

## Diagnóstico predictivo de fallas en motores mediante análisis vibracional e inteligencia artificial.

### *Predictive diagnosis of motor failures through vibrational analysis and artificial intelligence-*

Jair Elías Araujo Vargas<sup>1</sup>  
Dilan Yesid Franklin Coronel<sup>2</sup>  
Victor Manuel Arias Ruiz<sup>3</sup>

#### RESUMEN

En la actualidad, la identificación y diagnóstico de fallas en motores dentro del ámbito industrial se presentan como elementos cruciales para la disminución de costos asociados al mantenimiento de la maquinaria, especialmente en los motores, así como para mitigar las interrupciones durante el proceso de producción. El análisis de vibraciones se establece como una técnica altamente competente para la detección de fallas o malfuncionamientos en motores, y su nivel de precisión ha experimentado un notable incremento gracias a la integración de la inteligencia artificial. Por consiguiente, se llevó a cabo una evaluación del rendimiento de diversos algoritmos de inteligencia artificial en el ámbito de detección y diagnóstico de fallas, utilizando para ello el análisis de vibraciones en motores. Se realizó una comparación detallada de los resultados obtenidos con cada algoritmo, utilizando métricas y técnicas de evaluación que permitieran determinar cuál resultaba ser el más eficaz. En esta labor, se consideraron indicadores tales como la precisión, la sensibilidad y la especificidad de los algoritmos, además de aspectos como las técnicas de acondicionamiento de las señales de vibración, los métodos de extracción y selección de características clave, así como la formación de modelos de inteligencia artificial, redes neuronales y máquinas de vectores de soporte. Como resultado, los algoritmos de inteligencia artificial mostraron una alta precisión en la detección de fallas y un eficaz desempeño en la identificación de diferentes tipos de problemas de manera oportuna. Así, los modelos contribuyeron de manera significativa al análisis en su totalidad, brindando un enfoque más seguro para el mantenimiento predictivo en la industria, y estableciendo un camino claro hacia futuras mejoras y la posible adopción de nuevos algoritmos, aún más robustos y adaptables.

**Palabras clave:** Diagnostico de fallas, Análisis de vibraciones, Mantenimiento predictivo, Redes neuronales, Algoritmos de diagnostico

#### ABSTRACT

Currently, the identification and diagnosis of engine failures within the industrial field are presented as crucial elements for reducing costs associated with the maintenance of machinery, especially in engines, as well as for mitigating interruptions during the production process.

- 1 Magister en Controles Industriales, jair.araujo@unipamplona.edu.co, 0000-0003-3869-950X, 1.106.306.474, Coordinador, Cúcuta, Colombia.
- 2 Ingeniería Mecatrónica, dilan.franklin@unipamplona.edu.co, 1.005.039.943, Estudiante, Cúcuta, Colombia.
- 3 Ingeniería Mecatrónica, victor.arias2@unipamplona.edu.co, 1.193.213.055, Estudiante, Cúcuta, Colombia.

Fecha recepción:

Fecha aceptación:



© 2022 Universidad de Córdoba. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acreditan.

---

Vibration analysis is established as a highly competent technique for detecting failures or malfunctions in motors, and its level of precision has experienced a notable increase thanks to the integration of artificial intelligence. Consequently, an evaluation of the performance of various artificial intelligence algorithms in the field of fault detection and diagnosis was carried out, using engine vibration analysis. A detailed comparison of the results obtained with each algorithm was carried out, using metrics and evaluation techniques to determine which one turned out to be the most effective. In this work, indicators such as the precision, sensitivity and specificity of the algorithms were considered, in addition to aspects such as vibration signal conditioning techniques, methods of extraction and selection of key features, as well as the formation of artificial intelligence models, neural networks and support vector machines. As a result, the artificial intelligence algorithms showed high accuracy in detecting faults and effective performance in identifying different types of problems in a timely manner. Thus, the models contributed significantly to the analysis as a whole, providing a safer approach to predictive maintenance in the industry, and establishing a clear path towards future improvements and the possible adoption of new, even more robust and adaptable algorithms.

**Keywords:** Fault diagnosis, Vibration analysis, Predictive maintenance, Neural networks, Diagnostic algorithms

## 1. INTRODUCCIÓN

El **análisis de vibraciones** ha emergido como una herramienta fundamental y ampliamente aceptada en el ámbito industrial para la detección y diagnóstico de fallas en motores. Esta técnica no solo permite identificar anomalías de manera oportuna, sino que además proporciona información crucial para mitigar posibles daños catastróficos que podrían ocasionar **paradas no programadas**, pérdidas económicas significativas y deterioro en la productividad de las plantas industriales. En un entorno donde la eficiencia y la optimización de recursos son imperativos, el monitoreo continuo mediante análisis de vibraciones se ha convertido en una **estrategia clave** para la industria moderna.

