

Analysis of leak and loss reduction in high-pressure hydraulic circuits to maximize system efficiency
Análisis de reducción de fugas y pérdidas en circuitos hidráulicos de alta presión para maximizar la eficiencia el sistema

Autores:

Anchundia-Alcivar , Angelica Valentina
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO LUIS ARBOLEDA MARTÍNEZ
Estudiante de Tecnología Superior en Mecánica Industrial
Manta – Ecuador



anchundia.a.6261@istlam.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0004-1856-3845>

Sabando-Romero, William Mateo
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO LUIS ARBOLEDA MARTÍNEZ
Estudiante de Tecnología Superior en Mecánica Industrial
Manta – Ecuador



sabando.w.6629@istlam.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0006-1366-8060>

Bravo-Mendoza, Frank Andrés
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO LUIS ARBOLEDA MARTÍNEZ
Ing. Hidráulico, Magister en Gestión de Proyectos
Docente de Tecnología Superior en Mecánica Industrial
Manta – Ecuador



f.bravo@istlam.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0005-3568-0354>

Fechas de recepción: 25-MAY-2025 aceptación: 25-JUN-2025 publicación: 30-JUN-2025



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

En este artículo científico, exploraremos problema crítico de la reducción de fugas y pérdidas en circuitos hidráulicos de alta presión, componentes vitales en diversas aplicaciones industriales, como la automotriz, la aeroespacial y la manufactura. Mi pregunta central de investigación aborda cómo minimizar eficazmente estas fugas y pérdidas para mejorar la eficiencia y la seguridad industrial. Ofreceremos una visión general completa de los principios fundamentales, los componentes clave y las aplicaciones comunes de los circuitos hidráulicos de alta presión, seguida de un análisis profundo de las principales causas de las fugas, incluyendo fallas mecánicas, deficiencias de diseño y limitaciones de materiales. El artículo científico también analiza estrategias innovadoras de prevención, como tecnologías avanzadas de sellado, diseños de circuitos mejorados y protocolos de mantenimiento regular, con el apoyo de estudios de caso que ilustran implementaciones exitosas y lecciones aprendidas de las fallas. Finalmente, Concluiremos que las tecnologías emergentes y las posibles áreas de investigación futura, enfatizando la importancia de los avances continuos para garantizar la confiabilidad y seguridad de los sistemas hidráulicos. Este trabajo busca contribuir al conocimiento de la ingeniería mecánica y promover mejoras en el rendimiento de los circuitos hidráulicos.

Palabras clave: Circuitos hidráulicos de alta presión; prevención de fugas; ingeniería mecánica ; eficiencia industrial ; tecnologías emergentes



Abstract

In this scientific article, I explore the critical problem of reducing leaks and losses in high-pressure hydraulic circuits, vital components in diverse industrial applications, such as automotive, aerospace, and manufacturing. My central research question addresses how to effectively minimize these leaks and losses to improve efficiency and industrial safety. I provide a comprehensive overview of the fundamental principles, key components, and common applications of high-pressure hydraulic circuits, followed by an in-depth analysis of the main causes of leaks, including mechanical failures, design deficiencies, and material limitations. The thesis also discusses innovative prevention strategies, such as advanced sealing technologies, improved circuit designs, and regular maintenance protocols, supported by case studies illustrating successful implementations and lessons learned from failures. Finally, I examine emerging technologies and potential areas for future research, emphasizing the importance of continued advancements in ensuring the reliability and safety of hydraulic systems. This work seeks to contribute to the knowledge of mechanical engineering and promote improvements in the performance of hydraulic circuits.

Keywords: High-pressure hydraulic circuits; leak prevention; mechanical engineering; industrial efficiency; emerging technologies



Introducción

Los circuitos hidráulicos de alta presión son un componente esencial de la ingeniería mecánica moderna y desempeñan un papel crucial en diversas industrias, como la automotriz, la aeroespacial y la manufacturera. Estos sistemas están diseñados para transmitir una fuerza y potencia significativas a través de un fluido, a menudo a presiones superiores a varios cientos de bares. La eficacia y la eficiencia de los circuitos hidráulicos de alta presión dependen en gran medida de su capacidad para funcionar sin fugas ni pérdidas, ya que estas pueden afectar drásticamente el rendimiento, la seguridad y la rentabilidad.

Los circuitos hidráulicos de alta presión son clave en diversas aplicaciones industriales que requieren precisión y potencia, como maquinaria pesada, aeronáutica y sistemas de frenos. Su papel también es relevante en la reducción de pérdidas de agua en redes hidráulicas, lo que los hace fundamentales tanto en la ingeniería mecánica como civil (Fragoso Sandoval et al., 2016). Dada su amplia utilización, es esencial seguir investigando para mejorar su eficiencia. La pregunta central de este análisis es: *"¿Cómo se pueden reducir las fugas y pérdidas en circuitos hidráulicos de alta presión?"*

Esta investigación es fundamental para mejorar la eficiencia, seguridad y sostenibilidad de los circuitos hidráulicos de alta presión. Tirado Garriazo (2024) y Pinargote Véliz (2022) evidencian cómo los cambios de presión afectan el caudal y las pérdidas, subrayando la necesidad de soluciones efectivas. El estudio aborda causas, prevención e implicaciones de las fugas mediante revisión teórica, estudios de caso y análisis técnico. La tesis, apoyada por Tipán, Mora y Altamirano (2019), defiende que mantener una presión constante es esencial para reducir pérdidas. Además, se analizan aspectos de diseño, materiales y mantenimiento para optimizar el rendimiento. Calvo et al. (2019) destacan que una regulación precisa de la presión es clave para evitar fugas, dada la alta exigencia operativa de estos sistemas.

Las fugas en circuitos hidráulicos pueden deberse a desgaste mecánico, deficiencias de diseño o limitaciones de materiales, especialmente bajo alta presión. Thuollier Muñiz y Urday Benítez (2021) proponen técnicas de detección y control para reducir pérdidas de agua. Además, errores como un sellado deficiente o una mala selección de materiales agravan el problema. González et al. (2017) destacan la necesidad de equilibrar la presión para evitar



fugas sin comprometer el funcionamiento, subrayando la importancia de tecnologías de sellado y diseños mejorados para aumentar la fiabilidad del sistema.

La prevención de fugas y pérdidas en los circuitos hidráulicos requiere un enfoque multifacético que abarca tecnologías de sellado avanzadas, diseños de circuitos mejorados y protocolos de mantenimiento periódicos. Guerra Puente (2021) enfatiza la importancia de mantener la presión hidráulica en las redes de distribución para minimizar las pérdidas, destacando la importancia de unas prácticas de mantenimiento constantes. Las inspecciones periódicas y el mantenimiento proactivo pueden prolongar significativamente la vida útil de los sistemas hidráulicos y evitar costosos tiempos de inactividad.

