



Integration of Real-Time Monitoring and Fault Detection Technologies for Critical Mechanical Elements: A Technical Review

Integración de tecnologías de monitoreo y detección de fallas en tiempo real para elementos mecánicos críticos: una revisión técnica

Para citar este trabajo:

Carpio Loor, J. D. ., & Suárez Muñoz, M. C. . (2025). Integración de tecnologías de monitoreo y detección de fallas en tiempo real para elementos mecánicos críticos: una revisión técnica. Star of Sciences Multidisciplinary Journal, 2(2), 1-10. <https://doi.org/10.63969/vtbxw469>

Autores:

Julitza Dayana Carpio Loor

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo - Ecuador

jcarpiol@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-8295-9402>

María Cristina Suárez Muñoz

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo - Ecuador

maria.suarez2015@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0004-0642-803X>

Autor de Correspondencia: Julitza Dayana Carpio Loor, jcarpiol@uteq.edu.ec

RECIBIDO: 29-Noviembre-2025

ACEPTADO: 13-Diciembre-2025

PUBLICADO: 27-Diciembre-2025

Resumen

El diseño mecánico y la confiabilidad de los elementos de máquina constituyen aspectos fundamentales para garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas industriales y prevenir fallas con consecuencias operativas, económicas y de seguridad. En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo analizar, desde una revisión narrativa de la literatura, la integración de tecnologías de monitoreo y detección de fallas en tiempo real aplicadas a elementos mecánicos críticos, considerando su relación con el diseño mecánico, los mecanismos de desgaste y las metodologías de diagnóstico. La metodología se basa en una revisión cualitativa y analítica de fuentes especializadas, que permitió examinar conceptos teóricos, clasificaciones y enfoques técnicos relacionados con el análisis de fallas, el monitoreo en línea, el uso de sensores industriales, la detección de anomalías y el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE). Los principales hallazgos de la revisión evidencian que la integración de un diseño mecánico orientado a la confiabilidad con sistemas de monitoreo continuo y metodologías estructuradas de diagnóstico contribuye significativamente a la identificación temprana de fallas, la reducción de riesgos de fallas catastróficas y la optimización de las estrategias de mantenimiento. Asimismo, se destaca que el monitoreo basado en la condición real del equipo y la retroalimentación al proceso de diseño fortalecen la toma de decisiones y la eficiencia operativa en entornos industriales. En conclusión, la literatura revisada respalda la adopción de enfoques integrales que articulen diseño, monitoreo y diagnóstico como una estrategia clave para mejorar la confiabilidad y el desempeño de los sistemas mecánicos críticos.

Palabras clave: diseño mecánico; monitoreo en línea; fallas mecánicas; detección de anomalías; confiabilidad.

Abstract

The design and reliability of mechanical elements are fundamental aspects to ensure the proper operation of industrial systems and to prevent failures with operational, economic, and safety implications. In this context, this article aims to analyze, through a narrative literature review, the integration of real-time monitoring and fault detection technologies applied to critical mechanical elements, considering their relationship with mechanical design, wear mechanisms, and diagnostic methodologies. The methodology is based on a qualitative and analytical review of specialized sources, which enabled the examination of theoretical concepts, classifications, and technical approaches related to failure analysis, online monitoring, industrial sensors, anomaly detection, and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). The main findings indicate that integrating reliability-oriented mechanical design with continuous monitoring systems and structured diagnostic methodologies significantly contributes to early fault identification, reduction of catastrophic failure risks, and optimization of maintenance strategies. Furthermore, condition-based monitoring and feedback to the design process enhance decision-making and operational efficiency in industrial environments. In conclusion, the reviewed literature supports the adoption of comprehensive approaches that articulate design, monitoring, and diagnostics as a key strategy to improve the reliability and performance of critical mechanical systems.

Keywords: mechanical design; online monitoring; mechanical failures; anomaly detection; reliability.

