

ESCUELA DE POSGRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

MAESTRÍA EN DIRECCIÓN DE OPERACIONES Y
CADENA DE ABASTECIMIENTO

OPERACIONES AEREAS Y DEMANDA DE PRUEBAS
MECÁNICAS PARA TRENES DE ATERRIZAJE EN UNA
ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO AERONÁUTICO –
LIMA 2021.

Tesis para optar el grado de **MAESTRO** en:

DIRECCIÓN DE OPERACIONES Y CADENA DE ABASTECIMIENTO

Autor

Bachiller Salvatore Mancha Gonzales

Asesor

Doctor Jorge Eduardo Lújan López

<https://orcid.org/0000-0003-1208-1242>

Perú

2023

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Tecnologías emergentes

SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Data mining; Machine Learning; Internet of things; Augmented reality; Smart warehousing.

JURADO EVALUADOR

Jurado 1	DR. ALBERTO CARLOS MENDOZA DE LOS SANTOS	17434055
Presidente	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 2	MG. JORGE GUILLERMO CALIZAYA PORTAL	44158053
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 3	MG. CARLOS FELIPE CULQUICHICON CACERES	07795890
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Informe similitud

Solo colocar la página principal del informe

Tesis - Salvatore Mancha

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%
3	Submitted to Infile Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Embry Riddle Aeronautical University Trabajo del estudiante	<1%
8	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%
9	www.coursehero.com Fuente de Internet	

Resumen

Las publicaciones acerca de Maintenance and Repair Organización (MRO) indican que las actividades de mantenimiento de aeronaves aumentarán después de los cierres por pandemia. Estas publicaciones mencionan que el número de aviones envejecidos que vuelan está aumentando y que necesitan preservar su aeronavegabilidad. Sin embargo, se encuentran pocos estudios sobre las actividades de MRO y una ausencia de estudios sobre qué factores impulsan o impactan directamente en los servicios de MRO. En ese sentido, queda aún por investigar. La presente investigación tuvo como objetivo mostrar la relación entre el número de operaciones aéreas y las órdenes de servicio de pruebas mecánicas para un laboratorio metalúrgico en una MRO de la ciudad de Lima. La investigación fue no experimental y el instrumento utilizado fue un formato de resumen de registro de prueba para todas las variables. Los datos analizados abarcaron 48 registros desde enero de 2018 hasta diciembre de 2021. La primera prueba aplicada fue la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, y los resultados no evidenciaron normalidad. La prueba principal de correlación fue la prueba de Spearman, los resultados de los indicadores rho se resumieron en tablas, a los que también se agregaron los resultados del p-valor. No se encontró correlación significativa entre las variables ($p\text{-valor} > 0,05$).

Palabras Clave: operaciones aéreas; pruebas mecánicas; minería de datos; trenes de aterrizaje

Abstract

Publications about Maintenance and Repair Organizations (MRO) state that aircraft maintenance activity will increase after the pandemic lockdowns. Additionally, the number of ageing aircraft is rising, and airworthiness needs to be preserved. However, there are few studies about MRO activities and no studies have investigated the factors that directly impacts MRO services. Therefore, further research is needed to clarify this relationship. The present study aimed to establish the relationship between the number of air operations and mechanical testing service orders in a metallurgical laboratory at MRO in Lima City. The study was non-experimental, and the instrument used was a test record summary format for all variables. The data analyzed were 48 records from January 2018 to December 2021. The first test was the Shapiro-Wilk normality test, which did not show evidence of normality. The correlation test used was the Spearman test, and the results were summarized in tables of rho indicators, with the p-value included. No significant correlation was found between variables (p-value > 0,05)

Key Word: air operations; mechanical tests; data minig; landing gear

Dedicatoria y Agradecimientos

Dedicatoria

A mi madre, por su sus enseñanzas y protección en mis primeros años de vida, que aun hoy en día las tengo presentes.

A todo el personal del centro de labores que contribuyo con su conocimiento y orientación sobre el medio aeronáutico.

A todos los estudiantes ávidos de información y entusiasmo por realizar sus propias investigaciones.

Agradecimientos

A Dios por que otorga la inteligencia, sabiduría, conocimiento y enseñanzas para el bienestar de las personas.

A la Universidad Privada del Norte, por permitirme participar en este programa modular de diplomados y asesoría para realizar esta Tesis.

A los compañeros de trabajo por su conocimiento y experiencia, con lo cual me resulto más fácil desarrollame en este nuevo ámbito laboral.

Tabla de contenidos

Línea y Sub Línea de Investigación.....	ii
Jurado Evaluador	iii
Informe Similitud	iv
Resumen	v
Abstract.....	vi
Dedicatoria y agradecimiento	vii
Tabla de contenidos.....	viii
Índice de tablas y figuras.....	IX
I. INTRODUCCIÓN.....	1
I.1. Realidad problemática	1
I.2. Pregunta de investigación	3
I.2.1. Pregunta general	3
I.2.2. Preguntas específicas	3
I.3. Objetivos de la investigación	4
I.3.1. Objetivo general	4
I.3.2. Objetivos específicos	4
I.4. Justificación de la investigación.....	4
I.5. Alcance de la investigación.....	5
II. MARCO TEÓRICO.....	6
II.1. Antecedentes	6
II.1.1. Antecedentes internacionales.....	6
II.1.2. Antecedentes nacionales.....	7
II.2. Bases teóricas.....	8
II.2.1. Esquematización de relaciones bajo enfoque sistémico.....	10
II.2.2. Variable Operaciones Aéreas.....	12
II.2.3. Definición de Variable Operaciones Aéreas.....	12
II.2.4. Variable Demanda de Pruebas Mecánicas.....	13
II.2.5. Definición de Variable Demanda de Pruebas Mecánicas.....	14
II.3. Marco Conceptual (terminología).....	15
III. HIPÓTESIS.....	17
III.1. Declaración de hipótesis.....	17

III.1.1.	Hipótesis general	17
III.1.2.	Hipótesis específicas.....	17
III.2.	Operacionalización de variables	18
IV.	DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS Y ANÁLISIS	19
IV.1.	Tipo de investigación: Aplicada	19
IV.2.	Nivel de investigación: Nivel relacional	19
IV.3.	Diseño de investigación.....	19
IV.4.	Método de investigación	19
IV.4.1.	Procedimientos de análisis de datos	19
IV.5.	Población.....	20
IV.6.	Muestra.....	20
IV.7.	Técnicas de recolección de datos.....	20
IV.7.1.	Técnica.....	20
IV.7.2.	Instrumento.....	20
IV.8.	Presentación de resultados	20
V.	RESULTADOS	21
V.1	RESULTADO 1: Medición de la Variable Operaciones Aéreas.....	21
V.1.1.	Análisis de Homogeneidad de la varianza a las dimensiones de la variable operaciones aéreas.	23
V.1.2.	Análisis de Normalidad de las dimensiones de la Variable Operaciones Aéreas	24
V.2.	RESULTADO 2: Medición de la Variable Demanda de Pruebas Mecánicas	25
V.2.1.	Análisis de Homogeneidad de la varianza de las dimensiones de la variable pruebas mecánicas.....	27
V.2.2.	Análisis de Normalidad de las dimensiones de la variable Demanda de Pruebas Mecánicas	28
V.3.	RESULTADO 3: Análisis de Correlación entre Dimensiones	29
V.4.1	Análisis de correlación de dimensiones.....	30
V.4.2	Modificación 1 para análisis de correlación de dimensión operatividad aérea ..	32
V.3.3	Modificación 2 para análisis de correlación de dimensión operatividad aérea ..	35
V.4.	RESULTADO 3: Análisis de Correlación entre Variables.....	38
V.4.1	Calibración de datos a nueva escala.	38
V.4.2	Correlación entre variables.....	43
VI.	DISCUSIÓN, CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES.....	44
VI.1.	Discusión	44

VI.2. Conclusiones	48
VI.3. Recomendaciones	51
Lista de referencias	53
Apéndice	57
Apéndice N° 01	57
Apéndice N° 02	58
Apéndice N° 03	59
Apéndice N° 04	60
Apéndice N° 05	66

Índice de tablas

Tabla 01 Principales estadísticas de las dimensiones de la variable operaciones aéreas	22
Tabla 02 Prueba de homogeneidad de varianzas para las dimensiones de la variable operatividad aérea.....	23
Tabla 03 Prueba de hipótesis para homogeneidad de varianzas - Levene	24
Tabla 04 Prueba de hipótesis para Prueba normalidad Shapiro-Wilk	25
Tabla 05 Principales estadísticas de la variable demanda de pruebas mecánicas	26
Tabla 06 Prueba de homogeneidad de varianzas para las dimensiones de la variable demanda de pruebas mecánicas.....	28
Tabla 07 Valores para determinar coeficiente correlación	29
Tabla 08 Resumen de Análisis de Correlación rho de Spearman	31
Tabla 09 Resumen de prueba de hipótesis para rho de Spearman	32
Tabla 10 Valores modificados para determinar correlación rho de Spearman.....	32
Tabla 11 Resumen de análisis de correlación de Spearman a valores modificados.....	34
Tabla 12 Valores modificados para determinar correlación	35
Tabla 13 Resumen de análisis de correlación de Spearman a valores diferenciados.....	37
Tabla 14 Valores calibrados de dimensiones de la variable operaciones aéreas.....	38
Tabla 15 Valores calibrados de dimensiones de la variable operaciones aéreas.....	39
Tabla 15 Parámetros y modelo de calibración por dimension	41
Tabla 16 Prueba de correlación entre las dos variables por rho de Spearman	43

Índice de figuras

Figura 01	<i>Aeronaves que ingresa a mantenimiento</i>	1
Figura 02	<i>Pruebas spring assy y hardness measurement por mes</i>	1
Figura 03	<i>Relación entre pruebas mecánicas y operatividad aérea por mes</i>	2
Figura 04	<i>Gráfico general del sistema</i>	10
Figura 05	<i>Gráfico de dimensiones de las variables</i>	11
Figura 06	<i>Dimensión operador aéreo</i>	21
Figura 07	<i>Dimensión operatividad aérea</i>	21
Figura 08	<i>Gráfico de dispersión de la dimensión operador aéreo</i>	22
Figura 09	<i>Gráfico de dispersión de la dimensión operatividad aérea</i>	23
Figura 10	<i>Prueba de normalidad de la dimensión operador aéreo</i>	24
Figura 11	<i>Prueba de normalidad de la dimensión operatividad aérea</i>	25
Figura 12	<i>Dimensión spring assy</i>	26
Figura 13	<i>Dimensión hardness measurement</i>	26
Figura 14	<i>Gráfico de dispersión de la variable demanda de pruebas mecánicas</i>	27
Figura 15	<i>Prueba de normalidad de dimensión spring assy</i>	28
Figura 16	<i>Prueba de normalidad de dimensión hardness measurement</i>	29
Figura 17	<i>Prueba de normalidad del número de aterrizajes</i>	33
Figura 18	<i>Prueba de normalidad del número de despegues</i>	34
Figura 19	<i>Prueba de normalidad de la diferencia (despegue-aterrizaje)</i>	37
Figura 20	<i>Diagrama de dispersión de los datos de variable calibrado</i>	41
Figura 21	<i>Prueba de normalidad de los datos de la variable operaciones aéreas</i>	42
Figura 22	<i>Prueba de normalidad de los datos de la variable demanda de pruebas mecánicas</i> ..	42

I. INTRODUCCIÓN

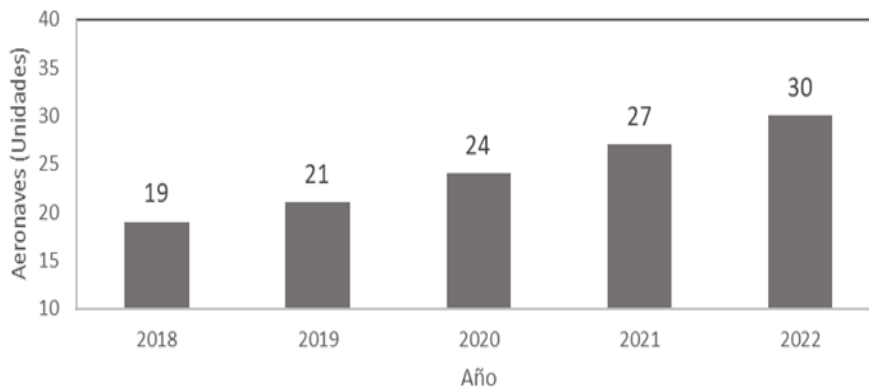
I.1. Realidad problemática

El transporte aéreo es una actividad altamente regulada debido a la importancia de garantizar la seguridad y la eficiencia de los vuelos. Las MRO (Organizaciones de Mantenimiento y Reparación de Aeronaves) son organizaciones esenciales para la industria de la aviación, ya que se encargan de mantener y reparar los aviones, junto con sus componentes, asegurando así su correcto funcionamiento y seguridad en el aire.

1. En este contexto, se encuentra una organización de mantenimiento aeronáutico en la ciudad de Lima, donde se llevan a cabo regularmente trabajos de inspección, reparación y mantenimiento, así como análisis especializados para aeronaves o sus componentes. (ver figura n°1) Entre los tipos de pruebas especiales que se realizan sobre dichos componentes se encuentran la medición de la dureza, las pruebas de extensión o compresión de los resortes de los trenes de aterrizaje entre otros. (ver figura n°2) Todas estas pruebas son necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de los trenes de aterrizaje y, por consiguiente, de la aeronave.

Figura 01

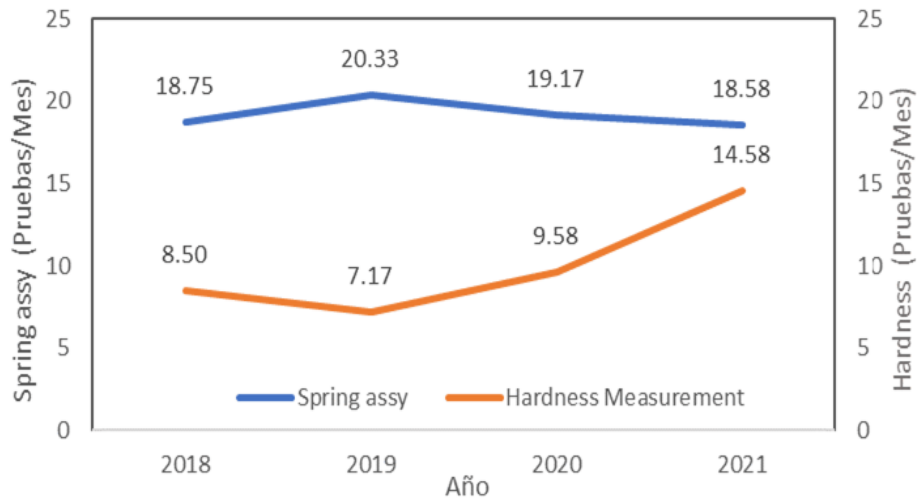
Aeronaves que ingresa a mantenimiento



Nota: Adaptado de “Plan Estratégico Del Servicio De Mantenimiento”, por Barboza Vizconde, G., y Merino Urday, C. (2018), Tesis de Maestría p.92, Universidad de Piura.

Figura 02

Pruebas spring assy y hardness measurement por mes

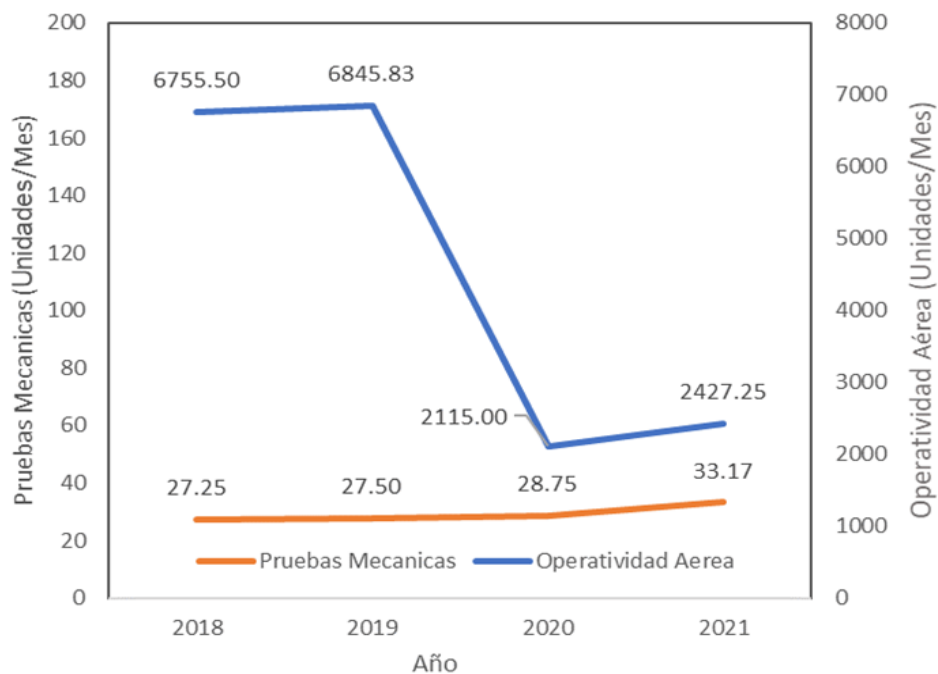


Nota: Adaptado del resumen de registro de instrumento demanda de pruebas mecánicas

Una expresión generalizada sobre las MRO es que a medida que aumenta el número de operaciones de aterrizaje y despegue, se requieren más inspecciones, lo cual a su vez se traduce en un incremento de los trabajos de mantenimiento y pruebas especiales (ver figura n°3). Esto, a su vez, genera una mayor demanda de servicios de pruebas mecánicas para la organización de mantenimiento aeronáutico.

Figura 03

Relación entre pruebas mecánicas y operatividad aérea por mes



Nota: Adaptado de "Reporte de Operatividad Aérea Internacional para aeropuerto ciudad Lima" CORPAC (2018-2021) y resumen de registro de la demanda de pruebas mecánicas

2. Una vez comprendida la relación entre las operaciones aéreas y los trabajos de mantenimiento, surge la idea de analizarlos formalmente. Se decide relacionar las operaciones aéreas con las pruebas mecánicas de los componentes de los trenes de aterrizaje, las cuales son necesarias para verificar su condición después de haber sido reparados.

3. También es conveniente analizar si esta relación entre las operaciones aéreas y las pruebas mecánicas se mantiene durante períodos de alta y baja actividad. Asimismo, es importante considerar cómo estos aspectos afectan la planificación y la adquisición de los recursos necesarios tanto para el mantenimiento de las aeronaves como para las pruebas de verificación de los componentes recién reparados o inspeccionados antes de ponerlos en servicio. De esta manera, se lograría que la MRO cuente con la capacidad y los recursos suficientes para atender la demanda de manera eficiente. Además, la determinación de la relación entre las operaciones aéreas y la demanda de pruebas mecánicas sentaría las bases para la elaboración de un modelo predictivo, considerando las dimensiones más significativas de cada variable. De esta forma, se podrían anticipar los niveles de demanda en diferentes períodos, permitiendo una mejor gestión de los recursos y una planificación más efectiva en la MRO.

4. Otro punto importante a considerar sobre las MRO es que requieren tiempo suficiente para obtener los repuestos, suministros y materiales necesarios para llevar a cabo los trabajos de reparación y mantenimiento.

En resumen, es necesario analizar formalmente la relación entre las operaciones aéreas y la demanda de servicios de pruebas mecánicas. Esta relación tiene un impacto significativo en la planificación y gestión de recursos en la industria de la aviación; comprenderla adecuadamente puede mejorar la eficiencia y la capacidad de respuesta de la MRO.

I.2. Pregunta de investigación

I.2.1. Pregunta general

¿Cuál es la relación entre operaciones aéreas y la demanda de pruebas mecánicas para trenes de aterrizaje en una organización de mantenimiento aeronáutico – Lima, 2021?

I.2.2. Preguntas específicas

¿Cuáles son los estadísticos principales de los valores de las dimensiones de la variable operaciones aéreas en una organización aeronáutica en Lima en el año 2021?

¿Cuáles son los estadísticos principales de los valores de las dimensiones de la variable demanda de pruebas mecánicas para trenes de aterrizaje en una organización de mantenimiento aeronáutico en Lima en el año 2021?

¿Cómo las dimensiones de operaciones aéreas se relacionan con las dimensiones de demanda de pruebas mecánicas para trenes de aterrizaje en una organización de mantenimiento aeronáutico – Lima, 2021?

I.3. Objetivos de la investigación

I.3.1. Objetivo general

Determinar la relación entre operaciones aéreas y la demanda de pruebas mecánicas para trenes de aterrizaje en una organización de mantenimiento aeronáutico - Lima 2021.

I.3.2. Objetivos específicos

OE1: Medir las dimensiones de la variable operaciones aéreas para una organización de mantenimiento aeronáutico - Lima 2021.

OE2: Medir las dimensiones de la variable demanda de pruebas mecánicas para una organización de mantenimiento aeronáutico - Lima 2021.

OE3: Determinar la relación entre las dimensiones de la variable operaciones aéreas y las dimensiones de la variable demanda de pruebas mecánicas para trenes de aterrizaje en una organización de mantenimiento aeronáutico - Lima 2021.

I.4. Justificación de la investigación

La aviación comercial sigue enfrentando desafíos a pesar de la reapertura del espacio aéreo entre naciones. En un reporte del Grupo Técnico de Costos de Mantenimiento (MCTG) de la IATA, que recopiló datos de 37 aerolíneas comerciales, se presentaron métricas anuales sobre flota aérea comercial en general y los costos de mantenimiento de aerolíneas. Del informe se destacan los siguientes puntos:

Desempeño financiero: En 2021, la industria de aerolíneas tuvo un desempeño significativamente inferior a los niveles de 2019, con una pérdida neta de \$42,1 billones, a pesar del aumento en el factor de ocupación de pasajeros (PLF) al 67%.

