



**FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**Mantenimiento preventivo para reducir la  
mantenibilidad en las aeronaves acrobáticas en un  
Grupo Aéreo - Chiclayo 2024**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER  
EN INGENIERIA INDUSTRIAL**

**Autor**

Suarez Rosas, Frank Luis  
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6389-285X>

**Línea de Investigación**

**Gestión, innovación, emprendimiento y competitividad  
que promueva el crecimiento económico inclusivo y  
sostenido**

**Sublínea de Investigación**

**Institucionalidad y gestión de las organizaciones**

**Pimentel – Perú**

**2024**

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA REDUCIR LA MANTENIBILIDAD EN LAS  
AERONAVES ACROBÁTICAS EN UN GRUPO AÉREO - CHICLAYO 2024**




## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, Soy **Suarez Rosas Frank Luis** del Programa de Estudios de **Ingeniería Industrial** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy el autor del trabajo titulado:

“Mantenimiento preventivo para reducir la mantenibilidad en las aeronaves acrobáticas en un Grupo Aéreo - Chiclayo 2024”

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firma:

SUAREZ ROSAS FRANK LUIS	DNI: 74770650	
-------------------------	---------------	---

Pimentel, 15 de julio del 2024.

# REPORTE DE SIMILITUD DE TURNITIN

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**TUR SUAREZ ROSAS.docx**

RECuento de palabras

**7908 Words**

Recuento de caracteres

**40687 Characters**

Recuento de páginas

**50 Pages**

Tamaño del archivo

**1.6MB**

Fecha de entrega

**Sep 11, 2024 10:53 AM GMT-5**

Fecha del informe

**Sep 11, 2024 10:53 AM GMT-5**

## ● 15% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de


- 8% Base de datos de trabajos entregados

Crossref

Derechos Reservados - Copyright  
Dirección de Tecnologías de la Información  
Desarrollo de Sistemas  
eSeuss@uss.edu.pe

## ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

	<b>ACTA DE SEGUNDO CONTROL DE REVISIÓN DE SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Código:	F3,PP2-PR.02
		Versión:	02
		Fecha:	18/04/2024
		Hoja:	1 de 1

Yo, Jorge Tomás Cumpa Vásquez, coordinador de investigación del Programa de Estudios de Ingeniería Industrial, he realizado el segundo control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de pregrado según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final del trabajo de investigación titulado: **Mantenimiento preventivo para reducir la mantenibilidad en las aeronaves acrobáticas en un Grupo Aéreo - Chiclayo 2024**, elaborado por el egresado **SUAREZ ROSAS FRANK LUIS**.

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **15%**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Derechos Reservados - Copyright  
Dirección de Tecnologías de la Información  
Desarrollo de Sistemas  
eSeuss@uss.edu.pe

Pimentel, 16 de septiembre de 2024



**Mg. Jorge Tomás Cumpa Vásquez**

**Coordinador de Investigación Escuela Profesional de Ingeniería Industrial**

**DNI N° 42851553**

## **Dedicatoria**

Para el todopoderoso; mis padres, Gaudiel Suarez y Giovanna Rosas y el gimnasio.

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que han hecho posible la culminación de este trabajo de bachillerato. En primer lugar, agradezco a mi tutor, Dr. Barandiarán Gamarra José Manuel, por su orientación experta, paciencia y apoyo incondicional a lo largo de este proceso. Sus consejos y sugerencias fueron fundamentales para dar forma a mis ideas y mejorar la calidad de este trabajo.

También quiero agradecer a mis padres, Gaudiel y Giovanna, por su constante estímulo y apoyo emocional. Su sacrificio y confianza en mí han sido la fuerza motriz detrás de cada logro académico.

Finalmente, mi gratitud se extiende a todas las fuentes académicas y profesionales consultadas, cuyas contribuciones fueron cruciales para fundamentar mis argumentos.

Este trabajo representa el resultado de un esfuerzo constante y arduo, donde el apoyo recibido ha sido fundamental en mi desarrollo académico. Estoy profundamente agradecido por haber tenido la oportunidad de realizar este proyecto y por el aprendizaje invaluable que ha representado.

## INDICE

Dedicatoria.....	6
Agradecimientos.....	7
Resumen.....	12
Abstract.....	13
I. INTRODUCCION.....	14
1.1 Realidad problemática.....	14
1.2 Formulación del problema.....	17
1.3 Hipótesis.....	17
1.4 Objetivos.....	17
Objetivo General:.....	17
Objetivos Específicos:.....	17
1.5 Teorías relacionadas al tema.....	17
II. METODO DE INVESTIGACION.....	25
III. RESULTADOS.....	26
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	71
V. REFERENCIAS.....	74



## INDICE DE TABLAS

TABLA I ¿Con qué frecuencia experimentan problemas de mantenimiento en las máquinas/equipos?.....	28
TABLA II ¿Crees que el entorno hace tardar en resolver los problemas de mantenimiento?.....	28
TABLA III ¿Cuál es el principal motivo de los fallos en el equipo/máquinas?.....	29
TABLA IV ¿Las condiciones Meteorológicas son el principal motivo de los fallos en el equipo/máquinas?.....	29
TABLA V ¿Existe un sistema de gestión de mantenimiento preventivo implementado en la organización?.....	30
TABLA VI ¿Se realizan inspecciones regulares de los equipos para identificar posibles problemas antes de que ocurran fallos?.....	30
TABLA VII ¿Cuál es el tiempo promedio de inactividad debido a problemas de mantenimiento?.....	31
TABLA VIII ¿Existe un registro de historial de mantenimiento para cada equipo/máquina?.....	31
TABLA IX ¿Crees que existe un mantenimiento deficiente en las inspecciones de las aeronaves?.....	32
TABLA X ¿Cuál es el porcentaje de cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo?.....	32
TABLA XI ¿El personal de mantenimiento tiene acceso a herramientas y equipos adecuados para llevar a cabo sus tareas de manera efectiva?.....	33
TABLA XII ¿Qué tan rápido se pueden obtener piezas de repuesto cuando es necesario realizar una reparación?.....	33
TABLA XIII ¿Se realizan evaluaciones periódicas del desempeño del equipo de mantenimiento?.....	34
TABLA XIV ¿Existe un sistema de retroalimentación para que los operarios informen sobre posibles problemas de mantenimiento?.....	34

TABLA XV ¿Se lleva un registro de los costos asociados con los problemas de mantenimiento, INCLUYENDO MANO DE OBRA, ¿PIEZAS DE REPUESTO Y TIEMPO DE INACTIVIDAD?.....	35
TABLA XVI DIAGRAMA CAUSA-EFECTO.....	38
TABLA XVII TOTAL, DE AERONAVES ACROBÁTICAS.....	39
TABLA XVIII TOTAL, DE FALLAS DURANTE EL PERIODO 2023.....	40
TABLA XIX TOTAL, DE FALLAS EN PORCENTAJE PERIODO 2023.....	40
TABLA XX TTP (TIEMPO TOTAL PROGRAMADO).....	42
TABLA XXI TTR (TIEMPO EN HORAS PARA LA REPARACIÓN).....	43
TABLA XXII TTO (TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN POR AERONAVE).....	44
TABLA XXIII MTTR (MANTENIBILIDAD O TIEMPO MEDIO DE RESTAURACIÓN DE LAS AERONAVES).....	45
TABLA XXIV MTBF (TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS EN HORAS).....	46
TABLA XXV TOTAL, DE FALLAS DURANTE EL PERIODO 2024.....	60
TABLA XXVI TOTAL, DE FALLAS EN PORCENTAJE PERIODO 2024.....	61
TABLA XXVII TTP (TIEMPO TOTAL PROGRAMADO).....	62
TABLA XXVIII TTR (TIEMPO EN HORAS PARA LA REPARACIÓN).....	63
TABLA XXIX TTO (TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN POR AERONAVE).....	64
TABLA XXX MTTR (MANTENIBILIDAD O TIEMPO MEDIO DE RESTAURACIÓN DE LAS AERONAVES).....	65
TABLA XXXI CALCULO DE LA MANTENIBILIDAD.....	66
TABLA XXXII FALLAS AÑO 2023.....	67
TABLA XXXIII FALLAS AÑO 2024.....	67
TABLA XXXIV COSTO DE FALLA.....	68
TABLA XXXV RESUMEN DE FALLAS Y COSTOS.....	69
TABLA XXXVI COSTO DE IMPLEMENTACION.....	69
TABLA XXXVII CÁLCULO BENEFICIO-COSTO.....	70

## INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 RESULTADOS ESTADÍSTICOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS.....	27
Fig. 2 DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	36
Fig. 3 DIAGRAMA DE PARETO.....	37
Fig. 4 DIAGRAMA DE PARETO.....	37
Fig. 5 SEGUIMIENTO DE INSPECCION DE PREVUELO.....	50
Fig. 6 REGISTRO DE INSPECCION Y MANTENIMIENTO REALIZADA EN EL AÑO 2023	52
Fig.7 REGISTRO DE DISCREPANCIAS ENCONTRADAS EN MANTENIMIENTO REALIZADA EN EL AÑO 2023.....	53
Fig.8 REGISTRO DE DISCREPANCIAS ENCONTRADAS EN MANTENIMIENTO REALIZADA EN EL AÑO 2024.....	54
Fig. 9 REGISTRO DE INSPECCION Y MANTENIMIENTO REALIZADA EN EL AÑO 2024	54
Fig. 10 FLUJOGRAMA DE LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO.....	55
Fig. 11 INSPECCION DE CALIDAD.....	56
Fig. 12 REGISTRO DE INSPECCION Y MANTENIMIENTO.....	57
Fig. 13 REGISTRO DE DISCREPANCIA DE MANTENIMIENTO.....	58
Fig. 14 REGISTRO Y ARCHIVO DE INFORMES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. .	59

## **Resumen**

Este trabajo de investigación es del tipo aplicada, con diseño cuasi experimental, con enfoque cuantitativo, donde el objetivo principal fue aplicar el mantenimiento preventivo para reducir la mantenibilidad de las aeronaves acrobáticas en un Grupo Aéreo. Los objetivos específicos fueron el diagnóstico mediante un cuestionario y revisión documental de la situación que tenían las aeronaves en el año 2023, mediante la cual se observó una mantenibilidad de 0.92 en promedio para las 4 aeronaves acrobáticas, se aplicó un sistema de recarga de frenos ensamblado por personal técnico del Grupo Aéreo, además de la aplicación de procedimientos y programas de mantenimiento preventivo, acompañados de formatos que ayuden a la ejecución correcta de las actividades o tareas a realizar, lo que concluyó en la afirmación de la hipótesis planteada, puesto que la mantenibilidad en el periodo 2024 resultó 0.67, dándonos una reducción de 0.27. Asimismo, el cálculo del Beneficio costo nos demostró la rentabilidad de la aplicación, haciéndola rentable ya que, por cada sol invertido, se estaría ganando 0.30 soles.

**Palabras Claves:** Mantenibilidad, Mantenimiento Preventivo, Aeronaves, Acrobáticas.

## **Abstract**

This research work is of the applied type, with a quasi-experimental design, with a quantitative approach, where the main objective was to apply preventive maintenance to reduce the maintainability of aerobatic aircraft in an Air Group. The specific objectives were the diagnosis by means of a questionnaire and documentary review of the situation of the aircrafts in the year 2023, through which a maintainability of 0.92 on average for the 4 aerobatic aircrafts, a brake recharging system assembled by technical personnel of the Air Group was applied, in addition to the application of procedures and preventive maintenance programs, accompanied by formats that help the correct execution of the activities or tasks to be performed, which concluded in the affirmation of the hypothesis proposed, since the maintainability in the period 2024 was 0.67, giving us a reduction of 0.27. Likewise, the calculation of the Benefit cost showed us the profitability of the application, making it profitable since, for each sol invested, we would be earning 0.30 soles.

**Keyword:** Maintainability, Preventive Maintenance, Aircraft, Aerobatic.

## **I. INTRODUCCION**

### **I.1 Realidad problemática**

Como sabemos en nuestra actualidad el mantenimiento es un aspecto muy importante en las organizaciones para poder mantener en óptimas condiciones, alargar la vida útil y operar adecuadamente, todos sus equipos, maquinarias y activos que dispone la empresa; un fallo en el mantenimiento integral puede ocasionar muchos problemas en la eficiencia y eficacia de los diversos procesos, lo que provocaría, disminución de productividad, incumplimiento de plazos, demoras en entregas de productos o servicios, y por supuesto pérdidas económicas que se traducen en situaciones muy desfavorables para la organización.