1. Introducción

El diseño y la confiabilidad de los elementos mecánicos representan un pilar fundamental en la ingeniería mecánica e industrial, ya que estos componentes constituyen la base funcional de máquinas, equipos y sistemas productivos. El diseño de elementos de máquina implica la definición de dimensiones, geometrías y materiales, sustentado en principios científicos y técnicos que permiten predecir el comportamiento estructural y operativo de los componentes mecánicos (Useche, 2018). Cuando estos elementos no cumplen adecuadamente su función, se generan fallas que pueden comprometer la seguridad, la eficiencia operativa y la continuidad de los procesos industriales (Arosemena, s. f.).

En los entornos industriales actuales, la detección tardía de fallas mecánicas puede derivar en la degradación del servicio, incumplimiento de acuerdos operativos y elevados costos de mantenimiento. Frente a este escenario, el monitoreo continuo de equipos se ha consolidado como una estrategia clave para advertir anomalías en el funcionamiento interno de los sistemas antes de que se produzcan fallas de mayor gravedad (Figuerola, 2019). El monitoreo de máquinas se basa en la recolección, transmisión y análisis de datos provenientes de los equipos, permitiendo una supervisión permanente de su estado operativo (Tecnología para la Industria, 2023).

El desarrollo tecnológico ha impulsado el uso de sensores y sistemas de adquisición de datos capaces de generar grandes volúmenes de información en tiempo real. Sensores de temperatura, vibración, presión, desplazamiento y tecnologías ópticas facilitan la evaluación continua de las condiciones de operación de los elementos mecánicos, favoreciendo la implementación de estrategias de mantenimiento basadas en la condición real del equipo y no únicamente en intervalos de tiempo predeterminados (Tagle et al., 2019). Este enfoque contribuye a mejorar la confiabilidad de los sistemas y a reducir la probabilidad de fallas catastróficas.

Desde la perspectiva del análisis de fallas, una falla mecánica se define como cualquier evento no deseado que impide que un componente cumpla correctamente su función. Estas fallas pueden estar asociadas a deficiencias de diseño, selección inadecuada de materiales, geometrías inapropiadas, tratamientos superficiales incorrectos o errores en el proceso de ensamble (Arosemena, s. f.; Red UAO, s. f.). El análisis sistemático de las causas de falla permite optimizar el diseño mecánico, mejorar las técnicas de fabricación y fortalecer los métodos de inspección, previniendo la repetición de fallas en futuros desarrollos.

En este contexto, la integración de técnicas de detección y diagnóstico de fallos ha cobrado especial relevancia, ya que permite identificar fallas incipientes, discriminar entre distintos modos de fallo y reducir la incertidumbre asociada a la operación de sistemas complejos (Agudelo, 2022). La detección temprana de anomalías no solo contribuye a la seguridad de los sistemas industriales, sino que también apoya la toma de decisiones en mantenimiento, minimiza pérdidas económicas y protege la integridad de las personas y del entorno (Casanova et al., 2018; Data Science Team, 2020).

Entre las metodologías más empleadas para el análisis preventivo de fallas se encuentra el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE), el cual permite identificar, evaluar y priorizar los riesgos asociados a los diferentes modos de fallo a lo largo del ciclo de vida de los productos y procesos. Este método se ha aplicado ampliamente en el diseño, la manufactura, el mantenimiento y la operación de sistemas mecánicos, contribuyendo a mejorar la seguridad, la confiabilidad y la calidad de los equipos industriales (Sphera's Editorial Team, 2022).

Bajo estas consideraciones, el presente artículo tiene como objetivo realizar una revisión narrativa de la literatura técnica relacionada con la integración de tecnologías de monitoreo y

detección de fallas en tiempo real aplicadas a elementos mecánicos críticos, abordando aspectos fundamentales del diseño mecánico, los tipos de fallas y desgaste, las técnicas de monitoreo en línea, los sensores utilizados y las metodologías de diagnóstico más empleadas. Esta revisión busca aportar una visión integral que sirva como base para el fortalecimiento del mantenimiento predictivo y la mejora continua de los procesos industriales.

2. Metodología

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, mediante la modalidad de revisión narrativa de la literatura, la cual permite analizar, integrar e interpretar de forma crítica aportes teóricos y técnicos relevantes sobre un campo específico del conocimiento. Este tipo de revisión resulta pertinente cuando el objetivo es ofrecer una visión amplia y contextualizada de un fenómeno, sin restringirse a protocolos sistemáticos estrictos, permitiendo una interpretación flexible y analítica de las fuentes consultadas.