Los estudios de caso y aplicaciones reales ofrecen valiosa información sobre implementaciones exitosas y errores en la gestión de circuitos hidráulicos. Coronel Pincay (2023) examina estrategias de reducción de fugas a través de la gestión de presión, presentando ejemplos prácticos de buenas prácticas industriales. Este análisis de éxitos y fracasos permite extraer lecciones y formular recomendaciones para futuras aplicaciones. En perspectiva futura, las tecnologías emergentes prometen transformar los circuitos hidráulicos de alta presión. Navarrete Chenche (2023) plantea estrategias para disminuir pérdidas de agua mediante el control de presión, destacando el papel de la innovación tecnológica en la mejora de la eficiencia y la seguridad. La investigación y el desarrollo continuos son esenciales para impulsar el progreso y garantizar la sostenibilidad de estos sistemas en el sector industrial.

Material y métodos

Descripción general de los circuitos hidráulicos de alta presión

Principios y Componentes Fundamentales

Los circuitos hidráulicos de alta presión son esenciales en numerosas aplicaciones industriales, proporcionando la fuerza impulsora de una gran variedad de procesos mecánicos. Los principios fundamentales de funcionamiento de estos circuitos giran en torno al uso de fluidos incompresibles para transmitir energía. Normalmente, estos sistemas se basan en la Ley de Pascal, que establece que la presión aplicada en cualquier punto de un fluido confinado se transmite sin disminución a través de él (Fragoso Sandoval et al., 2016). Este principio es la base de los sistemas hidráulicos, donde se utiliza fluido presurizado para



accionar maquinaria, lo que permite realizar tareas que requieren una fuerza considerable con un control preciso.

El funcionamiento de los circuitos hidráulicos de alta presión se basa en el control del fluido presurizado dentro de un sistema cerrado para generar movimiento mecánico. Bombas, válvulas y actuadores trabajan en conjunto para convertir la energía hidráulica en fuerza útil, con precisión regulada por modelado hidráulico (Tirado Garriazo, 2024). Este principio es esencial en maquinaria como grúas y prensas, donde se requiere potencia controlada y confiable (Pinargote Véliz, 2022).

Bombas: Las bombas, el corazón de cualquier sistema hidráulico, se encargan de mover el fluido y generar la presión necesaria. Existen varios tipos de bombas utilizadas en circuitos hidráulicos, incluyendo bombas de engranajes, de pistón y de paletas, cada una con características distintivas adaptadas a aplicaciones específicas. La selección de una bomba es crucial, ya que debe ser capaz de suministrar el caudal y la presión requeridos de forma constante (Tipán et al., 2019). Las bombas de alta eficiencia no solo reducen el consumo de energía, sino que también minimizan el riesgo de fugas, que pueden perjudicar el rendimiento del sistema.

Válvulas: Las válvulas son fundamentales para controlar el flujo y la dirección del fluido hidráulico dentro del circuito. Cumplen múltiples funciones, como el aislamiento, la regulación y la desviación del flujo del fluido. Las válvulas pueden operarse manualmente o automatizarse, lo que permite un control preciso del sistema hidráulico. La selección y el mantenimiento adecuados de las válvulas son vitales para prevenir fugas y garantizar la fiabilidad del sistema (Calvo et al., n.d.). Los diseños avanzados de válvulas incorporan características que reducen la pérdida de presión y mejoran la capacidad de respuesta del sistema.

Actuadores: Los actuadores convierten la energía hidráulica en fuerza mecánica, lo que permite que el sistema realice su trabajo. Se presentan en diversas formas, incluyendo cilindros para movimiento lineal y motores para movimiento rotatorio. El rendimiento de los actuadores está directamente relacionado con la eficiencia del sistema hidráulico. Los actuadores de alto rendimiento están diseñados para minimizar la pérdida de energía y

proporcionar un funcionamiento suave, esencial para aplicaciones que requieren precisión y fiabilidad (Thuollier Muñiz y Urday Benítez, 2021).

Tuberías y mangueras: La red de tuberías y mangueras sirve como conducto para el movimiento del fluido dentro del circuito hidráulico. Estos componentes deben soportar alta presión y evitar fugas, lo que puede comprometer la integridad del sistema. La selección de materiales para tuberías y mangueras es crucial, ya que influye en la durabilidad y el rendimiento del sistema hidráulico. Las innovaciones en materiales, como los compuestos reforzados, han mejorado la fiabilidad de estos componentes, reduciendo el riesgo de desgaste con el tiempo (González et al., 2017).

La interacción entre bombas, válvulas, actuadores y tuberías define la eficiencia de un circuito hidráulico. Cada componente debe diseñarse e integrarse meticulosamente para funcionar en armonía, garantizando que el sistema ofrezca el rendimiento requerido y minimizando la pérdida de energía (Guerra Puente, 2021). El diseño de circuitos hidráulicos implica una cuidadosa consideración de factores como los caudales, los niveles de presión y la capacidad de respuesta del sistema.

La integración de componentes hidráulicos, guiada por principios de dinámica de fluidos, mejora la eficiencia y reduce riesgos. La ubicación adecuada de válvulas y la selección de equipos eficientes, como bombas y actuadores, optimizan el rendimiento y prolongan la vida útil del sistema (Coronel Pincay, 2023).

Aplicaciones e Industrias Comunes

Los circuitos hidráulicos de alta presión son clave en muchas industrias, ya que impulsan maquinaria compleja y mejoran la eficiencia. Esta sección examina sus principales aplicaciones, sectores donde se utilizan con mayor frecuencia y su papel en la optimización de procesos industriales.

La industria automotriz es una de las principales usuarias de circuitos hidráulicos de alta presión, tanto en la fabricación como en el funcionamiento de los vehículos. En las líneas de ensamblaje, estos sistemas permiten procesos precisos y eficientes (Fragoso Sandoval et al., 2016), mientras que en los vehículos son fundamentales para la dirección asistida y los frenos, mejorando el control y la seguridad (Tirado Garriazo, 2024).



En el sector aeroespacial, los circuitos hidráulicos de alta presión son esenciales para controlar superficies de vuelo y operar el tren de aterrizaje, garantizando maniobrabilidad, estabilidad y seguridad (Pinargote Véliz, 2022; Tipán et al., 2019). Su fiabilidad es crucial, ya que fallos mínimos pueden tener consecuencias graves. Además, contribuyen a optimizar el consumo de combustible y reducir costos operativos (Calvo et al., s.f.).

El sector manufacturero utiliza ampliamente circuitos hidráulicos de alta presión en procesos como corte, prensado, moldeado y ensamblaje, gracias a su capacidad de ofrecer fuerza constante y alta precisión (Thuollier Muñoz y Urday Benítez, 2021). También son fundamentales en máquinas CNC, donde garantizan precisión y calidad en la producción (González et al., 2017). En la industria automotriz, se aplican en elevadores y gatos hidráulicos para mantenimiento, y en transmisiones automáticas para un funcionamiento suave y seguro (Guerra Puente, 2021).