Precios del combustible: El precio del combustible aumentó a \$77,8 USD/barril en 2021, lo que representa un desafío para las aerolíneas, especialmente en los países cuyas monedas locales se han depreciado frente al dólar estadounidense.

Gasto de MRO: El gasto global en mantenimiento, revisión y reparación (MRO) en 2021 disminuyó un 35% en comparación con los pronósticos previos a la pandemia. Los costos de mantenimiento han aumentado debido a la mayor demanda y a la escasez de piezas, materias primas y mano de obra.

Análisis de costos de mantenimiento: Las aerolíneas MCTG informaron un costo total de \$12,99 billones para el mantenimiento en 2021. Los motores y los componentes fueron los segmentos de mayor costo en el mantenimiento.

En general, la industria de la aviación comercial sigue enfrentando desafíos financieros, altos costos de mantenimiento e interrupciones en la cadena de suministro. La baja utilización de aeronaves y los altos precios del combustible afectan el rendimiento de la industria. Es prudente esperar una alta variabilidad en los servicios de mantenimiento, similar a otros sectores de la industria. Por lo tanto, es necesario analizar cómo se relacionan los diferentes miembros del sistema

para poder planificar adecuadamente y satisfacer los pedidos sin sufrir interrupciones importantes ni desperdiciar suministros.

En una organización de mantenimiento aeronáutico, la planificación de los trabajos de mantenimiento debe ser ajustada a la demanda del mercado, para garantizar que la empresa tenga una carga de trabajo constante y sostenible a largo plazo. La identificación de las tendencias del mercado y la planificación de los recursos de la empresa son importantes para asegurar la competitividad y rentabilidad a largo plazo.

Por otro lado, desde el punto de vista teórico, es importante destacar que, aunque los operadores aéreos y las MRO independientes son miembros del mismo ámbito aéreo comercial, tienen objetivos y roles distintos dentro de la industria. Los operadores aéreos se enfocan en el transporte de pasajeros y carga, mientras que las MRO independientes se enfocan en proporcionar servicios de mantenimiento y reparación para las aeronaves.

Por lo tanto, aunque ambos miembros están relacionados por su papel en la industria de la aviación, su comportamiento y operaciones pueden diferir significativamente. El análisis de datos de cada miembro por separado puede proporcionar información valiosa sobre su rendimiento y operaciones, pero no necesariamente puede revelar una relación directa entre ellos.

Desafortunadamente hay una falta de estudios contemporáneos que aborden la relación entre las actividades de MRO y las operaciones de las aerolíneas u otros operadores. Sin embargo, es importante tener en cuenta que existen algunas publicaciones que presentan implícitamente esta relación. Estos estudios han utilizado técnicas de simulación para modelar el impacto de la MRO en las operaciones de las aerolíneas. Es cierto que estos estudios se enfocan en la relación entre las aerolíneas y una MRO propia y no en los laboratorios especializados para pruebas mecánicas de componentes aeronáuticos. En general, se requiere de más investigación en este tema para comprender mejor la dinámica y relación entre los diferentes actores en la industria aeronáutica.

Desde el punto de vista aplicado, la demanda de servicios de mantenimiento y pruebas mecánicas para componentes aeronáuticos, permitiría a las organizaciones de MRO planificar y ajustar su capacidad de manera más efectiva para satisfacer las necesidades de sus clientes y mejorar su rentabilidad. Asimismo, contar con datos y análisis sólidos sobre la relación entre las operaciones aéreas y las actividades de MRO podría ser un factor clave para una toma de decisiones más informada y estratégica en la industria de la aviación.

1.5. Alcance de la investigación

El presente estudio abarca a la organización de mantenimiento aprobada y certificada por la DGAC y FAA considerando dentro de su lista de capacidades Rubro: Accesorios: Clase I, con la limitación para realizar inspecciones, mantenimiento y overhaul de main landing gear, dentro de la ciudad de Lima.

II. MARCO TEÓRICO

II.1. Antecedentes

II.1.1. Antecedentes internacionales

Apostolidis, Pelt y Stamoulis (2020) proponen que los análisis de datos de aviación y operaciones de MRO obtenidos de aeronaves, registros y sistemas de MRO. Estos pueden realizarse mediante métodos simples como visualización, estadísticas convencionales y algoritmos complejos de inteligencia artificial. Estos métodos se pueden clasificar en visualización, minería de datos estadísticos y aprendizaje automático. Dentro de los métodos estadísticos, se mencionan el análisis univariado, bivariado y las series de tiempo. En el análisis bivariado, se destaca la correlación, enfatizando que no implica causalidad, sino una relación entre al menos dos variables. Para el caso de una MRO, se menciona un análisis de correlación entre la variable del tiempo en tierra de las aeronaves que esperan el reemplazo de componentes como coalescedores y las variables de temperatura y humedad del aire. Finalmente, se destaca que el estudio se fundamentó en un análisis de datos adecuado y preciso mediante estadística simple.

Tokgoz, Bulkan, Zaim, Denle y Torlak (2018) modelaron y simularon las actividades de MRO en conjunto con las operaciones de la aerolínea mediante la metodología de sistemas dinámicos (SD). Para ello, establecieron un diagrama de causa y efecto a modo de red, en el que todos los elementos participantes presentaban valores numéricos, lo que les permitió realizar pronósticos para variables específicas. En su análisis, señalan que las operaciones de MRO mal manejadas tienen una relación cercana con las actividades de las aerolíneas. Estas actividades incluyen la programación de vuelos y tripulaciones, la asignación de flotas, el enrutamiento de aviones, la gestión de ingresos y combustible, la planificación de la mano de obra, la estrategia de límites de aeronaves y las operaciones regulares e irregulares de aerolíneas. Todo esto, sumado a la pérdida de aeronavegabilidad, generaría interrupción de los vuelos, lo que significa que puede afectar las ventas de boletos. Además, estas operaciones mal manejadas generan costos adicionales por mantenimiento, revisión, depreciación de la aeronave, servicios a pasajeros, promoción de ventas, entre otros. En resumen, las operaciones de MRO tienen un impacto directo en el número de aeronaves disponibles en condiciones de volar y en la capacidad de asientos de la flota lista para usar. Por lo tanto, las compañías aéreas deben tener en cuenta las necesidades de operación de MRO para las aeronaves nuevas y existentes a fin de mantener una flota aérea rentable.

Goncalves y Kokkolaras (2018) plantearon un vínculo entre MRO, OEM y operadores (ver figura n°4). Desarrollaron un modelo cuantitativo con un enfoque sistémico que incluye a MRO, fabricantes OEM de fuselajes y operadores de aeronaves, siendo estos últimos los que demandan regularmente servicios de MRO. El modelo colaborativo propuesto se desarrolló para calcular los posibles beneficios financieros para cada uno de los interesados como resultado de la colaboración. En su forma básica, el modelo considera el indicador de tiempo transcurrido de una revisión (TAT) como de interés, por lo que las variaciones en este indicador tendrán implicaciones financieras para

el operador. Este estudio enfatiza la colaboración entre OEM y empresas MRO con el objetivo de ofrecer un mayor valor añadido a los clientes finales, como los operadores aéreos.

Baskonus Direkçi (2017) realizó una investigación con el objetivo de implementar un laboratorio de pruebas mecánicas en la región de Samsun, Turquía. El estudio tenía como propósito determinar la cantidad óptima de pruebas a realizar (paquete de pruebas) y asociarlas con un precio que asegurara la sostenibilidad del laboratorio durante un período de seis años. Entre las pruebas que se llevarían a cabo se incluyen medidas de dureza, pruebas de resistencia tensil, pruebas de impacto, entre otras. La ubicación del laboratorio fue seleccionada estratégicamente para otorgar apoyo a los fabricantes de la región del puerto de Samsun. Esta área cuenta con 375 empresas del sector metal, de las cuales 45 son exportadoras, contribuyendo conjuntamente al 15% de las exportaciones totales de Turquía. Los resultados de la encuesta realizada revelaron que el 54% de las empresas consideradas como clientes potenciales estarían dispuestas a adquirir los servicios del laboratorio, lo que garantizaría su sostenibilidad.

Keleş, Steins y Erkoc (2017) llevaron a cabo un estudio para optimizar la secuenciación de trabajos en una MRO. Para ello, analizaron la programación de actividades de varios proyectos de reparación de diferentes clientes, que comenzaban con las órdenes de trabajo provenientes de diversos clientes, con distintos niveles de prioridad para la MRO y con fechas de inicio y entrega diferentes. El objetivo era minimizar la tardanza total ponderada en todas las órdenes de trabajo mediante la secuenciación adecuada de todas las actividades en las estaciones de trabajo, teniendo en cuenta sus respectivas capacidades. El modelo matemático de optimización desarrollado resultó útil y efectivo para un número pequeño de proyectos y un número no demasiado grande de actividades. Además, los autores señalaron que el modelo propuesto sería un paso previo a modelos heurísticos más avanzados.

II.1.2. Antecedentes nacionales

Angulo Rebaza (2021) en su estudio sobre la competitividad de una organización de mantenimiento aeronáutico de la ciudad de Lima, consideró el desarrollo del capability como variable independiente y la competitividad como variable dependiente. De los resultados mostrados en su análisis estadístico descriptivo de las variables, encontró que la mayor variabilidad de la variable independiente se presenta en la dimensión TMA del capability y en la variable dependiente se presenta en la dimensión de agilidad comercial. El resto de las dimensiones fueron consideradas para realizar un análisis FODA ponderado, lo que permitió determinar las coordenadas de ubicación en una matriz de estrategia. Sin embargo, el estudio encontró que la organización se encontraba en una región de vulnerabilidad.

Rodríguez Márquez (2021) en su estudio sobre la agilidad en el suministro de soporte logístico y la optimización del mantenimiento de aeronaves, realizó una medición descriptiva de las variables. La medición de la variable agilidad del suministro mostró un conocimiento regular sobre el soporte logístico. En cuanto a la variable optimización del mantenimiento de aeronaves, presentó una relevancia media. Además, se analizó la asociación entre las variables mediante el estadístico

r^2 de Pearson, el cual arrojó un valor de 0,961, evidenciando una correlación con un p-valor de 0,039 entre las variables analizadas.

Eslava Juscamaita (2020) aborda la gestión del mantenimiento aeronáutico en una OMA de la ciudad de Lima. En su estudio, analiza la relación entre las variables de estrategia de rentabilidad y gestión de los servicios de mantenimiento. Los métodos estadísticos utilizados para el análisis fueron la correlación de Pearson y la V de Cramer. Se concluyó que existe una correlación moderada, con un p-valor menor a 0,05, entre las variables analizadas. Además, se sugiere la implementación de un área de investigación y desarrollo para el desarrollo de nuevos productos y servicios.

Barboza Vizconde y Merino Urday (2018) propusieron un plan estratégico para una OMA en la ciudad de Lima en el cual proyectaron la demanda de servicios especiales hasta el año 2022. Para el año 2018, se esperaban 157 pedidos, y para el año 2022, se esperaban 233 pedidos. Estos servicios especiales se ofrecen como un paquete integral que incluye pruebas no destructivas, análisis químicos, pruebas mecánicas, entre otros. Al asociar estos servicios con los precios por paquete, contribuyen en un ingreso que no supera el 1% del total de los ingresos reportados en las proyecciones de los estados de resultados.

II.2. Bases teóricas

Una aerolínea tiene la responsabilidad de determinar cómo, dónde operar y competir. Sin embargo, estas decisiones estratégicas están limitadas por muchas consideraciones prácticas, tales como la composición de la flota, la ubicación de las bases de mantenimiento, la tripulación y las restricciones de acceso a ciertos aeropuertos debido a franjas horarias de aterrizaje para vuelos internacionales, así como acuerdos bilaterales y gubernamentales. Por lo tanto, los trabajos de mantenimiento deben ser cuidadosamente planificados tanto en términos de tiempo como del lugar donde se llevarán a cabo.

Además, las MRO también deben cumplir con las regulaciones y requisitos de los fabricantes de aviones y componentes, ya que deben garantizar que los trabajos de mantenimiento y reparación se realicen de acuerdo con las especificaciones y estándares establecidos por los fabricantes. Esto es fundamental para garantizar la seguridad y eficiencia de los vuelos, así como para mantener la aeronavegabilidad de las aeronaves.

Las MRO como organizaciones también son auditadas por autoridades externas como la Federal Aviation Administration (FAA), que es la autoridad aeronáutica civil de los Estados Unidos y es responsable de la regulación y supervisión de la aviación civil en ese país. La FAA certifica a las MRO en América y en otras regiones donde las aeronaves tienen procedencia estadounidense, asegurándose de que cumplan con los requisitos de seguridad y calidad necesarios.

Adicionalmente, la European Aviation Safety Agency (EASA) es la agencia de la Unión Europea (UE) responsable de la regulación y supervisión de la aviación civil en Europa. La EASA establece normas y requisitos técnicos para la certificación de aeronaves y sus componentes,

incluyendo a las MRO, con el objetivo de garantizar un alto nivel de seguridad y eficiencia en la aviación europea.

En el caso de Perú, la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) es la autoridad aeronáutica civil encargada de regular y supervisar la aviación civil en el país, estableciendo requisitos y regulaciones para las MRO que operan en territorio peruano. La DGAC otorga la certificación de Organización de Mantenimiento Aprobado (OMA) a las MRO que cumplen con los estándares y requisitos necesarios. La DGAC forma parte de la estructura orgánica del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Según Rodrigues Vieira y Lavorato Loures (2016), los clientes de los servicios de MRO en la industria aeronáutica pueden incluir aerolíneas, OEM de aeronaves, talleres de reparación y proveedores de sistemas. También es posible que otras partes interesadas, como empresas de arrendamiento, organizaciones militares y propietarios de aeronaves privadas, quienes también requieren servicios de MRO. En términos generales, cuantas más aerolíneas subcontraten sus actividades de MRO, mayores serán las oportunidades para que la MRO aumente su cuota de mercado.

De todas las anteriores, las aerolíneas son el tipo de cliente que predomina; también son conocidas como operadores de aeronaves, ya que están registradas ante las autoridades correspondientes. Por esta razón, el operador se preocupa por mantener el estado de aeronavegabilidad de la aeronave para que con esta pueda generar ingresos para la compañía.

Una MRO puede proponer una variedad de servicios en un contrato, el cual podría incluir el mantenimiento de la estructura o componentes del avión, opciones de gestión de flota y logística de repuestos, Por esto se requieren fortalezas en los sistemas de gestión y redes de distribución de repuestos. También, dependiendo de las capacidades de la MRO, se pueden plantear diferentes tipos de contratos para el operador. Los contratos integrados suelen tener términos fijos, como horas de vuelo, tipo y número de flota, así como un presupuesto específico. Además, los contratos suelen tener un tiempo a largo plazo, de cinco a diez años.

Por otro lado, los operadores aéreos pueden generar necesidades de servicio no programado para la MRO, lo que representa una oportunidad para la MRO de obtener nuevos contratos por algún tipo de servicio. También es importante tener en cuenta que los operadores necesitan servicios de mantenimiento en línea para verificar las condiciones reportadas durante el vuelo, lo que puede ser una oportunidad de contrato a futuro. Adicionalmente, como los aeropuertos son puntos de entrada y salida de las aeronaves, la MRO puede aprovechar esta ubicación estratégica para ofrecer servicios de mantenimiento en línea y obtener así nuevos contratos.

En general, es importante que la MRO esté atenta a las necesidades de los operadores y esté preparada para ofrecer una amplia gama de servicios que puedan satisfacer esas necesidades y generar oportunidades de negocio.

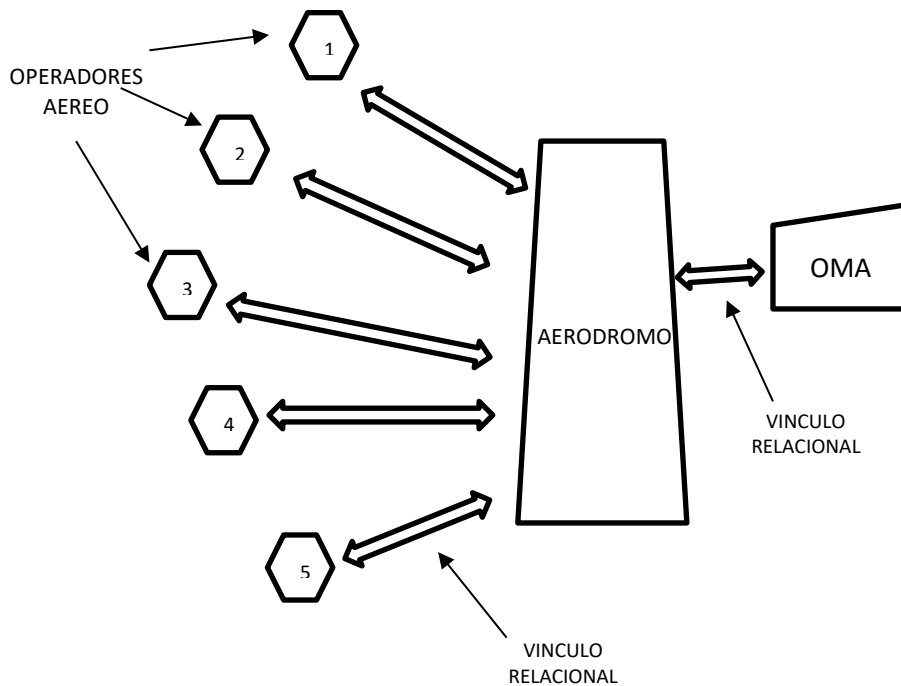
II.2.1. Esquematización de relaciones bajo enfoque sistémico

El aeropuerto es un elemento esencial del sistema de transporte aéreo, ya que es el lugar donde se lleva a cabo la transferencia de modalidad entre el transporte aéreo y terrestre. Por lo tanto, representa el punto de encuentro entre los tres principales actores del sistema: el aeropuerto, las aerolíneas y los usuarios. Para garantizar una operación exitosa del aeropuerto, es fundamental considerar las interacciones entre estos tres actores principales, de esta manera, se busca lograr un equilibrio adecuado entre ellos, lo que permitirá que el sistema funcione de manera óptima. En caso contrario, pueden surgir diversas situaciones no deseadas que indican un mal funcionamiento del sistema.

De acuerdo con Goncalves y Kokkolaras (2018), se establecieron vínculos entre MRO, OEM y operadores. En su enfoque sistémico, son los operadores de aeronaves quienes regularmente solicitan los servicios de MRO. Para este estudio, se consideraron a los operadores aéreos como parte de la variable de operaciones aéreas y al laboratorio como parte de la OMA, siendo este último el que recibe las órdenes de trabajo para realizar servicios de prueba mecánica. A su vez, esto estaría comprendido dentro de la variable de demanda de pruebas mecánicas. Por otro lado, el aeropuerto tendría los registros de los aterrizajes y despegues de aeronaves, los cuales estarían incluidos dentro de la dimensión de operatividad aérea. Junto con la dimensión de operador aéreo, conformaría la variable de operaciones aéreas. Los principales elementos de este sistema estarían representados como se muestra en la figura n°4.

Figura 04

Gráfico general del sistema



Nota: Grafico elaborado a partir de conceptualización de Goncalves y Kokkolaras

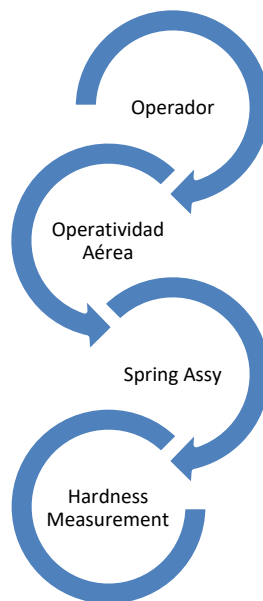
Según la metodología de sistemas dinámicos (SD), no se distingue entre variable y dimensión, ya que considera a los distintos elementos o componentes del sistema como indicadores a simular en iteraciones. Se esquematizan los vínculos entre ellos como diagramas de afinidad que pueden formar circuitos con límites de sistema, constituyendo un modelo completo. Los elementos o componentes del sistema se clasifican como variables endógenas o exógenas. En SD, modificar un elemento permite descubrir cómo su cambio afecta a todo el sistema en el tiempo, lo que ayuda a entender las relaciones e interconexiones entre los componentes y su impacto en el sistema, tal como señalan Tokgoz et al. (2018).

La metodología de SD es un proceso que consta de varios pasos: la articulación del problema, la formulación de una hipótesis dinámica, la construcción de un modelo de simulación, la realización de pruebas o corridas de simulación, la evaluación de cambios y ajustes del modelo. Al final de la simulación, es posible obtener pronósticos de los recursos necesarios, como el personal y la tasa de reparaciones mensuales, para llevar a cabo el mantenimiento de un número determinado de aeronaves en una MRO. Respecto a las variables del sistema, se establecen relaciones entre los participantes a través de flechas bidireccionales, lo que implica que se asume una conexión entre todos los elementos del sistema.

En el presente estudio (ver figura n°5), se observa que a medida que aumenta el número de operadores aéreos que utilizan el aeropuerto para transportar pasajeros y carga, habrá más inspecciones programadas y no programadas de mantenimiento. Esto resultará en más cambios de componentes que deberán someterse a inspecciones y pruebas antes de ser utilizados nuevamente. Por lo tanto, se requerirán más servicios de pruebas mecánicas, como spring assy y hardness measurement.