La relevancia de esta técnica se ve incrementada con la incorporación de **inteligencia artificial (IA)**, que ha revolucionado las capacidades de análisis y diagnóstico. La inteligencia artificial, con algoritmos avanzados de aprendizaje automático y redes neuronales, permite **procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real**, identificar patrones complejos en las señales de vibración y detectar fallas incipientes con una precisión que supera ampliamente los métodos tradicionales. Al analizar estas señales, la IA no solo proporciona diagnósticos certeros de fallas existentes, sino que

también facilita la **predicción de fallas potenciales** antes de que estas ocurran, lo que representa un avance significativo en la implementación de estrategias de **mantenimiento predictivo**.

El mantenimiento predictivo, impulsado por estos desarrollos tecnológicos, no solo minimiza los costos asociados a las reparaciones inesperadas, sino que también optimiza la **vida útil** de los motores industriales y otros activos críticos. Al evitar interrupciones en la producción, las industrias pueden mantener un flujo operativo continuo, lo que se traduce en **eficiencia operativa** y una ventaja competitiva significativa en un mercado cada vez más exigente. Además, los modelos predictivos personalizados, desarrollados a partir del análisis de vibraciones y los algoritmos de IA, permiten establecer cronogramas de mantenimiento ajustados a las necesidades específicas de cada equipo, optimizando los recursos y reduciendo el **tiempo de inactividad**.

Otro aspecto fundamental del análisis de vibraciones con inteligencia artificial es la capacidad de **determinar con precisión el origen de las fallas**, lo cual facilita la implementación de **acciones correctivas específicas**. Esta información detallada permite a los ingenieros y técnicos tomar decisiones informadas sobre las intervenciones necesarias, evitando fallas recurrentes y mejorando progresivamente la **confiabilidad**

y el rendimiento de los motores. Además, la recopilación sistemática de datos mediante estas tecnologías facilita la creación de **bases de datos robustas**, en las que se documentan las fallas detectadas, las medidas correctivas aplicadas y los resultados obtenidos, lo que constituye una herramienta valiosa para la mejora continua.

A nivel industrial, el **monitoreo continuo** de los motores a través del análisis de vibraciones y la inteligencia artificial no solo garantiza la **detección temprana** de nuevas fallas en tiempo real, sino que también contribuye a optimizar la programación de tareas de mantenimiento. Esto permite llevar a cabo intervenciones de manera más eficiente y planificada, minimizando las paradas y evitando interrupciones costosas en la producción. En este sentido, la **automatización y digitalización** de estos procesos ha transformado la gestión del mantenimiento en un enfoque **proactivo y estratégico**, alejándose de los métodos correctivos tradicionales que resultaban costosos y poco eficientes.

El presente estudio tiene como **objetivo principal** evaluar y comparar el rendimiento de diferentes algoritmos de inteligencia artificial aplicados al análisis de vibraciones, con el fin de identificar cuál de ellos ofrece **mejores resultados** en términos de precisión, rapidez y capacidad de diagnóstico. Para ello, se llevará a cabo una revisión exhaustiva de las metodologías implementadas, así como un análisis comparativo de los resultados obtenidos con cada algoritmo. Esta investigación se sustenta en estudios previos [1],[2],[3],[4],[5],[6],[7] y busca aportar un mayor grado de conocimiento en la integración de IA en el análisis de vibraciones, fomentando su aplicación en el ámbito industrial como una solución efectiva para garantizar la **eficiencia operativa**, reducir costos y mejorar la **fiabilidad** de los motores.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación presentada tiene como finalidad llevar a cabo un análisis detallado y comprensivo de la detección y diagnóstico de fallas en motores industriales, utilizando un enfoque

que combina el análisis de vibraciones con técnicas sofisticadas de inteligencia artificial. La importancia de este estudio deriva de la necesidad apremiante de establecer métodos precisos y efectivos que no solo permitan la identificación temprana de fallas, sino que también prevengan daños costosos y reduzcan al mínimo las pérdidas derivadas de interrupciones en el proceso productivo. Para cumplir con este objetivo, se realizará una revisión minuciosa de la bibliografía existente, descubriendo los enfoques más relevantes y los avances más recientes tanto en el campo del análisis de vibraciones como en la aplicación de algoritmos de inteligencia artificial para el diagnóstico de fallas. Además, el estudio ofrecerá una descripción pormenorizada de la metodología propuesta, que abarca el preprocesamiento de las señales de vibración, la extracción y selección de las características más significativas, así como el desarrollo, entrenamiento y evaluación del rendimiento de diversos algoritmos de inteligencia artificial. A lo largo de esta investigación, se llevarán a cabo pruebas exhaustivas para confrontar los resultados obtenidos, con el objetivo de proporcionar conclusiones claras y significativas que enriquezcan el conocimiento en esta área. Por último, los descubrimientos de este trabajo no solo ayudarán a optimizar las estrategias actuales de mantenimiento predictivo, sino que también establecerán una base sólida para futuras investigaciones que aborden la detección avanzada de fallas en sistemas industriales complejos. [1], [5], [8], [9],[10],[11],[12],[13].