La revisión se centró en literatura especializada relacionada con el diseño de elementos mecánicos, análisis de fallas, monitoreo en línea, detección de anomalías, sensores industriales y metodologías de diagnóstico, con énfasis en la integración de tecnologías orientadas a la identificación temprana de fallas en elementos mecánicos críticos. Para ello, se consideraron libros técnicos, artículos científicos, documentos académicos y fuentes especializadas que abordan estos temas desde una perspectiva ingenieril (Useche, 2018; Amé, 2011; Figueroa, 2019).

El proceso de selección de la literatura se realizó mediante una búsqueda intencional y analítica, priorizando fuentes que aportaran definiciones conceptuales, clasificaciones, metodologías y aplicaciones prácticas relacionadas con el monitoreo y análisis de fallas mecánicas. Se incluyeron estudios que describen los principios del diseño mecánico, las causas y tipos de fallas, los mecanismos de desgaste, así como técnicas y herramientas utilizadas para la detección y diagnóstico de fallos, tales como sensores, sistemas de adquisición de datos y el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) (Arosemena, s. f.; Rodríguez, 2021; Sphera's Editorial Team, 2022).

Para el análisis de la información, se aplicó un proceso de lectura comprensiva, comparación y síntesis, que permitió organizar los contenidos en ejes temáticos: diseño mecánico y confiabilidad, monitoreo de sistemas mecánicos, tipos de fallas y desgaste, técnicas de detección de anomalías y metodologías de diagnóstico. Este enfoque facilitó la identificación de convergencias conceptuales, aportes relevantes y vacíos en la literatura, contribuyendo a una interpretación integral del estado del conocimiento sobre la temática abordada (Agudelo, 2022; Casanova et al., 2018).

Finalmente, la información recopilada fue integrada de manera narrativa y crítica, respetando los principios de rigor académico y citación conforme a las normas APA 7.^a edición, con el propósito de ofrecer una revisión coherente y estructurada que sirva como base teórica para futuras investigaciones y aplicaciones en el ámbito del mantenimiento predictivo y la ingeniería mecánica.

3. Desarrollo / Revisión de la literatura

La revisión de la literatura se orienta a analizar de manera narrativa y crítica los principales aportes teóricos y técnicos relacionados con el diseño mecánico, la confiabilidad de los elementos de máquina y las estrategias empleadas para la identificación temprana de fallas. A partir de fuentes especializadas, se examinan los fundamentos del diseño mecánico, los mecanismos de falla y desgaste, así como el papel del monitoreo en línea, los sensores industriales y las metodologías de detección de anomalías, con especial énfasis en el Análisis Modal de Fallos y

Efectos (AMFE). Este enfoque permite integrar distintos conceptos y técnicas que contribuyen a fortalecer la confiabilidad y el mantenimiento predictivo de sistemas mecánicos críticos.

Diseño mecánico y confiabilidad

El diseño mecánico constituye una etapa crítica en el ciclo de vida de los elementos de máquina, ya que de este dependen la funcionalidad, seguridad y confiabilidad de los sistemas mecánicos. El proceso de diseño implica la definición de geometrías, dimensiones, materiales y tratamientos, sustentado en principios científicos y técnicos de la ingeniería mecánica, con el propósito de satisfacer una necesidad específica bajo criterios de funcionalidad, calidad, durabilidad y costos (Useche, 2018). Un diseño adecuado permite anticipar el comportamiento estructural de los componentes y reducir la probabilidad de fallas durante su operación.

La confiabilidad de los elementos mecánicos está estrechamente relacionada con la correcta aplicación del proceso de diseño. Deficiencias en esta etapa, como concentradores de esfuerzo, selección inapropiada de materiales o geometrías incorrectas, pueden comprometer la capacidad del componente para resistir las condiciones reales de servicio (Amé, 2011). En este sentido, el diseño mecánico no debe concebirse únicamente como una actividad creativa, sino como un proceso sistemático que integra análisis, simulación y evaluación de alternativas para minimizar riesgos operativos y fallas futuras.