En [1]; Una de las industrias con mayor crecimiento en la actualidad es la aeronáutica, se estima que en los últimos 20 años los operadores aeronáuticos han aumentado un 120 % la capacidad de su flota, esto en gran medida a que los fabricantes vienen optimizando la relación costo-beneficio en las operaciones, un ejemplo de ello es la reducción del consumo de combustible por persona cada 100 Km/h; reduciendo de 8 a 3 litros en los últimos años. Este gran aumento de la industria aeronáutica da paso a que los operadores y diferentes compañías prestadoras de servicios aéreos, deban de contar con una buena gestión de mantenimiento, para que la aeronave pueda mantener todos sus estándares Aero navegables, mediante el uso de herramientas, métodos de inspección, reparaciones y equipos de apoyo en tierra. [2]

Como se mencionó anteriormente uno de los problemas que puede traer consigo un mal mantenimiento preventivo, son retrasos y pérdidas económicas, en el ámbito internacional podemos mencionar a Colombia donde el artículo [3], Diseño conceptual y análisis estructural de equipos de apoyo en tierra para el manejo y mantenimiento de motores Turbomeca; donde uno de los mayores fallas o problemas, es la ausencia de herramientas especializadas en transporte y manipulación, para la correcta ejecución del mantenimiento preventivo de los motores turbomeca que pesan alrededor de 250 y 300 kg, ocasiona demoras en las operaciones del motor y obviamente pérdidas económicas y

costos crecientes para los operadores.

En Ecuador [4], se utilizó metodologías de mantenimiento preventivo de motores como una herramienta que ayude a disminuir el problema encontrado en la vibración constante de motores, lo que ocasionaba anomalías en su operación incurriendo en consumos excesivos de combustible; dichos estudios dieron como resultados que aplicando la metodología acompañado de un algoritmo en las 4 fases del motor, se observó un 90% de mejora en la eficiencia, dando a entender que la metodología serviría en la gestión de mantenimiento para predecir futuras fallas en los motores.

En Italia [5], se encontró una peculiar vibración en motores a reacción, lo que conlleva a ciertas fallas, como en la bomba de combustible, y ciertos desprendimientos de agregados en la caja de accesorios de la aeronave, lo cual podría producir un accidente fatal por la pérdida de potencia repentina del componente mayor, siendo que a través de este la aeronave logra su principal fuente de sustentación.

En Francia [6], un conjunto de investigadores aeronáuticos, investigo los fallos encontrados en helicópteros, básicamente en el sistema dinámico de engranajes, cuyas fallas las cotidianas son en las cojinetes, rodamientos y dientes de engranajes, lo que correspondería un objetivo principal en el mantenimiento predictivo.

En el ámbito local la industria aeronáutica no está muy desarrollada como en otros países, sin embargo, contamos con organismos reguladores como la Dirección General de Aviación Civil (DGAC); y entes operadores como las aerolíneas, la Fuerza Aérea, aviación Naval y la del ejército.

En la marina de Marina de Guerra, cuenta con aeronaves que brindan apoyo y soporte a las diversas operaciones que esta realiza, y el OMA-13, es el organismo encargado del mantenimiento de la aviación naval aquí en nuestro país, donde detalla la problemática actual y la desactualización por parte de este organismo en referencia en cuanto a las exigencias de la DGAC, haciendo que disminuya la competitividad técnica del recurso humano u material, debido a esta problemática es que las reparaciones de mayor envergadura son realizadas en el exterior, generando costos excesivos, retrasos en los

programas de inspección y demoras en el cumplimiento de los plazos establecidos. [7]

La gestión de mantenimiento es vital para todo tipo de proceso, tal es el caso de una empresa avícola en Perú, donde se observó 1442 fallas solo en el año 2019, contando esta empresa con sistemas ya automatizados; los cuales generaron más de 5400 horas en paradas; siendo las principales fallas en la alimentación, ventilación y calefacción. [8]

En la tesis de posgrado [9]; presenta la problemática en la baja productividad en una organización aeronáutica, no solo pasando por el área de mantenimiento, si no también aborda áreas como la administrativa, tecnológica, finanzas y de seguridad de la organización, lo cual lleva a investigar y dar soluciones, con intención de optimizar todos estos procesos de mantenimiento.

[10] En Ancash, una empresa envasadora de latas de conserva de atún, presento cuellos de botella y retrasos en la línea de producción, debido al mal funcionamiento de la maquina cerradora de latas, el cual ya tenía un historial de fallas amplio, para lo que se dispuso un programa de mantenimiento para prevenir averías, con el fin de evitar estos problemas y costos excesivos para la empresa.

### **Justificación Económica:**

Esta investigación debe realizarse ya que favorece mucho al mejoramiento de procesos en la industria aeronáutica, la cual está en pleno crecimiento en nuestro país, además hablar de aeronáutica es hablar de riesgos más si no se están cumpliendo con los programas de inspección conforme a los Manuales y reglamentos aeronáuticos; teniendo en cuenta que la gestión de mantenimiento integral puede mejorar la mantenibilidad, fiabilidad y disponibilidad de las aeronaves, es imprescindible su implementación, pues más allá de reducir costos, tiempos, demoras; también contribuirá a la seguridad de todos los usuarios de aeronaves.

### **Justificación Social:**

La gestión del mantenimiento actual incluye todas las tareas que están dispuestas a encaminadas y definir objetivos y prioridades, estrategias y responsabilidades de mantenimiento, ayudando a la planificación, programación, verificación y control del



mantenimiento; además puede mejorar la calidad de los productos producidos y servicios brindados ya que busca asegurar el funcionamiento óptimo de los equipos, lo que reduce los errores de producción y aumenta la satisfacción del cliente, además, la gestión del mantenimiento se está convirtiendo en un fuerte factor competitivo, cuya importancia cada día aumenta en la industria. .

## **I.2 Formulación del problema**

¿Cómo puede el mantenimiento preventivo reducir la mantenibilidad de las aeronaves acrobáticas en un Grupo Aéreo?

## **I.3 Hipótesis**

El mantenimiento preventivo reduce la mantenibilidad de las aeronaves acrobáticas en un Grupo Aéreo.

## **I.4 Objetivos**

### **Objetivo General:**

Implementar el mantenimiento preventivo para reducir la mantenibilidad de las aeronaves acrobáticas en un Grupo Aéreo.

### **Objetivos Específicos:**

- a. Analizar la situación actual de las aeronaves.
- b. Planificar y programar todas las actividades de mantenimiento preventivo
- c. Estandarizar los procedimientos del trabajo en mantenimiento.
- d. Analizar y calcular la mantenibilidad de las aeronaves.
- e. Análisis beneficio-costo.

## **I.5 Teorías relacionadas al tema**

Para poder enmarcar la investigación y comprenderla mediante la

operacionalización respectiva tenemos que mencionar las diversas teorías relacionadas con la gestión de mantenimiento integral y con cada una de los índices mencionados como, mantenibilidad, fiabilidad y disponibilidad en un taller aeronáutico de aeronaves acrobáticas.

## **1) Gestión de mantenimiento:**

Para [11] menciona que la gestión integral de mantenimiento actúa en todas las partes importantes de la empresa para que tenga un buen desempeño o desarrollo; y que relacionan al mantenimiento con las instalaciones y diversos activos de la organización. Además, dentro de este concepto, Navarro también hace referencia que en la gestión integral de mantenimiento se divide en dos partes, en primer lugar, la que relaciona al mantenimiento con los demás departamentos pertenecientes a la empresa y en segundo lugar la propia gestión integral.

### **1.1) Mantenimiento dentro de la empresa:**

Una empresa no puede mejorar si es que no se tiene una buena relación entre las diferentes secciones o áreas de la empresa, tal es el caso que el área de mantenimiento no solo debe abocarse en arreglar o prever averías, si no que se tiene que coordinar con las demás áreas, para saber la calidad, precio o costo. De esta relación podemos obtener ventajas muy interesantes que podrán ayudar a la empresa, como mayor mantenibilidad y fiabilidad en los productos que elabora o servicio que ofrece.

### **1.2) Gestión integral dentro del Mantenimiento:**

En [12] dice que el mantenimiento debe ser una colaboración entre todos los aspectos relacionados con ella, ya no es suficiente conseguir costos bajos o elevadas disponibilidades.

## **2) Tipos de mantenimiento:**

Para [13], considera que los principales formas o tipos de mantenimiento que existen dentro de las industrias son los siguientes:

### **2.1) Mantenimiento Correctivo:**

Es el conjunto de actividades que se ejecutan siempre y cuando ocurra o haya producido una discrepancia, falla o avería en el normal funcionamiento del activo de la empresa, también llamado mantenimiento reactivo, pues reacciona siempre y cuando ya haya existido la falla, es un mantenimiento no muy costoso debido a la forma de actuar y de proceder.

### **2.2) Mantenimiento Preventivo:**

Es una estrategia gerencial, donde se busca programar periódicamente las tareas de mantenimiento con intervenciones en las máquinas, con el objeto principal de inspeccionar, reparar y reemplazar los componentes antes de que fallen. Como ejemplos podemos mencionar los siguientes:

-Inspección de equipos: La inspección de equipos es una actividad de mantenimiento preventivo que permite detectar posibles discrepancias en los equipos u activos, previamente a que aparezca alguna avería. Esta actividad puede incluir la revisión de componentes, la limpieza y el ajuste de piezas, entre otros. [13]

-Cambio de piezas: El cambio de piezas es una actividad de mantenimiento preventivo que consiste en la sustitución de piezas que se desgastan con el tiempo, antes de que se produzca una avería. Por ejemplo, el cambio de filtros de aire o aceite en un vehículo. [13]

-Lubricación: La lubricación es una actividad de mantenimiento preventivo que consiste en la aplicación de lubricantes a las piezas móviles de una máquina o equipo para reducir el desgaste y prolongar su vida útil. [13]

-Calibración: La calibración es una actividad de mantenimiento preventivo que consiste en ajustar los equipos de medición y control para garantizar su precisión y fiabilidad.

-Limpieza: La limpieza es una actividad de mantenimiento preventivo que consiste en la eliminación de suciedad, polvo y otros contaminantes que pueden afectar el funcionamiento del equipo.

### **2.3) Mantenimiento Predictivo:**

El mantenimiento proactivo es una técnica de mantenimiento preventivo que utiliza técnicas y análisis de datos para identificar anomalías y errores potenciales en procesos y equipos con el objetivo de anticiparse a las fallas y reducir el tiempo en que la maquina o activo permanezca en inactividad productiva. [13] Ejemplos de este tipo de mantenimiento incluyen:

- Monitoreo de la vibración del motor: la medición en tiempo real de la vibración del motor puede identificar patrones que indican fallas inminentes. Esto ayuda al usuario tomar decisiones que prevengan una falla en el motor. -Análisis de aceite: El análisis de aceite detecta la presencia de partículas oxidadas o metálicas, agua, ácido y otras impurezas que pueden indicar problemas con el dispositivo. De esta forma se pueden tomar acciones preventivas antes de que se produzcan defectos.

-Análisis de vibración: El análisis de vibración le permite identificar patrones de vibración que pueden indicar problemas con su dispositivo. De esta forma se pueden tomar medidas preventivas antes de que aparezcan defectos. -Monitoreo de equipos: el monitoreo de equipos puede recopilar datos de rendimiento y estado de los equipos en tiempo real para identificar anomalías y posibles errores en el funcionamiento del equipo. -Análisis de datos de sensores: la recopilación y el análisis de datos de sensores pueden identificar patrones y tendencias en un sistema de producción y cada uno de sus componentes, lo que permite tomar medidas proactivas antes de que ocurran fallas.

### **3) Teoría de la Mantenibilidad:**

En [14], hace referencia a la mantenibilidad se refieren a la facilidad, precisión y seguridad con la que se pueden realizar las tareas de mantenimiento después de que se

detecta una falla en un activo o equipo. Es un indicador importante que muestra la dificultad de las operaciones de mantenimiento y debe ser monitoreado de cerca. La combinación de alta mantenibilidad y alta confiabilidad es la garantía de una alta disponibilidad de activos.

El cálculo de la mantenibilidad en sí es un tema complejo y no existe una fórmula de cálculo simple, pero el tiempo medio de reparación (MTTR) es uno de los principales indicadores del cálculo de la mantenibilidad y viene dado por la siguiente fórmula

$$MTTR = \frac{TIEMPO\ TOTAL\ DE\ MANTENIMIENTO}{NUMERO\ DE\ REPARACIONES}$$

Para calcular la mantenibilidad se puede obtener de la fase de diseño de un activo o máquina, y el fabricante es el responsable de proporcionar los datos a la entidad usuaria o comprador. El indicador de mantenibilidad se calcula mientras se está diseñando un equipo o activo teniendo en consideración los niveles de accesibilidad, el grado de modularidad, los tiempos de cambios en los accesorios y partes, los medios de reconocimiento de averías o desperfecto y el conocimiento adquirido. Para mejorar la mantenibilidad se pueden tomar medidas como la planificación de activos y el mantenimiento preventivo, la gestión de inventarios y las órdenes de trabajo que requieren una alta mantenibilidad.

#### **4) Teoría de la Fiabilidad:**

En [15] nos dice que, la fiabilidad en mantenimiento se puede definir como la probabilidad que tiene un activo, máquina, parte o componente ejecute la función estandarizada durante un período de tiempo determinado.

Es un indicador importante que muestra el grado de confianza en el funcionamiento del activo y debe ser monitoreado de cerca, la fiabilidad se puede determinar utilizando la fórmula del porcentaje de fallas, que es el número de cantidad de fallas dividido por las horas total de operación, la fórmula para calcular la tasa de fallas es la siguiente:

$$\text{Tasa de fallas} = (\text{Número de fallas} / \text{Tiempo total de operación}) \times 10^6$$

Es importante tener en cuenta que la fiabilidad no es lo mismo que la disponibilidad o la mantenibilidad, aunque están estrechamente relacionadas, la fiabilidad se enfoca en la duración del tiempo de funcionamiento del activo, mientras que la disponibilidad se enfoca en el tiempo en que el activo está disponible para su uso, la mantenibilidad se enfoca en las actividades de mantenimiento y como se ejecutan con rapidez y facilidad.