En la industria aeroespacial, los circuitos hidráulicos son esenciales para garantizar el buen funcionamiento de los sistemas de las aeronaves. Por ejemplo, los actuadores hidráulicos utilizados para controlar las superficies de vuelo proporcionan a los pilotos la capacidad de maniobrar la aeronave con precisión, incluso en condiciones difíciles (Coronel Pincay, 2023). Esta precisión es fundamental para mantener la estabilidad y la seguridad durante el vuelo. Asimismo, los circuitos hidráulicos desempeñan un papel vital en el funcionamiento de los sistemas del tren de aterrizaje de las aeronaves. Garantizan la extensión y retracción fiables del tren de aterrizaje, lo cual es crucial para procedimientos seguros de despegue y aterrizaje. La robustez y fiabilidad de los sistemas hidráulicos en estas aplicaciones subrayan su importancia en las operaciones aeroespaciales (Navarrete Chenche, 2023).

Métodos para prevenir fugas y pérdidas

Tecnologías Avanzadas de Sellado

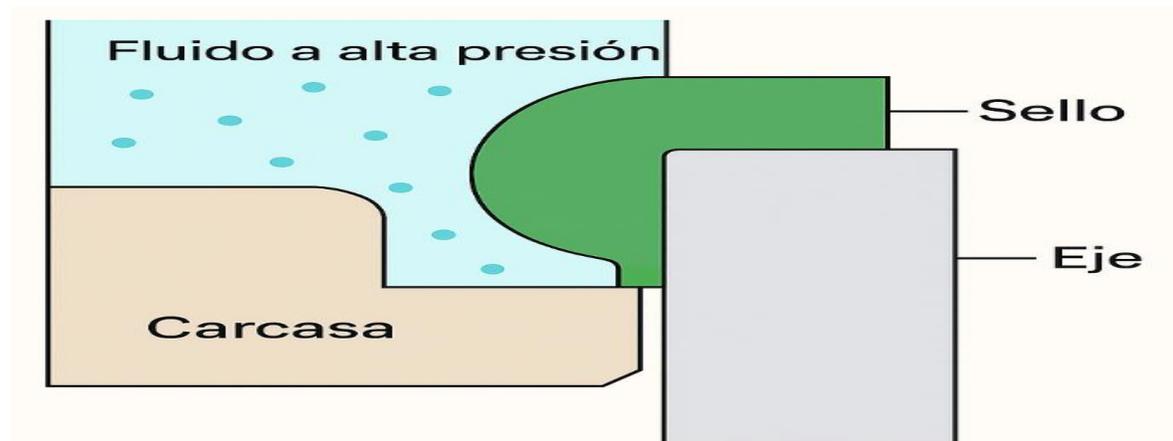
En los circuitos hidráulicos de alta presión, mantener la integridad del sistema es crucial para evitar fugas, mejorar el rendimiento y reducir tiempos de inactividad. La creciente demanda de tecnologías avanzadas de sellado en sectores como el automotriz, aeroespacial y manufacturero responde al riesgo que implican las altas presiones. Los avances recientes en materiales y diseños de sellos han mejorado su durabilidad y eficacia, revolucionando el mantenimiento y aumentando la fiabilidad de estos sistemas.



Una innovación clave en sistemas hidráulicos es el uso de sellos elastoméricos, hechos de caucho sintético, que se adaptan a cambios de presión y temperatura para un sellado más eficaz (Fragoso Sandoval et al., 2016). También se han desarrollado sellos con mayor resistencia química gracias a avances en polímeros. Además, los sellos compuestos, como los que combinan PTFE con otros materiales, ofrecen baja fricción y alta durabilidad incluso en condiciones extremas (Tirado Garriazo, 2024).

Figura 1

Funcionamiento de un sello hidráulico



Nota. Diagrama esquemático que muestra cómo un sello avanzado actúa entre el eje y la carcasa para contener fluido hidráulico a alta presión. Este diseño minimiza fugas y mejora la fiabilidad del sistema en aplicaciones industriales exigentes.

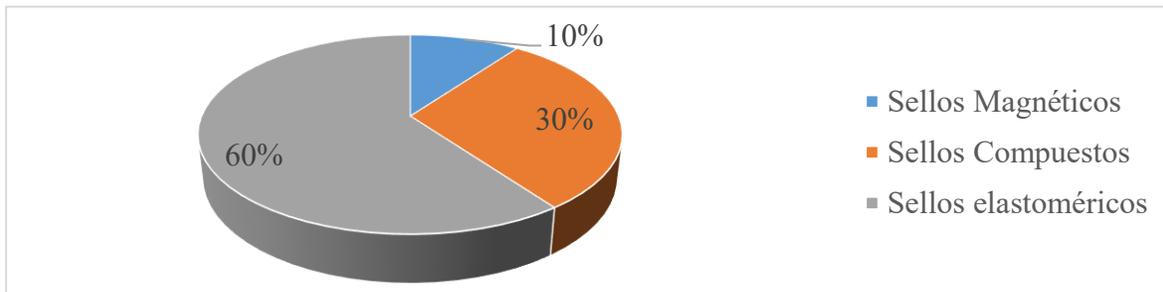
Los sellos compuestos, al reducir la fricción y el desgaste, prolongan la vida útil de los sistemas hidráulicos y disminuyen los costos de mantenimiento (Calvo et al.). Por su parte, los sellos magnéticos, al evitar el contacto directo, ofrecen un sellado duradero y son ideales en entornos sensibles como el aeroespacial (Thuollier Muñoz et al., 2021). Ambas tecnologías también favorecen la sostenibilidad al reducir fugas y prevenir la contaminación.

Diversos estudios de caso demuestran la efectividad de las tecnologías de sellado avanzadas para reducir fugas y mejorar el rendimiento hidráulico. González et al. (2017) reportaron una reducción del 30 % en fugas y menores costos de mantenimiento tras implementar sellos compuestos en una planta de fabricación. Guerra Puente (2021) destacó que el uso de sellos magnéticos en una empresa aeroespacial aumentó la confiabilidad en un 25 % y redujo la contaminación. Coronel Pincay (2023) evidenció una disminución del 20 % en fugas en

sistemas automotrices con sellos elastoméricos, mejorando el rendimiento y la seguridad del vehículo.

Figura 2

Distribución estimada del uso de tecnología de sellado en sistemas hidráulicos de alta presión



Nota. Estos valores son estimaciones basadas en la información disponible y las tendencias observadas en el mercado.