Asimismo, el diseño orientado a la confiabilidad considera la incorporación de sistemas redundantes, mecanismos de seguridad y estrategias que permitan mantener la operación del sistema ante la ocurrencia de fallas. Este enfoque resulta especialmente relevante en sistemas críticos, donde una falla puede generar consecuencias severas, como pérdidas económicas significativas o riesgos para la integridad humana (Useche, 2018). Por tanto, el diseño mecánico se consolida como un factor determinante en la prevención de fallas y en la mejora de la confiabilidad de los sistemas industriales.

Fallas y mecanismos de desgaste

Una falla mecánica se define como cualquier evento o condición no deseada que impide que un componente desempeñe adecuadamente su función. Estas fallas pueden originarse en diferentes etapas del ciclo de vida del elemento, incluyendo el diseño, la fabricación, el ensamble o la operación en servicio (Arosemena, s. f.). Entre las causas más frecuentes se encuentran las deficiencias de diseño, imperfecciones en los materiales, errores de manufactura y condiciones inadecuadas de operación, tales como sobrecargas, temperaturas extremas o mantenimiento insuficiente (Red UAO, s. f.).

El desgaste constituye uno de los principales mecanismos que conducen a la falla de los elementos mecánicos. Este proceso se manifiesta como la degradación progresiva de las superficies en contacto debido a fenómenos físicos, químicos o mecánicos. Entre los tipos de desgaste más comunes se identifican el desgaste por adhesión, abrasión, erosión, corrosión, cavitación y fretting, cada uno asociado a condiciones específicas de operación y contacto entre superficies (mmjc02, 2017). El reconocimiento de estos mecanismos resulta fundamental para diagnosticar fallas y definir estrategias de mantenimiento adecuadas.

Las fallas suelen evolucionar a través de diferentes etapas, desde fallas iniciales hasta fallas por desgaste, lo que permite establecer acciones preventivas o correctivas según el estado del equipo. El análisis sistemático de las fallas facilita la reducción de tiempos de reparación, la optimización del mantenimiento preventivo y la prevención de fallas repetitivas, contribuyendo a mejorar la eficiencia operativa de los sistemas mecánicos (Rodríguez, 2021). En consecuencia, la

comprensión de los mecanismos de desgaste y sus causas se convierte en un elemento clave para la gestión de la confiabilidad industrial.

Monitoreo en línea y sensores

El monitoreo en línea de sistemas mecánicos se ha consolidado como una herramienta esencial dentro de las estrategias de mantenimiento moderno, ya que permite supervisar de forma continua el estado operativo de los equipos y detectar anomalías en etapas tempranas. Este tipo de monitoreo se basa en la integración de sensores, sistemas de adquisición de datos, manejo de información y métodos de evaluación de la condición de los elementos mecánicos (Tagle et al., 2019). Su aplicación contribuye a la transición desde esquemas de mantenimiento correctivo hacia enfoques predictivos y basados en la condición real del equipo.

El uso de sensores industriales facilita la medición de diversas magnitudes físicas relevantes para el diagnóstico de fallas, tales como temperatura, vibración, presión, velocidad, aceleración y desplazamiento. Estos dispositivos permiten recopilar grandes volúmenes de datos en tiempo real, proporcionando información valiosa sobre el comportamiento dinámico de los sistemas mecánicos (inevid.blogspot, 2016). La interpretación adecuada de estos datos posibilita identificar desviaciones respecto a las condiciones normales de operación y anticipar posibles fallas.

Los beneficios del monitoreo en línea incluyen la creación de historiales de datos, la reducción de riesgos de fallas catastróficas y la optimización de las decisiones de mantenimiento. Además, este enfoque permite evaluar los efectos de las intervenciones realizadas y verificar cambios en las condiciones operativas después de actividades de mantenimiento, fortaleciendo la confiabilidad de los elementos mecánicos (Figueroa, 2019; Tecnología para la Industria, 2023). En consecuencia, el monitoreo en línea se posiciona como un componente clave en la gestión integral de activos industriales.