## 3. FUNDAMENTOS DEL ANÁLISIS DE VIBRACIONES

El análisis de vibraciones es una técnica reconocida en la detección y diagnóstico de fallas en motores industriales, que se basa en la medición y evaluación de las vibraciones producidas durante su operación. Se fundamenta en la idea de que cualquier alteración en las condiciones normales de funcionamiento de un motor se reflejará en cambios en sus patrones de vibración. Este proceso se efectúa a través de sensores especializados que registran las vibraciones emitidas por el motor

---

en tiempo real. Las señales capturadas son luego analizadas con el propósito de identificar posibles anomalías en el sistema. Esta evaluación ofrece información detallada sobre diversos problemas que pueden afectar al motor, tales como desgaste de rodamientos, desalineaciones, desequilibrios, holguras y otros defectos mecánicos. Debido a su precisión y capacidad predictiva, el análisis de vibraciones se ha consolidado como una herramienta clave en el mantenimiento predictivo, ya que facilita la anticipación de fallas antes de que se conviertan en problemas severos. Esto no solo contribuye a prevenir daños costosos y paradas inesperadas, sino que también asegura un rendimiento óptimo de los equipos. En la actualidad, la industria moderna depende en gran medida de la operación continua y eficiente de los motores para mantener sus actividades. Sin embargo, estos equipos están expuestos a diversas fallas que pueden amenazar su rendimiento e, incluso, provocar fallos catastróficos. Entre las metodologías disponibles para abordar estos retos, el análisis de vibraciones se destaca por su eficacia en la detección de problemas incipientes y en proporcionar un diagnóstico preciso, aprovechando las vibraciones generadas durante el funcionamiento del motor. [14],[15],[16],[17],[18],[50],

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 9 se centra en la ambiciosa meta de fomentar la creación de infraestructuras que sean resilientes, así como en impulsar una industrialización que sea sostenible y en estimular la innovación, todos ellos pilares esenciales para el desarrollo global. El avance económico, la mejora del bienestar social y las acciones necesarias para combatir el cambio climático dependen en gran medida de la realización de inversiones estratégicas en infraestructuras contemporáneas, el establecimiento de un modelo industrial sustentable y el progreso en tecnología. En un mundo que se transforma rápidamente por cambios económicos a gran escala y por el aumento de las desigualdades, es crucial que el crecimiento sea tanto inclusivo como sostenible. Esto significa, en primer lugar, que la industrialización debe crear oportunidades que sean equitativas y al alcance de todas las personas, asegurando que nadie quede atrás. En

segundo lugar, debe sustentarse en procesos de innovación constante, así como en la edificación de infraestructuras sólidas y duraderas, que sean capaces de enfrentar tanto los retos actuales como los del futuro. Así, el ODS 9 no solo promueve un crecimiento económico más justo y equilibrado, sino que también persigue establecer las bases para un futuro que sea resiliente, tecnológicamente desarrollado y amigable con el medio ambiente. [19],[20],[21],[22],[23],[24]

El análisis de vibraciones, aunque es una herramienta esencial para detectar fallas en motores, puede resultar complejo, laborioso y susceptible a errores humanos. En muchos casos, a los operarios les resulta difícil identificar patrones sutiles o señales tempranas que indiquen problemas incipientes. Ante este desafío, surge una pregunta clave: ¿es posible utilizar técnicas avanzadas de inteligencia artificial (IA) para mejorar la eficiencia y precisión en la detección y diagnóstico de fallas?

La respuesta se encuentra en la aplicación de la inteligencia artificial, que ofrece una solución eficaz y automatizada para optimizar este proceso. El análisis de vibraciones se basa en la medición y evaluación de las oscilaciones generadas por los motores durante su funcionamiento. Estas oscilaciones son una fuente valiosa de información, ya que pueden revelar indicios de fallas, desequilibrios o irregularidades mecánicas antes de que se conviertan en problemas mayores. [25],[26],[27]

Desarrollar un sistema que combine el análisis de vibraciones con técnicas de inteligencia artificial se justifica por varias razones. En primer lugar, la IA permite procesar grandes volúmenes de datos de forma rápida y precisa, algo que sería difícil de lograr mediante métodos tradicionales. En segundo lugar, estas herramientas son capaces de identificar patrones complejos y anomalías sutiles que podrían pasar desapercibidos para el ojo humano o para sistemas convencionales de análisis. [28],[29],[30], [51],

De esta forma, la inteligencia artificial no solo mejora la eficiencia del análisis de vibraciones,

sino que también incrementa la precisión del diagnóstico, facilitando la detección temprana de fallas y permitiendo intervenciones proactivas en el mantenimiento de motores.

La técnica de análisis de vibraciones es una herramienta clave dentro del mantenimiento predictivo, ya que permite detectar patrones sutiles en las vibraciones del motor y diagnosticar fallas en etapas tempranas. Esta capacidad de anticipación resulta fundamental para implementar medidas preventivas antes de que los problemas evolucionen hacia fallas críticas. [31].