Diseños de Circuitos Mejorados

Los circuitos hidráulicos de alta presión son fundamentales en industrias como la automotriz y la aeroespacial, donde la eficiencia y precisión son clave. Minimizar fugas y pérdidas es esencial para mejorar su rendimiento y seguridad. Los avances en el diseño de circuitos han permitido desarrollar soluciones innovadoras que aumentan la confiabilidad del sistema, abordando causas comunes de fugas como desequilibrios de presión, desgaste y fallos de diseño.

Uno de los avances clave en el diseño de circuitos hidráulicos es la implementación de sistemas de control adaptativo que regulan la presión en tiempo real, reduciendo fugas por fluctuaciones (Fragoso Sandoval, Ruiz y Zurvia-Flores, 2016). El modelado hidráulico también permite predecir y prevenir fallos potenciales (Tirado Garriazo, 2024). Además, el uso de materiales resistentes al desgaste y la corrosión, como polímeros y compuestos avanzados, mejora la durabilidad de componentes críticos y contribuye a una operación más eficiente y sostenible (Pinargote Véliz, 2022).

La innovación en el diseño de circuitos hidráulicos está impulsada por la necesidad de superar las limitaciones de los sistemas tradicionales, que a menudo no satisfacen las complejas demandas industriales. Las técnicas novedosas se centran en optimizar las trayectorias de

flujo, mejorar la compatibilidad de los componentes y aprovechar las herramientas computacionales para simular y refinar la dinámica de los circuitos.

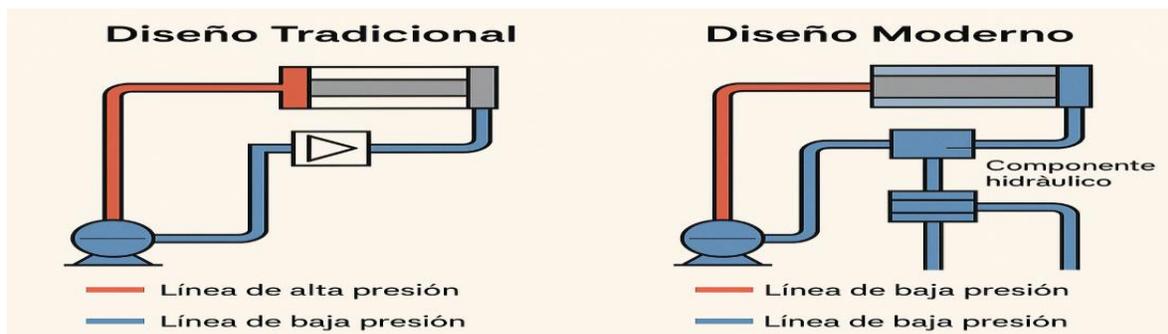
Una de estas técnicas implica el uso de principios de diseño modular, que permiten una mayor flexibilidad y personalización en la configuración de los circuitos. Los diseños modulares permiten a los ingenieros adaptar los circuitos a los requisitos específicos de la aplicación, facilitando una integración más sencilla con los sistemas existentes y reduciendo el riesgo de desajustes que pueden provocar fugas (Tipán, Mora, Altamirano, 2019). Al adoptar enfoques modulares, las industrias pueden lograr un equilibrio entre la estandarización y la personalización, garantizando que los circuitos sean eficientes y adaptables.

Las herramientas de simulación avanzadas son esenciales en el diseño de circuitos hidráulicos, ya que permiten optimizar configuraciones y detectar posibles fugas antes de la implementación (Calvo, González y Sinobas, s.f.). Estas simulaciones mejoran la precisión y fiabilidad del sistema. Además, los sistemas de gestión de presión ajustan dinámicamente los niveles según la demanda, lo que ayuda a mantener condiciones óptimas y reducir el riesgo de fugas.

Según Thuollier Muñiz y Urday Benítez (2021), el uso de válvulas inteligentes y bombas ajustables permite adaptarse a cambios de presión, manteniendo el rendimiento y reduciendo fugas por desgaste. La transición de diseños tradicionales a modelos mejorados representa un avance en eficiencia y fiabilidad, superando limitaciones como la distribución desigual de presión y el alto mantenimiento. Los nuevos diseños incorporan tecnologías adaptativas y monitorización en tiempo real, lo que mejora la prevención de fugas y asegura un funcionamiento continuo y optimizado (Guerra Puente, 2021).

Figura 3

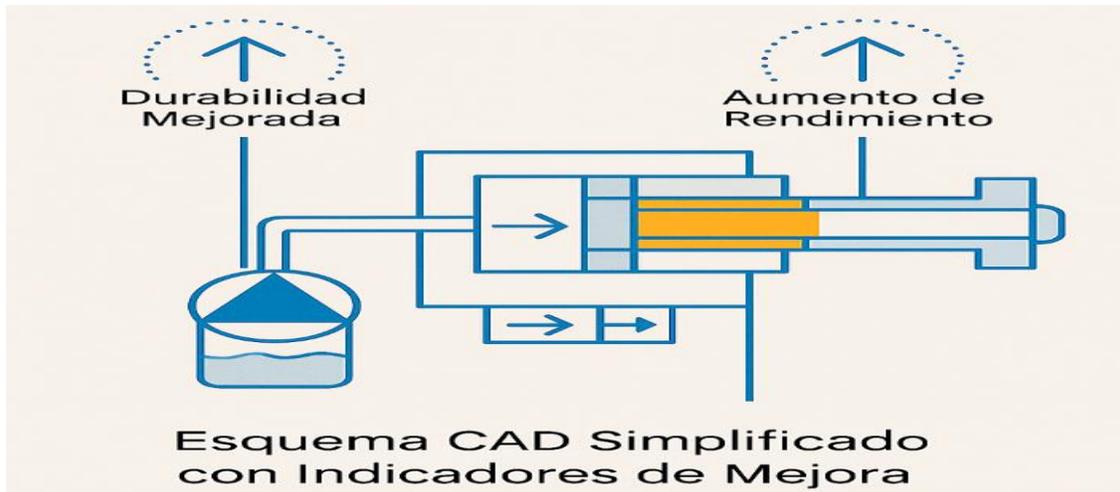
Comparación entre diseño hidráulico tradicional y diseño moderno



Nota. Diagrama comparativo que ilustra un circuito hidráulico tradicional (izquierda), con recorrido básico de alta y baja presión, frente a un diseño moderno (derecha) que incorpora un componente adicional para mejorar la eficiencia, el control y la adaptabilidad del sistema

Figura 4

Esquema CAD simplificado de sistema hidráulico con mejoras identificadas



Nota. Esquema técnico de un sistema hidráulico que resalta mejoras en rendimiento y durabilidad, incluyendo cilindro, válvula de control, bomba y depósito, con indicadores visuales de los beneficios del diseño modernizado.