Detección de anomalías y AMFE

La detección de anomalías constituye una estrategia fundamental para identificar comportamientos inusuales o desviaciones respecto al funcionamiento esperado de los sistemas mecánicos. Estas anomalías pueden representar fallas incipientes que, de no ser atendidas oportunamente, podrían evolucionar hacia eventos de mayor gravedad. La detección temprana permite asistir al personal de operación y mantenimiento en la toma de decisiones, reduciendo riesgos operativos, ambientales y económicos (Agudelo, 2022; Data Science Team, 2020).

Dentro de las metodologías más empleadas para el análisis preventivo de fallas se encuentra el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE), el cual proporciona un enfoque sistemático para identificar, evaluar y priorizar los posibles modos de fallo en productos, procesos y sistemas. Este método permite analizar la severidad, la frecuencia de ocurrencia y la facilidad de detección de cada modo de fallo, orientando la implementación de acciones preventivas y correctivas (Sphera's Editorial Team, 2022).

El AMFE se aplica en distintas etapas del ciclo de vida de los sistemas mecánicos, incluyendo el diseño, la manufactura, el mantenimiento y el servicio, lo que lo convierte en una herramienta versátil para la mejora continua de la confiabilidad. Su enfoque proactivo contribuye a reducir la probabilidad de fallas, mejorar la seguridad de los sistemas y optimizar el desempeño operativo, consolidándose como un complemento fundamental de las tecnologías de monitoreo y detección de anomalías en entornos industriales complejos (Casanova et al., 2018).

A partir de la revisión realizada, se presenta una síntesis conceptual que integra los principales enfoques de diseño, mecanismos de falla y técnicas de monitoreo y diagnóstico abordados en la literatura (véase Tabla 1).

Tabla 1. *Relación entre enfoques de diseño, fallas y técnicas de monitoreo*

Eje temático	Concepto clave	Aporte principal	Autor(es)
Diseño mecánico	Diseño orientado a confiabilidad	Prevención de fallas desde etapas tempranas	Useche (2018); Amé (2011)
Fallas mecánicas	Causas y mecanismos de desgaste	Identificación de modos de falla recurrentes	Arosemena (s. f.); mmjc02 (2017)
Monitoreo en línea	Supervisión continua	Detección temprana de anomalías	Figueroa (2019); Tagle et al. (2019)
Diagnóstico	AMFE	Priorización de riesgos	Sphera's Editorial Team (2022)

4. Discusión

El análisis de la literatura revisada evidencia que la confiabilidad de los elementos mecánicos no puede abordarse de manera aislada, sino como el resultado de la interacción entre el diseño mecánico, las condiciones de operación, los mecanismos de desgaste y las estrategias de monitoreo y diagnóstico implementadas a lo largo del ciclo de vida de los sistemas. En este sentido, el diseño mecánico emerge como un factor determinante para la prevención de fallas, ya que decisiones inadecuadas en la selección de materiales, geometrías o tratamientos pueden generar concentradores de esfuerzo y condiciones propicias para la aparición temprana de fallas en servicio (Useche, 2018; Amé, 2011).

Los estudios revisados coinciden en que una proporción significativa de las fallas mecánicas tiene su origen en deficiencias de diseño, fabricación o ensamble, las cuales se manifiestan progresivamente mediante distintos mecanismos de desgaste. Fenómenos como la adhesión, abrasión, corrosión o cavitación constituyen señales claras de degradación que, si no son identificadas oportunamente, pueden evolucionar hacia fallas catastróficas con consecuencias económicas y operativas severas (Arosemena, s. f.; mmjc02, 2017). Este escenario refuerza la necesidad de integrar el análisis de fallas como una herramienta retroalimentadora del proceso de diseño y no únicamente como una actividad correctiva posterior a la ocurrencia del evento.

En este contexto, el monitoreo en línea y el uso de sensores industriales se consolidan como elementos clave para la gestión de la confiabilidad. La literatura destaca que la medición continua de variables como vibración, temperatura, presión y velocidad permite identificar desviaciones respecto al comportamiento normal de los sistemas mecánicos, facilitando la detección temprana de anomalías y la toma de decisiones basada en la condición real del equipo (Tagle et al., 2019; Figueroa, 2019). Este enfoque representa un cambio significativo frente a los esquemas tradicionales de mantenimiento preventivo, al reducir tiempos de parada no programados y optimizar los recursos destinados al mantenimiento (Tecnología para la Industria, 2023).