### **5) Fallas:**

En [16] Existen diferentes tipos de fallas, estas diferenciadas según el enfoque que se aplique el término. A continuación, se mencionan algunos tipos de fallas:

-Fallas mecánicas: Son fallas que ocurren en los componentes mecánicos de un equipo o sistema, como roturas, desgaste, deformaciones, entre otros

-Fallas eléctricas: Son fallas que ocurren en los componentes eléctricos de un equipo o sistema, como cortocircuitos, sobrecargas, interrupciones, entre otros

-Fallas de software: Son fallas que ocurren en el software de un sistema, como errores de programación, incompatibilidades, virus, entre otros

-Fallas humanas: Son fallas que ocurren debido a errores humanos, como falta de capacitación, negligencia, falta de atención, entre otros

-Fallas de diseño: Son fallas que ocurren debido a problemas en el diseño de un equipo o sistema, como falta de mantenibilidad, falta de confiabilidad, entre otros

Es importante tener en cuenta que la identificación y el análisis de las fallas son fundamentales para la gestión del mantenimiento, ya que permiten tomar medidas preventivas y correctivas para minimizar su impacto.

### **6) Mantenimiento Aeronáutico:**

[17] El mantenimiento de la aviación es un proceso crítico centrado en garantizar la seguridad de las aeronaves y el rendimiento de los equipos. A continuación, se detallan algunos aspectos importantes del mantenimiento de la aviación:

- El mantenimiento de la aviación consiste en actividades de inspecciones periódicas que deben aplicarse en todos los aviones de líneas comerciales, privadas y

militares, luego de haberse cumplido su límite calendario u horario.

-Según EASA, el mantenimiento del aire está regulado por las normativas y procedimientos de diversas autoridades responsables, por ejemplo, en el caso de Europa.

- Los tipos de mantenimiento de aeronaves se pueden clasificar en mantenimiento programado y no programado.

- El mantenimiento preventivo es el mantenimiento que se realiza en periodos determinados de tiempo y que favorece a sostener la aeronavegabilidad de los aviones.

- El mantenimiento reactivo o correctivo se ejecuta cuando se detecta una avería, falla o mal funcionamiento que amenaza la aeronavegabilidad de la aeronave.

- El mantenimiento predictivo significa utilizar tecnologías avanzadas para predecir fallos de funcionamiento y realizar el mantenimiento antes de que ocurran.

-El mantenimiento aéreo también incluye la gestión de activos, incluyendo la planificación estratégica, la adquisición, el mantenimiento y la enajenación de todo tipo de activos.

- El mantenimiento del aire se centra en maximizar la eficiencia de los activos durante su ciclo de vida, minimizando defectos, reduciendo pérdidas y maximizando beneficios.

Es importante recordar que el mantenimiento de la aviación es uno de los procesos más regulados y organizados, porque está directamente relacionado con la seguridad de las personas, además, el mantenimiento de la aviación concierne a diferentes tipos de aeronaves y se enfoca en su mantenimiento y ciclo de vida completo.

### **7) Mantenimiento en aeronaves acrobáticas:**

[18] El mantenimiento acrobático es un proceso crítico que requiere una atención especial y detallada para garantizar la seguridad del piloto y el rendimiento del equipo.

A continuación, se detallan algunos aspectos importantes del mantenimiento acrobático:

- El mantenimiento de aeronaves acrobáticas surge de la impetuosa necesidad de brindar mayor seguridad a los pilotos y mantener la vida útil del avión.

- El mantenimiento de aeronaves acrobáticas o de demostración aérea, está legislado bajo su respectivo marco normativo y por procedimientos de las distintas autoridades responsables del mismo, por ejemplo, EASA en el caso de Europa y DGAC en el caso del Perú.

- El mantenimiento de las aeronaves acrobáticas se puede realizar mediante diferentes procesos como el mantenimiento preventivo, correctivo o reactivo y el proactivo.

-El mantenimiento acrobático también incluye la gestión de activos, incluyendo la planificación estratégica, la adquisición, el mantenimiento y la enajenación de todo tipo de activos.

- El mantenimiento acrobático se centra en maximizar el rendimiento de las aeronaves durante toda su operacionalización aérea, minimizando averías, reduciendo pérdidas y maximizando beneficios.

- El mantenimiento acrobático también incluye el uso de tecnologías avanzadas para predecir fallos de funcionamiento y realizar el mantenimiento antes de que ocurran.

En resumen, el mantenimiento acrobático es un proceso crítico que requiere atención especial y detallada para garantizar la seguridad del piloto y el rendimiento del equipo. El mantenimiento acrobático se rige por la normativa y procedimientos existentes y puede realizarse mediante diversos procesos como el mantenimiento de prevención, el mantenimiento reactivo y el mantenimiento proactivo. Además, el mantenimiento acrobático incluye la gestión de activos y el uso de tecnologías avanzadas para predecir fallas y realizar el mantenimiento antes de que ocurran.



## II. METODO DE INVESTIGACION

El tipo de investigación será aplicada, [19], menciona que la investigación aplicada es una forma no sistemática, ósea que va directo a la solución, de encontrar justamente soluciones a problemas específicos, tiene la misma estructura de una investigación cotidiana o habitual, identifica un problema, plantea una hipótesis y luego la pone a prueba, lo que quiere decir que este tipo de investigación pondrá a prueba a la hipótesis planteada.

El diseño de la investigación, es la guía de como un investigador llevara a cabo la investigación, además que combina las metodologías con técnicas de estudio, con la intención de llevar más eficiente el problema. [20]

El diseño del estudio es cuasiexperimental porque el investigador tiene un control mínimo sobre la variable independiente, los sujetos que participan en el estudio no son asignados al azar y no existe un grupo de control. En este sentido, un estudio experimental significa que un grupo recibe varias pruebas previas, luego se aplica un tratamiento experimental y finalmente varias pruebas posteriores.

[21] El desarrollo del fenómeno estudiado es longitudinal, debido a que los datos fueron recolectados antes y después de la implementación de la propuesta de gestión analítica y de mantenimiento integral, debido a que tienen dos o más variables.

### **III. RESULTADOS**

#### **III.1 DIAGNOSTICO:**

##### **ENTREVISTA:**

Se realizó una entrevista a un total de 15 personas incluyendo al comandante del Escuadrón de Mantenimiento 606, a los técnicos del Dpto. de Control de Mantto., a los Técnicos y suboficiales del Dpto. de Inspecciones y Línea, para diagnosticar las fallas y problemas que se dan en el área de mantenimiento de las aeronaves acrobáticas. (ANEXO N°1)

##### **COMANDANTE DEL ESCUADRON DE MANTENIMIENTO N°606:**

- CHAVEZ PISCOYA ALVARO

##### **DPTO. DE CONTROL DE MANTENIMIENTO:**

- BRAVO SOTO GROVER
- VASQUEZ MARQUINA ANGEL
- CRISPIN LLACTAHUAMANI ANNY
- SANCHEZ GUTIERRES SUSAN
- CHOQUE QUISPE EDDY

##### **DPTO DE CONTROL DE CALIDAD:**

- MORALES MALCA SEGUNDO

##### **DPTO DE INSPECCIONES Y LINEA:**

- DIAZ BANCES LUIS
- ARIZA CALCINA MARIO
- DIONICIO GUTIERRES JULIO
- VENTURA FLORES CRISTIAN
- ARCE MONTANO ENZO
- FERREYRA GONZALES JESUS
- MOSQUERA CARDENAS JAIR
- SANTAMARIA OLIVOS DEYNER



RESULTADOS DE ENCUESTA

TABLA I

¿Con qué frecuencia experimentan problemas de mantenimiento en las máquinas/equipos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	MUCHA	9	60,0	60,0	60,0
	POCA	4	26,7	26,7	86,7
	NO	2	13,3	13,3	100,0
	MUCHA				
	Total	15	100,0	100,0	

TABLA II

¿Crees que el entorno hace tardar en resolver los problemas de mantenimiento?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	10	66,7	66,7	66,7
	TAL VEZ	2	13,3	13,3	80,0
	NO	1	6,7	6,7	86,7

TABLA III

¿Cuál es el principal motivo de los fallos en el equipo/máquinas?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	MANTENIMIENTO	4	26,7	26,7	26,7
	MATERIAL	4	26,7	26,7	53,3
	MEDIO AMBIENTE	7	46,7	46,7	100,0
	Total	15	100,0	100,0	

TABLA IV

¿Las condiciones Meteorológicas son el principal motivo de los fallos en el equipo/máquinas?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	9	60,0	60,0	60,0
	TAL VEZ	4	26,7	26,7	86,7
	NO	2	13,3	13,3	100,0
	Total	15	100,0	100,0	

TABLA V

¿Existe un sistema de gestión de mantenimiento preventivo implementado en la organización?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	8	53,3	53,3	53,3
	TAL VEZ	4	26,7	26,7	80,0
	NO	3	20,0	20,0	100,0
	Total	15	100,0	100,0	

TABLA VI

¿Se realizan inspecciones regulares de los equipos para identificar posibles problemas antes de que ocurran fallos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	4	26,7	26,7	26,7
	TAL VEZ	4	26,7	26,7	53,3
	NO	7	46,7	46,7	100,0
	Total	15	100,0	100,0	

TABLA VII

¿Cuál es el tiempo promedio de inactividad debido a problemas de mantenimiento?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1 DIA	9	60,0	60,0	60,0
	MAS DE 3 DIAS	4	26,7	26,7	86,7
	MAS DE 1 SEMANA	2	13,3	13,3	100,0
	Total	15	100,0	100,0	

TABLA VIII

¿Existe un registro de historial de mantenimiento para cada equipo/máquina?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	8	53,3	53,3	53,3
	TAL VEZ	5	33,3	33,3	86,7
	NO	2	13,3	13,3	100,0
	Total	15	100,0	100,0	

TABLA IX

¿Crees que existe un mantenimiento deficiente en las inspecciones de las aeronaves?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	7	46,7	46,7	46,7
	TAL VEZ	4	26,7	26,7	73,3
	NO	4	26,7	26,7	100,0
	Total	15	100,0	100,0	

TABLA X

¿Cuál es el porcentaje de cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	MENOS DEL 50 %	5	33,3	33,3	33,3
	MAS DEL 50%	4	26,7	26,7	60,0
	50%	6	40,0	40,0	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



TABLA XI

¿El personal de mantenimiento tiene acceso a herramientas y equipos adecuados para llevar a cabo sus tareas de manera efectiva?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	9	60,0	60,0	60,0
	TAL VEZ	4	26,7	26,7	86,7
	NO	2	13,3	13,3	100,0
	Total	15	100,0	100,0	

TABLA XII

¿Qué tan rápido se pueden obtener piezas de repuesto cuando es necesario realizar una reparación?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	LENTO	8	53,3	53,3	53,3
	RAPIDO	5	33,3	33,3	86,7
	MUY	2	13,3	13,3	100,0
	LENTO				
	Total	15	100,0	100,0	

TABLA XIII

¿Se realizan evaluaciones periódicas del desempeño del equipo de mantenimiento?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	4	26,7	26,7	26,7
	TAL VEZ	4	26,7	26,7	53,3
	NO	7	46,7	46,7	100,0
	Total	15	100,0	100,0	

TABLA XIV

¿Existe un sistema de retroalimentación para que los operarios informen sobre posibles problemas de mantenimiento?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	9	60,0	60,0	60,0
	TAL VEZ	4	26,7	26,7	86,7
	NO	2	13,3	13,3	100,0
	Total	15	100,0	100,0	

TABLA XV

¿Se lleva un registro de los costos asociados con los problemas de mantenimiento, INCLUYENDO MANO DE OBRA, PIEZAS DE REPUESTO Y TIEMPO DE INACTIVIDAD?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	8	53,3	53,3	53,3
	TAL VEZ	4	26,7	26,7	80,0
	NO	3	20,0	20,0	100,0
	Total	15	100,0	100,0	

**Revisión documentaria:**

Se realizó una revisión documentaria del historial aeronáutico de las 4 aeronaves del Grupo N°6, lo cual consto de las fichas de cada aeronave para corroborar los reportajes de los especialistas de calidad de las diferentes especialidades, así como también la revisión de los formatos 26 F (Informe de falla), y también los diferentes cambios de parte registrados en el Log Book de la aeronave. (ANEXO N°2)

A partir de estas herramientas se pudo encontrar los siguientes resultados.