Figura 05

Gráfico de dimensiones de las variables



Nota: Gráfico elaborado a partir conceptualización de Tokgoz. et. al (2018)

II.2.2. Variable Operaciones Aéreas

El número de operaciones de aeronaves se utiliza como medida de actividad en todos los aeropuertos, pero es especialmente relevante en los aeropuertos de aviación general (GA). Cada operación de aeronave se define como un despegue o un aterrizaje. Si una aeronave aterriza y luego despegue inmediatamente, se conoce como touch and go y se cuenta como dos operaciones. Cuando una aeronave despegue y aterrice en un aeropuerto sin aterrizar en ningún otro aeropuerto, se dice que ha realizado una operación local. Por otro lado, cuando un vuelo despegue de un aeropuerto y aterrice en otro, se conoce como una operación itinerante (Young y Wells, 2019).

Las operaciones aéreas se refieren a todas las actividades relacionadas con la operación de aeronaves. Esto incluye la planificación de vuelos, la gestión del tráfico aéreo, la seguridad aérea, la navegación, la comunicación y otros aspectos técnicos y operativos necesarios para llevar a cabo vuelos de manera segura y eficiente. Estas actividades están reguladas y normatizadas tanto a nivel internacional por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) como a nivel nacional por las autoridades de aviación de cada país.

Las operaciones aéreas se pueden medir de diversas maneras, dependiendo del enfoque y la información disponible. Además, se han desarrollado fórmulas que relacionan el número de operaciones de aeronaves (MTAO) con el número de operaciones aéreas (ASOP) Ashford et al., (2013).

También, la forma de medir las operaciones aéreas puede variar según las autoridades aeronáuticas, aeropuertos, aerolíneas y otras organizaciones del sector de la aviación que utilizan métricas para evaluar el rendimiento, la eficiencia, la seguridad y la planificación de las operaciones aéreas.

II.2.3. Definición de Variable Operaciones Aéreas

Las operaciones aéreas son un componente esencial en el funcionamiento de un aeropuerto, ya que garantizan el traslado seguro y eficiente de las aeronaves y pasajeros Kim (2017), facilitando el flujo de tráfico aéreo y manteniendo los estándares de seguridad requeridos. Por esto, las operaciones aéreas están sujetas a regulaciones y control rigurosos, especialmente en los despegues y aterrizajes de las aeronaves.

La variable de operaciones aéreas se define como todas las actividades relacionadas con el movimiento de aeronaves dentro y fuera de un aeropuerto, así como su gestión y control durante su uso u operación. Estas operaciones incluyen el control del tráfico aéreo, el manejo de aeronaves en pistas, el estacionamiento de aeronaves para carga y descarga. Todo esto se lleva a cabo bajo coordinación con los operadores o líneas aéreas que desarrollan todas las actividades de funcionamiento de las aeronaves en el aeropuerto y espacio aéreo.

II.2.3.1 Definición de dimensión operador aéreo.

Según la reglamentación de la DGAC, emitida en la Regulación Aeronáutica del Perú (RAP) 121, se establece que un Explotador es la persona, organismo o empresa que se dedica, o propone dedicarse, a la explotación de aeronaves.

Para los fines de este estudio, definimos la dimensión operador aéreo a la empresa que se dedica a la explotación económica de las aeronaves con el objetivo de obtener ganancias para la compañía. Esto implica el cumplimiento tanto de la normatividad y regulaciones establecidas por la autoridad de aeronavegabilidad del país donde se encuentra la empresa, así como las regulaciones establecidas por el fabricante de la aeronave DGAC (2018).

Además, como indicador de esta dimensión, consideraremos el número de compañías aéreas operando por mes en el aeropuerto de la ciudad de Lima.

II.2.3.2 Definición de dimensión operatividad aérea

Según un documento de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) del año 2018 sobre la implementación de indicadores por parte de la Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial (CORPAC), la suma de aterrizajes y despegues de aeronaves constituye un indicador de la capacidad real utilizada del aeródromo en funcionamiento, al igual que un indicador ATFM (Administración del Flujo de Tráfico Aéreo)

Para los fines de este estudio, la dimensión de operatividad aérea se definiría como la capacidad del aeropuerto o aeródromo para seguir funcionando dentro de los parámetros de seguridad, satisfaciendo la demanda y controlando el tráfico aéreo que se produce durante los aterrizajes y despegues de las aeronaves (Kim, 2017).

En consecuencia, como indicador de esta capacidad, se consideraría la suma del número de aterrizajes y despegues realizados por mes en el aeropuerto de la ciudad de Lima por las aeronaves pertenecientes a las líneas aéreas autorizadas para realizar operaciones.

II.2.4. Variable Demanda de Pruebas Mecánicas

Una MRO, al igual que cualquier otro tipo de negocio, lleva a cabo la planificación de la demanda y la capacidad general. En el caso de que la MRO estuviera vinculada a una aerolínea matriz, la información básica para la planificación de la demanda de mantenimiento estaría disponible por parte de la aerolínea. Sin embargo, si la MRO fuese una entidad independiente, la adquisición de los datos necesarios para la planificación de la demanda sería un desafío, ya que tendrían que considerar los registros de servicios anteriores para elaborar la planificación y/o algún pronóstico.

La clasificación de los servicios ofrecidos por una MRO es mencionada por Rodrigues Vieira y Lavorato Loures (2016), quienes afirman que los servicios de MRO pueden incluir mantenimiento pesado, reparación y overhaul de aeronaves y sus componentes; además, existen diferentes paquetes de servicios de MRO que las aerolíneas pueden solicitar, como mantenimiento de la estructura del avión, mantenimiento del motor, mantenimiento de componentes y el mantenimiento de línea o rampa. También se encuentran los "otros servicios" dentro de esta clasificación, donde se incluyen los servicios de prueba mecánica realizados por el laboratorio metalúrgico.

II.2.4.1 Funcionalidad del tren de aterrizaje

La tarea principal del tren de aterrizaje consiste en absorber la energía horizontal y vertical generada durante el aterrizaje. El frenado horizontal es realizado por los frenos, mientras que el amortiguador se encarga de la absorción vertical. Sin embargo, es importante reconocer que el sistema de amortiguación ideal no siempre puede adaptarse perfectamente a todas las condiciones. Los requisitos necesarios para lograr una buena conducción en tierra de la aeronave pueden entrar en conflicto con la necesidad de absorber la energía del aterrizaje y proporcionar espacio para que los frenos de las ruedas absorban la energía horizontal.

En este sentido, los trenes de aterrizaje están específicamente diseñados para absorber y disipar la energía cinética del impacto durante el aterrizaje. Por lo tanto, es crucial que sus diversos componentes tengan una alta resistencia, lo que hace necesario medir esta propiedad mediante una prueba de dureza.

II.2.5. Definición de Variable Demanda de Pruebas Mecánicas

Según Carone (2020), las pruebas mecánicas se refieren al proceso mediante el cual los fabricantes e investigadores determinan las características físicas de un material, como la resistencia y la dureza, para evaluar su idoneidad en una aplicación particular. Este proceso está impulsado por el deseo de predecir cómo se comportarán los materiales cuando se pongan en servicio.

Es importante destacar que las pruebas mecánicas realizadas en laboratorio no constituyen el mantenimiento en sí, sino un servicio específico de prueba que mide alguna propiedad del componente. Este servicio es requerido obligatoriamente por el manual de mantenimiento de la aeronave CMM, donde se señalan los valores límites de la magnitud que se desea verificar, como pounds (lbf) o dureza (HRC), para un componente específico después de haber recibido algún tratamiento o servicio.

Según Remzi Salto et al. (2016), los programas de mantenimiento de aeronaves pueden ser realizados por el operador de la aeronave o por las organizaciones de mantenimiento (MRO). En ambos casos, deben seguir los procedimientos específicos publicados por los fabricantes de aeronaves, motores y componentes, como se indica en los datos de planificación de mantenimiento (MPD).

La variable demanda de pruebas mecánicas se define como la necesidad de realizar pruebas para evaluar la calidad y el estado de los componentes que han sido utilizados o procesados para recuperar su resistencia mecánica, asegurando así su retorno a la funcionalidad según los estándares del fabricante. Estas pruebas tienen como objetivo determinar las características físicas de los materiales, como la resistencia, dureza y otras propiedades mecánicas relevantes. Esto se logra mediante las pruebas hardness measurement y spring assy Subhan et al. (2022), tal como lo indica el CMM del fabricante para el modelo de aeronave.

Para el presente estudio, se consideró como dimensiones las órdenes de servicio de prueba hardness measurement y la prueba spring assy.

II.2.5.1 Definición de dimensión spring assy

Según Oñate (2016), un resorte spring es un mecanismo que almacena energía y la libera en forma de fuerza cuando se aplica un cierto desplazamiento. Esto es posible gracias a sus características elásticas. La energía utilizada durante la deformación es recuperable debido al retorno elástico del material, que lo devuelve a su posición original (p. 215).

La vida útil de un resorte puede reducirse si está sometido a carga cíclica; además, la carga máxima que puede soportar puede disminuir, a veces, de manera significativa. Por lo tanto, es necesario verificar después de cierto tiempo de servicio, la fuerza que ejerce el resorte al ser extendido a una distancia preestablecida Oñate (2016).

Para el presente estudio, se define la dimensión spring assy como la prueba mecánica que tiene como objetivo verificar la fuerza ejercida por el resorte al ser extendido o comprimido a una distancia mínima y máxima, según lo señala el CMM para cada número de parte o modelo de resorte. El resorte será declarado como aprobado para su uso si la fuerza ejercida se encuentra dentro de los valores máximo y mínimos permitidos.

Además, como indicador de esta dimensión, se considera el número de órdenes de prueba spring assy por mes.

II.2.5.2 Definición de dimensión hardness measurement

Según Oñate (2016), los ensayos de dureza miden de forma indirecta las características de resistencia mecánica de un material (p. 139).

La principal necesidad detrás de la prueba de dureza es determinar la idoneidad de un componente para una solicitud específica. La sencillez con la que se puede realizar la prueba de dureza la ha convertido en el método más reconocido para la inspección de componentes Vasanth, Deepack, Murali, y Magesh (2020).

Esta prueba tiene como objetivo verificar la resistencia de un componente que ha pasado por un proceso de recuperación y recubrimiento, por lo que se mide la dureza superficial del componente, la cual se contrasta con los valores indicados en el manual del fabricante CMM.

Para el presente estudio, se define la dimensión "hardness measurement" como la prueba mecánica que pretende verificar de manera indirecta la resistencia tensil del componente en ensayo, después de haber sido restaurado por tratamientos superficiales, como lo señala el manual del fabricante CMM.

Además, como indicador de esta dimensión, se considera el número de órdenes de prueba hardness measurement por mes.

II.3. Marco Conceptual (terminología)

Airworthiness: Aeronavegabilidad; esta condición se refiere al estado físico y legal de una aeronave para volar de manera segura. También hace referencia a la condición de una aeronave,

componente o sistema de esta, que puede operarse sin representar un peligro considerable para la tripulación de vuelo, el personal de tierra, los pasajeros o terceros Skybrary (2021).

Landing Gears: Tren de aterrizaje; es el conjunto o sistema de la aeronave diseñado para soportarla mientras se encuentra en tierra, además de resistir cargas elevadas durante el aterrizaje sin causar daño a su estructura. También debe permanecer íntegro durante el desplazamiento y desaceleración sobre la pista hasta detener completamente la aeronave Skybrary (2021).

MRO: Organización de reparación y mantenimiento; es una compañía dedicada al mantenimiento de aeronaves, la cual debe contar con la aprobación de las autoridades gubernamentales del país donde opera y obtener la certificación de la FAA o EASA para llevar a cabo trabajos de mantenimiento. Asimismo, debe cumplir con las directivas del fabricante de aeronaves expuestas en el manual de mantenimiento específico para el tipo de aeronave Aeroclass (2021).

OEM: Fabricante de equipo original; se trata del fabricante autorizado por el principal fabricante de aeronaves para producir componentes destinados a estas Skybrary (2021).

OMA: Organización de mantenimiento aprobada; esta es una organización, ya sea privada o estatal, dedicada al mantenimiento de aeronaves dentro del territorio peruano y cuenta con la aprobación de la Dirección General de Aviación Civil MTC (2021).

Overhaul: Mantenimiento realizado mediante métodos, técnicas y procedimientos aceptados por el fabricante, después de desmontar, limpiar, inspeccionar, reparar donde sea necesario, volver a montar y probar el componente de acuerdo con los estándares actuales del CMM y los datos técnicos aprobados por el fabricante FAA (2021).

III. HIPÓTESIS

III.1. Declaración de hipótesis

III.1.1. Hipótesis general

Las operaciones aéreas se relacionan de manera directa con la demanda de pruebas mecánicas para trenes de aterrizaje en una organización de mantenimiento aeronáutico – Lima 2021.

III.1.2. Hipótesis específicas

HE1: La dimensión de la variable operaciones aéreas de mayor relevancia es operador aéreo para una organización de mantenimiento aeronáutico – Lima 2021.

HE2: La dimensión de la variable demanda de pruebas mecánica de mayor relevancia es hardness measurement para una organización de mantenimiento aeronáutico – Lima 2021.

HE3: Las dimensiones de la variable operaciones aéreas se relaciona significativamente con cada una de las dimensiones de la variable demanda de pruebas mecánicas para trenes de aterrizaje en una organización de mantenimiento aeronáutico – Lima 2021

III.2. Operacionalización de variables

Variable	Tipo de Variable	Operacionalización		Dimensiones (Sub-variables)	Definición conceptual	Indicador	Ítems	Nivel de Medición
	Según su naturaleza	Definición Conceptual	Definición Operacional					
Operaciones Aéreas	Cuantitativa	Según Kim (2017) Las operaciones aéreas abarcan las actividades relacionadas con el movimiento de aeronaves en un aeropuerto, como el control del tráfico aéreo, las operaciones en pista, el estacionamiento de aeronaves y la carga/descarga. Son esenciales para asegurar un movimiento seguro y eficiente de aeronaves y pasajeros dentro y fuera del aeropuerto.	Según Young y Wells (2019), el número de operaciones de aeronaves es la medida de actividad en aeropuertos. Cada operación es un despegue o aterrizaje. Así, se identifica al operador aéreo que utiliza las aeronaves y a las operaciones de aeronaves, que reflejan la operatividad aérea.	Operador aéreo	Se define la dimensión operador aéreo a la empresa que se dedica a la explotación económica de las aeronaves con la finalidad de obtener ganancias para la compañía cumpliendo con la normatividad, regulaciones de la autoridad de aeronavegabilidad del país donde se encuentre, además de las regulaciones de origen del fabricante de la aeronave.	Número de Compañías aéreas operando en aeropuerto en Lima por mes.	No aplica	Razón
				Operatividad aérea	Se define la dimensión de operatividad aérea como la capacidad del aeropuerto o aeródromo para seguir funcionando dentro de los parámetros de seguridad, satisfaciendo la demanda y controlando el tráfico aéreo que se produce durante los aterrizajes y despegues de las aeronaves. En consecuencia, como medida de esta capacidad se consideraría a la suma de todos los aterrizajes y despegues realizados en un aeródromo mensualmente.	Número de aterrizajes más despegues en aeropuerto en Lima por mes	No aplica	Razón
Demanda de Pruebas Mecánicas	Cuantitativa	Según Carone (2020) Las pruebas mecánicas se refieren al proceso mediante el cual los fabricantes e investigadores determinan las características físicas de un material, como la resistencia, la dureza, en consecuencia, su idoneidad para una aplicación particular. Este proceso está impulsado por el deseo de predecir cómo se comportarán los materiales cuando se pongan en servicio.	Según Subhan y otros (2022) La demanda de ensayos mecánicos se define como la necesidad de asegurar la calidad de los componentes en cuanto su resistencia mecánica de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Esto se ejecuta mediante las pruebas hardness measurement y spring assy.	Prueba spring assy	Se define a la dimensión spring assy test a la prueba mecánica que pretende verificar la fuerza ejercida por el resorte, al ser extendido o comprimido a una distancia mínima y máxima, según señala el CMM para cada modelo o número de parte. Siendo declarado como aprobado para su uso si la fuerza ejercida por el resorte se encuentra dentro de los valores máximo y mínimo permitido.	Número de órdenes de prueba spring assy por mes	No aplica	Razón
				Prueba hardness measurement	Se define la dimensión hardness measurement, como la prueba mecánica que pretende verificar de manera indirecta la resistencia tensil del material en ensayo, después de haber sido restaurado por tratamientos superficiales como lo señala el manual del fabricante CMM.	Número de órdenes de prueba hardness measurement por mes	No aplica	Razón

IV. DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS Y ANÁLISIS

IV.1. Tipo de investigación: Aplicada

IV.2. Nivel de investigación: Nivel relacional

IV.3. Diseño de investigación

El estudio se clasifica como no experimental, ya que no se realizó ninguna manipulación de variables. Se identificaron dos variables: operaciones aéreas y demanda de pruebas mecánicas. La primera variable se consideró externa a la MRO, es decir, fuera del control de la organización, mientras que la segunda se consideró interna. Para analizar estas variables, se midieron estadísticamente cada dimensión y se realizaron las pruebas de normalidad correspondiente. Luego, se llevó a cabo un análisis correlacional no paramétrico para determinar si existe alguna relación entre las dimensiones de cada variable.

IV.4. Método de investigación

Método analógico porque analiza a un sistema y los nexos internos entre los componentes o elementos que lo integra. En el estudio se emplea minería de datos para extracción, análisis estadísticos para procesamiento descriptivo y análisis de correlación a nivel de dimensiones, se desarrolló modelamiento matemático para calibración de escalas de dimensiones, lo cual habilitó el análisis a nivel de variables de los datos obtenidos.

IV.4.1. Procedimientos de análisis de datos

Los datos recopilados se ingresaron en archivos de hoja de cálculo con extensión XLSX y se realizaron análisis estadísticos descriptivos. Las pruebas de normalidad y pruebas de correlación de las dimensiones de cada variable tanto en hojas de cálculo como en el software RStudio. Para el análisis de correlación, se utilizó la correlación de Spearman para los datos puros y se analizaron en pares para cada dimensión. Los resultados se resumieron en una tabla de doble entrada, donde se agregó el p-valor de cada análisis realizado debajo de cada valor rho de Spearman por cada análisis realizado.

Después de analizar los datos puros de cada dimensión, se realizó una evaluación del tamaño o escala de los datos para determinar si había algún desfase o desproporción de escalas que pudiera afectar el análisis de correlación; para esto, se descompuso la dimensión de operatividad aérea en sus componentes de aterrizaje y despegue. También se probó la sustracción de estos componentes para generar un nuevo conjunto de datos. Se realizó una prueba de normalidad y un análisis de correlación de Spearman para cada modificación.

La correlación a nivel de variable se realizó a partir de la sumatoria de datos de las dimensiones de cada variable, para esto, los datos de todas dimensiones fueron calibrados a una escala de 1 a 5, donde 5 representa el máximo valor de la escala y 1 es el mínimo. La calibración fue realizada después de encontrar un modelo exponencial con sus parámetros para cada dimensión, lo cual permitió homogenizar las escalas y tener un consolidado por cada variable para

realizar el análisis de correlación. Se verifico normalidad de los datos de cada variable y prosiguió con el análisis de correlación de Spearman a nivel de variable

IV.5. Población

Los registros disponibles se agrupan por mes y se cuenta con cuarenta y ocho registros de prueba por cada dimensión de cada variable, correspondientes a los meses transcurridos entre los años 2018 y 2021. Estos registros constituyen la totalidad de los disponibles en el laboratorio a partir del año 2018, además de los registros de operadores y operatividad aérea.

IV.6. Muestra

Se cuenta con 48 registros de pruebas para cada variable, por lo que se consideró una muestra censal. Si la población es pequeña, es recomendable utilizar toda la población para el análisis en lugar de tomar una muestra, ya que las pruebas no paramétricas son más adecuadas para tamaños de muestra pequeños y se pueden aplicar a toda la población.

IV.7. Técnicas de recolección de datos

IV.7.1. Técnica

Revisión documental de los repositorios de datos abiertos, obtenidos de website de instituciones como CORPAC, FAA y otros.

IV.7.2. Instrumento

Formato de Registro de datos para cada variable

Se diseño y evaluó un instrumento para la recolección de información a través de análisis documental. El instrumento fue utilizado para recopilar datos de compañías aéreas operando en Lima, numero de aterrizajes y despegues en aeropuerto, y numero de órdenes de trabajo histórico relacionadas con pruebas mecánicas.

El diseño del instrumento fue considerado práctico y adecuado para la tarea. Además, la validez del instrumento fue evaluada por expertos, quienes analizaron su forma, contenido y estructura, para que estuviera perfectamente alineado con los objetivos de la investigación. También se evaluó la disposición y diagramación del instrumento para asegurar su facilidad de uso y su posterior análisis.

IV.8. Presentación de resultados

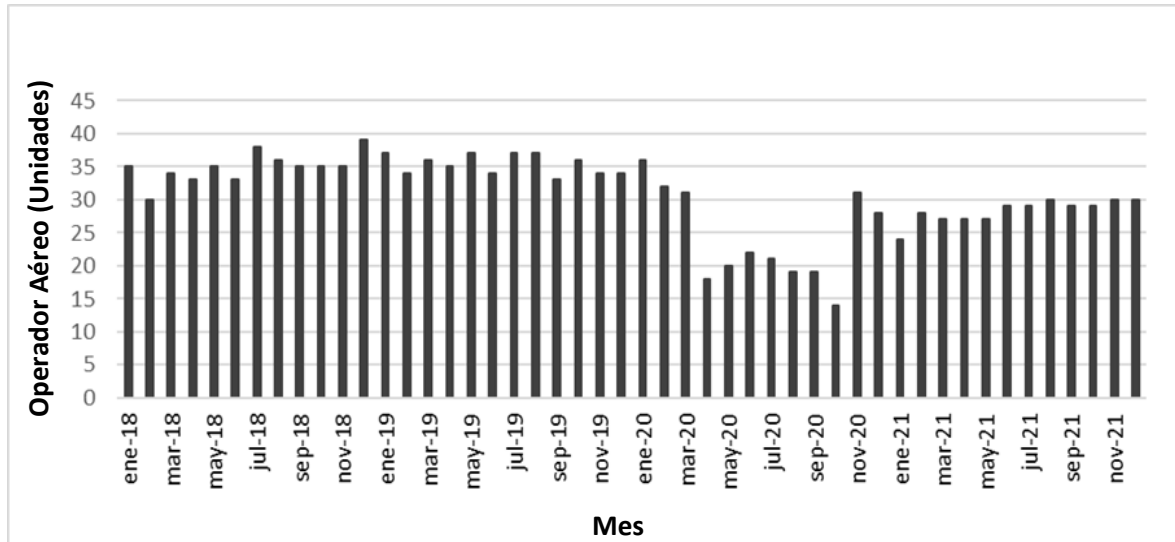
Los resultados de las mediciones de las dimensiones se presentaron en forma de tablas. De manera similar, los resultados de las pruebas de correlación se resumieron en una tabla que incluía el valor rho de Spearman y el p-valor correspondiente para cada análisis realizado. A partir de estos resultados, se evaluó la existencia de correlación entre las dimensiones analizadas y las respectivas modificaciones de cada variable.