Asimismo, la detección de anomalías y la aplicación de metodologías sistemáticas como el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) permiten estructurar el proceso de identificación, evaluación y priorización de riesgos asociados a los distintos modos de fallo. La revisión muestra que el AMFE

aporta un enfoque proactivo que facilita la anticipación de fallas, la reducción de su severidad y la mejora de la seguridad operativa, especialmente cuando se integra desde las etapas tempranas del diseño y se mantiene a lo largo del ciclo de vida del sistema (Sphera's Editorial Team, 2022; Casanova et al., 2018).

De manera integradora, los resultados de la literatura analizada sugieren que la combinación de un diseño mecánico orientado a la confiabilidad, el conocimiento de los mecanismos de desgaste, el monitoreo en línea y el uso de metodologías de diagnóstico estructuradas constituye una estrategia efectiva para minimizar la ocurrencia de fallas y mejorar el desempeño de los sistemas mecánicos críticos. Esta integración no solo contribuye a la prevención de fallas catastróficas, sino que también fortalece la sostenibilidad operativa, la seguridad industrial y la eficiencia de los procesos productivos (Agudelo, 2022; Rodríguez, 2021).

En consecuencia, la discusión integradora pone de manifiesto la necesidad de adoptar enfoques holísticos en la gestión de activos mecánicos, donde la información generada por los sistemas de monitoreo y diagnóstico se utilice de manera estratégica para retroalimentar el diseño, optimizar las prácticas de mantenimiento y apoyar la toma de decisiones en entornos industriales cada vez más complejos y exigentes.

5. Conclusión

La revisión narrativa realizada permite concluir que la confiabilidad de los elementos mecánicos críticos depende en gran medida de la adecuada integración entre el diseño mecánico, el conocimiento de los mecanismos de falla y desgaste, y la implementación de estrategias avanzadas de monitoreo y diagnóstico. Un diseño mecánico orientado a la confiabilidad, que considere criterios de funcionalidad, selección de materiales y evaluación de riesgos desde las etapas iniciales, constituye un factor clave para la prevención de fallas durante la operación de los sistemas.

Asimismo, la literatura analizada evidencia que los mecanismos de desgaste representan una de las principales causas de degradación progresiva de los elementos mecánicos, lo que refuerza la necesidad de comprender sus características y condiciones de aparición. La identificación temprana de estos mecanismos permite optimizar las estrategias de mantenimiento y reducir la probabilidad de fallas catastróficas, mejorando la eficiencia y seguridad de los procesos industriales.

El monitoreo en línea y el uso de sensores industriales se consolidan como herramientas fundamentales para la gestión moderna de activos mecánicos, al posibilitar la supervisión continua de variables críticas y la generación de información en tiempo real. Este enfoque facilita la transición hacia modelos de mantenimiento basados en la condición real del equipo, contribuyendo a la toma de decisiones informada, la reducción de tiempos de parada no programados y la optimización de los recursos destinados al mantenimiento.

Por otra parte, la aplicación de metodologías sistemáticas como el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) y las técnicas de detección de anomalías complementan de manera efectiva los sistemas de monitoreo, al permitir identificar, evaluar y priorizar los modos de fallo potenciales. Su integración a lo largo del ciclo de vida de los sistemas mecánicos fortalece la seguridad operativa y la mejora continua de los procesos industriales.

Finalmente, se concluye que la adopción de un enfoque integral que combine diseño mecánico confiable, análisis de fallas, monitoreo en línea y metodologías de diagnóstico estructuradas constituye una estrategia efectiva para mejorar la confiabilidad, sostenibilidad y desempeño de los sistemas mecánicos críticos. Esta revisión proporciona una base teórica sólida que puede servir de referencia para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas orientadas al

fortalecimiento del mantenimiento predictivo y la ingeniería de confiabilidad en entornos industriales.