## DIAGRAMA DE ISHIKAWA

# Diagrama de Ishikawa

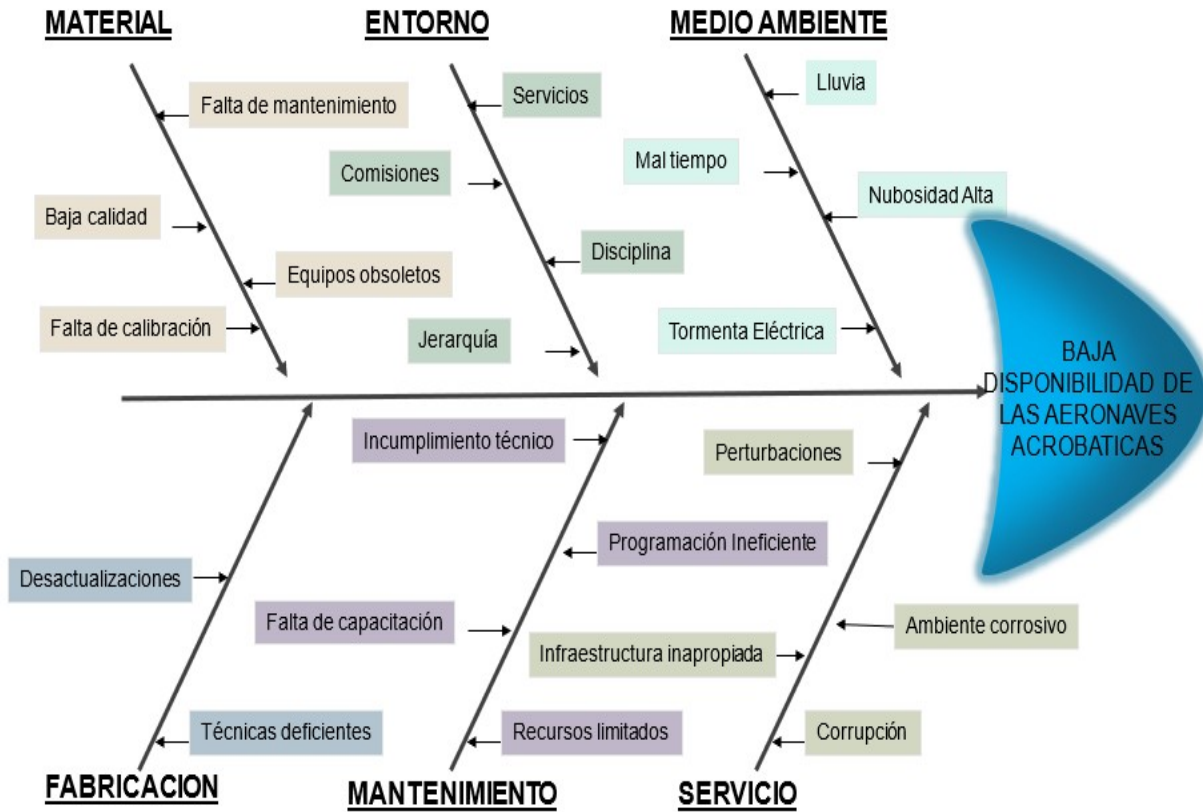


Fig. 2 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

N°	FALLA	CANTIDAD	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	80-20	ABC
I	DESGASTE DE BUJIAS	35	28%	28%	80%	A
A	BAJA TENSION DE MAGNETOS	30	24%	52%	80%	A
C	FRENOS CON RECORRIDO EXCESIVO	30	24%	76%	80%	A
M	DESINCRONIZACION DE MAGNETOS	8	6%	82%	80%	B
B	TENSION DE DISCOS DE FRENOS	5	4%	86%	80%	B
D	CONSUMO DE COMBUSTIBLE ASIMETRICO	3	2%	89%	80%	B
E	PERDIDA DE POTENCIA DEL MOTOR	3	2%	91%	80%	B
F	CONTROLES CON MUCHA FRICCION	3	2%	94%	80%	C
G	BAJA RPM	2	2%	95%	80%	C
H	VIBRACION DE MOTOR	2	2%	97%	80%	C
J	ASEGURAMIENTO DE CUPULA	2	2%	98%	80%	C
K	BOMBA DE COMBUSTIBLE	1	1%	99%	80%	C
L	IMPACTO DE AVE	1	1%	100%	80%	C
		125	100%			

Fig. 3 DIAGRAMA DE PARETO

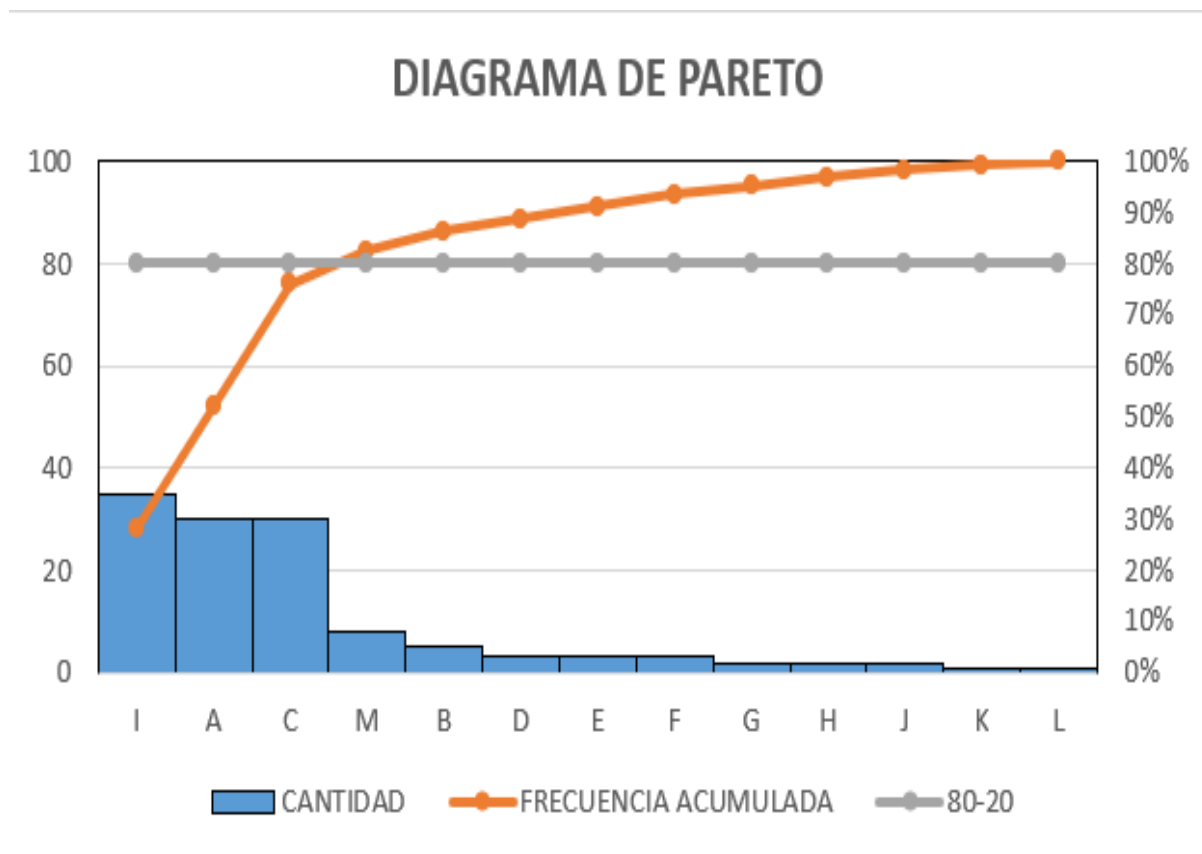


Fig. 4 DIAGRAMA DE PARETO

TABLA XVI  
DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

N o	CAUSA	DESARROLLO	SOLUCION
1	DESGASTE DE BUJIAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO OPTIMIZACION DEL MANTENIMIENTO	Mantenimiento preventivo
2	BAJA TENSION DE MAGNETOS	OPTIMIZACION DE PROCESOS CAPACITACION DE PERSONAL ESPECIALISTA	
3	FRENOS CON RECORRIDO EXCESIVO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	

### **Situación Actual de las Aeronaves Acrobáticas.**

Para analizar la situación actual de las aeronaves se tomó en cuenta la información obtenida entre los meses de enero a diciembre del 2023 de las Aeronaves designadas al Área de Mantenimiento del Grupo Aéreo N°6, en todas sus modalidades de operaciones aérea, corridos de motor y taxeo.

### **Paso 1: Totalidad de las Aeronaves**

TABLA XVII  
TOTAL, DE AERONAVES ACROBÁTICAS

N°	Tipo de aeronave	Matricula	Cantidad
1	Zlin z 242 I	461	01
2	Zlin z 242 I	462	01
3	Zlin z 242 I	463	01
4	Zlin z 242 I	464	01
Total			04

Nota: Se identificó las 04 aeronaves acrobáticas con las que cuenta el Área de Mantenimiento, las cuales son del Tipo Zlin Z242L con sus respectivas matriculas (641, 462, 463 y 464)

### **Paso 2: Fallas Totales entre los meses de enero a diciembre del año 2023.**

TABLA XVIII

TOTAL, DE FALLAS DURANTE EL PERIODO 2023

N°	Aeronave	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
1	Zlin 461	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	3	36
2	Zlin 462	2	1	4	2	1	2	3	4	4	3	3	3	33
3	Zlin 463	1	1	1	3	3	3	4	3	4	4	4	1	30
4	Zlin 464	1	1	1	2	3	3	2	2	3	3	2	1	26
	TOTAL	6	5	8	9	10	11	12	14	15	14	13	8	125

TABLA XIX

TOTAL, DE FALLAS EN PORCENTAJE PERIODO 2023

N°	Aeronave	Fallas	Porcentaje %
1	Zlin 461	36	29%
2	Zlin 462	33	26%
3	Zlin 463	30	24%
4	Zlin 464	26	21%



---

Total	125	100%
-------	-----	------

---

Nota: El total de fallas registradas durante el periodo 2023 fueron sacadas del análisis documentario el cual consta del registro de los Formulario 66-781-2 y los respectivos informes de falla (formato 26F) y cambio de partes realizadas a cada aeronave, de las aeronaves acrobáticas Zlin suman un total de 125, con la aeronave 461 con el mayor porcentaje (29%), siendo también los meses de agosto, setiembre y octubre los meses de mayor incidencia.

### Paso 3: Calculo de Indicadores de Mantenimiento

TABLA XX  
TTP (TIEMPO TOTAL PROGRAMADO)

N°	Aeronave	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total, Hrs
1	Zlin 461		10	30	10	10	10	40		10	20	20	40	200
2	Zlin 462		10	30	10	10	10	40		10	20	20	40	200
3	Zlin 463		5	30	5	5	5	40		5	5	10	40	150
4	Zlin 464		5	30	5	5	5	40		5	5	10	40	150
TOTAL													700 horas	

Nota: EL ministerio de Defensa con Resolución Ministerial N°00004-MINDEF/MINPLA del 05 de enero del 2023; aprueba la programación anual de horas de vuelo para todas las unidades de la Fuerza Aérea; donde la asignación de Horas Operativas para el Grupo

Nº6 es 700 horas de vuelo, los cuales son repartidas a las aeronaves en relación a sus inspecciones y a las comisiones programadas durante el año, como Fiestas Patrias y Graduaciones de los Centros de Formación.

TABLA XXI

TTR (TIEMPO EN HORAS PARA LA REPARACIÓN)

N°	Aeronave	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total Hrs
1	Zlin 461		1	0.7	1		1	0.5		2		3	4	13.2
2	Zlin 462		2		1	0.5					1	0.4	4	8.9
3	Zlin 463			3	2					1		0.6	0.8	7.4
4	Zlin 464			3				3			1			7
TOTAL														36.5 hrs

Nota: Las Inspecciones Realizadas se basan en la cantidad de horas voladas y de acuerdo a los manuales Técnicos del fabricante, al ser 700 horas, las aeronaves pasaran por 2 inspecciones de 100 horas durante el año; sin embargo, durante las operaciones siempre se tiene inspecciones no programadas que salen del momento como se detalla en el cuadro; teniendo un total de 36.5 horas de reparación.

TABLA XXII

TTO (TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN POR AERONAVE)

N °	Aeronave	TTP (tiempo total programado)	TTR (tiempo en horas de reparación)	(TTO) tiempo total de operación
1	461	200	13.2	186.8
2	462	200	8.9	191.1
3	463	150	7.4	142.6
4	464	150	7	143
TOTAL				663.5

Nota: El tiempo total de Operación de las Aeronaves acrobáticas es el tiempo real que cada aeronave a operado durante el periodo de tiempo, y se calcula en función al Tiempo Total Programado y al Tiempo Total de Reparación, su fórmula es de acuerdo al siguiente detalle:

Formula:

$$TTO = TTP - TTR$$

TABLA XXIII

MTTR (MANTENIBILIDAD O TIEMPO MEDIO DE RESTAURACIÓN DE LAS AERONAVES)

N°	Aeronave	TTR (tiempo total en horas de reparación)	N° Fallas	(MTTR) mantenibilidad
1	Zlin 461	13.2	10	1.32
2	Zlin 462	8.9	9	0.99
3	Zlin 463	7.4	8	0.93
4	Zlin 464	7	15	0.47
Promedio				0.92

Nota: El MTTR es el tiempo promedio o medio que se requiere para la reparación o restauración de cada aeronave, que se obtiene dividiendo el total de horas registradas para la restauración y el número de fallas. En el registro se obtuvo un MTTR promedio de 3.70 horas lo que estaría indicando que en promedio en tiempo que se requiere por reparación de Aeronaves es de 6.35 horas; la fórmula de cálculo es la siguiente:

Formula:

$$\text{MTTR} = \text{TTR} / \text{N}^\circ \text{ FALLAS}$$

TABLA XXIV  
MTBF (TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS EN HORAS)

N°	Aeronave	TTO (tiempo total de operación)	N° Fallas	(MTBF) tiempo medio entre fallas
1	Zlin 461	186.8	10	18.68
2	Zlin 462	191.1	9	21.23
3	Zlin 463	142.6	8	17.83
4	Zlin 464	143	15	9.53
Promedio				16.82

Nota: El MTBF o tiempo medio entre fallas es el resultado de la división entre el tiempo total de operación y el número de fallas. El registro nos arrojó un MTBF de 16.82 horas, que significa que en promedio las fallas en máquinas ocurren con un intervalo promedio de 16.82 horas.