En conclusión, la evolución de los diseños de circuitos hidráulicos representa un avance crucial en la minimización de fugas y la optimización del rendimiento del sistema. Al adoptar técnicas y tecnologías innovadoras, las industrias pueden lograr mayor eficiencia, fiabilidad y sostenibilidad, garantizando que los sistemas hidráulicos sigan satisfaciendo las demandas de las aplicaciones contemporáneas. La comparación entre diseños tradicionales y mejorados subraya la importancia de la adaptabilidad y la precisión en la construcción de circuitos, allanando el camino para futuros desarrollos en ingeniería hidráulica.

Causas de Fugas y Pérdidas en Circuitos Hidráulicos

Fallas Mecánicas y Desgaste

Los circuitos hidráulicos constituyen la columna vertebral de muchos procesos industriales, permitiendo que la maquinaria realice tareas complejas con precisión y eficiencia. Los

sistemas hidráulicos de alta presión son especialmente críticos en entornos donde la fiabilidad y el rendimiento son fundamentales. Sin embargo, a pesar de su robusto diseño y aplicación, los circuitos hidráulicos son propensos a fallos mecánicos y desgaste que pueden provocar fugas, comprometiendo su funcionalidad. Comprender la dinámica del desgaste de los componentes e identificar los fallos mecánicos comunes es crucial para mantener la integridad de estos sistemas.

Desgaste de Componentes y su Impacto en los Circuitos Hidráulicos

El desgaste de los componentes en los circuitos hidráulicos es una consecuencia natural del funcionamiento continuo y las presiones extremas que soportan estos sistemas. Con el tiempo, la fricción entre las piezas móviles, la exposición a contaminantes y las tensiones térmicas contribuyen al deterioro de los componentes hidráulicos. Como describen L. Frago Sandoval et al. (2016), la presión persistente dentro de los circuitos hidráulicos puede exacerbar el desgaste, provocando una mayor pérdida de agua por fugas e ineficiencias en el rendimiento del sistema. La interacción de múltiples componentes, como sellos, pistones y válvulas, bajo condiciones de alta presión es un factor importante en el proceso de desgaste, lo que a menudo provoca fugas que perjudican el funcionamiento del sistema.

Tabla 2

Efecto del Desgaste en Componentes Críticos de los Circuitos Hidráulicos

Componente	Causa del Desgaste	Efecto Directo	Consecuencia del Sistema
Sellos ^a	Variaciones de presión y temperatura	Deformación, pérdida de estanqueidad	Fugas, desequilibrio de presión, posibles fallas mecánicas
Pistones y cilindros ^b	Fricción, generación de calor por operación en alta presión	Aumento de fricción, desgaste acelerado	Ineficiencia y riesgo de fallas mayores
Bombas ^c	Desgaste interno por operación continua	Mal funcionamiento, pérdida de presión	Flujo irregular, mayor desgaste en el sistema

Válvulas ^d	Acumulación de contaminantes o residuos de desgaste	Atascamiento, flujo errático	Caídas de presión, distribución desigual del fluido, tensión en otros componentes
-----------------------	---	------------------------------	---

Nota. ^aTirado (2024). ^bPinargote (2022). ^cCalvo et al. (2020). ^dThoullier et al. (2020).

La interacción entre los componentes desgastados y el fluido presurizado a menudo genera un efecto cascada, donde un desgaste leve se agrava rápidamente y provoca fallas mecánicas significativas.

Casos prácticos que ejemplifican fallas mecánicas

El análisis de casos prácticos ofrece una visión clara de los problemas derivados del desgaste y fallas mecánicas en circuitos hidráulicos, así como de las soluciones aplicadas para mitigarlos. DJV González et al. (2017) documentaron un caso en la industria aeroespacial, donde la falla de sellos causó fugas significativas y paros operativos. El estudio resaltó la necesidad de emplear materiales de alta calidad y realizar inspecciones regulares. Gracias a la adopción de sellos avanzados y protocolos de mantenimiento estrictos, la empresa logró reducir fugas y extender la vida útil del sistema.

Por su parte, H. Guerra Puente (2021) analizó un caso en una planta de fabricación afectada por el mal funcionamiento de bombas, lo que generó una distribución de presión inadecuada, fugas y retrasos en la producción. La solución consistió en modernizar las bombas e implementar monitoreo en tiempo real, lo que permitió detectar el desgaste a tiempo, reducir fugas y mejorar la eficiencia general.

Finalmente, L. M. Coronel Pincay (2023) expuso un caso en la industria automotriz donde el atasco de válvulas, causado por residuos de desgaste, provocó pérdida de fluido y bajo rendimiento. Este caso destaca la importancia del control de contaminantes y del mantenimiento preventivo para evitar fallas críticas en los circuitos hidráulicos.

Resultados

Deficiencias de Diseño y Limitaciones de Materiales

En los circuitos hidráulicos de alta presión, el diseño y los materiales son fundamentales para mantener la integridad y funcionalidad del sistema. Sin embargo, deficiencias en el diseño y limitaciones en los materiales pueden generar fugas y pérdidas, afectando su eficiencia y



seguridad. Errores comunes incluyen una planificación deficiente, selección inadecuada de componentes y desalineación, lo que provoca tensiones y desgaste. Fragoso Sandoval et al. (2016) destacan que la desalineación incrementa las fugas y reduce la eficiencia del sistema. Esta sección analiza estos problemas y propone soluciones para mitigarlos.

La complejidad de los sistemas hidráulicos exige un conocimiento preciso de la dinámica de fluidos y las interacciones mecánicas. Tirado Garriazo (2024) advierte que un modelado inadecuado de la presión puede generar caudales impredecibles y componentes mal dimensionados, lo que incrementa el riesgo de fugas. Además, la elección incorrecta de sellos y accesorios es un error de diseño crítico. Según Pinargote Véliz (2022), los sellos inadecuados fallan bajo alta presión, por lo que deben seleccionarse considerando presión, temperatura y compatibilidad química para garantizar su eficacia y durabilidad.

Los materiales utilizados en circuitos hidráulicos son clave para su fiabilidad, pero presentan limitaciones que pueden afectar su rendimiento. Tipán et al. (2019) señalan que la fatiga del material, causada por fluctuaciones de presión, puede generar grietas y fugas. Calvo et al. (2018) destacan que la incompatibilidad química con fluidos hidráulicos puede provocar corrosión o degradación. Además, Thuollier Muñiz y Urdy Benítez (2021) advierten que la expansión térmica puede causar desalineaciones y tensiones, lo que aumenta el riesgo de fugas, haciendo crucial la elección de materiales con propiedades térmicas adecuadas.