V. RESULTADOS

V.1 RESULTADO 1: Medición de la Variable Operaciones Aéreas

Figura 06

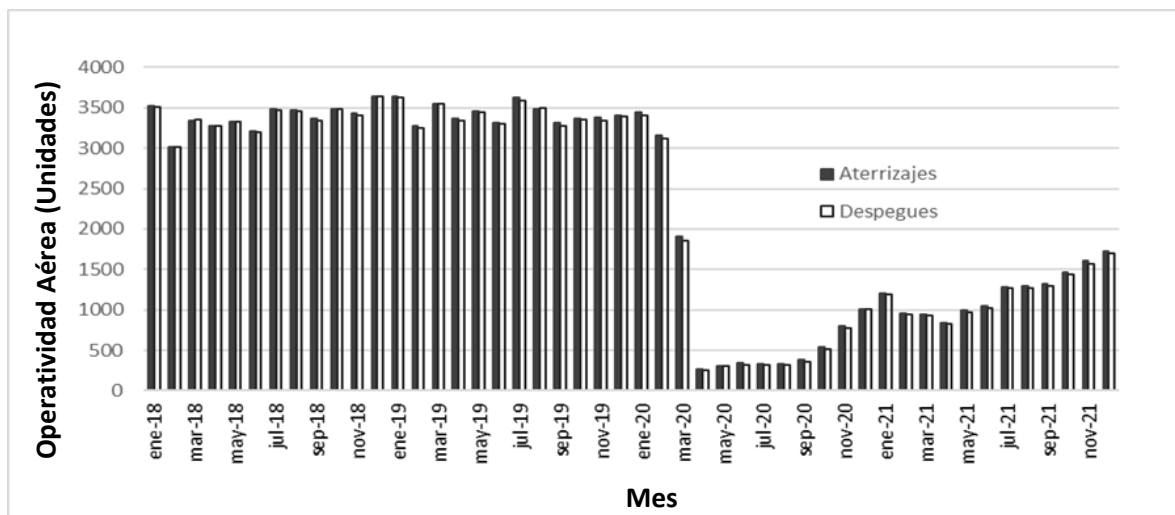
Dimensión operador aéreo



Nota: Datos Obtenidos MTC "Reporte de Compañías Aéreas Operando en Perú"

Figura 07

Dimensión operatividad aérea



Nota: Datos Obtenidos CORPAC "Reporte de Operatividad Aérea Internacional para aeropuerto ciudad Lima"

Tabla 01

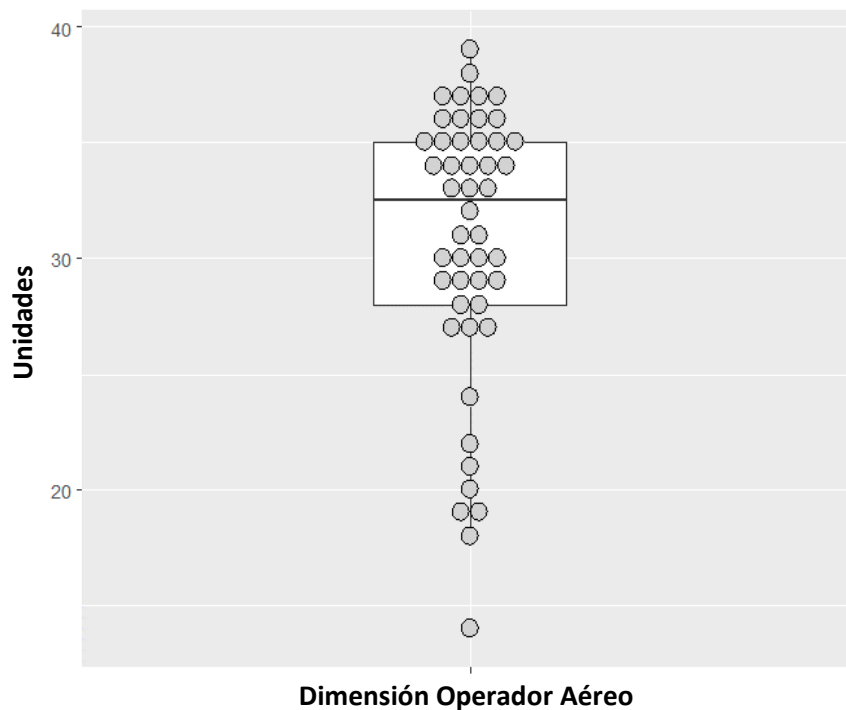
Principales estadísticas de las dimensiones de la variable operaciones aéreas

Estadísticos	Operador Aéreo	Operatividad Aérea
Media	30,666	4 535,895
Error típico	0,865	370,175
Mediana	32,5	6 343,5
Moda	35	---
Desviación estándar	5,994	2 564,652
Varianza de la muestra	36,929	6 577 442,01
Mínimo	14	512
Máximo	39	7 279
Cuenta	48	48

Nota: Resumen de Registro de Operaciones Aérea

Figura 08

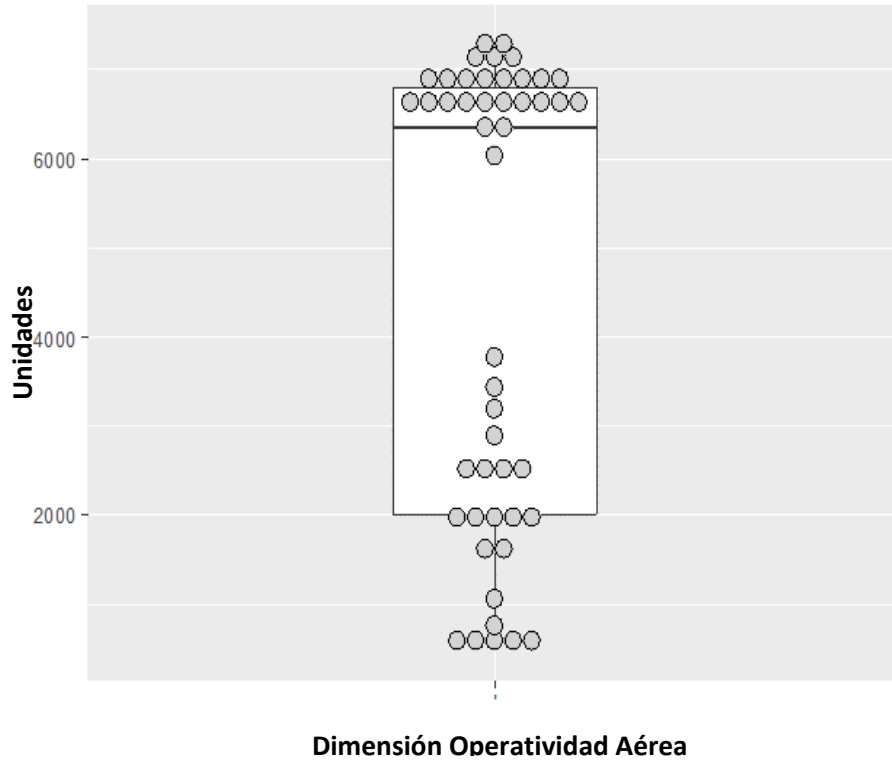
Gráfico de dispersión de la dimensión operador aéreo



Nota: La dispersión de los datos se encuentra distribuido de manera equiparado en ambos lados de la media

Figura 09

Gráfico de dispersión de la dimensión operatividad aérea



Nota: La dispersión de datos se encuentra concentrado por encima de la media y en la proximidad del cuartil inferior, se observa sesgo.

V.1.1. Análisis de Homogeneidad de la varianza a las dimensiones de la variable operaciones aéreas.

El análisis de la varianza mediante la prueba de Levene para datos no normales, mostro lo siguiente:

Tabla 02

Prueba de homogeneidad de varianzas para las dimensiones de la variable operatividad aérea

	Grado de libertad	Valor F	P valor (>F)
Grupo 1	1	55,959	3,866e-11
	94		

Nota: Prueba de Levene centrado en la media con nivel significancia α : 0.05

Tabla 03

Prueba de hipótesis para homogeneidad de varianzas - Levene

Prueba hipótesis	Descripción	p valor
$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$	Las varianzas son iguales en todas las muestras.	p-valor > 0,05
$H_a: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \dots \neq \sigma_k^2$	Las varianzas no son iguales para al menos un par.	p-valor < 0,05

Nota: Criterio empleado de decisión para probar homogeneidad de varianzas entre las dimensiones de la variable operatividad aérea.

El análisis de homogeneidad de varianzas muestra [p-valor $3,86 \times 10^{-11} < 0,05$]

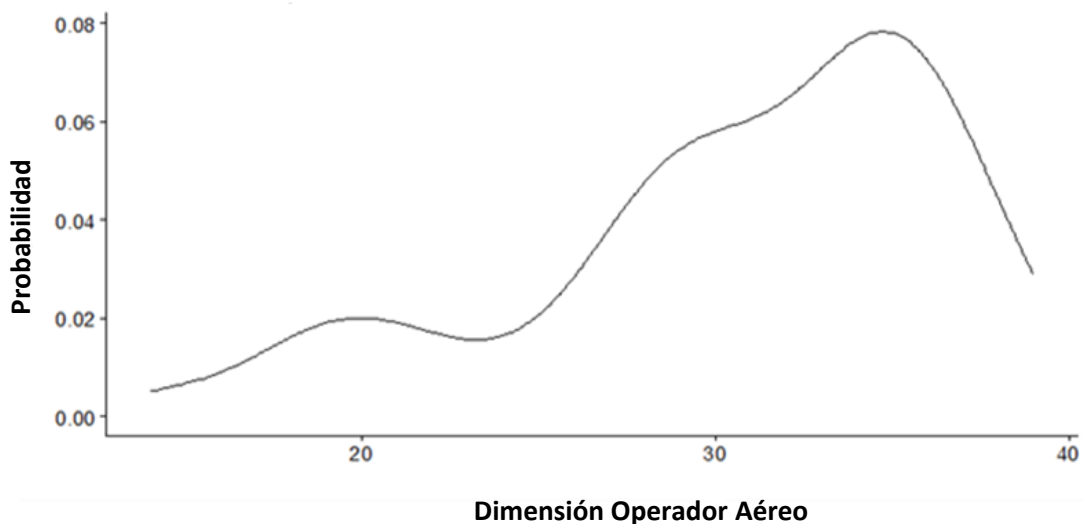
Las varianzas no son iguales.

V.1.2. Análisis de Normalidad de las dimensiones de la Variable Operaciones Aéreas

La prueba de normalidad de la dimensión operador mostro lo siguiente:

Figura 10

Prueba de normalidad de la dimensión operador aéreo



Nota: Resumen de Registro de los instrumentos Operaciones Aéreas y Demanda de Pruebas Mecánicas

Shapiro-Wilk normality test: $W = 0.90283$, p-value = 0.0007772

Tabla 04

Prueba de hipótesis para Prueba normalidad Shapiro-Wilk

Hipótesis	Descripción	p valor
H ₀ :	La distribución de la muestra es normal	p-valor > 0,05
H _a :	La distribución de la muestra no es normal	p-valor < 0,05

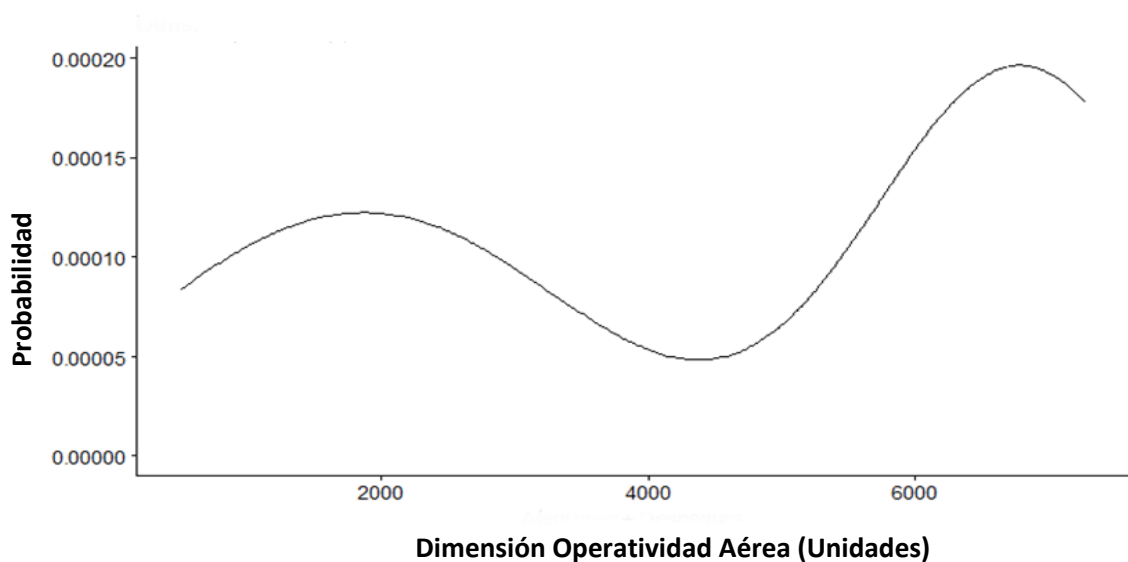
Nota: Empleado como criterio de decisión para establecer normalidad de los datos de las dimensiones

La muestra no es normal p-valor < 0,05 [0,0007772 < 0,05]

La prueba de normalidad de la dimensión operatividad aérea mostro lo siguiente:

Figura 11

Prueba de normalidad de la dimensión operatividad aérea



Nota: Resumen de Registro de los instrumentos Operaciones Aéreas y Demanda de Pruebas Mecánicas

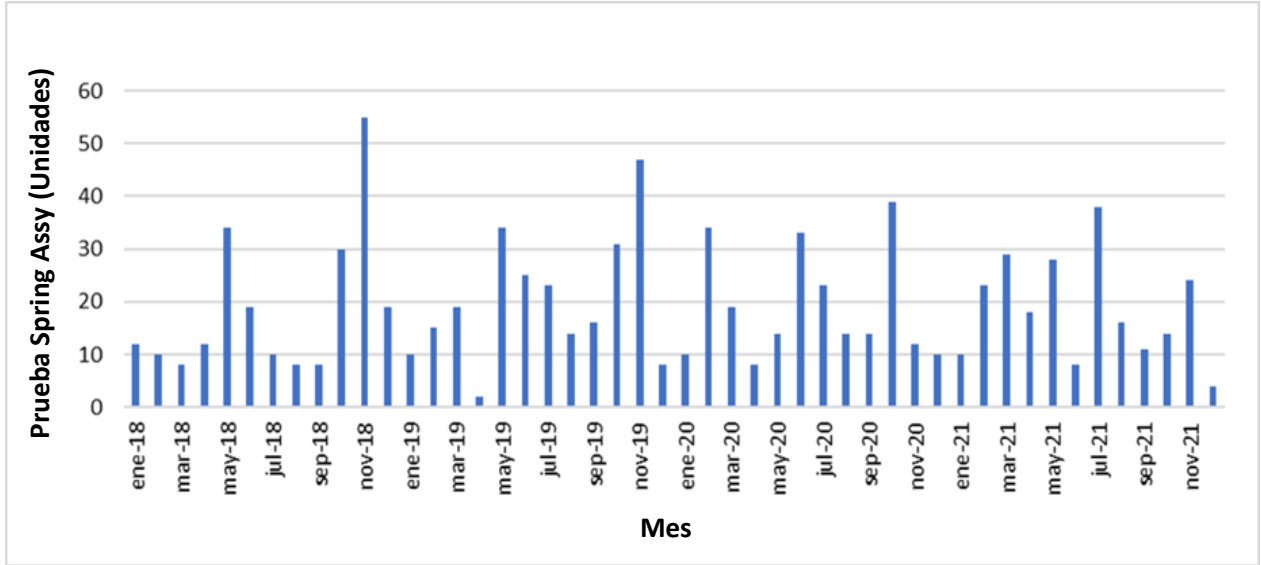
Shapiro-Wilk normality test: W = 0.80193, p-value = 1.438e-06

La muestra no es normal p-valor < 0,05 [1,438 x 10⁻⁰⁶ < 0,05]

V.2. RESULTADO 2: Medición de la Variable Demanda de Pruebas Mecánicas

Figura 12

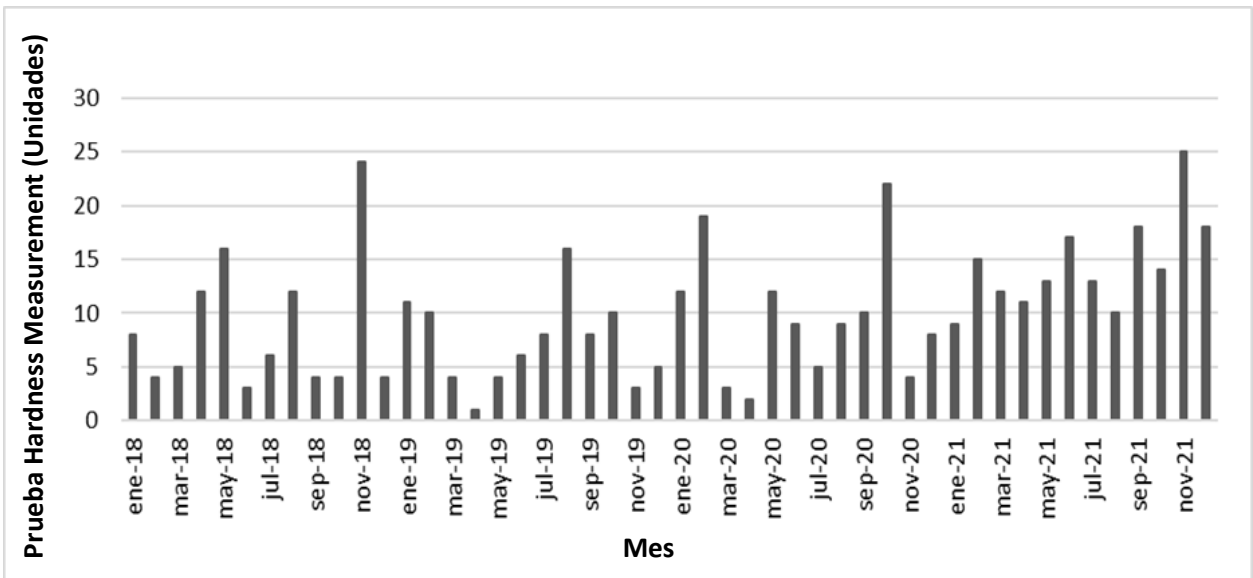
Dimensión spring assy



Nota: Resumen de Registro de demanda de pruebas mecánicas

Figura 13

Dimensión hardness measurement



Nota: Resumen de Registro de Demanda de Pruebas Mecánicas

Tabla 05

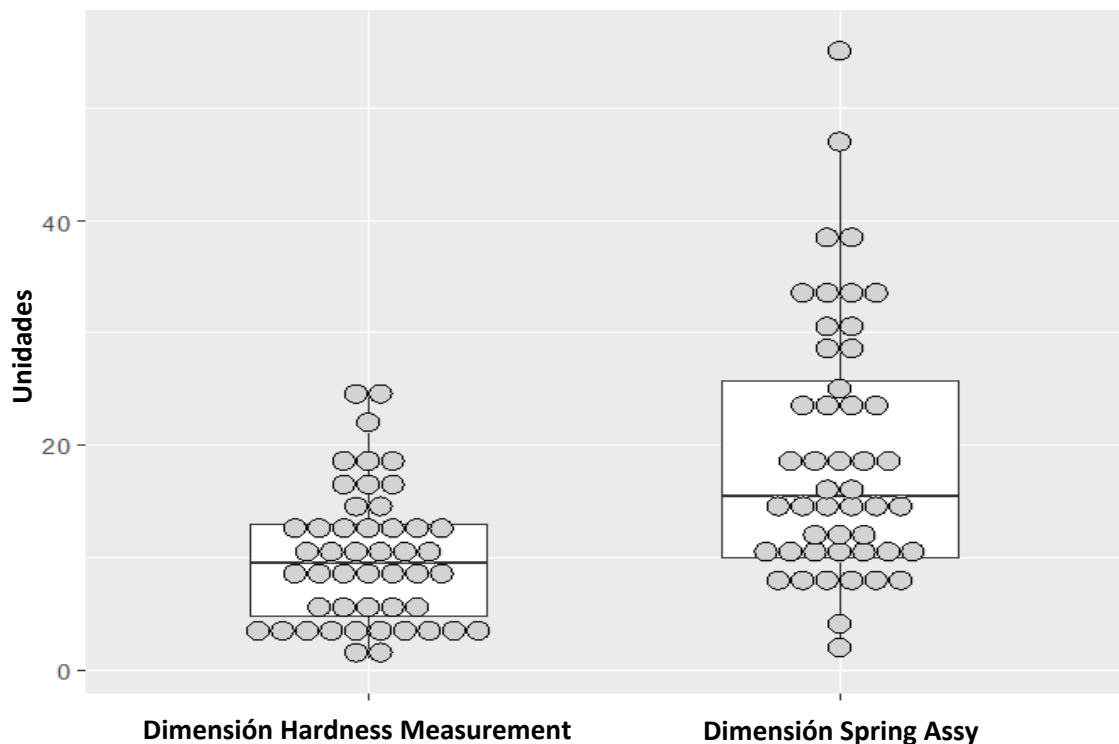
Principales estadísticas de la variable demanda de pruebas mecánicas