En este contexto, el análisis de vibraciones juega un papel crucial en la identificación y diagnóstico de posibles fallas en motores industriales. Al permitir la detección oportuna de anomalías, esta técnica contribuye de manera activa a la reducción de los costos de mantenimiento. Gracias a la prevención de fallas catastróficas y a la posibilidad de programar mantenimientos predictivos basados en las señales de vibración, las empresas pueden evitar paradas no planificadas y reparaciones costosas, mejorando así la eficiencia operativa.

La capacidad de estas técnicas para procesar y analizar grandes volúmenes de datos permite extraer características relevantes que facilitan la detección de fallas. Además, la incorporación de inteligencia artificial eleva el potencial del análisis de vibraciones, ya que posibilita la identificación temprana de fallas incipientes con una precisión significativamente mayor. Esto no solo disminuye los costos asociados al mantenimiento, sino que también aumenta la disponibilidad y confiabilidad de los motores al prolongar su vida útil. [32],[33]

Como resultado, el análisis de vibraciones permite maximizar la eficacia y la fiabilidad de los equipos industriales, asegurando un funcionamiento continuo y óptimo.

En términos de seguridad, esta técnica juega un papel fundamental, ya que la detección temprana de fallas en los motores contribuye a prevenir accidentes y posibles lesiones derivadas de fallos imprevistos en los equipos. Esto garantiza un entorno de trabajo más seguro y controlado, lo

cual es especialmente relevante en contextos industriales donde la integridad de las personas y de los procesos es prioritaria. [34]

Además, el análisis de vibraciones es una herramienta clave para la optimización de recursos. Al automatizar la detección y diagnóstico de fallas, se reduce significativamente la carga de trabajo de los operarios, lo que permite asignar de manera más eficiente los recursos humanos. De este modo, los trabajadores pueden enfocarse en tareas más estratégicas y de mayor valor añadido, mejorando la productividad global de la operación. [35]

El análisis de vibraciones desempeña un papel fundamental en la optimización de recursos dentro de entornos industriales. Al automatizar los procesos de detección y diagnóstico de fallas, esta técnica reduce de manera significativa la carga de trabajo de los operarios. Como resultado, los recursos humanos pueden ser reasignados de forma más eficiente, permitiendo a los trabajadores enfocarse en actividades estratégicas y de mayor valor añadido.

Esta redistribución inteligente del trabajo no solo mejora la productividad global, sino que también impulsa la eficiencia operativa, al asegurar que las tareas críticas sean gestionadas de manera proactiva y con el mejor uso posible de los recursos disponibles. [36][37][38]

#### **4. TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADAS AL DIAGNÓSTICO DE FALLAS**

Las técnicas de inteligencia artificial (IA), como el aprendizaje automático y las redes neuronales, se han consolidado como herramientas sumamente efectivas para el diagnóstico de fallas en motores, enfocándose en el análisis de vibraciones. Estas metodologías se fundamentan en la aplicación de sofisticados algoritmos que tienen la capacidad de identificar patrones complejos y detectar anomalías dentro de las señales de vibración, lo que permite una identificación precisa de diversos tipos de fallas, incluyendo desbalanceo, desalineación y rodamientos defectuosos, entre

---

otros. Una de las características más destacadas de la inteligencia artificial es su habilidad para adaptarse y mejorar continuamente su rendimiento al procesar y analizar datos nuevos. Este aprendizaje progresivo no solo eleva la precisión de los diagnósticos, sino que también incrementa su confiabilidad, facilitando la anticipación de fallas con mayor exactitud. Gracias a esta innovadora tecnología, las empresas pueden llevar a cabo una gestión del mantenimiento de motores más efectiva, evitando intervenciones innecesarias y reduciendo, de manera significativa, los costos operativos relacionados con reparaciones inesperadas. Así, la implementación de la IA en el análisis de vibraciones no solo potencia la fiabilidad y el rendimiento de los equipos, sino que, además, impulsa la productividad al disminuir los tiempos de inactividad.

## **5. METODOLOGÍA DE DETECCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE FALLAS**

La metodología para la detección y diagnóstico de fallas en motores mediante el análisis de vibraciones y la aplicación de técnicas de inteligencia artificial sigue un proceso estructurado y eficiente.

En primer lugar, se lleva a cabo el preprocesamiento de las señales de vibración, un paso crucial que consiste en eliminar el ruido y las interferencias presentes en los datos para obtener señales limpias y confiables. Esto garantiza que el análisis posterior sea preciso y esté libre de distorsiones.

A continuación, se procede a la extracción de características clave de las señales de vibración, como su amplitud, frecuencia y forma de onda. Estas características permiten identificar patrones específicos asociados a diferentes tipos de fallas mecánicas, como desbalance, desalineación o problemas en los rodamientos.

El siguiente paso consiste en la selección de las características más relevantes, utilizando algoritmos avanzados de aprendizaje automático,

como el análisis de componentes principales (PCA) o métodos como los vecinos más cercanos (KNN). Esta fase es fundamental para reducir la complejidad de los datos y centrarse únicamente en los atributos que aportan mayor valor al diagnóstico.