Para superar las deficiencias de diseño y las limitaciones de materiales en circuitos hidráulicos, se proponen varias estrategias. Guerra Puente (2021) sugiere el uso de CAD y simulaciones para mejorar la precisión del diseño y evitar errores. Coronel Pincay (2023) recomienda seleccionar materiales con alta resistencia a la fatiga y compatibilidad química, como aceros inoxidables o polímeros avanzados, para aumentar la durabilidad. Además, Navarrete Chenche (2023) destaca la importancia del mantenimiento preventivo y las inspecciones regulares para detectar desgaste o corrosión y así reducir el riesgo de fugas.

Descripción de la muestra

Estudios de casos y aplicaciones en el mundo real

Implementaciones Exitosas en la Industria

La prevención de fugas en circuitos hidráulicos de alta presión ha sido clave para mejorar la eficiencia y seguridad industrial. Diversos casos han demostrado la efectividad de estrategias



basadas en datos y teoría. En la industria automotriz, Fragoso Sandoval et al. (2016) documentaron cómo una empresa redujo significativamente las fugas mediante el control óptimo de presión y el uso de sellos avanzados, mejorando la eficiencia del sistema. En el sector aeroespacial, también se han implementado técnicas de modelado hidráulico para anticipar y mitigar fugas con éxito. Según Tirado Garriazo (2024), el empleo de modelado hidráulico permitió a una empresa aeroespacial simular diversos escenarios de presión e identificar posibles puntos de fuga en sus sistemas. Este enfoque proactivo permitió a la empresa abordar las vulnerabilidades antes de que se manifestaran como fugas reales, lo que demuestra el poder del modelado predictivo en la prevención de fugas.

En la industria manufacturera, Pinargote Véliz (2022) reportó una estrategia efectiva de reducción de fugas que combinó actualizaciones tecnológicas con capacitación del personal, destacando la importancia del factor humano en el mantenimiento del sistema. Entre los factores clave para el éxito, se encuentran el uso de sellos avanzados capaces de soportar variaciones de presión (Tipán et al., 2019) y una regulación adecuada de la presión hidráulica, ambos esenciales para garantizar la integridad del sistema y minimizar las fugas.

Calvo et al. (2016) destacaron la importancia de la gestión de la presión para minimizar las fugas. Al mantener una presión hidráulica constante dentro del sistema, las empresas pueden prevenir fluctuaciones de presión que a menudo provocan fugas. Este enfoque no solo mejora la estabilidad del sistema, sino que también prolonga la vida útil de los componentes hidráulicos.

Además, la integración de protocolos de mantenimiento periódicos es crucial. Como comentaron Thuollier Muñiz y Urday Benítez (2021), las inspecciones y actividades de mantenimiento rutinarias ayudan a identificar el desgaste de los componentes hidráulicos antes de que se conviertan en problemas graves. Este enfoque de mantenimiento proactivo garantiza que los sistemas se mantengan en óptimas condiciones, reduciendo significativamente la incidencia de fugas.

La implementación de estrategias eficaces de prevención de fugas en circuitos hidráulicos de alta presión ofrece múltiples beneficios. Entre ellos, destaca la reducción de costos operativos al conservar recursos y disminuir reparaciones (González et al., 2017). Además, mejora la eficiencia y fiabilidad del sistema, lo que incrementa la productividad y reduce los tiempos



de inactividad, aportando una ventaja competitiva en sectores como el automotriz, aeroespacial y manufacturero (Guerra Puente, 2021).

Además, existen beneficios ambientales a considerar. Al reducir las fugas, las empresas contribuyen a la conservación de los recursos naturales y a la reducción de residuos. Esto se alinea con las prácticas comerciales sostenibles y mejora la reputación de la empresa como entidad responsable con el medio ambiente. Como señaló Coronel Pincay (2023), las empresas que priorizan la prevención de fugas están mejor posicionadas para cumplir con los requisitos normativos y las expectativas de los clientes en materia de sostenibilidad.

Lecciones aprendidas de las fallas

Los circuitos hidráulicos de alta presión son fundamentales en muchas industrias por su capacidad de ofrecer fuerza y precisión, pero son vulnerables a fallas como fugas y pérdidas que afectan su eficiencia y seguridad. Estas fallas, causadas por factores como el desgaste mecánico o errores de diseño, ofrecen información clave para entender y mejorar la fiabilidad y el rendimiento de estos sistemas.

Un ejemplo notable es la falla causada por tecnologías de sellado inadecuadas. Los sellos son vitales para prevenir fugas, pero si no se diseñan ni mantienen adecuadamente, pueden convertirse en un punto débil del sistema (Fragoso Sandoval, 2016). Un caso práctico destacado en la investigación de Fragoso Sandoval et al. (2016) involucra un sistema hidráulico en una planta automotriz donde los sellos fallaron prematuramente, lo que provocó importantes fugas de aceite. La falla se atribuyó al uso de materiales de baja calidad que no soportaban las altas fluctuaciones de presión y temperatura dentro del sistema.

En la industria aeroespacial, una falla hidráulica durante el vuelo fue causada por un diseño inadecuado que no consideró los cambios de presión, lo que resultó en un sellado defectuoso y una fuga crítica (Tirado Garriazo, 2024). En el sector manufacturero, Pinargote Véliz (2022) documentó fallas repetidas en válvulas de un sistema de estampación de metal debido al desgaste excesivo, lo que provocó fugas, pérdida de eficiencia y mayores costos de mantenimiento.

Comprender las causas de fallas en circuitos hidráulicos es clave para prevenir fugas y mejorar el diseño y mantenimiento. El desgaste mecánico de componentes como válvulas, sellos y tuberías, especialmente bajo altas presiones y temperaturas, es una causa frecuente.



Tipán et al. (2019) señalan que el uso de materiales de mayor calidad, pruebas rigurosas e inspecciones regulares podrían prevenir fallas, como ocurrió en una planta automotriz donde una detección temprana habría evitado fugas.

Los defectos de diseño son otro factor importante que contribuye a las fallas en los circuitos hidráulicos. En el caso de la industria aeroespacial, un enfoque de diseño más integral que considere todos los escenarios operativos podría haber evitado la pérdida de presión. La incorporación de técnicas avanzadas de modelado durante la fase de diseño puede ayudar a identificar posibles debilidades y permitir el desarrollo de mecanismos de sellado robustos que puedan soportar condiciones de presión variables (Calvo et al., 2017).

Las limitaciones de los materiales también influyen en las fallas de los sistemas hidráulicos. La elección de los materiales debe tener en cuenta las exigencias específicas de la aplicación, como la presión, la temperatura y la compatibilidad química. La falla en el proceso de estampación metálica podría haberse mitigado seleccionando materiales con mayor resistencia al desgaste y la fatiga, así como implementando revisiones periódicas de mantenimiento para monitorear el estado de los componentes críticos (González et al., 2017). Aunque perjudiciales, las fallas en sistemas hidráulicos brindan lecciones valiosas para mejorar futuras implementaciones. Una lección clave es la selección adecuada de materiales, ya que el uso de materiales de alta calidad reduce el riesgo de fugas (Thuollier Muñiz y Urday Benítez, 2021). Otra es la importancia de aplicar técnicas avanzadas de modelado y simulación en el diseño, lo que permite anticipar debilidades y optimizar la confiabilidad del sistema (Guerra Puente, 2021).