Formula:

$$\text{MTBF} = \text{TTO} / \text{N}^\circ \text{ FALLAS}$$

## **PLANIFICACION DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.**

### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO:**

#### **INSPECCIÓN TIPO C**

El Mantenimiento Preventivo, busca principalmente la preservación de la aeronave en el tiempo, para que esta puede desempeñar sus capacidades aéreas lo más óptimas posibles, dentro del manual del fabricante existen 3 tipos de mantenimiento preventivo para las aeronaves acrobáticas estas son las TIPO A, TIPO B y TIPO C. Esta última es la más realizada porque se realiza cada 100 horas de operación de la aeronave, siempre teniendo plazos de prórroga de acuerdo a la Orden Técnica 00-20A-1B "Plazos de Aeronavegabilidad", dichas actividades se detallan a continuación:

- 1) Trabajos preparatorios.
- 2) Chequear Cubiertas de composito de la parte central.
- 3) Patín auxiliar de cola.
- 4) Enrejado del fuselaje
- 5) Cúpula deslizable.
- 6) Cúpula transparente.
- 7) Interior de la cabina.
- 8) Cubiertas de tanques de combustible principales.
- 9) Chequear los soportes de unión de ala.
- 10) Tanques de combustible auxiliares, tips de ala.
- 11) Revestimiento.
- 12) Alerones y flaps de ala.
- 13) Riosta y suspensión del estabilizador.
- 14) Bisagras del timón de dirección y elevador.
- 15) Revestimiento y tips de ala.
- 16) Topes de control.
- 17) Cables.



- 18) Uniones del sistema de control
- 19) Chequeo funcional de los controles incluyendo flaps, motor y hélice.
- 20) Juego en los controles primarios.
- 21) Neumáticos.
- 22) Ruedas de tren de aterrizaje.
- 23) Frenos y control de frenos.
- 24) Piernas del tren de aterrizaje principal.
- 25) Piernas de aterrizaje de nariz.
- 26) Juego en los rodajes del tren de aterrizaje.
- 27) Sistemas de motor y hélice-sistema de combustible.
- 28) Sistema de motor y hélice- sistema de aceite.
- 29) Sistema de motor y hélice-sistema eléctrico del motor, encendido.
- 30) Sistema de motor y hélice-entrada de aire.
- 31) Sistema de motor y hélice-cilindros.
- 32) Sistema de motor y hélice-sistema de escape.
- 33) Sistema de motor y hélice-sistema de enfriamiento de aire.
- 34) Sistema de motor y hélice-suspensión de motor.
- 35) Sistema de motor y hélice- controles de motor y hélice.
- 36) Sistema de motor y hélice- accesorios de motor y hélice.
- 37) Sistema de motor y hélice- capots de motor.
- 38) Hélice hartzell- palas de hélice.
- 39) Hélice hartzell- spinner.
- 40) Hélice hartzell-eje de hélice partes visibles.
- 41) Hélice hartzell-fuga.
- 42) Hélice hartzell-lubricación.
- 43) Sistema de Pitot estático- toma principal de tubo Pitot.
- 44) Sistema de Pitot estático- sensores de presión.
- 45) Sistema de Pitot estático- manguera de goma.
- 46) Sistema de Pitot estático- condensadores sumideros.

- 47)** Sistema de Pitot estático- fuente de presión estática.
- 48)** Instalación eléctrica y equipos.
- 49)** Instalación de instrumentos.
- 50)** Instalación de instrumentos- instrumentos del motor.
- 51)** Instalación de instrumentos- luces anunciadoras.
- 52)** Sistema eléctrico- batería.
- 53)** Sistema eléctrico- conductores eléctricos.
- 54)** Sistema eléctrico- conectores.
- 55)** Sistema eléctrico- vínculos eléctricos y descargadores estáticos.
- 56)** Sistema eléctrico- luces.
- 57)** Sistema eléctrico- fusibles.
- 58)** Comunicación y equipos de navegación- antenas.
- 59)** Comunicación y equipos de navegación- transceptores.
- 60)** Comunicación y equipos de navegación-aviónica.
- 61)** Comunicación y equipos de navegación- ELT (ubicador de emergencia)
- 62)** Trabajos finales.

Nota: Las actividades de acuerdo al manual del fabricante MORAVAN OTROKOVICE, en el Manual de Mantenimiento VOL I. CAP. 5. Inspección tipo C- 100 horas.

### **CHEQUEO DE PRE-VUELO:**

El Chequeo de Pre- Vuelo es el que se realiza en la línea de vuelos, y como su propio nombre lo dice, se realiza antes de cada vuelo del día y tiene una duración de 24 horas, donde se realiza una serie de inspecciones y comprobaciones de los diversos sistemas que integran la aeronave, cabe resaltar que cuando la aeronave realizara vuelos acrobáticos se debe tener ciertas consideraciones especiales según el mismo fabricante de la aeronave, a continuación se describe el punto número 1, donde se realizan las siguientes actividades en la cabina:

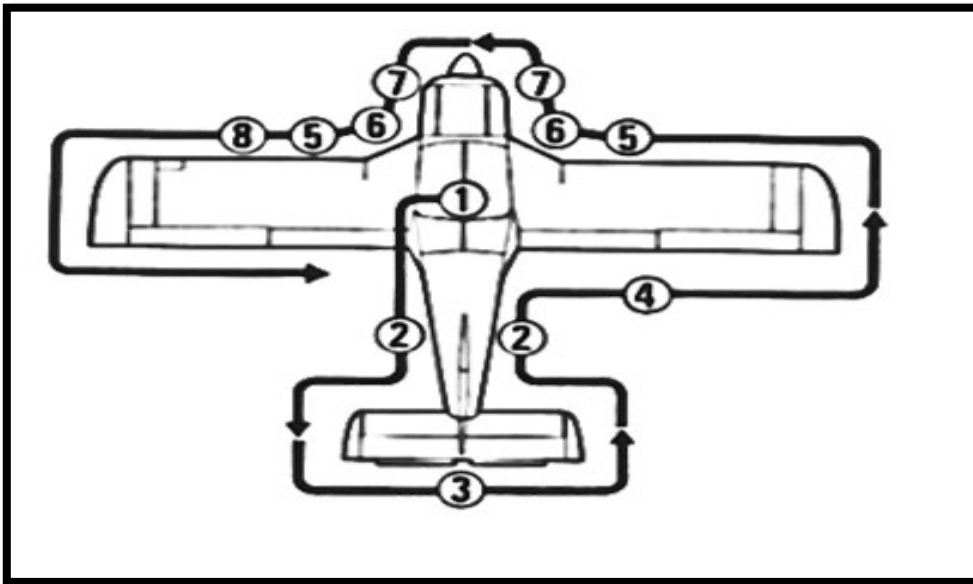


Fig. 5 SEGUIMIENTO DE INSPECCION DE PREVUELO.

#### **1. CABINA:**

- 1) Palanca de mando: SOLTAR (soltar el cierre de la palanca, chequear libre MOVIMIENTO)
- 2) Switch de ignición: APAGADO
- 3) Manetas de soltamiento de emergencia de cúpula: ASEGURADAS

- 4) Válvula de fuente estática: Chequear PRINCIPAL Y CABLES.
- 5) Chequear voltaje de la batería:
  - Encender el switch "MASTER SWITCH" y "BATERIA".
  - Chequear el voltaje de la batería.
  - Apagar el switch "MASTER SWITCH" y "BATERIA".
- 6) Objetos sueltos: Asegurar o quitar.
- 7) Previo a un vuelo con acrobacias:
  - QUITAR LOS COJINES (PARA USAR EL PARACAIDAS)
  - CHEQUEE EL MARTILLO DE LA CUPULA (asegurado al marco de la cúpula deslizante)
  - QUITE EL EQUIPAJE
  - DRENE EL COMBUSTIBLE DE LOS TANQUES TIP
- 8) Previo a un vuelo acrobático solo:
  - Quitar los cojines del asiento desocupado (derecho)
  - Amarrar bien los cinturones de seguridad del asiento desocupado.
- 9) Chequear la presión del larguero: MIN 150 Kpa (22 p.s.i.)
- 10) Chequeo de cúpula.

## TRABAJOS REALIZADOS AÑO 2023

REGISTRO DE INSPECCION Y MANTENIMIENTO				
26B N° __001-1__				
1. AERONAVE T/M/N ZLIN Z-242L N° 464		2. SISTEMA ATA-12	3. TIPO DE INSPECCIÓN: INSPECCIÓN 100 HRS - AVIÓN	
5. N° TARJETA MANUAL MANTTO VOL I CAPITULO 5. SECCION 5.2 ITEM 0 PAG 5-5		4. ORDEN DE TRABAJO : 196 - 2023		
6. TITULO : TRABAJOS PREPARATORIOS I				
N° ITEM A	TAREA DE INSPECCION B	HORAS/HOMBRE C	MECANICO D	SIMBOLO E
4.-	Chequear el cumplimiento de todas las directivas de aeronavegabilidad (AD).	00:30	SOJ. MOSQUERAC	
5.-	Lavar la superficie del avión y limpiar la cabina.	00:50	SO2 F. SUAREZ R.	
6.-	Desmontar cubiertas para mejorar la ejecución de la inspección.	00:40	SO2 F. SUAREZ R.	
	SEGUN RA VOL I CAP 6.9 REVISION DE DIRECTIVAS DE AERONAVEGABILIDAD DEL 17-07-22 SIN DISCREPANCIAS.			
7	FECHA DE INICIO: 08-NOV-23 FECHA DE TERMINO: 08-NOV-23	8 TIEMPO TOTAL 2:00	9 INSPECTOR/GRADO/SELLO/ FIRMA TC2 S. MORDUESH.	053

FORMATO FAP 26B REGISTRO DE INSPECCION Y MANTENIMIENTO

Fig. 6 REGISTRO DE INSPECCION Y MANTENIMIENTO REALIZADA EN EL AÑO 2023

Nota: Este la Formato FAP 26B, Registro de inspección y Mantenimiento, donde en base al planeamiento que se hace, cada tarea se registra con el fin de que los personales de especialistas procedan a realizar la actividad anotando el Grado, nombre y apellido, fecha, tiempo y su respectiva firma para que posterior De la verificación del personal de Calidad se proceda a cerrar la actividad confirmando la realización de la tarea.

1. ZONA N° 023	2. SISTEMA ATA-27	3. LUGAR DE TRABAJO Inspección 16446	4. ORDEN TRABAJO 196-2023	5. HORAS/HOMBRE 01:00
6. DATOS DE LA AERONAVE		7. DATOS DEL MOTOR, HELICE Y/O COMPONENTE		
TIPO/MODELO: RLW/E2421	N° MATRICULA: 464	HORAS: 4401.08	TIPO/MODELO	N° SERIE: TSO
8. DISCREPANCIA SE DESMONTA TIMÓN DE DIRECCIÓN FIN FACILITAR TRABAJOS DE LA ESPECIALIDAD DE AVIÓNICA, SEGUN M.M. VOL II, CAP 2, PAG. 2-25.		9. SIMBOLO X	10. ACCION CORRECTIVA SE MONTÓ TIMÓN DE DIRECCIÓN SEGUN M.M. VOL II CAP 4, PAG 4-11 QUEDANDO EN CONDICIONES OPERATIVAS.	
11. INICIADA POR: TSP L. DIAZ B. [Firma]		FECHA: 08-NOV-23	13. CORREGIDO POR (GRADO-NOMBRE-FIRMA-FECHA) S02 F. SUAREZ R. [Firma] 14-NOV-23	
12. ACCESORIO	DESMONTADO	TOTAL DE FUNCIONAMIENTO	14. SUPERVISADO POR (GRADO-NOMBRE-FIRMA-FECHA) TSP L. DIAZ B. [Firma] 14-NOV-23	
	N°/P		TIEMPO PREVIO	15. INSPECCIONADO POR (GRADO-NOMBRE-FIRMA-FECHA - SELLO) TSP S. MORACOSH. [Firma] 14-NOV-23
	INSTALADO	FECHA DE TRANSCRIPCIÓN: 22-NOV-23		
	N°/P	TRANSCRITO POR: SOU E. CROQUE [Firma]		
16. UNIDAD DE ARCHIVO	<input type="checkbox"/> DISCREP. CORREGIDA	<input type="checkbox"/> ACCESORIO REEMPLAZADO		
	<input type="checkbox"/> TRANSC. AL FORM. 781-3	<input type="checkbox"/> REQUIERE VUELO DE PRUEBA		
	<input type="checkbox"/> EXTENSION HORARIO Y/O CALENDARIO DEL ACCESORIO			

FORMATO FAP - 26C REGISTRO DE DISCREPANCIA EN EL MANTENIMIENTO

Fig. 7 REGISTRO DE DISCREPANCIAS ENCONTRADAS EN MANTENIMIENTO REALIZADA EN EL AÑO 2023

Nota: Este la Formato FAP 26C, Registro de discrepancias encontradas en el Mantenimiento donde una vez encontrada una discrepancia dentro de la realización de la tarea se deberá registrar en este formato, anotando todos los datos correspondientes y procediendo a levantar la discrepancia, mediante la firma correspondiente y posterior verificación del personal de calidad.