Estadísticos	Spring Assy	Hardness Measurement
Media	19,208	9,958
Error típico	1,679	0,854
Mediana	15,5	9,5
Moda	10	4
Desviación estándar	11,634	5,917
Varianza de la muestra	135,359	35,019
Mínimo	2	1
Máximo	55	25
Cuenta	48	48

Nota: Resumen de Registro de Demanda de Pruebas Mecánicas

Figura 14

Gráfico de dispersión de la variable demanda de pruebas mecánicas



Nota: Las dimensiones presenta dispersión de datos en torno a la media de cada dimensión de la variable demanda de pruebas mecánicas

V.2.1. Análisis de Homogeneidad de la varianza de las dimensiones de la variable pruebas mecánicas

El análisis de la varianza mediante la prueba de Levene para datos no normales, mostro lo siguiente:

Tabla 06

Prueba de homogeneidad de varianzas para las dimensiones de la variable demanda de pruebas mecánicas

	Grado de libertad	Valor F	P valor (>F)
Grupo 1	1	10,832	0,001406
	94		

Nota: Prueba de Levene centrado en la media con nivel significancia α : 0.05

El análisis de homogeneidad de varianzas muestra [p-valor 0,001406 < 0,05]

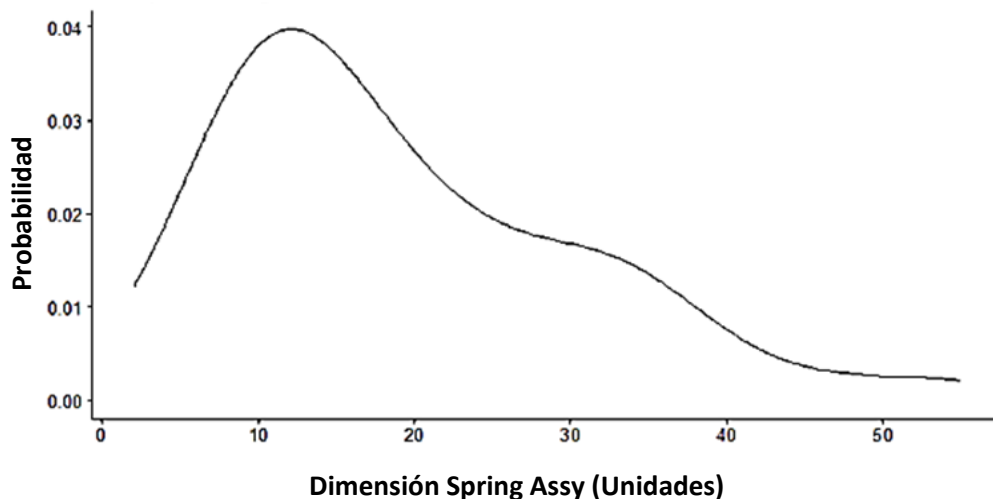
Las varianzas no son iguales

V.2.2. Análisis de Normalidad de las dimensiones de la variable Demanda de Pruebas Mecánicas

La prueba de normalidad de la dimensión demanda de pruebas mecánicas mostro lo siguiente:

Figura 15

Prueba de normalidad de dimensión spring assy



Nota: Resumen de Registro de Pruebas de los instrumentos Operaciones Aéreas y Demanda de Pruebas Mecánicas

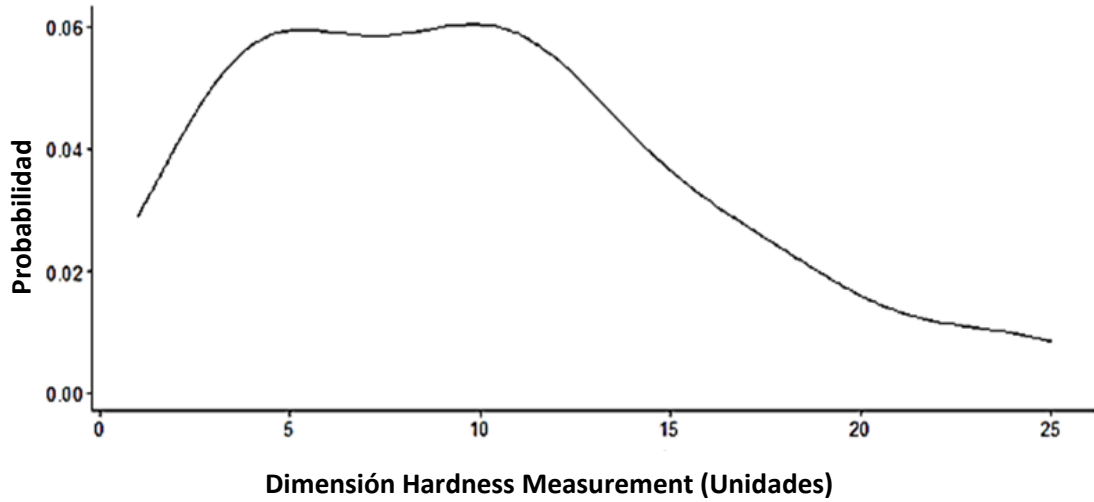
Shapiro-Wilk normality test: $W = 0.90984$, p-value = 0.001327

La muestra no es normal p-valor < 0,05 [0,001327 < 0,05]

La prueba de normalidad de la dimensión hardness measurement mostro lo siguiente:

Figura 16

Prueba de normalidad de dimensión hardness measurement



Nota: Resumen de Registro de Pruebas de los instrumentos Operaciones Aéreas y Demanda de Pruebas Mecánicas

Shapiro-Wilk normality test: $W = 0.94235$, $p\text{-value} = 0.01999$

La muestra no es normal $p\text{-valor} < 0,05$ [0,01999 < 0,05]

V.3. RESULTADO 3: Análisis de Correlación entre Dimensiones

Tabla 07

Valores para determinar coeficiente correlación

Operador Aéreo	Operatividad Aérea	Spring Assy	Hardness Measurement
35	7 034	12	8
30	6 032	10	4
34	6 691	8	5
33	6 558	12	12
35	6 658	34	16
33	6 406	19	3
38	6 957	10	6
36	6 940	8	12
35	6 706	8	4
35	6 974	30	4

35	6 831	55	24
39	7 279	19	4
37	7 277	10	11
34	6 524	15	10
36	7 094	19	4
35	6 714	2	1
37	6 914	34	4
34	6 617	25	6
37	7 221	23	8
37	6 980	14	16
33	6 587	16	8
36	6 716	31	10
34	6 711	47	3
34	6 795	8	5
36	6 857	10	12
32	6 281	34	19
31	3 761	19	3
18	512	8	2
20	609	14	12
22	663	33	9
21	660	23	5
19	645	14	9
19	750	14	10
14	1 052	39	22
31	1 578	12	4
28	2 012	10	8
24	2 405	10	9
28	1 902	23	15
27	1 864	29	12
27	1 668	18	11
27	1 970	28	13
29	2 078	8	17
29	2 548	38	13
30	2 564	16	10
29	2 620	11	18
29	2 894	14	14
30	3 183	24	25
30	3 431	4	18

Nota: Resumen de Registro de los instrumentos Operaciones Aéreas y Demanda de Pruebas Mecánicas

V.4.1 Análisis de correlación de dimensiones

Debido a que los valores de cada dimensión no presentan una distribución normal, se llevó a cabo la prueba de correlación para datos no paramétricos, optando por utilizar el coeficiente de

correlación rho de Spearman para evaluar la relación entre las dimensiones de manera emparejada. Se analizó cada dimensión en relación con las demás.

El nivel de confianza del coeficiente de correlación de rangos de Spearman se determina por el nivel de significación (alfa) elegido para la prueba de hipótesis. El p valor se utiliza para determinar la importancia del coeficiente de correlación, el cual mide la fuerza y dirección de la relación entre las dos variables. Si el valor p es menor que el nivel de significación elegido, se rechaza la hipótesis nula de no correlación y se concluye que existe una correlación significativa. De lo contrario, si se acepta la hipótesis nula, se puede concluir que no hay evidencia suficiente para respaldar la afirmación de una correlación significativa.

Los resultados de cada análisis se resumieron en una tabla similar a la tabla de resumen de r2 de Pearson. Todas las pruebas y análisis se realizaron utilizando el software R.

Los resultados del análisis de correlación se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 08

Resumen de Análisis de Correlación rho de Spearman

	Operador Aéreo	Operatividad Aérea	Spring Assy	Hardness Measurement
Operador Aéreo	1			
p - valor	$< 2,2 \times 10^{-16}$			
Operatividad Aérea	0,9600497	1		
p - valor	$< 2,2 \times 10^{-16}$	$< 2,2 \times 10^{-16}$		
Spring Assy	- 0,03696525	- 0,04039763	1	
p - valor	0,803	0,7851	$< 2,2 \times 10^{-16}$	
Hardness Measurement	- 0,2239755	- 0,1999737	0,1907323	1
p - valor	0,1259	0,173	0,1941	$< 2,2 \times 10^{-16}$

Nota: Resultado de análisis de correlación con R

Se encontró que el índice de correlación rho de Spearman, para la dimensión operador y operatividad aérea es de $\rho_0 = 0,96$ ($p < 2,2 \times 10^{-16}$) lo que indica una correlación positiva alta y significativa entre estas dos dimensiones.

En cuanto a la correlación entre las dimensiones entre las dimensiones spring assy y hardness measurement, se observó un valor positivo alto de $\rho_0 = 0,1907323$ ($p = 0,1941$) Sin embargo, el p-valor (0,1941) es mayor que 0,05, lo cual indica que no hay una correlación significativa entre estas dos dimensiones.

También se encontró una correlación negativa entre las dimensiones operador y hardness measurement, con un valor de $\rho_0 = -0,2239755$ ($p = 0,1259$), y entre operatividad aérea y hardness measurement, con un valor de $\rho_0 = -0,1999737$ ($p = 0,173$). En estos casos, los p-valores son mayores que 0,05, lo que sugiere que no hay una correlación significativa entre estas dimensiones.

Tabla 09
Resumen de prueba de hipótesis para rho de Spearman

Prueba hipótesis	Descripción	p valor
$H_0: \rho_0 = 0$	Los rangos de una variable no correlacionan con el rango de la otra variable	p-valor > 0,05
$H_a: \rho_0 \neq 0$	Los rangos de una variable correlacionan con el rango de la otra variable	p-valor < 0,05

Nota: Empleado como criterio de decisión para establecer correlación entre las dimensiones de cada variable.

V.4.2 Modificación 1 para análisis de correlación de dimensión operatividad aérea

Después de analizar la dimensión Operatividad Aérea como suma del número de aterrizajes y despegues, se procedió a revisar y realizar la prueba de correlación con cada elemento individual de la dimensión Operatividad Aérea, así como con el resto de las dimensiones de la otra variable. También se verificó la normalidad del número de aterrizajes y despegues de manera individual.

Los datos analizados corresponden a la siguiente tabla:

Tabla 10
Valores modificados para determinar correlación rho de Spearman

Operador Aéreo	Aterrizajes	Despegues	Spring Assy	Hardness Measurement
35	3 521	3 513	12	8
30	3 015	3 017	10	4
34	3 341	3 350	8	5
33	3 280	3 278	12	12
35	3 328	3 330	34	16
33	3 205	3 201	19	3
38	3 481	3 476	10	6
36	3 476	3 464	8	12
35	3 361	3 345	8	4
35	3 490	3 484	30	4
35	3 429	3 402	55	24
39	3 642	3 637	19	4
37	3 646	3 631	10	11
34	3 271	3 253	15	10
36	3 548	3 546	19	4
35	3 373	3 341	2	1
37	3 464	3 450	34	4
34	3 314	3 303	25	6
37	3 628	3 593	23	8
37	3 488	3 492	14	16

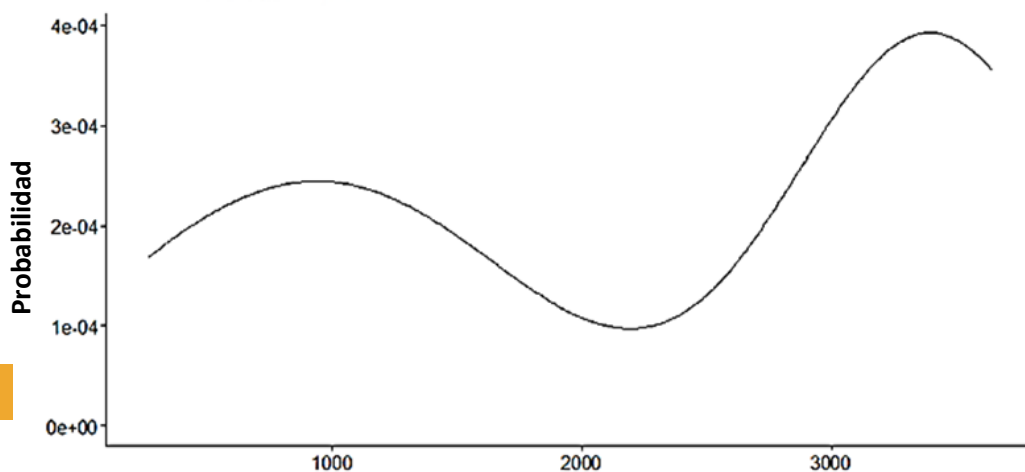
33	3 310	3 277	16	8
36	3 364	3 352	31	10
34	3 375	3 336	47	3
34	3 402	3 393	8	5
36	3 449	3 408	10	12
32	3 163	3 118	34	19
31	1 903	1 858	19	3
18	264	248	8	2
20	308	301	14	12
22	340	323	33	9
21	337	323	23	5
19	330	315	14	9
19	387	363	14	10
14	534	518	39	22
31	800	778	12	4
28	1 009	1 003	10	8
24	1 207	1 198	10	9
28	962	940	23	15
27	939	925	29	12
27	841	827	18	11
27	996	974	28	13
29	1 050	1 028	8	17
29	1 284	1 264	38	13
30	1 295	1 269	16	10
29	1 324	1 296	11	18
29	1 459	1 435	14	14
30	1 609	1 574	24	25
30	1 726	1 705	4	18

Nota: Resumen de registro de los instrumentos operaciones aéreas y demanda de pruebas mecánicas

La prueba de normalidad del número de aterrizajes mostro lo siguiente:

Figura 17

Prueba de normalidad del número de aterrizajes



Nota: Resumen de registro de pruebas del instrumento operatividad aérea

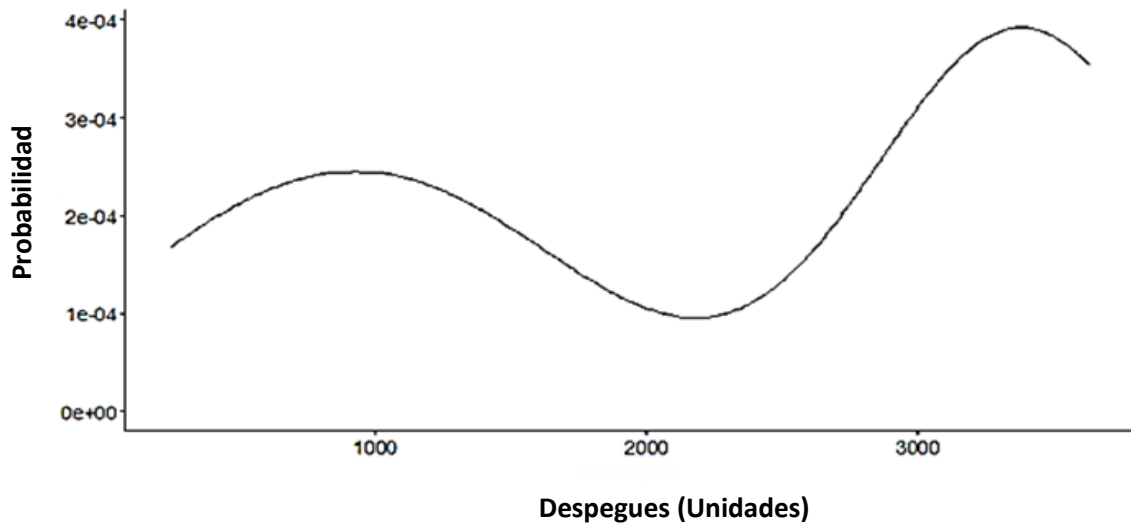
Shapiro-Wilk normality test: $W = 0.80196$, $p\text{-value} = 1.44e-06$

La muestra no es normal $p\text{-valor} < 0,05$ [$1,44 \times 10^{-06} < 0,05$]

La prueba de normalidad del número de despegues mostro lo siguiente:

Figura 18

Prueba de normalidad del número de despegues



Nota: Resumen de registro de pruebas del instrumento operatividad aérea

Shapiro-Wilk normality test: $W = 0.80175$, $p\text{-value} = 1.424e-06$

La muestra no es normal $p\text{-valor} < 0,05$ [$1,424 \times 10^{-06} < 0,05$]

Las pruebas de correlación mediante rho de Spearman fueron calculadas mediante software R y los resultados fueron tabulados como sigue:

Tabla 11

Resumen de análisis de correlación de Spearman a valores modificados

	Operador Aéreo	Aterrizajes	Despegues	Spring Assy	Hardness Measurement
Operador Aéreo	1				
p - valor	< 2,2 x 10 ⁻¹⁶				

Aterrizajes	0,3807965	1			
p - valor	0,007583	< 2,2 x 10 ⁻¹⁶			
Despegues	0,3837211	0,9978017	1		
p - valor	0,007095	< 2,2 x 10 ⁻¹⁶	< 2,2 x 10 ⁻¹⁶		
Spring Assy	- 0,1101762	- 0,03887319	- 0,04981784	1	
p - valor	0,456	0,7931	0,7367	< 2,2 x 10 ⁻¹⁶	
Hardness Measurement	0,1617812	- 0,2060715	- 0,1945346	0,1907323	1
p - valor	0,272	0,16	0,1852	0,1941	< 2,2 x 10 ⁻¹⁶

Nota: Resultado de análisis de correlación con R

Se encontró una alta correlación entre el número de aterrizajes y despegues, con un $\rho_0 = 0,9978$ ($p < 2,2 \times 10^{-16}$). Además, se observó una correlación positiva entre el operador y los despegues, con un valor de $\rho_0 = 0,3837211$ ($p = 0,007095$), así como entre el operador y los aterrizajes, con un valor de $\rho_0 = 0,3807965$ ($p = 0,007583$).

Por otro lado, se encontró una correlación positiva entre spring assy y hardness measurement, con un valor de $\rho_0 = 0,1907323$ ($p = 0,1941$). Sin embargo, a pesar de que $\rho_0 \neq 0$, el valor del p-valor (0,1941) es mayor que 0,05, lo cual indica que no hay una correlación significativa entre estas dos dimensiones.

V.3.3 Modificación 2 para análisis de correlación de dimensión operatividad aérea

Después de analizar las correlaciones con la dimensión operatividad aérea desagregada, se tomó la decisión de integrar la dimensión, pero diferenciando los valores de aterrizajes y despegues, creando una nueva variable llamada Diferencia. Esta nueva variable representa la diferencia entre el número de aterrizajes y despegues para cada caso.

Al igual que en los análisis anteriores, se verificó la normalidad de los datos y se procedió a analizar la correlación utilizando el coeficiente rho de Spearman.

Los datos analizados fueron tabulados de la siguiente manera:

Tabla 12

Valores modificados para determinar correlación

Operador Aéreo	Diferencia	Spring Assy	Hardness Measurement
35	-8	12	8
30	2	10	4
34	9	8	5
33	-2	12	12
35	2	34	16

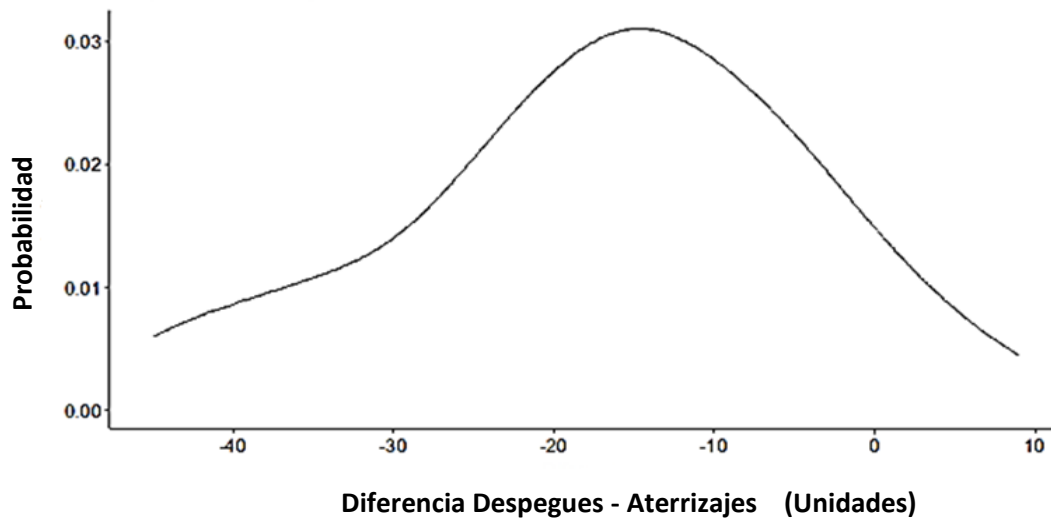
33	-4	19	3
38	-5	10	6
36	-12	8	12
35	-16	8	4
35	-6	30	4
35	-27	55	24
39	-5	19	4
37	-15	10	11
34	-18	15	10
36	-2	19	4
35	-32	2	1
37	-14	34	4
34	-11	25	6
37	-35	23	8
37	4	14	16
33	-33	16	8
36	-12	31	10
34	-39	47	3
34	-9	8	5
36	-41	10	12
32	-45	34	19
31	-45	19	3
18	-16	8	2
20	-7	14	12
22	-17	33	9
21	-14	23	5
19	-15	14	9
19	-24	14	10
14	-16	39	22
31	-22	12	4
28	-6	10	8
24	-9	10	9
28	-22	23	15
27	-14	29	12
27	-14	18	11
27	-22	28	13
29	-22	8	17
29	-20	38	13
30	-26	16	10
29	-28	11	18
29	-24	14	14
30	-35	24	25
30	-21	4	18

Nota: Resumen de registro de los instrumentos operaciones aéreas y demanda de pruebas mecánicas.