Los protocolos de mantenimiento regulares también son cruciales para prevenir fugas y pérdidas. Implementar un programa de mantenimiento estructurado que incluya inspecciones, pruebas y reemplazos oportunos puede ayudar a detectar el desgaste y otros problemas antes de que provoquen fallas. Capacitar al personal de mantenimiento y equiparlo con las herramientas necesarias puede mejorar aún más la efectividad de estos protocolos (Coronel Pincay, 2023).

Finalmente, las industrias deben fomentar una cultura de mejora y aprendizaje continuos. Al analizar las fallas y compartir conocimientos entre sectores, las empresas pueden mejorar colectivamente su comprensión de los sistemas hidráulicos y desarrollar soluciones



innovadoras que mejoren la eficiencia y la seguridad. La colaboración con instituciones académicas y organizaciones de investigación también puede impulsar avances tecnológicos y apoyar el desarrollo de sistemas hidráulicos de última generación (Navarrete Chenche, 2023).

Perspectivas futuras e innovaciones

Tecnologías Emergentes en Sistemas Hidráulicos

En los últimos años, los circuitos hidráulicos de alta presión han avanzado notablemente para responder a mayores demandas de eficiencia y seguridad industrial. Una innovación destacada es el desarrollo de sistemas hidráulicos inteligentes, que integran sensores y análisis de datos para monitorear el rendimiento en tiempo real. Esto permite predecir fallas y aplicar mantenimiento preventivo, reduciendo riesgos de fugas y mejorando la fiabilidad del sistema (Fragoso Sandoval et al., 2016).

Los avances en ciencia de materiales han permitido desarrollar aleaciones y compuestos de alta resistencia que mejoran la durabilidad de los componentes hidráulicos, reducen el desgaste y minimizan las fugas en condiciones de alta presión (Tirado Garriazo, 2024). También se destacan las tecnologías avanzadas de sellado, cuyos nuevos diseños y materiales permiten adaptarse a cambios de presión y temperatura, aumentando la confiabilidad del sistema y reduciendo el impacto ambiental por fugas (Pinargote Véliz, 2022).

La integración de tecnologías emergentes en los sistemas hidráulicos de alta presión tiene un inmenso potencial para mejorar tanto la eficiencia como la seguridad. Los sistemas hidráulicos inteligentes, por ejemplo, permiten el mantenimiento predictivo mediante la monitorización continua de los parámetros del sistema y la identificación de anomalías. Este enfoque proactivo reduce el tiempo de inactividad y garantiza que los circuitos hidráulicos funcionen con una eficiencia óptima (Tipán et al., 2019). Además, los datos recopilados de estos sistemas pueden analizarse para identificar patrones y tendencias, lo que proporciona información valiosa para optimizar el diseño y el rendimiento del sistema.

El uso de materiales avanzados en componentes hidráulicos mejora la eficiencia al reducir la fricción y el desgaste, lo que disminuye el consumo energético y los costos operativos, además de apoyar prácticas industriales sostenibles (Calvo et al.). Las tecnologías emergentes también refuerzan la seguridad mediante sistemas inteligentes que monitorean la



presión en tiempo real y detectan riesgos, ayudando a prevenir fallos graves (Thuollier Muñiz et al., 2021). En la industria automotriz, estos sistemas ya se aplican para optimizar el rendimiento y la seguridad de suspensiones y frenos, ofreciendo una conducción más suave y segura (González et al., 2017).

La industria aeroespacial es otro sector donde las tecnologías hidráulicas innovadoras están teniendo un impacto significativo. Los fabricantes de aeronaves están incorporando materiales avanzados en los componentes hidráulicos para reducir el peso y mejorar la eficiencia del combustible (Guerra Puente, 2021). Este enfoque no solo mejora el rendimiento de los sistemas hidráulicos, sino que también contribuye a la sostenibilidad general de la aviación al reducir las emisiones de carbono.

En el sector manufacturero, las empresas están utilizando tecnologías avanzadas de sellado para prevenir fugas y mantener una presión constante, lo que mejora la fiabilidad de la maquinaria, optimiza la producción y reduce el tiempo de inactividad (Coronel Pincay, 2023), especialmente en industrias que requieren alta precisión como la electrónica y la farmacéutica.

Las tecnologías emergentes en sistemas hidráulicos están transformando los circuitos de alta presión, mejorando su eficiencia, seguridad y sostenibilidad. Innovaciones como sistemas inteligentes, materiales avanzados y sellos mejorados permiten a las industrias optimizar el rendimiento y adaptarse a las nuevas demandas (Navarrete Chenche, 2023). Con el avance continuo de la investigación, se espera un futuro con sistemas hidráulicos más inteligentes, fiables y respetuosos con el medio ambiente.

Áreas Potenciales de Investigación y Desarrollo

El campo de los circuitos hidráulicos de alta presión evoluciona constantemente para responder a las demandas de la industria moderna, lo que exige investigación continua en eficiencia y seguridad. Una línea prometedora es el desarrollo de materiales más avanzados, ya que los tradicionales presentan limitaciones bajo presiones extremas. La investigación en compuestos y aleaciones de alta resistencia busca mejorar la durabilidad y el rendimiento, especialmente para reducir pérdidas de agua en condiciones exigentes (Fragoso Sandoval et al., 2016).



Otra área clave de investigación es la incorporación de tecnología inteligente en los sistemas hidráulicos. Sensores e IoT permiten monitoreo en tiempo real y mantenimiento predictivo, lo que mejora la seguridad y eficiencia del sistema. Tirado Garriazo (2024) destaca que estas tecnologías pueden reducir las pérdidas de caudal causadas por cambios de presión, al ofrecer datos precisos para optimizar el rendimiento.

Además, es esencial el desarrollo de tecnologías de sellado más eficaces. Pinargote Véliz (2022) señala que las fugas iniciales a presión pueden provocar pérdidas de agua significativas, lo que indica la necesidad de soluciones de sellado innovadoras que se adapten a los diferentes niveles de presión sin comprometer la integridad del sistema (Pinargote Véliz, 2022). La investigación en materiales con propiedades autorreparadoras o capacidad de ajuste dinámico podría revolucionar la tecnología de sellado, ofreciendo soluciones robustas que reduzcan significativamente la incidencia de fugas. El avance de la tecnología hidráulica es crucial no solo para mantener la competitividad industrial, sino también para abordar las preocupaciones ambientales asociadas a los sistemas hidráulicos. La investigación continua es vital para desarrollar sistemas que operen con un impacto ecológico mínimo. Como describen Tipán et al. (2019), mantener una presión hidráulica constante es clave para prevenir pérdidas de presión y fugas, lo que subraya la importancia de tecnologías avanzadas que garanticen un rendimiento constante (Tipán et al., 2019).