## TRABAJOS REALIZADOS AÑO 2024

1. 26B N°		2. SISTEMA		3. LUGAR DE TRABAJO		4. ORDEN TRABAJO:		5. HORAS/HOMBRE	
		ATA-72		GRUP 6 Inspecciones		027-2024		00:30	
6. DATOS DE LA AERONAVE			7. DATOS DEL MOTOR, HELICE Y/O COMPONENTE			10. ACCION CORRECTIVA			
TIPO/MODELO: ZLIN/2242L		N° MATRICULA: 461		HORAS: 3076:44		TIPO/MODELO: AEI0360A1B6		N° SERIE: L-26989-51A	
8. DISCREPANCIA		9. SIMBOLO		TSO		391:02			
Presion de Aceite baja (ARCO Amarillo) Temperatura de Aceite ALTA (ARCO ROJO).		E				SE DESMONTA INDICADOR CUADRUPE FUEL OIL TEMP CON 1/4 LUN 1639.21 Y 1/8 N100012 INMEDIATO Y SE INSTALA INKAROS4 CUADRUPE FUE OIL TEMP. CON 1/4 LUN 1639.08 Y 1/8 A00004 OPERATIVO CON UR 014-24 Y C.P 009-2024 QUEDANDO EL SISTEMA OPERATIVO Señal MM VOL I CAPS SECCION 5.2 PAG 5-7)			
11. INICIADA POR: TIP P. VARGAS J.		FECHA: 20-FEB-24		13. CORREGIDO POR (GRADO-NOMBRE-FIRMA-FECHA) SOL M. ESCATE C. 29-FEB-24		14. SUPERVISADO POR (GRADO-NOMBRE-FIRMA-FECHA) SOL J. ALVAREZ U. 29-FEB-24		15. INSPECCIONADO POR (GRADO-NOMBRE-FIRMA-FECHA-SELLO) TC: A. LEON U. 29-FEB-24	
12. ACCESORIO		TOTAL DE FUNCIONAMIENTO		16. TIEMPO PREVIO		17. TIEMPO REALIZADO		18. TIEMPO REQUERIDO	
DESMONTADO N°/P LUN 1639.21 N°/S A00012		3078:20		NUEVO		088		093	
INSTALADO N°/P LUN 1639.08 N°/S A00004									
18. UNIDAD DE ARCHIVO		DISCREP. CORREGIDA		ACCESORIO REEMPLAZADO		FECHA DE TRANSCRIPCION:		TRANSCRITO POR:	
		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		06 MAR 24		SOL E. MOORE JO	
		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>					
		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>					

REGISTRO DE DISCREPANCIA EN EL MANTENIMIENTO

Fig. 8 REGISTRO DE DISCREPANCIAS ENCONTRADAS EN MANTENIMIENTO REALIZADA EN EL AÑO 2024

REGISTRO DE INSPECCION Y MANTENIMIENTO				
26B N° 001-1				
1. AERONAVE T/M/N ZLIN Z-242L N° 461		2. SISTEMA ATA-12		3. TIPO DE INSPECCION: INSPECCION 100 HRS - AVION
5. N° TARJETA MANUAL MANTTO VOL I, CAPITULO 5, SECCION 5.2 ITEM 0 PAG 5-5		6. TITULO: TRABAJOS PREPARATORIOS I		
N° ITEM A	TAREA DE INSPECCION B	HORAS/HOMBRE C	MECANICO D	SIMBOLO E
4.-	Chequear el cumplimiento de todas las directivas de aeronavegabilidad (AD).	00:20	SDI J. MOSQUERA C.	
5.-	Lavar la superficie del avión y limpiar la cabina.	00:30	SDI J. MOSQUERA C.	
6.-	Desmontar cubiertas para mejorar la ejecución de la inspección.	00:40	SDI J. MOSQUERA C.	
MM VOL I CAPS, SECC 5.2 PAG 5-5				
7. FECHA DE INICIO: 26-FEB-24		8. TIEMPO TOTAL 01:30		9. INSPECTOR/GRADO/SELLO/FIRMA TC S. MORALES H. 053
FECHA DE TERMINO: 26-FEB-24				

REGISTRO DE INSPECCION Y MANTENIMIENTO

Fig. 9 REGISTRO DE INSPECCION Y MANTENIMIENTO REALIZADA EN EL AÑO 2024



# FLUJOGRAMA DE LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO:

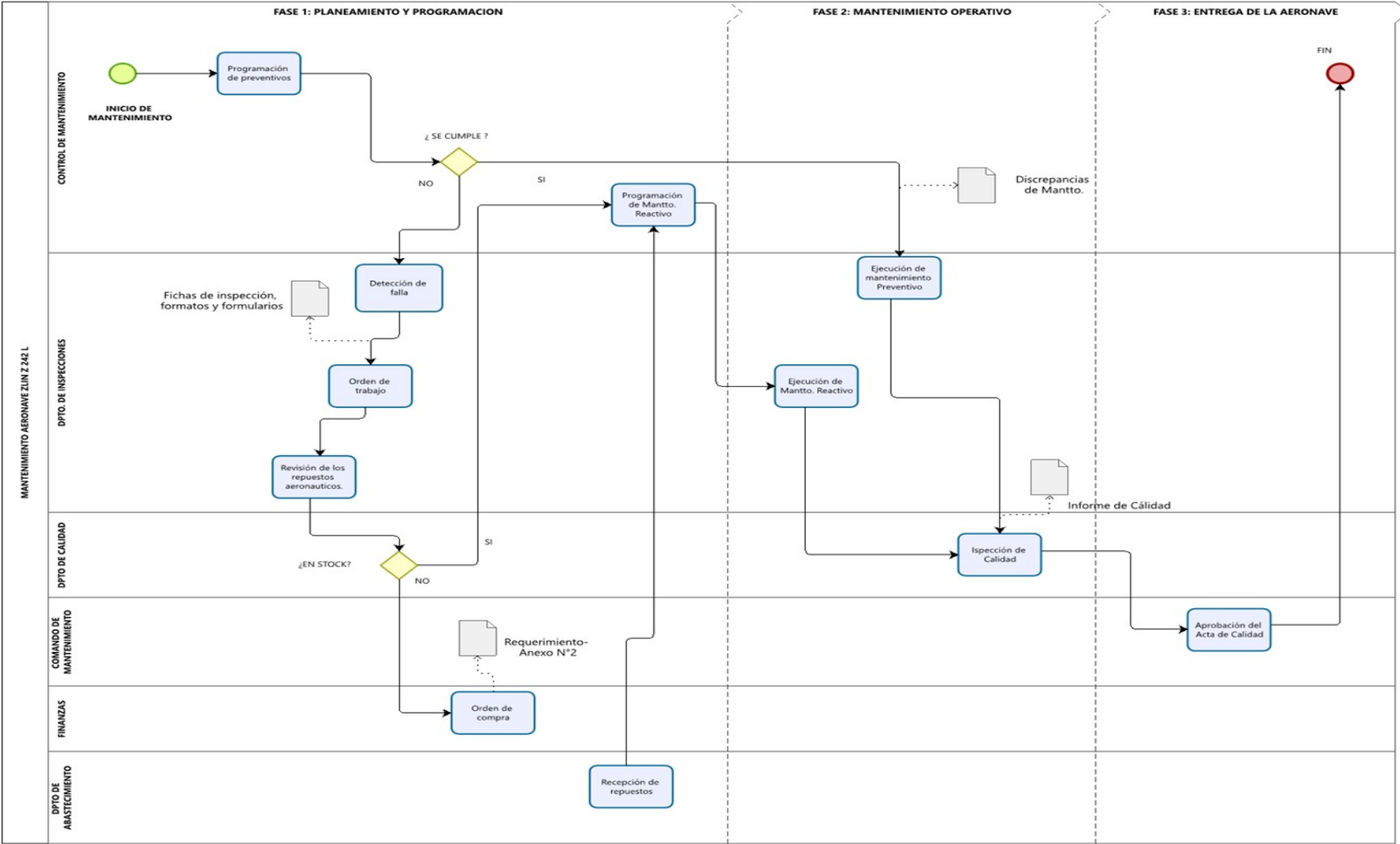


Fig. 10 FLUJOGRAMA DE LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO



## INSPECCION DE CALIDAD

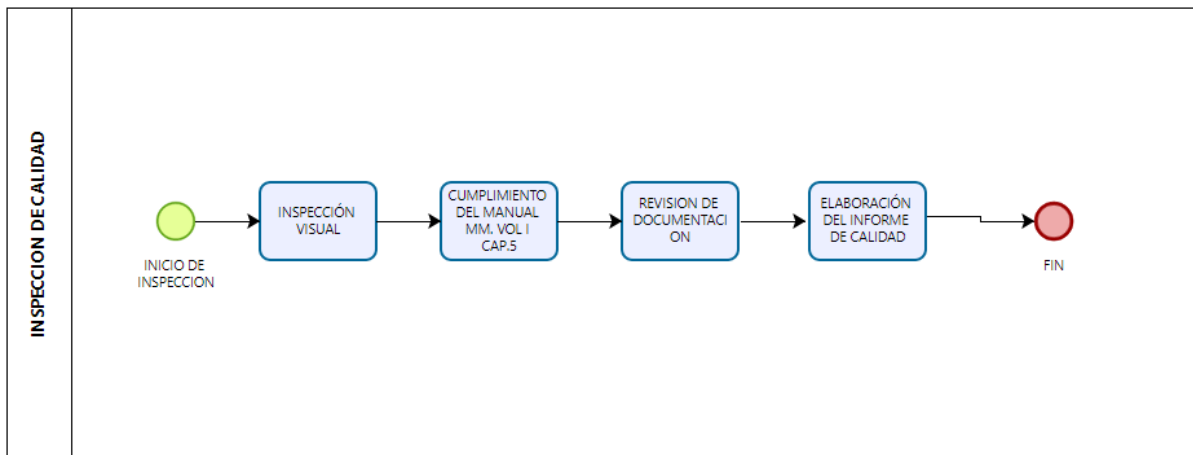


Fig. 11 INSPECCION DE CALIDAD

Nota: La inspección de Calidad es crucial en el desarrollo de las diferentes inspecciones, ya que al ser el último filtro del mantenimiento realizado es aquel que otorga la conformidad de la actividad realizada, asimismo cabe recalcar que el inspector de calidad es el único responsable legalmente del óptimo desarrollo de la inspección.

**FORMATOS DE MANTENIMIENTO:**

REGISTRO DE INSPECCION Y MANTENIMIENTO				
26B N° _____				
1. AERONAVE T/M/N°	2. SISTEMA:	3. TIPO DE INSPECCION:		
		4. ORDEN DE TRABAJO:		
5. N° TARJETA:	6. TITULO:			
N° ITEM A	TAREA DE INSPECCION B	HORAS/HOMBRE C	MECANICO D	SIMBOLO E
<i>Referencia Técnica: Manual de Mantenimiento, Boletín de Servicio, Orden Técnica, etc.</i>				
7	FECHA DE INICIO:	8. TIEMPO TOTAL	9. INSPECTOR/GRADO/SELLO/FIRMA	
	FECHA DE TERMINO:			

*Fig. 12 REGISTRO DE INSPECCION Y MANTENIMIENTO*

	<input type="checkbox"/> EXTENSION HORARIO Y/O CALENDARIO DEL ACCESORIO	
<b>FORMATO FAP - 26C</b>	<b>REGISTRO DE DISCREPANCIA EN EL MANTENIMIENTO</b>	

*Fig. 13 REGISTRO DE DISCREPANCIA DE MANTENIMIENTO*

**CARPETA DE REGISTRO Y ARCHIVO DE INFORMES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

**1. DATOS PARTICULARES**

2. TIPO, MODELO Y N° DE SERIE	3. N° DE MATRICULA	4. FECHA DE FABRICACIÓN
ZLIN - Z242L - 0713	462	1997

**5. SERVICIOS**

6. COMBUSTIBLE				11. ACEITE		14. FLUIDO HIDRAULICO	
7. TIPO	8. CAPACIDAD TANQ. INTERNO	9. CAPACIDAD TANQ. EXTERNO	10. CAPACIDAD TOTAL	12. TIPO	13. CAPACIDAD TOTAL DE CADA MOTOR	15. TIPO	16. CAPACIDAD TOTAL
100LL	2X16 GLS	2X14.5 GLS	61GLS	SAE 50	08 QTS	MIL-H-5606	02 LTS

**17. SISTEMA DE MANTENIMIENTO**

18. TIPO	A	B	C				
19. INSPECCIÓN HORARIA	100	500	1500				
20. INSPECCIÓN CALENDARIA							
21. INSPECCIÓN CICLOS ATERRIZAJE	TREN PRINCIPAL	11000 AT		TRN DE NARIZ	15000 AT		
22. DOCUMENTO	REGLAMENTO UNIFICADO						

FORMULARIO FAP 66-781

Fig. 14 CARPETA DE REGISTRO Y ARCHIVO DE INFORMES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

## SITUACION DE LA VARIABLE DEPENDIENTE AÑO 2024

TABLA XXV

TOTAL, DE FALLAS DURANTE EL PERIODO 2024

N°	Aeronave	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
1	Zlin 461	0	0	2	2	4
2	Zlin 462	0	1	0	0	1
3	Zlin 463	0	0	1	2	3
4	Zlin 464	0	1	1	2	4
TOTAL						12

TABLA XXVI  
TOTAL, DE FALLAS EN PORCENTAJE PERIODO 2024

N°	Aeronave	Fallas	Porcentaje %
1	Zlin 461	4	33.3%
2	Zlin 462	1	8.3%
3	Zlin 463	3	25%
4	Zlin 464	4	33.3%
Total		12	100%

Fuente: Elaboración propia

Nota: El total de fallas registradas durante lo que va del periodo 2024, de las aeronaves acrobáticas Zlin suman un total de 12, con la aeronave 461 y 464 con el mayor porcentaje (33.33%), siendo también los meses de marzo y abril los meses de mayor incidencia.