La prueba de normalidad a los valores diferenciados se obtuvo lo siguiente:

Figura 19

Prueba de normalidad de la diferencia (despegue-aterrizaje)



Nota: Resumen de registro de pruebas del instrumento operatividad aérea

Shapiro-Wilk normality test: $W = 0.97851$, $p\text{-value} = 0.5182$

La muestra es normal $p\text{-valor} > 0,05$ [0,5182 > 0,05]

Los resultados del análisis de correlación fueron tabulados como sigue:

Tabla 13

Resumen de análisis de correlación de Spearman a valores diferenciados

	Operador Aéreo	Diferencia	Spring Assy	Hardness Measurement
Operador Aéreo	1			
p-valor	< $2,2 \times 10^{-16}$			
Diferencia	- 0,1898772	1		
p-valor	0,1961	< $2,2 \times 10^{-16}$		

Spring Assy	- 0,03696525	- 0,1614946	1	
p-valor	0,803	0,2728	$< 2,2 \times 10^{-16}$	
Hardness Measurement	- 0,2239755	- 0,2224195	0,1907323	1
p-valor	0,1259	0,1286	0,1941	$< 2,2 \times 10^{-16}$

Nota: Resultado de análisis de correlación con R

Se encontró que los índices de correlación se vuelven negativos y disminuyen. La correlación más alta negativa se observó entre operador y hardness measurement con un valor de $\rho_0 = -0,2239$. La única correlación positiva se encontró entre spring assy y hardness measurement con un valor de $\rho_0 = 0,1907323$.

V.4. RESULTADO 3: Análisis de Correlación entre Variables

V.4.1 Calibración de datos a nueva escala.

Los datos de las cuatro dimensiones fueron calibrados a una escala de 1 a 5, siendo 1 el mínimo en correspondencia con el valor mínimo de la dimensión y el valor 5 el máximo en correspondencia con el valor máximo de la dimensión.

Los nuevos valores fueron calculados mediante un modelo exponencial con parámetros definidos

Los nuevos valores de las dimensiones de cada variable fueron sumados conformándose así los valores de cada variable correlacionada

Tabla 14

Valores calibrados de dimensiones de la variable operaciones aéreas

Operador Aéreo	Operatividad Aérea	dim 1 calibrado	dim 2 calibrado	Variable 1
35	7034	3.860	4.760	8.620
30	6032	2.793	3.896	6.689
34	6691	3.618	4.444	8.062
33	6558	3.391	4.328	7.719
35	6658	3.860	4.415	8.275
33	6406	3.391	4.198	7.590
38	6957	4.687	4.687	9.374
36	6940	4.118	4.671	8.789
35	6706	3.860	4.458	8.318

35	6974	3.860	4.703	8.563
35	6831	3.860	4.571	8.430
39	7279	5.000	4.999	9.999
37	7277	4.393	4.997	9.390
34	6524	3.618	4.298	7.916
36	7094	4.118	4.817	8.935
35	6714	3.860	4.465	8.325
37	6914	4.393	4.647	9.040
34	6617	3.618	4.379	7.997
37	7221	4.393	4.941	9.334
37	6980	4.393	4.709	9.102
33	6587	3.391	4.353	7.744
36	6716	4.118	4.467	8.585
34	6711	3.618	4.462	8.080
34	6795	3.618	4.538	8.156
36	6857	4.118	4.594	8.712
32	6281	3.179	4.094	7.273
31	3761	2.980	2.474	5.453
18	512	1.285	1.292	2.577
20	609	1.462	1.317	2.779
22	663	1.665	1.331	2.996
21	660	1.560	1.330	2.891
19	645	1.371	1.326	2.697
19	750	1.371	1.355	2.725
14	1052	0.992	1.439	2.431
31	1578	2.980	1.598	4.578
28	2012	2.454	1.743	4.197
24	2405	1.894	1.886	3.780
28	1902	2.454	1.705	4.160
27	1864	2.300	1.693	3.993
27	1668	2.300	1.627	3.928
27	1970	2.300	1.729	4.029
29	2078	2.618	1.767	4.385
29	2548	2.618	1.941	4.559
30	2564	2.793	1.947	4.740
29	2620	2.618	1.969	4.587
29	2894	2.618	2.080	4.698
30	3183	2.793	2.203	4.997
30	3431	2.793	2.316	5.109

Nota: Los datos de dimensión fueron calibrados empleando modelo exponencial parametrizado.

Tabla 15

Valores calibrados de dimensiones de la variable operaciones aéreas

Spring Assy	Hardness Measurement	dim 1 calibrado	dim 2 calibrado	Variable 2
-------------	----------------------	-----------------	-----------------	------------

12	8	1.353	1.607	2.960
10	4	1.273	1.229	2.502
8	5	1.198	1.314	2.512
12	12	1.353	2.101	3.454
34	16	2.641	2.748	5.389
19	3	1.674	1.149	2.823
10	6	1.273	1.405	2.678
8	12	1.198	2.101	3.299
8	4	1.198	1.229	2.427
30	4	2.338	1.229	3.567
55	24	5.000	4.701	9.701
19	4	1.674	1.229	2.902
10	11	1.273	1.965	3.238
15	10	1.482	1.838	3.320
19	4	1.674	1.229	2.902
2	1	0.998	1.005	2.003
34	4	2.641	1.229	3.869
25	6	2.009	1.405	3.414
23	8	1.890	1.607	3.497
14	16	1.438	2.748	4.186
16	8	1.528	1.607	3.135
31	10	2.411	1.838	4.248
47	3	3.921	1.149	5.069
8	5	1.198	1.314	2.512
10	12	1.273	2.101	3.375
34	19	2.641	3.361	6.002
19	3	1.674	1.149	2.823
8	2	1.198	1.074	2.272
14	12	1.438	2.101	3.539
33	9	2.562	1.718	4.280
23	5	1.890	1.314	3.204
14	9	1.438	1.718	3.156
14	10	1.438	1.838	3.275
39	22	3.074	4.111	7.185
12	4	1.353	1.229	2.581
10	8	1.273	1.607	2.880
10	9	1.273	1.718	2.991
23	15	1.890	2.570	4.460
29	12	2.268	2.101	4.370
18	11	1.624	1.965	3.589
28	13	2.200	2.247	4.448
8	17	1.198	2.939	4.137
38	13	2.982	2.247	5.229
16	10	1.528	1.838	3.365
11	18	1.312	3.143	4.456
14	14	1.438	2.403	3.841
24	25	1.948	5.028	6.976

4 18 1.061 3.143 4.204

Nota: Los datos de dimensión fueron calibrados empleando modelo exponencial parametrizado

Tabla 15

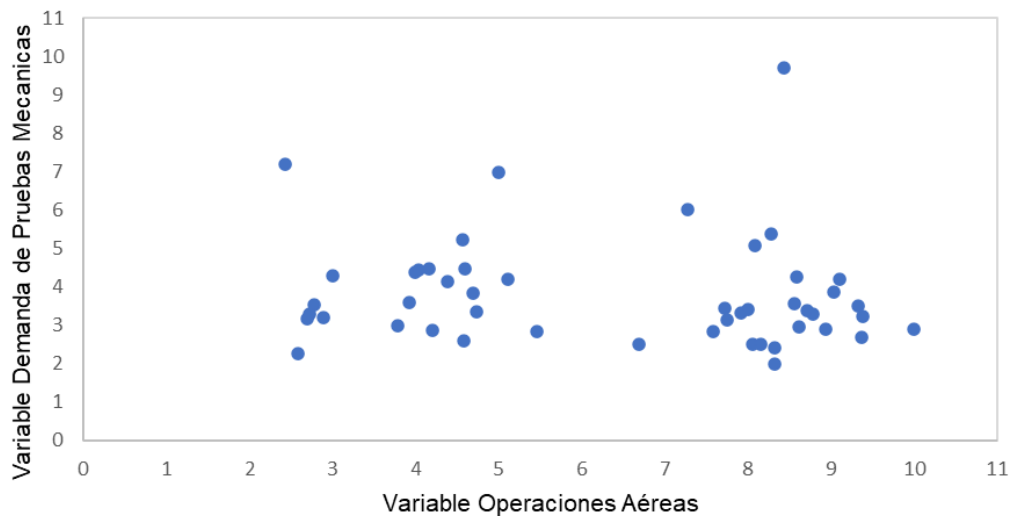
Parámetros y modelo de calibración por dimensión

Variables	Dimensión	Modelo exponencial	Constante	Parámetro exponencial
Operaciones Aéreas	dimension 1	$y = 0,4009 \text{ EXP } 0,0647x$	0.400972638	0.0647
	dimension 2	$y = 1,165 \text{ EXP } 0,0002x$	1.165836378	0.0002
Demanda de Pruebas Mecánicas	dimension 1	$y = 0.9393 \text{ EXP } 0.0304x$	0.939354739	0.0304
	dimension 2	$y = 0.9394 \text{ EXP } 0.0671x$	0.9394	0.0671

Nota: El modelo fue desarrollado en hoja calculo Excell

Figura 20

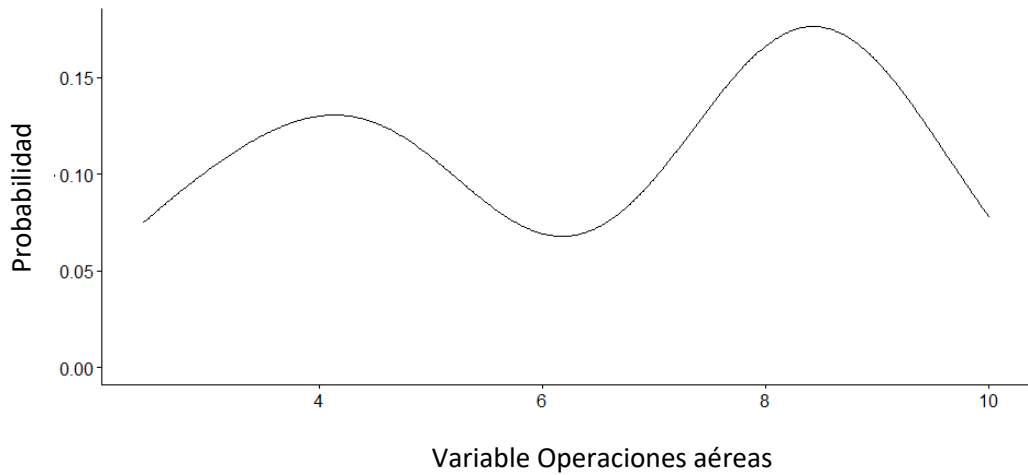
Diagrama de dispersión de los datos de variable calibrado



Nota: Los datos se muestran sin una tendencia clara o definida

Figura 21

Prueba de normalidad de los datos de la variable operaciones aéreas



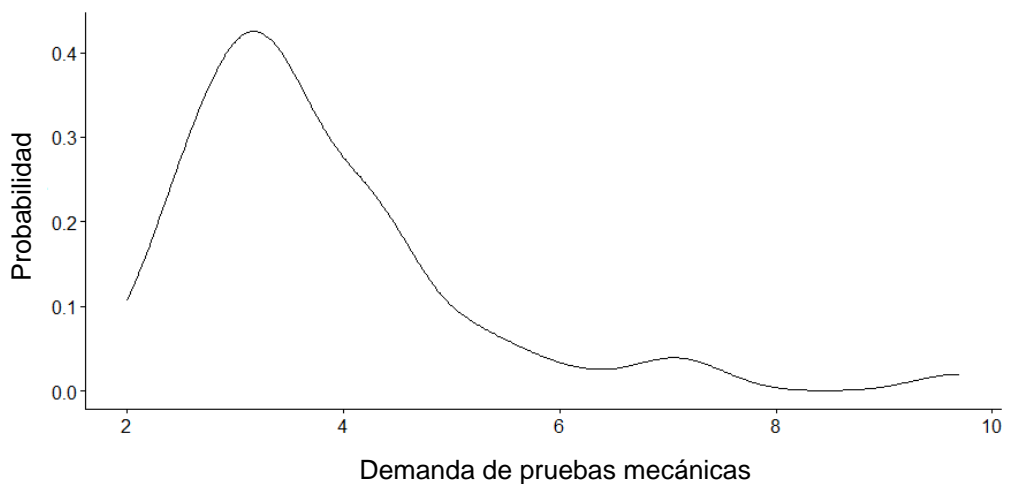
Nota: La curva de densidad de probabilidad se presenta bimodal

Shapiro-Wilk normality test: $W = 0.88628$, $p\text{-value} = 0.0002334$

Los datos no son normal $p\text{-valor} < 0,05$ $[0,0002334 < 0,05]$

Figura 22

Prueba de normalidad de los datos de la variable demanda de pruebas mecánicas



Nota: La curva de densidad de probabilidad se presenta desplazado

Shapiro-Wilk normality test: $W = 0.81192$, $p\text{-value} = 2.445e-06$

Los datos no son normal $p\text{-valor} < 0,05$ $[0,000002445 < 0,05]$

V.4.2 Correlación entre variables.

Tabla 16

Prueba de correlación entre las dos variables por rho de Spearman

Variables	Operaciones aéreas
Demanda de pruebas mecánicas	-0.1554078
	p-valor 0.2915

Nota: El indicador rho se muestra negativo y el p-valor no significativo

VI. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

VI.1. Discusión

El estudio de Tokgoz, Bulkan, Zaim, Denle y Torlak (2018) presenta un objetivo y contexto diferentes al presente estudio, el cual se centra en la medición de variables específicas relacionadas con las operaciones aéreas y la demanda de pruebas en una MRO en Lima. El estudio turco tiene como objetivo mejorar la eficiencia y eficacia de sus operaciones. Si bien ambos estudios analizan variables relacionadas con la industria aerocomercial, los objetivos específicos difieren. El primer estudio se enfoca en variables como el número de aeronaves en condiciones de aeronavegabilidad, el personal de operaciones de mantenimiento, el costo de mantenimiento, el tiempo de mantenimiento, etc. En contraste, en el presente estudio se centra en variables con dimensiones como el número de operadores aéreos, aterrizajes y despegues en el aeropuerto de Lima y la otra variable con dimensiones como el número de pruebas de extensión y/o compresión y número de pruebas de dureza realizadas en un laboratorio metalúrgico.

En el estudio anterior se menciona el uso de pruebas estadísticas para validar el modelo de dinámica de sistemas. Se utilizaron pruebas de reproducción de comportamiento que comparaban los resultados del modelo con datos reales, utilizando medidas como R², MAE, MAPE, MAE/Mean y (R)MSE. También se mencionó el uso de una prueba de consistencia dimensional, que se ejecutó con el software Vensim Unit Check Capacity. Además, se analizaron métodos de evaluación de parámetros, como mínimos cuadrados ordinarios, máxima verosimilitud y filtrado de Kalman por Tokgoz, Bulkan, Zaim, Denle y Torlak (2018). En contraste, en el presente estudio se midieron las dimensiones de las variables empleando estadística descriptiva, prueba de homogeneidad de varianza, prueba de normalidad, análisis de dispersión y análisis de correlación con rho de Spearman.

Aunque el antecedente y el presente estudio comparten el ámbito de la industria aerocomercial, existen diferencias significativas en términos de objetivo, contexto, variables analizadas y uso de métodos estadísticos. En ambos se encuentra el enfoque de sistema y la designación de variables endógenas y exógenas. Esto último se recoge en el presente estudio, el cual sienta las bases para posteriores análisis más complejos. También se debe tener en cuenta que para analizar desde el enfoque de sistemas dinámicos se debe modelar los datos, lo cual requiere un análisis descriptivo de los datos para localizar datos atípicos o outliers que pudieran afectar el modelo dinámico.

En el estudio de Goncalves y Kokkolaras (2018), se centró en la colaboración entre las OEM y las empresas MRO bajo una perspectiva de modelo de negocio colaborativo de sistema de servicio para productos (PSS), también se centra en los desafíos que enfrentan las empresas MRO durante la prestación de servicios de mantenimiento y propone un modelo cuantitativo para mejorar la colaboración entre los OEM y las empresas MRO. Debe mencionarse que el modelo no fue presentado. En contraste, el estudio desarrollado, se enfoca en medir y analizar las variables operaciones aéreas y demanda de pruebas mecánicas. En este mismo estudio se realizó análisis

descriptivos y de correlación mediante rho de Spearman para analizar las variables y sus dimensiones.

En el estudio de Goncalves y Kokkolaras (2018) se propuso un modelo de colaboración, que busco mejorar la calidad de los servicios de mantenimiento. Por otro lado, el presente estudio proporciona resultados específicos sobre las dimensiones de las variables operaciones aéreas y demanda de pruebas mecánicas. Los cuales mostraron una reducción durante los meses de cuarentena y un aumento en los meses posteriores de mayor apertura, aunque aún inferior al promedio previo a la pandemia en el caso de la variable operaciones aéreas y en la variable demanda de pruebas mecánicas se mantuvo disminuyó durante la cuarentena y se recuperó en los meses posteriores.

En el trabajo de Barbosa Vizconde y Merino Urday (2018), se desarrolla un plan estratégico que incluye un análisis de la situación del sector y la elección de la estrategia más adecuada para una OMA en el ámbito aerocomercial. En este contexto, se realizó una proyección de la demanda de servicios de una OMA, la cual consideró un incremento anual del 10% hasta el año 2022. Sin embargo, esta proyección se desestimó con la llegada de la pandemia, lo cual generó distorsiones significativas en las actividades de la OMA al igual que en los demás integrantes del ámbito aerocomercial.

En el presente estudio se considera a los operadores aéreos y al aeródromo o aeropuerto como agentes externos relevantes para la MRO. En contraste, en el trabajo de Barbosa Vizconde y Merino Urday (2018), no los considera pues no se desarrolló bajo un enfoque sistémico el cual consideraría elementos externos a la MRO. En consecuencia, el estudio desarrollado amplía el trabajo de Barbosa Vizconde y Merino Urday (2018) al considerar variables como las operaciones aéreas y la demanda de pruebas mecánicas.

En el escenario de pandemia, se han llevado a cabo estudios de tipo correlacional en el ámbito aeronáutico, como el realizado por Eslava Juscamaita (2020). El autor analizó las variables de Estrategia de Rentabilidad y Gestión de Mantenimiento. En dicho estudio se concluyó que existe una relación moderada pero significativa ($p < 0,05$) entre ambas variables, utilizando el análisis de correlación de Pearson. Sin embargo, a diferencia del análisis desarrollado por el presente estudio, Eslava Juscamaita (2020) solo analizo variables consideradas por la teoría de sistemas como del tipo endógeno, ya que solo se circunscribe a la organización denominada OMA 13. En ambos estudios se incluye el análisis descriptivo de las variables e indicadores.

Otra diferencia importante con el estudio de Eslava Juscamaita (2020) se encuentra en que la cuarentena no parece ejercer alguna influencia relevante en los datos analizados en su estudio, dado que su análisis se basó en el coeficiente de correlación de Pearson, el cual requiere la normalidad de los datos. A diferencia del estudio desarrollado; no se encontró normalidad en los datos de ambas variables, por lo que se analizó mediante correlación rho de Spearman. Por lo tanto, se puede deducir que la inclusión de la variable de Operaciones Aéreas y la elección del análisis de

correlación mediante rho de Spearman permiten acceder a una comprensión más amplia de las interrelaciones existentes en el ámbito aerocomercial bajo condiciones atípicas.

Apostolidis, Pelt y Stamoulis (2020) señalan que el uso intensivo de datos en las operaciones de MRO ha aumentado debido al empleo de sensores en las aeronaves, lo que ha permitido recopilar información para garantizar la seguridad. Sin embargo, destacan que la complejidad de los acuerdos legales entre los actores involucrados ha ralentizado el uso de datos en este campo.

En cuanto a las técnicas utilizadas, los autores mencionan el enfoque general de MRO analytics, que abarca análisis estadístico de datos, machine learning, técnicas de visualización, pruebas de asociación entre otros. Además de señalar aplicación en la elaboración de pronósticos y la detección de anomalías para predecir fallos. En general estas técnicas son útiles para prevenir incidentes y minimizar costos en las operaciones de MRO.

En el presente estudio, se analizaron las dimensiones de las variables operaciones aéreas y la demanda de pruebas mecánicas en el contexto peruano. Se describen los resultados obtenidos para cada variable y se planean conclusiones basadas en esos resultados. A pesar de que las variables analizadas en el presente estudio no coinciden directamente con lo analizado por Apostolidis, Pelt y Stamoulis (2020) se considera que el enfoque de MRO analytics descrito por los autores, resulta relevante debido al recojo de datos en los diferentes actores del ámbito aerocomercial para un posterior análisis. Esto último se recoge el presente estudio como algo sistémico en los diversos miembros del ámbito aerocomercial. Otro punto, se reconoce la importancia de la calidad de los datos, en especial la limpieza de estos para ejecutar los análisis.

