones aéreas de aeronaves comerciales wide-body a través de modelado, visualización y análisis de datos de aerolíneas* [Tesis de Pregrado, Universidad de Concepción]. https://repositorio.udec.cl/items/f1be15d8-a28f-4997-bff1-2e7b2de27ce7

Vernet, R. G. (2023). *El mantenimiento aeronáutico de componentes. Normativa EASA versus normativa FAA. Aplicabilidad a la Industria Aeronáutica.* [Trabajo de Fin de Grado, Universitat Autònoma de Barcelona. Escola d'Enginyeria]. https://ddd.uab.cat/record/287248

Apéndices