Una vez seleccionadas las características más significativas, se procede a la modelización y entrenamiento de los algoritmos de inteligencia artificial. Técnicas como las redes neuronales artificiales o las máquinas de vectores de soporte (SVM) son entrenadas con conjuntos de datos etiquetados, que incluyen información sobre distintos tipos de fallas conocidas.

Por último, se realiza una evaluación del desempeño de los algoritmos utilizando métricas de calidad como la precisión, sensibilidad y especificidad. Los resultados obtenidos son analizados cuidadosamente para garantizar que el sistema sea capaz de detectar y diagnosticar fallas con alta precisión y fiabilidad. [36],[39],[40],[8],[5],[11],[41],[35],[42],[43]

## **6. PREPROCESAMIENTO DE SEÑALES DE VIBRACIÓN**

El preprocesamiento de señales de vibración constituye una fase fundamental en el proceso de análisis de vibraciones orientado al diagnóstico de fallas en motores. En esta etapa, se implementan diversas técnicas con el propósito de optimizar la calidad de la señal, suprimir el ruido y resaltar las características más significativas para el análisis. Entre las metodologías más comúnmente empleadas se encuentran el filtrado, la normalización y la corrección de errores. El filtrado desempeña un papel crucial al permitir la eliminación de frecuencias no deseadas o ruidos que podrían obstaculizar el análisis, mientras que la normalización se encarga de ajustar las señales para que todas se sitúen en una escala uniforme, lo que facilita su comparación. Además, es de suma importancia corregir los errores que pudieran distorsionar la

señal y poner en riesgo los resultados del análisis. Estos procedimientos son esenciales para asegurar que la señal procesada sea clara y precisa, lo que a su vez permite un diagnóstico confiable de las vibraciones y una eficaz detección de posibles fallas en los motores. [44],[45],[46],[10],[49], [52],

## **7. EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE LAS SEÑALES**

En la fase de extracción de características, se aplican diferentes técnicas y algoritmos que están diseñados para reconocer los patrones más relevantes en las señales de vibración. Estos patrones pueden estar asociados a diversos tipos de fallos en los motores, tales como desbalanceo, desalineación o fallos en los rodamientos. Esta etapa es fundamental, ya que proporciona información clave para el diagnóstico de las fallas.

Se utilizan métodos estadísticos y transformaciones matemáticas, incluyendo la transformada de Fourier, para extraer las características más significativas de las señales. Además, se aplican técnicas de procesamiento de señales en los dominios temporal, frecuencial y tiempo-frecuencia. El objetivo es identificar las características más representativas de las señales de vibración, las cuales alimentan los algoritmos de inteligencia artificial destinados a diagnosticar fallas en los motores. Métodos como el análisis espectral y la transformada de Fourier son esenciales en este proceso.

## **8. SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS RELEVANTES**

La identificación de características relevantes constituye un paso fundamental en el análisis de vibraciones, específicamente en la detección y diagnóstico de fallas en motores a través de la inteligencia artificial. Este procedimiento implica localizar las características más emblemáticas de las señales de vibración, las cuales son capaces de

distinguir entre los distintos tipos de fallas. Para lograr esto, se aplican diversas metodologías, tales como el análisis de varianza, el análisis de componentes principales y el análisis de correlación, que facilitan la identificación de las características más significativas. Una vez que estas características han sido elegidas, se utilizan en el modelado y entrenamiento de algoritmos de inteligencia artificial, lo que resulta en una mejora notable en la precisión del diagnóstico de fallas.

## **9. MODELADO Y ENTRENAMIENTO DE ALGORITMOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

El proceso de modelado y entrenamiento de algoritmos de inteligencia artificial, enfocado en el diagnóstico de fallas en motores a través del análisis de las vibraciones, se basa en la aplicación de técnicas de aprendizaje automático y redes neuronales. Este enfoque permite la creación de modelos sofisticados que tienen la capacidad de identificar y clasificar patrones de vibración vinculados a diversas categorías de fallas en los motores. En primer lugar, se lleva a cabo la recopilación y preparación de los datos de vibración, donde se definen las características pertinentes y se normalizan las señales para su adecuada utilización. A continuación, se avanza hacia la construcción de los modelos de inteligencia artificial, empleando una variedad de algoritmos, tales como máquinas de soporte vectorial (SVM), redes neuronales y regresión lineal, entre otros.

Una vez establecidos, los algoritmos son entrenados utilizando los datos previamente preparados, en este paso se ajustan los hiperparámetros con el propósito de optimizar el rendimiento de los modelos. Estos modelos son entrenados con datos etiquetados, lo que permite un ajuste minucioso para alcanzar la máxima precisión en la detección y diagnóstico de fallas en motores. Finalmente, se procede a la evaluación del rendimiento de los algoritmos, se emplean métricas como la exactitud

y la precisión, con el fin de determinar su efectividad en una variedad de escenarios y comparar su desempeño con otros métodos que se encuentran en la literatura científica.