TABLA XXVII  
TTP (TIEMPO TOTAL PROGRAMADO)

N°	Aeronave	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total, Hrs
1	Zlin 461		30	20	20	20		40	20	10	10	10	20	200
2	Zlin 462		30	20	20	20		40	20	10	10	10	20	200
3	Zlin 463		30	30	30	20		40	20	20	20		40	250
4	Zlin 464		30	20	20	20		40	20	10	10	10	20	200
TOTAL													850 horas	

Nota: EL ministerio de Defensa con Resolución Ministerial N°00008-MINDEF/MINPLA del 03 de enero del 2024; aprueba la programación anual de horas de vuelo para todas las unidades de la Fuerza Aérea; donde la asignación de Horas Operativas para el Grupo N°6 es 850 horas de vuelo, los cuales son repartidas a las aeronaves en relación a sus inspecciones y a las comisiones programadas durante el año, como Fiestas Patrias y Graduaciones de los Centros de Formación.

TABLA XXVIII

TTR (TIEMPO EN HORAS PARA LA REPARACIÓN)

N°	Aeronave	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total, Hrs
1	Zlin 461			1	1.5	2.5
2	Zlin 462		0.5			0.5
3	Zlin 463			1	2	3
4	Zlin 464		1	0.5	0.5	2
TOTAL						8

Nota: Las Inspecciones Realizadas se basan en la cantidad de horas voladas y de acuerdo a los manuales Técnicos del fabricante, al ser 700 horas, las aeronaves pasaran por 2 inspecciones de 100 horas durante el año y en el caso de la aeronave 463 pasara por 3 inspecciones al año; sin embargo, durante las operaciones siempre se tiene inspecciones no programadas que salen del momento como se detalla en el cuadro; teniendo un total de 8 horas de reparación.

TABLA XXIX

TTO (TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN POR AERONAVE)

N <sup>o</sup>	Aeronave	TTP (tiempo total programado)	(TTR) tiempo en horas de reparación	(TTO) tiempo total de operación
1	461	200	2.5	197.5
2	462	200	0.5	199.5
3	463	250	3	247
4	464	200	2	198
TOTAL				842

Nota: El tiempo total de Operación de las Aeronaves acrobáticas es el tiempo real que cada aeronave a operado durante el periodo de tiempo, y se calcula en función al Tiempo Total Programado y al Tiempo Total de Reparación, su fórmula es de acuerdo al siguiente detalle:

Formula:

$$TTO = TTP - TTR$$

TABLA XXX

MTTR (MANTENIBILIDAD O TIEMPO MEDIO DE RESTAURACIÓN DE LAS AERONAVES)



N°	Aeronave	TTR tiempo en horas de reparación	N° Fallas	(MTTR) mantenibilidad
1	Zlin 461	2.5	4	0.625
2	Zlin 462	0.5	1	0.5
3	Zlin 463	3	3	1
4	Zlin 464	2	4	0.5
Promedio			0.65625	0.92

Nota: El MTTR es el tiempo promedio o medio que se requiere para la reparación o restauración de cada aeronave, que se obtiene dividiendo el total de horas registradas para la restauración y el número de fallas. En el registro se obtuvo un MTTR promedio de 0.65625 horas lo que estaría indicando que en promedio en tiempo que se requiere por reparación de Aeronaves es de 0.6 horas; la fórmula de cálculo es la siguiente:

Formula:

$$\text{MTTR} = \text{TTR} / \text{N}^\circ \text{ FALLAS}$$

TABLA XXXI  
CALCULO DE LA MANTENIBILIDAD

MANTENIBILIDAD AÑO 2023	MANTENIBILIDAD AÑO 2024	REDUCCIÓN
0.92	0.65	0.27

Nota: Como se puede observar en la Tabla 31, la mantenibilidad de redujo en 0.27, confirmando la Hipótesis de la investigación

## ANALISIS BENEFICIO-COSTO:

N°	Aeronave	Enero	Febrero	Marzo	Abril	TOTAL
1	Zlin 461	2	2	2	2	8
2	Zlin 462	2	1	4	2	9
3	Zlin 463	1	1	1	3	6
4	Zlin 464	1	1	1	2	5
TOTAL						28

Para el análisis del beneficio costo se determinaron los costos que se generaron durante los meses de enero a diciembre del año 2023 como son los costos básicamente, por las fallas que se dieron durante ese periodo, teniendo en cuenta el primer semestre de ambos años, donde se realizara el análisis respectivo para verificar si es o no rentable la aplicación de la gestión de mantenimiento integral.

TABLA XXXII  
FALLAS AÑO 2023

N°	Aeronave	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
1	Zlin 461	0	0	2	2	4
2	Zlin 462	0	1	0	0	1
3	Zlin 463	0	0	1	2	3
4	Zlin 464	0	1	1	2	4
TOTAL						12

TABLA XXXIII  
FALLAS AÑO 2024

TABLA XXXIV  
COSTO DE FALLA

<b>ITE M</b>	<b>CANTIDA D</b>	<b>UNI DE MED.</b>	<b>PRECI O UNITARIO (Soles)</b>	<b>PRECI O TOTAL (Soles)</b>
<i>Brocha</i>	<i>3</i>	<i>UNI</i>	<i>10</i>	<i>30</i>
<i>Lija</i>	<i>1</i>	<i>UNI</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
<i>Aceite 3 en 1</i>	<i>2</i>	<i>UNI</i>	<i>20</i>	<i>40</i>
<i>WD-40</i>	<i>1</i>	<i>UNI</i>	<i>45</i>	<i>45</i>
<i>Alodin</i>	<i>1</i>	<i>GL</i>	<i>90</i>	<i>90</i>
<i>Washer Aircraft</i>	<i>1</i>	<i>GL</i>	<i>150</i>	<i>150</i>
<i>Punta estrella N°2</i>	<i>4</i>	<i>UNI</i>	<i>1</i>	<i>4</i>
<i>Manol</i>	<i>1</i>	<i>GL</i>	<i>50</i>	<i>50</i>
<i>MIL-PRF- 5606</i>	<i>3</i>	<i>GL</i>	<i>150</i>	<i>450</i>
<i>Trapo Industrial</i>	<i>10</i>	<i>KG</i>	<i>17</i>	<i>170</i>
<i>Aeroshell N°22</i>	<i>1</i>	<i>LT</i>	<i>90</i>	<i>90</i>
<b>TOTAL</b>				<b>1122</b>

TABLA XXXV  
RESUMEN DE FALLAS Y COSTOS

<b>AÑO</b>	<b>NUMERO DE FALLAS</b>	<b>COSTO POR FALLA (soles)</b>	<b>TOTAL (Soles)</b>
2023	28	1 122	31 416
2024	12	1 122	13 464
Beneficio			S/17,952.00

Nota: Se calculó el total de las fallas presentadas en ambos periodos (2023 y 2024) para comparar y observar cual es el beneficio que se tiene hasta la fecha dándonos un saldo muy favorable a comparación del año pasado, el cual nos arroja un beneficio de más de 17 mil soles.

TABLA XXXVI  
COSTO DE IMPLEMENTACION

<b>N</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO (SOLES)</b>	<b>TOTAL (SOLES)</b>
1	ING. FRANKSUAREZ	3 MESES	3000	9000
2	TECNICO DIAZ BANCES	1 MES	4000	4000
2	CARTILLAS DE PROCEDIMIENTO	15 PERSONAS	20	300

3	MECANISMO RECARGADOR	1 UNIDAD	500	500
<i>TOTAL</i>				S/ 13,800.00

TABLA XXXVII  
CÁLCULO BENEFICIO-COSTO

<b>BENEFICIO</b>	<b>COSTO</b>	<b>BENEFICIO - COSTO</b>
S/17,952.00	S/ 13,800.00	1.30

Nota: Por cada sol invertido en la implementación, genera 0.30 soles.

#### **IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

##### **DICUSION**

[19] En su tesis de posgrado “PLAN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA METALMECÁNICA AR&ML CONSTRUCTORES E.I.R.L., SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2019”; aplica el mantenimiento preventivo aumentando la disponibilidad de las máquinas de la empresa en un 19%, antes de la aplicación tenía un índice de fallas de 15% y posterior tenía un 10%, reduciendo en un 5% las fallas; lo que a su vez incremento la producción de fabricación de estructuras metálicas.

[20] En la tesis de posgrado “IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CENTRADO EN LA DISPONIBILIDAD DE LAS MAQUINARIAS EN LA EMPRESA CONSTRUCCIONES REYES S.R.L. PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD”, se notó un gran incremento de la productividad en casi 50%, ya que antes de la implementación del mantenimiento la disponibilidad y la mantenibilidad eran menores al 50%, posterior a la implementación se logró bajar la frecuencia entre fallas en un 81.43% y los costos disminuyeron en un 75%; siendo también el análisis costo beneficio muy rentable llegándose a ganar 0.76 céntimos por cada sol invertido.

[21] En la tesis “PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA DE ELABORACIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS, MEDIANTE EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)”, se usó indicadores de mantenimiento como la mantenibilidad, confiabilidad y productividad, los que mediante Pareto y Jack Knife, pudieron medir la criticidad de estos indicadores. Y a través del mantenimiento productivo total de mejoro la eficiencia de la máquina, fabrica y neta de la empresa. Además, en la evaluación económica también es rentable ya que se ahorraría más de s/ 2000 soles mensuales.

## **CONCLUSIONES**

a. Se implementó un mantenimiento preventivo, logrando disminuir la mantenibilidad de las aeronaves acrobáticas en un 0.27.

b. Se analizó la situación de las aeronaves en el periodo 2023, considerando que son 4 aeronaves acrobáticas las que operan en la Base de Chiclayo, además se obtuvo la cantidad de horas programadas, índice de fallas, tiempo entre fallas, siendo para el periodo 2023 de 0.92 el promedio de la mantenibilidad.

c. Se planificó y programó las actividades de mantenimiento preventivo, mediante una serie de actividades, flujogramas y formatos de mantenimiento plasmados en tarjetas de trabajo, para facilitar la correcta ejecución de los trabajos a realizarse en las inspecciones de las aeronaves acrobáticas, así como también la implementación de equipos mecánicos que optimicen el mantenimiento evitando fallas imprevistas durante las operaciones aéreas de las aeronaves.

d. Se estandarizó procedimiento de trabajos en la recarga de fluido hidráulico en el sistema de frenos, en vista que en años anteriores se realizaba esta actividad de mantenimiento de una manera bastante empírica mediante un instrumento no adecuado, lo que llevó a aplicar un recargador mecánico impermeable adaptable a las condiciones que el manual lo requiere.

e. Se analizó y calculó la mantenibilidad de las aeronaves en el periodo actual 2024, siendo que disminuyó cada indicador, posterior a la implementación realizada. Llegando a la reducción de más del 0.27 % la mantenibilidad de las aeronaves, cabe considerar que en aeronáutica este porcentaje es considerable, en vista que el margen de error en aeronaves es mínimo.



f. Se analizó en costo beneficio el cual nos dio el beneficio de la implementación mediante la comparación del año pasado y el presente, siendo un total de Diecisiete mil novecientos cincuenta y dos con 00/100 soles (S/17,952.00) y el costo de la implementación resulto en Trece mil ochocientos con 00/100 soles (S/ 13,800.00), dándonos finalmente un beneficio-costo de 1.30, lo que se puede concluir que, por cada sol invertido, se estaría recuperando 0.30 soles, demostrando que la investigación es rentable.