En el proyecto de implementación del laboratorio de pruebas mecánicas, metrología y calibración de metales analizado por Baskonus Direkçi (2017) y presentado como plan de negocios, se mencionan los servicios y pruebas que serán ofrecidos por el laboratorio. Aunque no se menciona explícitamente alguna proyección de la carga de trabajo, es inferible que al incrementarse ésta, se obtendrán mayores ingresos y se cubrirán los costos. En el plan publicado, se observa que las pruebas mecánicas a desarrollar por el laboratorio coinciden con la variable demanda de pruebas mecánicas, incluso en una dimensión. Aunque no se describe explícitamente una combinación específica o mix de pruebas para generar ganancias en el plan, existe la posibilidad de que, al ampliar el número de pruebas y servicios ofrecidos por el laboratorio, se obtenga una mayor rentabilidad.

Otra diferencia importante es que este laboratorio no está inmerso en el ámbito aerocomercial turco. En su planificación, está previsto que sirva a los fabricantes de metal de la región de Samsun, en Turquía, los cuales pertenecen a las industrias automotriz, defensa, fabricación de maquinaria e industria médica, con la posibilidad de expandirse a otras industrias.

Por otro lado, el plan de negocios incluye los resultados de una encuesta relacionada con el interés de 80 empresas objetivo. A estas empresas se les preguntó acerca de los servicios y pruebas de laboratorio que se ofrecerán. Los resultados de la encuesta, se resumieron en una tabla

que presenta los niveles de respuesta y porcentajes. No se publicaron los detalles específicos de las preguntas de la encuesta ni la metodología utilizada pero se entiende que abordaba el interés de las empresas por los servicios del laboratorio a implementar.

En el estudio de Rodríguez Márquez (2021) como en el presente, se desarrollan en el contexto del mantenimiento aerocomercial, aunque abordan diferentes enfoques y variables. Rodríguez Márquez (2021) analiza la agilidad en el suministro de soporte logístico y la optimización del mantenimiento de aeronaves, mientras que el presente estudio se centra en las operaciones aéreas y la demanda de pruebas mecánicas.

En cuanto a los métodos estadísticos utilizados, Rodríguez Márquez (2021) realiza un análisis univariado y estadística descriptiva, así como un análisis bivariado para evaluar la correlación entre las variables en el ámbito aeronáutico. Por su parte, el presente estudio utiliza análisis descriptivos, prueba de homogeneidad de varianza y prueba de correlación mediante el coeficiente rho de Spearman para examinar las dimensiones de las variables analizadas.

En términos de los resultados obtenidos, Rodríguez Márquez (2021) encuentra una correlación significativa y alta entre la agilidad del suministro y la optimización del mantenimiento de aeronaves. Por otro lado, el presente estudio muestra una correlación positiva y significativa entre las dimensiones de la variable de operaciones aéreas, también entre las dimensiones de variable de demanda de pruebas mecánicas. Sin embargo, no se encuentra una correlación significativa entre variables. Además, el estudio de Rodríguez Márquez no evalúa la normalidad de los datos, mientras que el presente estudio sí lo hace para todas las dimensiones de las variables.

La investigación de Keleş, Steins y Erkoc (2017) se enfoca en la optimización del proceso de programación de operaciones en una MRO. Para esto, emplearon un modelo de optimización matemática. Su objetivo principal fue minimizar la tardanza total ponderada, teniendo en cuenta la asignación de capacidad, la precedencia de actividades y los costos relativos de tardanza. En el presente estudio, se analizó exclusivamente variables con sus respectivas dimensiones, mediante técnicas estadísticas.

En cuanto a los resultados obtenidos en el estudio anterior, se indica que el modelo propuesto es útil y efectivo para generar soluciones cuando el número de proyectos es relativamente pequeño y el número de actividades no es demasiado grande.

En comparación, el presente estudio se centra en la medición de dos variables: operaciones aéreas y demanda de pruebas mecánicas, las cuales también son analizadas mediante correlación. Mientras que el estudio de Keleş, Steins y Erkoc (2017) se pueden encontrar variables dependientes e independientes dado el modelo de optimización planteado, el cual busca minimizar una variable particular, como el tiempo o la tardanza ponderada total de todas las actividades en la MRO.

Aunque ambos estudios difieren en sus objetivos y enfoques, el estudio de Keleş, Steins y Erkoc (2017) aporta una serie de variables dentro de las operaciones de una MRO, las cuales podrían ser analizadas en estudios posteriores bajo el enfoque de sistemas, considerándolas como variables endógenas

El estudio realizado por Angulo Rebaza (2021) se centra en la competitividad de una organización de mantenimiento aeronáutico en la ciudad de Lima al cual denomina OMA 13. En el estudio analiza variables relacionadas con la competitividad y el desempeño de la organización; para lo cual en su análisis estadístico consideró como variable independiente el desarrollo del capability del OMA 13 y como variable dependiente: competitividad.

En cuanto a los métodos estadísticos utilizados, Angulo Rebaza (2021) se desarrollaron análisis estadístico descriptivo de las variables, prueba de normalidad y prueba de hipótesis, además de un análisis FODA ponderado. A diferencia con el presente estudio no realiza análisis de correlación a pesar de tener dos variables consignadas como dependiente e independiente.

En sus resultados destaca la importancia de las dimensiones de la variable independiente como son: la gestión de mantenimiento, cultura organizacional y capability TMA con sus respectivos indicadores y en la variable dependiente destaca las dimensiones: rentabilidad, agilidad comercial, aseguramiento de la calidad y tecnología con sus respectivos indicadores.

Por otro lado, bajo el enfoque sistémico las variables analizadas por Angulo Rebaza (2021) quedarían consignadas como endógenas, al ser propias de la organización de mantenimiento aeronáutico y no considera otra variable externa o exógena. En este sentido el presente estudio proporciona un panorama más completo para el estudio de mantenimiento aeronáutico

VI.2. Conclusiones

Respecto al objetivo específico 1: Medir las dimensiones de la variable operaciones aéreas para una organización de mantenimiento aeronáutico - Lima 2021

Se midieron las dimensiones de la variable operaciones aéreas para una organización de mantenimiento aeronáutico en Lima durante el año 2021. Se obtuvieron estadísticas principales relacionadas con los operadores aéreos y las operaciones de aterrizaje y despegue en el aeropuerto de Lima. En el análisis, se examinó la variación de estas dimensiones en diferentes períodos, incluyendo el periodo de cuarentena.

En la dimensión de operador aéreo, que representa a las compañías aéreas que operan aeronaves, se observó una presencia promedio de 30 compañías, siendo el valor más frecuente 35 operadores, lo cual indica una tendencia recurrente. Antes de la declaración de la pandemia en Perú, el promedio se mantenía en 35 operadores. Durante los meses de cuarentena, este número se redujo a 19 operadores, mientras que, en los meses posteriores, caracterizados por una mayor apertura (finales de 2020 y todo 2021), el promedio se elevó a 28 operadores.

La figura de dispersión reveló una mayor cantidad de puntos, es decir, un número de operadores superior al promedio de 30 compañías, que correspondería al período previo a la pandemia. También se observó una concentración de valores por debajo del promedio general, aproximándose a los 28 operadores que representan el promedio durante los meses posteriores de mayor apertura. En general, se identifica una desviación de 5 operadores con respecto al promedio.

En cuanto a la dimensión de operatividad aérea, que abarca los aterrizajes y despegues en el aeropuerto de Lima, se registró un promedio general de 4 535 operaciones. Antes de la declaración de la pandemia, este promedio era de 6 782 operaciones. Durante los meses de cuarentena, se produjo una disminución significativa, llegando a 639 operaciones, mientras que en los meses posteriores de mayor apertura a fines de 2020 y durante todo 2021, el promedio se elevó a 2 395 operaciones.

La figura de dispersión mostro una mayor cantidad de puntos, es decir, un número de aterrizajes y despegues por encima del promedio general, lo cual corresponde al período previo a la pandemia. También se observa una concentración de valores muy por debajo del promedio, cercanos al cuartil inferior, que representan el promedio durante los meses de mayor apertura. En general, se identifica una desviación de 2 564 operaciones de aterrizajes y despegues con respecto al promedio.

En resumen, en la dimensión de operador aéreo se observa una disminución durante los meses de cuarentena y un aumento en los meses posteriores de mayor apertura, aunque sigue siendo inferior al promedio previo a la pandemia. En cuanto a la dimensión de operatividad aérea, se produjo una reducción drástica durante los meses de cuarentena y un aumento en los meses posteriores de mayor apertura, pero aún se encuentra por debajo del promedio previo a la pandemia.

La prueba de homogeneidad de varianza reveló que las dimensiones no presentan la misma varianza, siendo menor en la dimensión de operador aéreo. Teniendo en cuenta la varianza y desviación estándar de cada dimensión para evaluar la hipótesis específica HE1, se concluye que la dimensión de operador aéreo es más relevante debido a su menor variación en comparación con la dimensión de operatividad aérea.

En ambas dimensiones se observó una desviación con respecto al promedio previo a la pandemia, con una concentración de valores por debajo del promedio durante los meses de cuarentena y una concentración de valores por encima del promedio previo a la pandemia durante el período anterior a la pandemia.

Respecto al objetivo específico 2: Medir las dimensiones de la variable demanda de pruebas mecánicas para una organización de mantenimiento aeronáutico - Lima 2021

Se midieron las dimensiones de la demanda de pruebas mecánicas para una organización de mantenimiento aeronáutico en Lima durante el año 2021. Se obtuvieron estadísticas principales relacionadas con el número de pruebas de spring assy y pruebas de dureza realizadas en el laboratorio. En el análisis, se examinó la variación en la demanda de pruebas mecánicas en diferentes períodos, incluyendo el periodo de la cuarentena.

En la dimensión de spring assy, que representa el número de pruebas de extensión y/o compresión, se observó un promedio general de 19 pruebas, siendo 10 pruebas el valor más frecuente, como indica la moda. Antes de la declaración de la pandemia en Perú, el promedio se

mantenía en 19 pruebas. Durante los meses de cuarentena, este número se redujo a 17 pruebas, mientras que, en los meses posteriores de mayor apertura, a fines de 2020 y durante todo 2021, el promedio se elevó a 18 pruebas. Otro indicador del número de pruebas, la mediana, mostró que el 50% del número de pruebas por mes antes de la pandemia era de 16, durante los meses de cuarentena se redujo a 14 pruebas por mes y en los meses posteriores se elevó a 16, lo que indica que se logró restablecer el número de pruebas.

La figura de dispersión reveló un conjunto de puntos o número de pruebas spring assy por debajo del promedio, cerca del cuartil inferior, que coincide con la moda de 10 pruebas por mes. El resto de los datos se distribuye en los cuartiles restantes. En general, se puede observar que la dispersión se encuentra equilibrada a ambos lados del promedio. Además, se identifica una desviación de 11,6 con respecto al promedio.

En cuanto a la dimensión de medición de dureza (Hardness measurement), que representa el número de pruebas de dureza realizadas, se registró un promedio general de 9 pruebas, siendo 4 pruebas el valor más frecuente, como indica la moda. Antes de la declaración de la pandemia en Perú, el promedio era de 8 pruebas. Durante los meses de cuarentena, este número disminuyó a 7 pruebas, mientras que, en los meses posteriores de mayor apertura, a fines de 2020 y durante todo 2021, el promedio se elevó a 13 pruebas. La mediana, otro indicador del número de pruebas, mostró que el 50% del número de pruebas por mes antes de la pandemia era de 6, durante los meses de cuarentena se elevó a 9 pruebas por mes y en los meses posteriores se elevó a 13.

La figura de dispersión revela un conjunto de puntos o número de pruebas de medición de dureza cercano al promedio y al cuartil inferior, coincidiendo con la moda de 4 pruebas por mes. El resto de los datos se distribuye cerca del cuartil superior. En general, se puede observar que la dispersión se encuentra equilibrada a ambos lados del promedio. Además, se identifica una desviación de 5,9 con respecto al promedio.

Respecto al objetivo específico 3: Determinar la relación entre las dimensiones de la variable de operaciones aéreas y las dimensiones de la variable de demanda de pruebas mecánicas para trenes de aterrizaje en una organización de mantenimiento aeronáutico- Lima 2021

Se llevó a cabo un análisis de correlación entre las dimensiones de las variables de operaciones aéreas y demanda de pruebas mecánicas para evaluar la existencia de una relación entre ellas. Los resultados obtenidos mediante el coeficiente de correlación rho de Spearman revelaron una alta correlación positiva con un valor p significativo entre las dimensiones operador aéreo y operatividad aérea.

Es importante destacar que, aunque los resultados indican una correlación positiva moderada entre las dimensiones de la variable de demanda de pruebas mecánicas, el hecho de que el valor p no sea significativo permite concluir que las dimensiones hardness measurement y spring assy no están correlacionadas entre sí. También se podría inferir que la ocurrencia del número de pruebas será independiente entre estas dimensiones.

Al analizar la correlación entre las dimensiones de ambas variables, se observa una correlación negativa moderada a baja, lo que sugiere que a medida que aumentan los valores de una variable, los valores de la otra variable tienden a disminuir. Sin embargo, dado que el valor p no es significativo (p -valor > 0.05), no se puede afirmar que exista una correlación significativa entre las dimensiones de las variables de operaciones aéreas y la demanda de pruebas mecánicas. Por lo tanto, no se puede establecer una relación directa entre las dimensiones de estas dos variables basándose en los resultados obtenidos.

Después de evaluar los resultados de correlación entre las dimensiones de la misma variable y las correlaciones cruzadas con las dimensiones de la otra variable, para la hipótesis específica HE3, se puede afirmar lo siguiente: Hasta el momento no existe una relación positiva general entre las dimensiones de ambas variables. Solo se observa una correlación parcial entre las dimensiones dentro de cada variable. Las variables de operaciones aéreas y demanda de pruebas mecánicas no están directamente relacionadas entre sí, pero sí existe relación entre las dimensiones dentro de cada variable.

Respecto al objetivo general: Según los resultados presentados en el estudio, no se puede afirmar que se alcanzó el objetivo general, el cual pretendía determinar la relación entre las operaciones aéreas y la demanda de pruebas mecánicas para trenes de aterrizaje en una organización de mantenimiento aeronáutico en Lima 2021.

De acuerdo con el análisis de correlación de las variables operaciones aéreas y demanda de pruebas mecánicas, el indicador rho se presenta negativo rho: -0.1554078 con un p -valor de 0.2915 lo cual resulta no significativo, lo que indica que no hay una correlación entre estas variables.

Según los resultados presentados en el estudio, no se proporciona evidencia suficiente para afirmar que se alcanzó el objetivo general de determinar la relación entre las operaciones aéreas y la demanda de pruebas mecánicas en la organización de mantenimiento aeronáutico en Lima 2021, debiendo aclararse en un estudio posterior la relación entre variables, después de haber realizado la limpieza de datos respectiva y desarrollado todas las pruebas necesarias, excluyendo los datos del periodo de la pandemia

VI.3. Recomendaciones

Recomendación acerca de la conclusión 1:

Se recomienda identificar puntos singulares o valores atípicos fuera del período de cuarentena. Además, se sugiere realizar los análisis correspondientes excluyendo los datos del período de cuarentena. De esta manera, se obtendrán resultados más representativos y se podrá comprender mejor las tendencias en las dimensiones de las operaciones aéreas y la demanda de pruebas mecánicas sin interferencias.

Recomendación acerca de la conclusión 2:

Se debe identificar cualquier demora en el proceso de emisión de órdenes de prueba durante el período de cuarentena y los meses posteriores a la apertura, con el fin de evitar discrepancias en los registros.

Asimismo, es necesario analizar las demoras o colas en el desarrollo de las pruebas spring assy y hardness measurement en el laboratorio, con el objetivo de recuperar el nivel previo a la pandemia.

Además, se debe investigar los factores que contribuyeron al aumento significativo en las pruebas de dureza durante los meses posteriores a la mayor apertura, y determinar si este nivel es sostenible a largo plazo.

Recomendación acerca de la conclusión 3:

Se deben realizar análisis adicionales excluyendo los datos del período de la pandemia con el fin de obtener resultados más representativos y evitar la influencia atípica en los resultados de correlación.

Además, es importante considerar la posibilidad de explorar otras variables o dimensiones que puedan tener una relación más significativa entre las operaciones aéreas y la demanda de pruebas mecánicas.

Asimismo, se debe evaluar la viabilidad de llevar a cabo un estudio más amplio y detallado para determinar la relación directa entre las dimensiones de ambas variables y comprender mejor su interacción.

Recomendación acerca de la conclusión general:

Realizar un análisis adicional excluyendo los datos del período de cuarentena para obtener resultados más representativos y precisos sobre la relación entre las operaciones aéreas y la demanda de pruebas mecánicas.

Llevar a cabo una limpieza exhaustiva de los datos del periodo previo y posterior a la cuarentena por pandemias para asegurar la calidad de los resultados y evitar que valores atípicos afecten los resultados de correlación.

Realizar pruebas estadísticas adicionales, como análisis de la distribución de datos, pruebas de normalidad y homogeneidad con el nuevo set de datos, para evaluar la existencia de una correlación significativa entre las variables y lograr una comprensión más completa de su relación.

Completar el set de datos depurados y en lo posible, aumentar el tamaño de la muestra para mejorar la representatividad de los resultados y obtener una visión más precisa de la relación entre las operaciones aéreas y la demanda de pruebas mecánicas.

Considerar analizar otras variables o dimensiones relevantes además de las ya estudiadas, incluyendo factores económicos, tecnológicos y otros que podrían tener un impacto significativo en la demanda de pruebas mecánicas para cada participante del sistema aerocomercial.

Lista de referencias

- Aeroclass. (2022). <https://www.aeroclass.org/mro-aviation/>
- Angulo Rebaza, C. A. (2021). *Desarrollo empresarial público de derecho privado en el sector de mantenimiento aeronáutico en la Marina de Guerra del Perú*. Tesis doctoral, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Lima. Recuperado 22 de Setiembre de 2022, de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/16766>
- Apostolidis, A., Pelt, M., & Stamoulis, K. (2020). Aviation Data Analytics in MRO Operations: Prospects and Pitfalls. *Conference: 2020 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)*. doi:DOI:10.1109/RAMS48030.2020.9153694
- Archidata Danışmanlık Hizmetleri. (2016). *Rekabetcı Sektorler Programı*. Recuperado 28 de Setiembre de 2022, de https://rekabetcısektorler.sanayi.gov.tr/media/dokumanlar/Samsun_Metal_Metrology_and_Calibration_Laboratory_Business_Plan.pdf
- Ashford, N. J., H. P., M. S., Moore, C. A., Coutu, P., y Beasley, J. R. (2013). *Airport Operations* (Third ed.). The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Barboza Vizconde, G., y Merino Urday, C. (2018). *Plan Estratégico Del Servicio De Mantenimiento (Semana Perú Sac)*. Lima: Universidad de Piura. Recuperado 30 de Octubre de 2020.
- Baskonus Direkçi, T. (2016). *Technical Assistance for the Operation of Samsun Metal Metrology and Calibration Laboratory*. Turquía: Archidata Danışmanlık. Recuperado 28 de Setiembre de 2022, de https://akbis.gantep.edu.tr/detay/?A_ID=148006_prof-dr_tuba-direkci
- Becker, W. S., y W, M. D. (2015). *Forensic Laboratory Management Applying Business Principles*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Belobaba, P., Odoni, A., y Barnhart, C. (2016). *THE GLOBAL AIRLINE INDUSTRY* (Second ed.). John Wiley & Sons, Ltd.
- BTS. (2020). *United States Department of Transportation*. (Bureau of Transportation Statistics) Recuperado 30 de Noviembre de 2020, de <https://www.bts.gov/topics/airlines-and-airports/airline-information-download>
- Carone, J. (2020). Mechanical Testing. En M. Joseph D, y M. M. Cyrus C (Edits.), *Between Making and Knowing* (pág. 620). UK. Recuperado 28 de Setiembre de 2022.
- Cooper, T., Reagan, I., Porter, C., Green, K., y Franzoni, C. (2020). *Oliver Wyman's Global Fleet & MRO Market Forecast Commentary 2020-2030*. Investigación de Mercado, Oliver Wyman. Recuperado 14 de Noviembre de 2020, de https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/global/en/images/insights/energy/2020/Fleet_and_MRO_forecast_commentary_2020_2030.pdf