## 10. EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DE LOS ALGORITMOS

En el análisis del rendimiento de los algoritmos empleados para el estudio de vibraciones en la identificación de fallas en los motores, se utilizan diversas métricas y métodos de evaluación que son ampliamente reconocidos en el ámbito de la inteligencia artificial. Se calculan indicadores como la precisión, la sensibilidad y la especificidad de los algoritmos, lo que permite valorar su eficacia en la detección y diagnóstico preciso de las fallas motoras. Además, se lleva a cabo una comparación exhaustiva entre los diferentes algoritmos analizados, con el fin de discernir cuál de ellos exhibe un rendimiento superior en cuanto a la identificación y diagnóstico de problemas. Estos hallazgos son cruciales para orientar las decisiones sobre la aplicación de los algoritmos en sistemas de monitoreo de motores.

## 11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación de técnicas de inteligencia artificial en el análisis de vibraciones dirigido a la detección y diagnóstico de fallas en motores representa un avance significativo en la exactitud y rapidez de este procedimiento. Los algoritmos de inteligencia artificial, que han sido sometidos a un riguroso entrenamiento, logran una notable precisión al clasificar las diversas fallas, fundamentándose en las características que se extraen de las señales de vibración.

Este enfoque tecnológico también facilita la optimización de los modelos que se emplean para llevar a cabo el diagnóstico. Sin embargo, es fundamental tener en cuenta ciertas limitaciones en el rendimiento de los algoritmos, sobre todo cuando se encuentran ante fallas que resultan complicadas de clasificar. Estos retos pueden ser abordados

a través de la utilización de técnicas avanzadas de procesamiento de señales o mediante la exploración de distintos modelos de inteligencia artificial.

## 12. CONCLUSIONES

En resumen, el estudio de las vibraciones mediante métodos de inteligencia artificial ha demostrado ser una técnica eficaz para identificar y diagnosticar fallas en motores. Mediante el preprocesamiento de las señales de vibración y la extracción de características significativas, se han logrado resultados precisos y confiables.

Los algoritmos de inteligencia artificial se han mostrado como modelos apropiados para el entrenamiento y la evaluación del rendimiento, facilitando la detección temprana de fallas y la toma de decisiones adecuadas en el mantenimiento de los motores.

No obstante, es relevante señalar que hay aspectos que pueden ser mejorados, como la selección de características más robustas y la investigación de distintos algoritmos de inteligencia artificial. Por lo tanto, es fundamental continuar con la investigación y el desarrollo de nuevas técnicas que incrementen la precisión en la identificación y diagnóstico de fallas en motores, así como la optimización de los parámetros de los modelos de inteligencia artificial. Esto asegurará un mantenimiento predictivo más eficiente y seguro dentro de la industria. [47],[48], [49],

## 13. REFERENCIAS

- [1] C. R. Escandón Pesántez, "Desarrollo de un sistema inteligente de diagnóstico de fallas mecánicas en motores de encendido provocado a través del sensor MAP para dispositivos móviles en ...," 2024. ups.edu.ec
- [2] I. Z. Ramírez, "Metodología para detección de falla de aislamiento en motores de inducción mediante FPGA," 2024. uaq.mx
- [3] E. A. Flores López and A. A. Ulcuango Vistin, "Implementación de un plan de mantenimiento y diagnóstico de la unidad dosificadora en motores diésel electrónicos," 2024. utn.edu.ec