## V. REFERENCIAS

- [1 D. Ibarra, «cambio16,» 02 Enero 2020. [En línea]. Available:  
] <https://www.cambio16.com/crecimiento-economico-marco-el-ritmo-a-la-industria-aeronautica-en-2019/>.
- [2 P. Juárez, «a21.com.m,» 14 Julio 2022. [En línea]. Available:  
] <https://a21.com.mx/index.php/aeroespacial/2022/07/14/crecera-16-industria-aeroespacial-en-2022>.
- [3 I. Rodríguez, J. Ordui, B. Rosas, J. Merchan y E. Bejarano, «Diseño conceptual y  
] análisis estructural de equipos de apoyo en tierra para el manejo y mantenimiento de motores Turboeje,» 6 Abril 2021. [En línea]. Available:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532021000300009&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532021000300009&lang=es). [Último acceso: 3 Marzo 2021].
- [4 C. Mafla-Yépez, C. Morales-Bayetero, E. Hernández-Rueda y I. Bayardo,  
] «[www.scopus.com](http://www.scopus.com),» 12 Diciembre 2022. [En línea]. Available:  
<file:///C:/Users/FRANK/Downloads/Vehicle-maintenance-management-based-on-machine-learning-in-agricultural-tractor-enginesDYNA-Colombia.pdf>. [Último acceso: 21 Noviembre 2022].
- [5 M. De Giorgi, N. Menga y A. Ficarella, «Exploring Prognostic and Diagnostic  
] Techniques for Jet Engine Health Monitoring: A Review of Degradation Mechanisms and Advanced Prediction Strategies,» *Scopus*, p. 37, 2023.
- [6 R. Mignot-Pasty, L. Roucoules, F. Malburet y O. Honnorat, «[www.scopus.com](http://www.scopus.com),» 3  
] Junio 2022. [En línea]. Available: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85140453901&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=24fef58c2b37db4f4922e75461883ab1&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28Aeronautical+Maintenance>

%29&sl=39&sessionSearchId=24fef58c2b37db4f4922e75461883ab1.

[7 C. Angulo Rebaza, «www.scielo.org.pe,» Junio 2021. [En línea]. Available:  
] [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-99932021000100077&lang=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-99932021000100077&lang=es).

[8 E. Cruz Salinas, E. Mendoza Ocaña, K. Villena Mendieta y A. Cueva Ramos,  
] «www.scopus.com,» 21 Julio 2023. [En línea]. Available:  
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85172325088&origin=resultlist>.

[9 N. A. Mamani Mamani, «repositorio.uigv.edu.pe,» 03 Agosto 2018. [En línea].  
] Available: <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/2523>.

[1 A. M. Adrianzen y M. E. Alcala, «Propuesta de Gestión de Mantenimiento  
0] Preventivo para Aumentar la Disponibilidad de Sellado y Envasado Online de Atún  
Enlatado, Ancash 2022,» *Scopus*, 21 Julio 2023.

[1 L. Navarro Elola, Gestión integral de mantenimiento, Barcelona (España):  
1] Marcombo, 2009.

[1 N. Yuseff, A. Garcia, A. Astudillo, E. Avarado, J. Cardona y G. Juan, Gestion de  
2] mantenimiento, Gestion de inventgarios, Colombia: Universidad Icesi, 2020.

[1 C. Boero, Mantenimiento Industrial, Cordoba: Jorge Sarmiento Editor - Universitas,  
3] 2020.

[1 L. Tamayo Espinosa y N. Silega Martinez, «scielo.sld.cu,» 31 Marzo 2021. [En  
4] línea]. Available: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2227-18992021000100052](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992021000100052).

- [1 F. Martinbez Monseco y A. Planaguma Vilamitjana, «scielo.sld.cu,» 29 Junio 2021.  
5] [En línea]. Available: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59012021000200048](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012021000200048).
- [1 N. Rios Cotazo, B. Bacca Cortes, E. Caicedo Bravo y A. Orobio Quiñonez,  
6] «scielo.org.co,» 09 Diciembre 2020. [En línea]. Available:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-81702020000200109](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702020000200109).
- [1 C. Angulo Rebaza, «scielo.org.pe,» 2021. [En línea]. Available:  
7] [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1810-99932021000100077&lng=en](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1810-99932021000100077&lng=en).
- [1 J. Sanchez Ocampo, J. Tamayo Andrade, S. Lopez Aragon y R. Cerpa Bernal,  
8] «scielo.org.co/,» 25 Abril 2020. [En línea]. Available:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/tecci/v15n28/1909-3667-tecci-15-28-51.pdf>.
- [1 G. PERALTA ALVATIERRA, «repositorio.unac.edu.pe,» 2019. [En línea]. Available:  
9] [https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4583/PERALTA\\_FIME\\_MAESTRIA\\_2019.pdf?sequence=4](https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4583/PERALTA_FIME_MAESTRIA_2019.pdf?sequence=4).
- [2 N. ALBAN SALAZAR, «tesis.usat.edu.pe,» 8 MAYO 2017. [En línea]. Available:  
0] [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/798/3/TL\\_AlbanSalazarNery.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/798/3/TL_AlbanSalazarNery.pdf).
- [2 G. A. GARCIA CABELLO, «tesis.pucp.edu.pe,» MARZO 2018. [En línea]. Available:  
1] [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12015/GARCIA\\_GONZALO\\_MEJORA\\_GESTION\\_ALIMENTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12015/GARCIA_GONZALO_MEJORA_GESTION_ALIMENTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

## ANEXOS

### ANEXO N°1: INFORMES DE FALLA

**HOJA DE CONTROL DE INFORME DE FALLA 2023**

ITEM	FECHA	AVIÓN N°	ESPECIALIDAD	ACCESORIO
001	03-Feb-23	464	Avionica	Arrancador
002	03-Feb-23	463	Avionica	Trans. fuel press
003	13-Mar-23	-	Comunicaciones	IP-VPN CRYPTO
004	15-MAR-23	462	Avionica	VHF COM/NAV
005	15-MAR-23	463	Avionica	Horizonte Artificial
006	16-MAR-23	462	Avionica	VHF COM/NAV
007	16-MAR-23	461	Avionica	VHF COM/NAV
008	26-ABR-23	461	Avionica	Bateria Principal
009	26-MAY-23	461	Avionica	Bateria Emergencia
010	26-MAY-23	461	Avionica	Bateria Emergencia
011	29-MAY-23	-	Motores	Helice Hartzell
012	29-MAY-23	-	Motores	Helice Hartzell
013	29-MAY-23	-	Motores	Helice Hartzell
014	29-MAY-23	-	Motores	Helice Hartzell
015	29-MAY-23	-	Motores	Helice Hartzell
016	28-JUN-23	461	Avionica	VHF COM/NAV
017	28-JUN-23	-	Avionica	Airspeed Indicator
018	28-JUN-23	-	Avionica	Airspeed Indicator
019	28-JUN-23	-	Avionica	Airspeed Indicator
020	28-JUN-23	-	Avionica	Airspeed Indicator
021	03-Jul-23	463	Avionica	Arrancador
022	23-Jul-23	463	Avionica	Velocimetro LH
023	23-Jul-23	463	Avionica	Velocimetro RH
024	23-Jul-23	464	Avionica	Velocimetro LH
025	23-Jul-23	462	Avionica	ELT

800

Lamborghini

Pie.:

**HOJA DE CONTROL DE INFORME DE FALLA 2023**

ITEM	FECHA	AVIÓN N°	ESPECIALIDAD	ACCESORIO
026	23-JUL-23	463	Avionica	ELT
027	23-JUL-23	464	Avionica	ELT
028	23-JUL-23	461	Avionica	ELT
029	23 JUL 23	-	Avionica	ELT
030	17-JUL-23	-	Avionica	Arrancador
031	17-JUL-23	-	Avionica	Arrancador
032	17-JUL-23	-	Avionica	Arrancador
033	17-JUL-23	-	Avionica	Arrancador
034	17-JUL-23	-	Avionica	Arrancador
035	31-JUL-23	-	MOTORES	BOMBA CENTRIFUGA COMBUSTIBLE
036	31-JUL-23	-	MOTORES	BOMBA CENTRIFUGA COMBUSTIBLE
037	31-JUL-23	-	AERONAVES	ZIP, FILTRO
038	31-JUL-23	-	AERONAVES	MANGUERA HERMETIZACIÓN
039	31-JUL-23	-	AERONAVES	MANGUERA HERMETIZACIÓN
040	31-JUL-23	-	AERONAVES	ZIP, TURBO REFRIGERADOR
041	31-JUL-23	-	AERONAVES	ZIP, TURBO REFRIGERADOR
042	31-JUL-23	-	AERONAVES	ZIP, TURBO REFRIGERADOR
043	24-OCT-23	-	MOTORES	EMP-88
044	24-OCT-23	035	MOTORES	EMP-88
045	24-OCT-23	037	MOTORES	EMP-88
046	24-OCT-23	048	MOTORES	EMP-88
047	02-NOV-23	463	AVIÓNICO	BEACON ANTICOLLISION
048	06-NOV-23	463	Avionica	GPS ANNUNCIATION CONTROL UNIT
049	21-NOV-23	-	MOTORES	DIFFERENTIAL CYLINDER PRESSURE TESTER



## ANEXO N°2: CUESTIONARIO PARA ENTREVISTA AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO


**OBJETIVO: Recolectar la información y opiniones de los 15 trabajadores del Escuadrón de Mantenimiento N°606**

1. ¿Con qué frecuencia experimentan problemas de mantenimiento en las máquinas/equipos?
2. ¿Crees que el entorno hace tardar en resolver los problemas de mantenimiento?
3. ¿Las condiciones Meteorológicas son el principal motivo de los fallos en el equipo/máquinas?
4. ¿Reciben regularmente capacitación el personal de mantenimiento para manejar nuevos equipos o tecnologías?
5. ¿Existe un sistema de gestión de mantenimiento preventivo implementado en la organización?
6. ¿Se realizan inspecciones regulares de los equipos para identificar posibles problemas antes de que ocurran fallos?
7. ¿Cuál es el tiempo promedio de inactividad debido a problemas de mantenimiento?
8. ¿Existe un registro de historial de mantenimiento para cada equipo/máquina?
9. ¿Cómo se manejan los repuestos y suministros necesarios para el mantenimiento?
10. ¿Cuál es el porcentaje de cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo?


11. ¿El personal de mantenimiento tiene acceso a herramientas y equipos adecuados para llevar a cabo sus tareas de manera efectiva?
12. ¿Qué tan rápido se pueden obtener piezas de repuesto cuando es necesario realizar una reparación?
13. ¿Se realizan evaluaciones periódicas del desempeño del equipo de mantenimiento?
14. ¿Existe un sistema de retroalimentación para que los operarios informen sobre posibles problemas de mantenimiento?
15. ¿Se lleva un registro de los costos asociados con los problemas de mantenimiento, incluyendo mano de obra, piezas de repuesto y tiempo de inactividad?



### ANEXO N°3: GUIA DE ANALISIS DOCUMENTARIO

	FECHA			
	DIRIGIDA A			
	PROYECTO	"Mantenimiento preventivo para reducir la mantenibilidad en las aeronaves acrobáticas en un Grupo Aéreo - Chiclayo 2024"		
<b>GUIA DE ANÁLISIS DOCUMENTARIO EN MANTENIMIENTO</b>				
<b>OBJETIVO: Recolectar información sobre los reportes de falla en las aeronaves acrobaticas.</b>				
Año	Mes	FALLAS REGISTRADAS	FALLAS NO REG.	TOTAL DE FALLAS
2023	Enero	6	0	6
	Febrero	5	0	5
	Marzo	8	0	8
	Abril	9	0	9
	Mayo	10	0	10
	Junio	11	0	11
	Julio	12	0	12
	Agosto	14	0	14
	Setiembre	15	0	15
	Octubre	14	0	14
	Noviembre	13	0	13
	Diciembre	8	0	8
Total		125	0	125

## ANEXO N°4: GUIA DE OBSERVACION

	FECHA		
	DIRIGIDA A	ESCUADRON DE MANTENIMIENTO N°606	
	PROYECTO	"Mantenimiento Preventivo para reducir la mantenibilidad de las aeronaves acrobáticas en un Grupo Aéreo. Chiclayo 2024"	
<b>GUIA DE OBSERVACIÓN</b>			
<b>OBJETIVO: Analizar los procedimientos en Mantenimiento en un Grupo Aéreo, Chiclayo-2024</b>			
N°	TAREAS A EVALUAR	OCURRENCIA	
		SI	NO
1	Existen protocolos de control de Calidad		
2	Los tecnicos cumple con los estandares minimos de capacidad		
3	El requerimiento de pedido se realiza antes de la falla prevista		
4	Existe un adecuado control en los planeamientos de mantenimiento		
5	Existe un adecuado control de las fallas preentadas en las aeronaves		
6	El personal de Técnicos se encuentra capacitado.		
7	Se cumple con el plazo de entrega de las aeronaves acrobaticas		
8	Existe un procedimiento para la planificación del mantenimiento		
9	Se tiene un formato para el registro y realizacion de las actividades de mantenimiento		
10	El escuadron de Mantto. Cuenta con una Gestion integral de Mantenimiento		