- CORPAC SA. (20 de noviembre de 2020). CORPORACIÓN PERUANA DE AEROPUERTOS Y AVIACIÓN COMERCIAL S.A.
[https://portal2.corpac.gob.pe/Docs/Transparencia/MOF/Gerencia_Operaciones_Aeronauticas_\(GG-063-2019_22-04-2019\).pdf](https://portal2.corpac.gob.pe/Docs/Transparencia/MOF/Gerencia_Operaciones_Aeronauticas_(GG-063-2019_22-04-2019).pdf)
- CORPAC. (2020). *www.corpac.gob.pe*. Recuperado 30 de Noviembre de 2020, de <https://www.corpac.gob.pe/Main.asp?T=5622>
- DGAC. (2018). REQUISITOS DE OPERACIÓN: OPERACIONES NACIONALES E INTERNACIONALES REGULARES Y NO REGULARES. *Regulación Aeronáutica de Perú, Segunda edición*. Recuperado 28 de agosto de 2022, de <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/320365-rap-121-requisitos-de-operacion-operaciones-nacionales-e-internacionales-regulares-y-no-regulares>
- DGAC. (2020). (MTC, Editor) Recuperado 30 de Noviembre de 2020, de <https://www.gob.pe/8032>
- Eslava Juscamaita, M. (2020). *INCREMENTANDO LA PRODUCTIVIDAD EN LA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO AERONÁUTICO (OMA-013)*. Tesis, UNIVERSIDAD RICARDO PALMA, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Lima. Recuperado 28 de Setiembre de 2022, de <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3594>
- European Aviation Safety Agency. (2020). *EASA*. Recuperado 10 de Noviembre de 2020, de <https://www.easa.europa.eu/home>
- European Parliament and of the Council. (2020). *eur-lex.europa.eu*. (C. R. 965/2012, Ed.) Recuperado 25 de Noviembre de 2020, de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02012R0965-20200814&qid=1606705452464>
- FAA. (2022). *Federal Aviation Administration*.
https://www.faa.gov/documentlibrary/media/notice/n_8900.410.pdf
- Federal Aviation Administration. (2020). (U. D. Transportation, Editor) Recuperado 10 de Noviembre de 2020, de Federal Aviation Administration: <https://www.faa.gov/>
- Goncalves, C., y Kokkolaras, M. (2017). MODELING THE RELATIONSHIP BETWEEN AVIATION ORIGINAL EQUIPMENT MANUFACTURERS AND MAINTENANCE, REPAIR AND OVERHAUL ENTERPRISES FROM A PRODUCT-SERVICE SYSTEM PERSPECTIVE. *Proceedings of the 21 st International Conference on Engineering Design, Vol. 3: Product, Services and Systems Design*, págs. 389 - 398. Vancouver. Recuperado 15 de Noviembre de 2020, de <https://www.designsociety.org/publication/39644/Modeling+the+relationship+between+aviation+original+equipment+manufacturers+and+maintenance%2C+repair+and+overhaul+enterprises+from+a+product-service+system+perspective>
- IATA. (2022). *ww.iata.org*. Recuperado Mayo de 2023, de https://www.iata.org/contentassets/bf8ca67c8bcd4358b3d004b0d6d0916f/fy2021-mctg-report_public.pdf
- Keleş, B., Steins, E., & Erkoç, M. (2017). Project Scheduling for MRO Work Orders. 67th Annual Conference and Expo of the Institute of Industrial Engineers 2017. Pittsburgh

- Kim, S. H. (2017). Efficient Management for the Capacity of Incheon Airport and Gimpo Airport through Dynamic Slot Allocation. *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 25(3), 101-107. Recuperado el 29 de Junio de 2023, de <https://doi.org/10.12985/ksaa.2017.25.3.101>
- MTC. (2020). *portal.mtc.gob.pe*. (A. C. trámites, Editor) Recuperado 30 de Noviembre de 2020, de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/aeronautica_civil/empresas_certificadas/Empresas_Certificadas_y_o_Autorizadas.html
- MTC. (2022). *Ministerio Transporte Comunicaciones*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/418703/Cap16_MIA_PART_II_VOL_I_.pdf
- OACI - Oficina Regional Sudamericana. (2018). *www.icao.int*. (O. d. Internacional, Ed.) Recuperado 11 de Noviembre de 2020, de https://www.icao.int/SAM/Documents/2018-SAMIG22/SAMIG22_NI26%20PER.pdf
- Oñate, A. E. (2016). *Materiales de Mantenimiento Aeronáutico*. En E. 66 (Ed.). Madrid, España: Paraninfo.
- Remzi Salto, L., Nazmia, H., y Gökhan, E. (2016). Aircraft Scheduled Airframe Maintenance and Downtime Integrated Cost Model. *Advances in Operations Research*, 2016(ID 2576825). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1155/2016/2576825>
- Rodrigues Viera, D., y Lavorato Loures, P. (2016). Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) Fundamentals and Strategies: An Aeronautical Industry Overview. *International Journal of Computer Applications, Volumen 135(Nº.12.)*, 21 - 29. Recuperado 15 de Noviembre de 2020, de <https://www.ijcaonline.org/research/volume135/number12/vieira-2016-ijca-908563.pdf>
- Rodríguez Márquez, L. A. (2021). *OPTIMIZACION DEL MANTENIMIENTO DE AERONAVES DE LA FAP POR EL SUMINISTRO AGIL DEL SOPORTE LOGISTICO INTEGRAL DE COMPAÑIAS FABRICANTES Y/O CERTIFICADAS*. Lima. Recuperado 07 de Octubre de 2022, de <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/5979>
- Seitza, M., Luchta, T., Kellerb, C., Ludwigc, C., Strobeltd, R., y Nyhuisa, P. (2020). Improving MRO order processing by means of advanced technological diagnostics and data mining approaches. En P. Manufacturing (Ed.), *17th Global Conference on Sustainable Manufacturing*, 43, págs. 688-695. <https://doi.org/DOI: 10.1016/j.promfg.2020.02.121>
- Subhan, M. E., Iman, F. N., Ginting, S., Christalina, L. L., Indradewa, R., . . . Rahmat Syah, T. Y. (2022). Strategic Formulation Analysis to Build a New Mechanical Testing Laboratory in Indonesia. *International Journal of Research and Review*, 9(2), 288 - 296. Obtenido de <https://doi.org/10.52403/ijrr.20220239>
- Skybrary. (2022). <https://skybrary.aero/articles/airworthiness>
- The Boeing Company. (2016). *Component Maintenance Manual*. Seattle, Washington, EEUU: BOEING COMMERCIAL AIRPLANES GROUP.

Tokgoz, A., Bulkan, S., Zaim, S., Delen, D., y Torlak, G. (2018). Modeling airline MRO operations using a systems dynamics approach: a case study of Turkish Airlines. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/JQME-05-2017-0037>

Vasanth, G., Deepack, R., Murali, S., y Magesh, S. (2020). Comprehensive analysis on mechanical behavior of airworthy raw materials for aircraft landing gear system. *AIP Publishing*(2283), pág. 020096. Recuperado 30 de julio de 2021, de <https://doi.org/10.1063/5.0024956>

Young, S. B., y Wells, A. T. (2019). *Airport Planning & Management*. New York: McGraw-Hill Education. <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781260143324>

Apéndice

Apéndice N° 01 MATRIZ DE CONSISTENCIA

AUTOR: Salvatore Mancha Gonzales				FECHA: 28 / 09 / 22	
TÍTULO: OPERACIONES AEREAS Y DEMANDA DE PRUEBAS MECÁNICAS PARA TRENES DE ATERRIZAJE EN UNA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO AERONÁUTICO – LIMA 2021					
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	
1. Problema General:	1. Objetivo General:	1. Hipótesis General:	V. 1	1. Tipo de Investigación Aplicada	
¿Cómo las operaciones aéreas se relacionan con la demanda de pruebas mecánicas para trenes de aterrizaje en una organización de mantenimiento aeronáutico - Lima 2021?	Determinar la relación entre operaciones aéreas y la demanda de pruebas mecánicas para trenes de aterrizaje en una organización de mantenimiento aeronáutico - Lima 2021.	Las operaciones aéreas se relacionan de manera directa con la demanda de pruebas mecánicas para trenes de aterrizaje en una organización de mantenimiento aeronáutico – Lima 2021	Operaciones aéreas	2. Nivel de Investigación Correlacional	
				3. Método: Analítico	
				4. Diseño de la Investigación: No experimental	
2. Problemas Específicos:	2. Objetivos Específicos	2. Hipótesis Específicas (opcional):	V. 2	5. Población: 48 Registros de prueba	
¿Qué dimensión de la variable operaciones aéreas tiene mayor relevancia para una organización de mantenimiento aeronáutico – Lima 2021?	Medir las dimensiones de la variable operaciones aéreas para una organización de mantenimiento aeronáutico - Lima 2021.	La dimensión de la variable operaciones aéreas de mayor relevancia es operador aéreo para una organización de mantenimiento aeronáutico – Lima 2021.		6. Muestra: 48 Registros de prueba	
¿Que dimensión de la variable demanda de prueba mecánica tiene mayor relevancia para una organización de mantenimiento aeronáutico – Lima 2021?	Medir las dimensiones de la variable demanda de pruebas mecánicas para una organización de mantenimiento aeronáutico - Lima 2021.	La dimension de la variable demanda de pruebas mecánica de mayor relevancia es hardness measurement para una organización de mantenimiento aeronáutico – Lima 2021.	Demanda de pruebas mecánicas	7. Técnicas: Revisión documental	
¿Cómo se relaciona las dimensiones de la variable operaciones aereas y las dimensiones de la variable demanda de pruebas mecanicas para trenes de aterrizaje en una organización de mantenimiento aeronautico - OMA 018, Lima 2021?	Determinar la relación entre las dimensiones de la variable operaciones aéreas y las dimensiones de la variable demanda de pruebas mecanicas para trenes de aterrizaje en una organización de mantenimiento aeronáutico - Lima 2021.	Las dimensiones de la variable operaciones aéreas se relaciona significativamente con cada una de las dimensiones de la variable demanda de pruebas mecánicas para trenes de aterrizaje en una organización de mantenimiento aeronáutico – Lima 2021.		8. Instrumentos: Formato de resumen de registro de pruebas	
				9. Indicadores: Suma de N° aterrizaje y N° despegue N° de compañías aéreas N° de ordenes de prueba spring assy N° de ordenes de prueba hardness measurement	

Apéndice N° 02
 RESUMEN DE REGISTRO PARA LA VARIABLE OPERACIONES AEREAS

Variable: Operaciones Aéreas

N° Registro	Mes	Variable	Operador	Aterrizajes	Despegues	Aterrizajes + Despegues	Año

Operador: Número de Compañías con vuelos de entrada y salida del aeródromo en Lima para el mes de registro.
 Aterrizajes + Despegues; Número total de aterrizajes y despegues de aeronaves comerciales en aeródromo en Lima.

NOTA: Las celdas serán completadas con la información provenientes de los reportes mensuales publicados en el portal CORPAC, consignando solo números enteros para las celdas: operador, aterrizajes y despegues.

Apéndice N° 03

RESUMEN DE REGISTRO PARA LA VARIABLE DEMANDA DE PRUEBAS MECÁNICAS

Variable: Demanda de Pruebas Mecánicas

N° registro	Mes	Variable	Spring Assy	Hardness Measurement	Spring Assy + Hardness Measurement	Año

Spring Assy + Hardness Measurement: Número total de pruebas "Spring" y "Hardness" realizadas en el mes de registro.

NOTA: Las celdas serán completadas con la información provenientes de las ordenes de trabajo que ejecuta laboratorio, consignando solo números enteros para las celdas: spring assy; hardness measurement.

Apéndice N° 04
FICHAS DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS

EXPERTO 01



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
ESCUELA DE POST GRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

**OPERACIONES AEREAS Y DEMANDA DE PRUEBAS MECÁNICAS PARA TRENES DE ATERRIZAJE EN
UNA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO AERONÁUTICO - LIMA 2021**

VALIDACIÓN DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Nombre: Jorge Luis Huacho Vega
Especialidad: INGENIERIA MECANICA
Fecha: 18.ENE.2021
Nombre del instrumento: OPERACIONES AEREAS

II. OBSERVACIONES EN CUANTO A:

1. FORMA: NINGUNO
2. CONTENIDO: NINGUNO
3. ESTRUCTURA: NINGUNO

III. APORTES Y/O SUGERENCIAS:

NINGUNO

Luego, de revisado el documento, procede a su aprobación.

SI NO

Nombre y Firma
Fecha 18.ENE.2021



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
ESCUELA DE POST GRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

**OPERACIONES AEREAS Y DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS PARA TRENES DE ATERRIZAJE EN
UNA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO AERONÁUTICO - LIMA 2021**

VALIDACIÓN DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Nombre: JORGE WISHWECAN JEGA
Especialidad: INGENIERIA MECANICA
Fecha: 18 ENERO 2021
Nombre del instrumento: DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS

II. OBSERVACIONES EN CUANTO A:

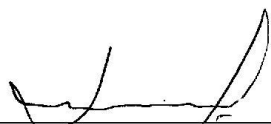
- 1. FORMA: NINGUNO
- 2. CONTENIDO: NINGUNO
- 3. ESTRUCTURA: NINGUNO

III. APORTES Y/O SUGERENCIAS:

NINGUNO

Luego, de revisado el documento, procede a su aprobación.

SI NO


Nombre y Firma
Fecha: 18.01.2021

EXPERTO 02



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
ESCUELA DE POST GRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

**OPERACIONES AEREAS Y DEMANDA DE PRUEBAS MECÁNICAS PARA TRENES DE ATERRIZAJE EN
UNA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO AERONÁUTICO - LIMA 2021**

VALIDACIÓN DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Nombre: Batzaide Teobal Hillpa Zapate
Especialidad: Ingeniería Aeronáutica
Fecha: Lima, 20 de Enero del 2021
Nombre del instrumento: Operaciones Aereas

II. OBSERVACIONES EN CUANTO A:

- 1. FORMA: Óptimo
- 2. CONTENIDO: Óptimo
- 3. ESTRUCTURA: Óptimo

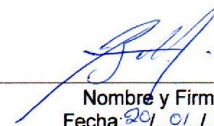
III. APORTES Y/O SUGERENCIAS:

Óptimo

Luego, de revisado el documento, procede a su aprobación.

SI

NO


Nombre y Firma
Fecha: 20.01.2021



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
ESCUELA DE POST GRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

**OPERACIONES AEREAS Y DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS PARA TRENES DE ATERRIZAJE EN
UNA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO AERONÁUTICO - LIMA 2021**

VALIDACIÓN DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Nombre: Rafael Isbel Hilpo Lopez
Especialidad: Ingeniero Químico
Fecha: Lima, 20 de Enero del 2021
Nombre del instrumento: Demanda de Pruebas Mecánicas

II. OBSERVACIONES EN CUANTO A:

1. FORMA: Ninguna
2. CONTENIDO: Ninguna
3. ESTRUCTURA: Ninguna

III. APORTES Y/O SUGERENCIAS:

Ninguna

Luego, de revisado el documento, procede a su aprobación.

SI NO


Nombre y Firma
Fecha: 20/01/2021

EXPERTO 03



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
ESCUELA DE POST GRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

**OPERACIONES AEREAS Y DEMANDA DE PRUEBAS MECÁNICAS PARA TRENES DE ATERRIZAJE EN
UNA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO AERONÁUTICO - LIMA 2021**

VALIDACIÓN DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Nombre: Rosev Antonio Chustonez Peneiro
Especialidad: Ingeniero Mecánico
Fecha: 21-01-2021
Nombre del instrumento: OPERACIONES AEREAS

II. OBSERVACIONES EN CUANTO A:

1. FORMA: NINGUNO
2. CONTENIDO: NINGUNO
3. ESTRUCTURA: NINGUNO

III. APORTES Y/O SUGERENCIAS:

NINGUNO

Luego, de revisado el documento, procede a su aprobación.

SI NO

Nombre y Firma
Fecha: 21.1.2021



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
ESCUELA DE POST GRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

OPERACIONES AEREAS Y DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS PARA TRENES DE ATERRIZAJE EN UNA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO AERONÁUTICO - LIMA 2021

VALIDACIÓN DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Nombre: ROGER ANDRÉS OLIVEROS PRINCE
Especialidad: INGENIERO MECANICO
Fecha: 21-01-2021
Nombre del instrumento: DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS

II. OBSERVACIONES EN CUANTO A:

- 1. FORMA: NINGUNO
- 2. CONTENIDO: NINGUNO
- 3. ESTRUCTURA: NINGUNO

III. APORTES Y/O SUGERENCIAS:

NINGUNO

Luego, de revisado el documento, procede a su aprobación.

SI NO

Nombre y Firma
Fecha: 21.01.2021

Apéndice N° 05
RESUMEN DE REGISTRO DE DATOS PARA ANALISIS

N° Registro	Mes	Variable	Operador	Aterrizajes	Despegues	Aterrizajes + Despegues	Año
1	ENE	OPERACIONES AÉREAS	35	3521	3513	7034	2018
2	FEB	OPERACIONES AÉREAS	30	3015	3017	6032	2018
3	MAR	OPERACIONES AÉREAS	34	3341	3350	6691	2018
4	ABR	OPERACIONES AÉREAS	33	3280	3278	6558	2018
5	MAY	OPERACIONES AÉREAS	35	3328	3330	6658	2018
6	JUN	OPERACIONES AÉREAS	33	3205	3201	6406	2018
7	JUL	OPERACIONES AÉREAS	38	3481	3476	6957	2018
8	AGO	OPERACIONES AÉREAS	36	3476	3464	6940	2018
9	SET	OPERACIONES AÉREAS	35	3361	3345	6706	2018
10	OCT	OPERACIONES AÉREAS	35	3490	3484	6974	2018
11	NOV	OPERACIONES AÉREAS	35	3429	3402	6831	2018
12	DIC	OPERACIONES AÉREAS	39	3642	3637	7279	2018
13	ENE	OPERACIONES AÉREAS	37	3646	3631	7277	2019
14	FEB	OPERACIONES AÉREAS	34	3271	3253	6524	2019
15	MAR	OPERACIONES AÉREAS	36	3548	3546	7094	2019
16	ABR	OPERACIONES AÉREAS	35	3373	3341	6714	2019
17	MAY	OPERACIONES AÉREAS	37	3464	3450	6914	2019
18	JUN	OPERACIONES AÉREAS	34	3314	3303	6617	2019
19	JUL	OPERACIONES AÉREAS	37	3628	3593	7221	2019
20	AGO	OPERACIONES AÉREAS	37	3488	3492	6980	2019
21	SET	OPERACIONES AÉREAS	33	3310	3277	6587	2019

22	OCT	OPERACIONES AÉREAS	36	3364	3352	6716	2019
23	NOV	OPERACIONES AÉREAS	34	3375	3336	6711	2019
24	DIC	OPERACIONES AÉREAS	34	3402	3393	6795	2019
25	ENE	OPERACIONES AÉREAS	36	3449	3408	6857	2020
26	FEB	OPERACIONES AÉREAS	32	3163	3118	6281	2020
27	MAR	OPERACIONES AÉREAS	31	1903	1858	3761	2020
28	ABR	OPERACIONES AÉREAS	18	264	248	512	2020
29	MAY	OPERACIONES AÉREAS	20	308	301	609	2020
30	JUN	OPERACIONES AÉREAS	22	340	323	663	2020
31	JUL	OPERACIONES AÉREAS	21	337	323	660	2020
32	AGO	OPERACIONES AÉREAS	19	330	315	645	2020
33	SET	OPERACIONES AÉREAS	19	387	363	750	2020
34	OCT	OPERACIONES AÉREAS	14	534	518	1052	2020
35	NOV	OPERACIONES AÉREAS	31	800	778	1578	2020
36	DIC	OPERACIONES AÉREAS	28	1009	1003	2012	2020
37	ENE	OPERACIONES AÉREAS	24	1207	1198	2405	2021
38	FEB	OPERACIONES AÉREAS	28	962	940	1902	2021
39	MAR	OPERACIONES AÉREAS	27	939	925	1864	2021
40	ABR	OPERACIONES AÉREAS	27	841	827	1668	2021
41	MAY	OPERACIONES AÉREAS	27	996	974	1970	2021
42	JUN	OPERACIONES AÉREAS	29	1050	1028	2078	2021
43	JUL	OPERACIONES AÉREAS	29	1284	1264	2548	2021
44	AGO	OPERACIONES AÉREAS	30	1295	1269	2564	2021
45	SET	OPERACIONES AÉREAS	29	1324	1296	2620	2021
46	OCT	OPERACIONES AÉREAS	29	1459	1435	2894	2021
47	NOV	OPERACIONES AÉREAS	30	1609	1574	3183	2021
48	DIC	OPERACIONES AÉREAS	30	1726	1705	3431	2021

N° Registro	Mes	Variable	Spring assy test	Hardness measurement test	Spring Assy + Hardness Measurement	Año
1	ENE	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	12	8	20	2018
2	FEB	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	10	4	14	2018
3	MAR	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	8	5	13	2018
4	ABR	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	12	12	24	2018
5	MAY	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	34	16	50	2018
6	JUN	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	19	3	22	2018
7	JUL	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	10	6	16	2018
8	AGO	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	8	12	20	2018
9	SET	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	8	4	12	2018
10	OCT	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	30	4	34	2018
11	NOV	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	55	24	79	2018
12	DIC	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	19	4	23	2018
13	ENE	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	10	11	21	2019
14	FEB	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	15	10	25	2019
15	MAR	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	19	4	23	2019
16	ABR	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	2	1	3	2019
17	MAY	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	34	4	38	2019
18	JUN	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	25	6	31	2019
19	JUL	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	23	8	31	2019
20	AGO	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	14	16	30	2019
21	SET	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	16	8	24	2019
22	OCT	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	31	10	41	2019
23	NOV	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	47	3	50	2019
24	DIC	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	8	5	13	2019
25	ENE	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	10	12	22	2020
26	FEB	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	34	19	53	2020

27	MAR	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	19	3	22	2020
28	ABR	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	8	2	10	2020
29	MAY	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	14	12	26	2020
30	JUN	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	33	9	42	2020
31	JUL	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	23	5	28	2020
32	AGO	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	14	9	23	2020
33	SET	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	14	10	24	2020
34	OCT	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	39	22	61	2020
35	NOV	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	12	4	16	2020
36	DIC	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	10	8	18	2020
37	ENE	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	10	9	19	2021
38	FEB	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	23	15	38	2021
39	MAR	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	29	12	41	2021
40	ABR	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	18	11	29	2021
41	MAY	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	28	13	41	2021
42	JUN	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	8	17	25	2021
43	JUL	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	38	13	51	2021
44	AGO	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	16	10	26	2021
45	SET	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	11	18	29	2021
46	OCT	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	14	14	28	2021
47	NOV	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	24	25	49	2021
48	DIC	DEMANDA DE PRUEBAS MECANICAS	4	18	22	2021