- [4] E. C. Dena, "Facultad deficiencias de la electrónica," 2023. buap.mx as de la electrónica," 2023. buap.mx
- [5] I. Zamudio Ramírez, "Diagnóstico de fallos electromecánicos en motores eléctricos mediante el análisis avanzado del flujo magnético y su implementación en hardware," 2023. upv.es
- [6] M. N. Navarrete Navarrete, "Diseño plataforma de vigilancia en línea de equipos rotatorios en base a PI System.," 2023. udec.cl
- [7] D. M. Gamarra Aucancela and J. A. Paca Paltán, "Implementación de un módulo de simulación para el diagnóstico vibracional de la excentricidad estática del motor de inducción para el rotor kit del laboratorio de ...," 2022. epoch.edu.ec
- [8] D.J. Soares Rodrigues, G.C. Dantas, G.R. Sousa, et al., "Detección de fallas mecánicas mediante 'Machine Learning', utilizando el clasificador 'Random Forest'," 2022. [Online]. Available: e-spacio.uned.es. uned.es
- [9] A. Segher, "Diseño e implementación de una plataforma digital para su uso en aplicaciones de mantenimiento industrial predictivo," 2023. upc.edu
- [10] J. E. Dávalos Carrera, J. P. Vázquez Matute, et al., "Determinación del estado de falla de motores eléctricos a partir del análisis de ruidos utilizando técnicas de Aprendizaje Profundo," 2022. [Online]. Available: dspace.espol.edu.ec. espol.edu.ec
- [11] J. I. Medina Yáñez and J. E. López Guamialamag, "Propuesta técnica de un sistema para el diagnóstico predictivo de un motor diésel en base a gases de escape," 2024. utn.edu.ec
- [12] E. E. Rocano Piña, "Aplicación de algoritmos de aprendizaje supervisado para la clasificación de fallos mecánicos en un motor de encendido provocado," 2023. ups.edu.ec
- [13] W. F. Loaiza Sánchez, "Detección y diagnóstico de fallos de caja de engranajes rectos utilizando un algoritmo de clasificación basado en similaridad difusa aplicado en señales de vibración," 2021. ups.edu.ec
- [14] D. V. Sanchez and K. G. Cortes, "Detección de Fallas Utilizando Momentos Centrales Estandarizados de la Señal Triaxial de Vibración de un Motor de Inducción," 2023. uqto.mx
- [15] J. M. Uquillas-Pilay, R. M. Torres-Rodríguez, et al., "Metodología para el análisis vibro dinámico de sistemas mecánicos de mediana potencia," Investigar, vol. X, no. X, pp. X-X, 2024. investigarmqr.com
- [16] C. Mafla, C. Castejon, H. Rubio, "Mantenimiento predictivo en tractores agrícolas. Propuesta de metodología orientada al mantenimiento conectado," Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica, 2022. [Online]. Available: uned.es uned.es
- [17] F. D. Quispe Vigo and F. M. Hurtado Pulido, "Análisis Vibracional del Motor Trifásico de 150 HP para mejorar la confiabilidad del equipo de compresor de frío, Hayduk," 2023. uns.edu.pe
- [18] K. A. Gonzales Diaz and R. Ruiz Sanchez, "Análisis del espectro acústico en el motor de una moto 200 CC para determinar fallas en la cámara de combustión," 2023. uss.edu.pe
- [19] R. D. Castiblanco Aldana and D. R. Castiblanco Aldana, "Modelo de analítica de datos de desarrollo e innovación tecnológica en la industria manufacturera colombiana," 2023. [HTML]
- [20] M. Ceballos Gutiérrez and V. Taborda Gómez, "Avances, desafíos y tensiones de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en América Latina," 2021. tdea.edu.co
- [21] A. M. Sánchez-Fresneda Ródenas, "Diseño de un inversor multinivel basado en transistores gan para la etapa de entrada bidireccional de cargadores embarcados ...," 2024. [HTML]
- [22] P. R. Serrano18, "Espacios reutilizables, barrios y arteterapia. Un acercamiento a los Objetivos de Desarrollo Sostenible a través del arte," torrossa.com, [HTML]
- [23] G. N. Molina Sánchez and F. R. Vera Zambrano, "Diagnóstico de la visión futuro frente a los objetivos de desarrollo sostenible en las exportadoras manabitas de pitahaya," 2023. espam.edu.ec
- [24] X. M. Chupillón, "Perú y los objetivos de desarrollo sostenible: una mirada al ODS n° 9 acerca de la industria, infraestructura e innovación," Económica, 2020. pucp.edu.pe
- [25] H. Gruber, A. Fuchs, and M. Bader, "Evaluation of a Condition Monitoring Algorithm for Early Bearing Fault Detection," Sensors, 2024. mdpi.com
- [26] S. Lee, A. B. Kareem, and J. W. Hur, "A Comparative Study of Deep-Learning Autoencoders (DLAEs) for Vibration Anomaly Detection in Manufacturing Equipment," Electronics, 2024. mdpi.com
- [27] A. Zollanvari, K. Kunanbayev, et al., "Transformer fault prognosis using deep recurrent neural network over vibration signals," in IEEE Transactions on ..., 2020. researchgate.net
- [28] JFH Patiño, BLV Carrascal, et al., "Impacto transformador de la inteligencia artificial y aprendizaje autónomo en la producción agropecuaria: un enfoque en la sostenibilidad y eficiencia," For-