Referencias Bibliográficas

- Agudelo, C. (2022, julio 21). *Integración de técnicas para la detección y el diagnóstico de fallos*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/integracion-de-tecnicas-para-la-deteccion-y-el-fallos-carlos-agudelo/>
- Amé, D. I. (2011). *Mecánica aplicada al diseño de los elementos de máquinas* (pp. 21–22). Editorial Nobuko.
- Arosemena, A. (s. f.). *Comentarios generales referentes a las fallas mecánicas y su relación con el diseño de elementos mecánicos*. Universidad Tecnológica de Panamá. https://www.academia.utp.ac.pa/sites/default/files/docente/72/clase_1_comentarios_generales_referentes_a_las_fallas_mecanicas_y_su_relacion_con_el_diseno_de_elementos_mecanicos.pdf
- CADEMS. (2021, abril 8). *Diseño mecánico: En qué consiste y cuáles son las mejores herramientas*. <https://www.cadems.es/diseño-mecánico-consiste-cuales-las-mejores-herramientas/>
- Casanova, M. P., Silva, J. L., Díaz, O. F., & Calderón, C. A. (2018). Sistema para detección y aislamiento de fallas. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 12(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992018000200005
- Data Science Team. (2020, abril 13). *Introducción a la detección de anomalías*. <https://datascience.eu/es/matematica-y-estadistica/introduccion-deteccion-de-anomalias/>
- Dynamox. (2020, mayo 19). *Fallas mecánicas comunes y maneras de prevenirlas*. <https://dynamox.net/es/blog/fallas-mecanicas-comunes-y-maneras-de-prevenirlas>
- Escuela de Postgrado Industrial. (2021, enero 22). *Elementos mecánicos: Qué son y cómo se clasifican*. <https://postgradoindustrial.com/elementos-mecanicos-que-son-y-como-se-clasifican/>
- Figueroa, D. A. (2019). *Monitoreo de condición en sistemas industriales* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170571>
- Inevid.blogspot. (2016). *Aparatos utilizados para la detección de anomalías en sistemas mecánicos*. <https://inevid.blogspot.com/2016/11/aparatos-utilizados-para-la-deteccion-de-anomalias-en-sistemas-mecanicos.html>
- mmjc02. (2017, julio 19). *Fallas y tipos de desgaste*. SlideShare. <https://www.slideshare.net/mmjc02/fallas-y-tipos-de-desgastes78053830>
- Red Universidad Autónoma de Occidente. (s. f.). *Evaluación y análisis de fallas de componentes estructurales desde la óptica de la mecánica de fractura*. https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/13819/Evaluacion_y_analisis_de_fallas_de_componentes_estructurales.pdf
- Rodríguez, F. (2021, febrero 16). *Análisis de fallas*. Generac LATAM. <https://blog.generaclatam.com/analisis-de-fallas>
- Soporte y Compañía. (s. f.). *Identificación de fallas*.

<https://soporteycia.com/sites/default/files/cap-boletin-identificacion-fallas.pdf>

Sphera's Editorial Team. (2022, junio 21). *¿Qué es el análisis modal de fallos y efectos (AMFE)?*
<https://sphera.com/glosario-es/que-es-el-analisis-modal-de-fallos-y-efectos-amfe/>

Tagle, A. L., Tapia, H. E., García, R. L., Santos, A. P., & Domínguez, A. N. (2019, mayo 5).
Monitoreo en línea de sistemas eléctricos y mecánicos. OSTI.
<https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/20192105>

Tecnología para la Industria. (2023, enero 12). *Monitoreo de máquinas de manufactura industrial*.
<https://tecnologiaparalaindustria.com/monitoreo-de-maquinas-de-manufactura-industrial/>

Useche, L. V. (2018). *Diseño de elementos mecánicos* (pp. 19–22). Universidad Tecnológica de Pereira.

Conflicto de Intereses: Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses relacionados con este estudio y que todos los procedimientos seguidos cumplen con los estándares éticos establecidos por la revista. Asimismo, confirman que este trabajo es inédito y no ha sido publicado, ni parcial ni totalmente, en ninguna otra publicación.