- mación ..., vol. 2023. [Online]. Available: [formacionestrategica.com](http://formacionestrategica.com). [formacionestrategica.com](http://formacionestrategica.com)
- [29] E. D. Gusqui Villa and A. V. Valdivieso Ambi, "... de un prototipo de sistema transferencia automática y un control de acceso mediante Reconocimiento facial usando técnica de inteligencia artificial para la Fundación ...," 2023. [unach.edu.ec](http://unach.edu.ec)
- [30] K. Huang, "Estudio bibliográfico sobre la aplicación en inteligencia artificial y análisis de big data a gestión de calidad de proyectos de ingeniería civil," 2024. [upv.es](http://upv.es)
- [31] L. H. Rascon Madrigal, "Gestión y mantenimiento predictivo para el sistema de recirculación de aire en un horno de extrusión.," Instituto de Ingeniería y Tecnología, 2022. [uacj.mx](http://uacj.mx)
- [32] J. X. Ayala Pintado and I. A. P. T. Yunga Duque, "Implementación de un panel de diagnóstico remoto enfocado en la simulación de fallos y arranque para un motor de inyección a gasolina Hyundai Accent 1.5 L ...," 2024. [ups.edu.ec](http://ups.edu.ec)
- [33] E.J. Donado Molina, C.E. Villamizar Villamizar, "Propuesta de implementación de una estrategia de RCM para el motor propulsor de un buque de la Armada colombiana," 2023. [Online]. Available: [repositorio.ecci.edu.co](http://repositorio.ecci.edu.co). [HTML]
- [34] J. M. González Coutellec, "Diseño de un prototipo a escala reducida de una estructura para el estudio de vibraciones," 2024. [upv.es](http://upv.es)
- [35] M. Astorgano Antón, "Diagnóstico de fallos de rodamientos en motores de inducción en estado estacionario mediante técnicas boosting y redes neuronales," 2022. [uva.es](http://uva.es)
- [36] R. M. Aduato Arana, "Aplicación de la inteligencia artificial en la detección de fallas en los motores eléctricos de corriente continua de imán permanente," 2021. [uncp.edu.pe](http://uncp.edu.pe)
- [37] BGG Rodríguez, EMN Vargas, "Optimización de fresado de alta precisión con técnicas meta-heurísticas e Inteligencia Artificial: revisión sistemática," Polo del Conocimiento: Revista ..., 2023. [unirioja.es](http://unirioja.es)
- [38] R. Castro, N. Herrera, L. Quezada, K. Sánchez, C. Silva, "Aplicación de las herramientas de la industria 4.0 para mejorar los procesos de Análisis Causa Raíz (RCA) y el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)," [researchgate.net](http://researchgate.net). [researchgate.net](http://researchgate.net)
- [39] R. A. Veloso Huircapán, "Diseño e implementación de un algoritmo basado en aprendizaje automático y señales vibratorias para la detección y pronóstico de fallas en motores de ...," 2023. [udec.cl](http://udec.cl)
- [40] J. S. Cardona García, "Técnicas para la detección de fallas en máquinas eléctricas rotativas de corriente alterna usando tecnologías de la industria 4.0.," 2023. [unicatolica.edu.co](http://unicatolica.edu.co)
- [41] Y. H. Merizalde Zamora, "Diagnóstico de fallos en generadores tipo jaula de ardilla de turbinas eólicas mediante la señal de corriente," 2021. [uva.es](http://uva.es)
- [42] J. I. Amaya Rodríguez, "Determinación de la condición de las válvulas antirretorno tipo clapeta oscilante mediante el análisis de señales temporales y algoritmos de inteligencia artificial," [repositorio.unal.edu.co](http://repositorio.unal.edu.co), . [unal.edu.co](http://unal.edu.co)
- [43] A. H. Inafuku Yoshida, "... diagnóstico de fallas para la inspección y detección de fallas en componentes de procesos industriales utilizando un robot móvil y algoritmos de inteligencia artificial," [tesis.pucp.edu.pe](http://tesis.pucp.edu.pe), . [pucp.edu.pe](http://pucp.edu.pe)
- [44] F. M. Neira Verastegui and G. A. Paredes Farfán, "... detección de fallas mecánicas en máquinas rotativas empleando demodulación, autocorrelación y ensamblado stacking sobre señales de vibración obtenidas de la ...," [repositorioacademico.upc.edu.pe](http://repositorioacademico.upc.edu.pe), . [upc.edu.pe](http://upc.edu.pe)
- [45] H. M. Carbajal Cortés, "caracterización de parámetros de señales sísmicas mediante inteligencia artificial," 2024. 51.143.95.221
- [46] M. I. Muñoz Flores, "Factibilidad de la determinación de características del daño en rodamientos a partir de vibraciones.," 2024. [udec.cl](http://udec.cl)
- [47] B. A. Odar Chero, "Análisis y detección de fallas en motores eléctricos aplicando algoritmos de inteligencia artificial," 2023. [udep.edu.pe](http://udep.edu.pe)
- [48] L. Villegas and R. Pérez, "Inteligencia Artificial para Toma de Decisiones en el Mantenimiento Predictivo a equipos Turbocompresores en la Industria Petrolera," [researchgate.net](http://researchgate.net), . [researchgate.net](http://researchgate.net)
- [49] Montero, V. A., FE Hernández y Uribe. (2007). Aplicación de técnicas clásicas y avanzadas de procesamiento de vibraciones al diagnóstico de cojinetes. Análisis experimental. Ingeniería Mecánica, 10(1), 71-82.
- [50] Estupiñan, P. N., Edgar A y Saavedra. (2010). Análisis de vibraciones aplicado a las máquinas rotatorias de baja velocidad. El mantenimiento mundial, 1-6.
- [51] Macias, E. D. P. T. y o., Álvaro Alexander Tutasig y González. (2024). Análisis de vibraciones en maquinaria rotativa: diagnóstico de fallas y estrategias de mantenimiento predictivo. Revista Social Fronteriza, 4(4), e44365-e44365.
- [52] Montero, V. A., FE Hernández y Uribe. (2007). Aplicación de técnicas clásicas y avanzadas de procesamiento de vibraciones al diagnóstico de cojinetes. Análisis experimental. Ingeniería Mecánica, 10(1), 71-82.