Además, la investigación continua puede generar innovaciones que reduzcan el consumo de energía, un factor crítico para la sostenibilidad de los sistemas hidráulicos. Al explorar diseños y componentes energéticamente eficientes, los investigadores pueden contribuir al desarrollo de sistemas que ofrezcan menores costos operativos y una menor huella de carbono. Calvo et al. (s.f.) destacan el papel de la regulación de la presión en la minimización de las pérdidas de agua, sugiriendo que los avances en esta área pueden generar importantes mejoras en la eficiencia (Calvo et al., s.f.).

La investigación en sistemas hidráulicos es esencial para adaptarlos a las nuevas demandas industriales. A medida que surgen sectores con requisitos específicos, se requieren soluciones hidráulicas más flexibles y eficientes (Thuollier Muñiz y Urday Benítez, 2021). Estos avances no solo mejoran el rendimiento y la seguridad, sino que también aumentan la productividad y reducen costos operativos. González et al. (2017) destacan que controlar la

presión puede disminuir pérdidas, subrayando los beneficios económicos de adoptar tecnologías hidráulicas avanzadas.

Los avances en tecnología hidráulica no solo mejoran la eficiencia operativa, sino que también fortalecen la competitividad global de las industrias al reducir fugas y pérdidas, como destaca Guerra Puente (2021). Además, la sostenibilidad es un aspecto clave, ya que minimizar fugas iniciales ayuda a conservar recursos y reducir el impacto ambiental (Coronel Pincay, 2023). La investigación en este campo impulsa la innovación interdisciplinaria, generando nuevas aplicaciones y soluciones más amplias, como indican las estrategias propuestas por Navarrete Chenche (2023).

Discusión

Protocolos de Mantenimiento Regular

El mantenimiento regular de los circuitos hidráulicos de alta presión es esencial para prevenir fugas, garantizar un rendimiento óptimo y extender la vida útil del sistema. Estos sistemas operan bajo condiciones extremas que pueden causar desgaste y fallos si no se atienden a tiempo. El mantenimiento proactivo permite detectar y corregir problemas antes de que se agraven, mejorando la seguridad y eficiencia operativa. Guerra Puente (2021) destaca que este enfoque no solo conserva recursos, sino que también evita pérdidas económicas significativas derivadas de interrupciones no planificadas.

Pinargote Véliz (2022) subraya que controlar la presión operativa mediante rutinas de mantenimiento reduce significativamente las fugas y mejora el rendimiento de los sistemas hidráulicos. Mantener una presión adecuada preserva componentes clave como sellos y juntas. Las mejores prácticas del sector incluyen inspecciones periódicas y el reemplazo de piezas desgastadas como sellos, mangueras y válvulas (Fragoso Sandoval et al., 2016). Además, Thuollier Muñiz y Urday Benítez (2021) destacan la importancia de implementar programas de mantenimiento estructurados y adaptados a las condiciones operativas, lo que garantiza la confiabilidad y eficiencia del sistema a largo plazo. El uso de tecnologías de diagnóstico avanzadas, como la termografía y las pruebas ultrasónicas, permite detectar fugas ocultas y evaluar componentes sin desmontarlos, facilitando un mantenimiento preciso y oportuno (Tipán et al., 2019). El mantenimiento adecuado no solo previene fallos, sino que también prolonga la vida útil de los sistemas hidráulicos y reduce costos operativos



(Navarrete Chenche, 2023). Mantener la presión dentro de rangos óptimos evita daños por tensión y mejora la fiabilidad del sistema (Coronel Pincay, 2023). Además, equilibrar la presión sin comprometer el rendimiento es clave para garantizar eficiencia y durabilidad (González et al., 2017).

Tabla 2

Tabla de Mantenimiento y Presupuesto estimado

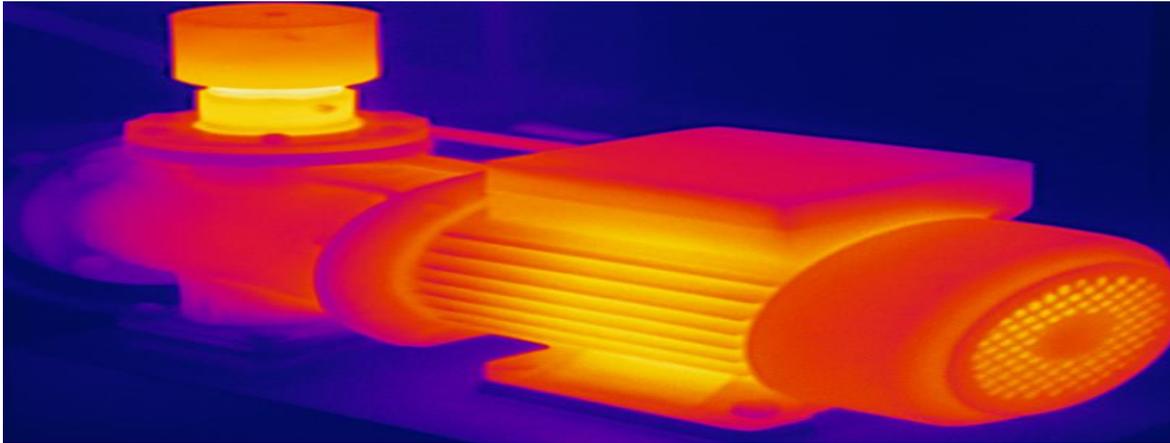
Tarea de mantenimiento	Frecuencia recomendada	Componentes Involucrados	Costo Estimado (USD)
Inspección visual de fugas	Semanal	Unidades de sellado, acoplamientos	50
Reemplazo de sellos (elastoméricos/compuestos)	Cada 6 meses	Sellos de cilindros y bombas	200
Limpieza y revisión de válvulas	Trimestral	Válvulas direccionales y de control	150
Inspección de mangueras y conexiones	Mensual	Mangueras de presión y retorno	100
Monitoreo con sensores (presión, temperatura)	Mensual	Sensores de presión, temperatura	120
Lubricación de componentes móviles	Mensual	Ejes, bombas, actuadores	80
Diagnóstico con termografía o ultrasonido	Trimestral	Componentes electrónicos y sellos	250
Revisión del fluido hidráulico (nivel y calidad)	Mensual	Reservorios, filtros, fluido	90

Nota. Los costos estimados son aproximaciones basadas en referencias industriales estándar y pueden variar según el tipo de sistema hidráulico, ubicación geográfica, y proveedor de servicio



Figura 5

Aplicación de termografía en mantenimiento de sistemas hidráulicos



Nota. La termografía infrarroja permite visualizar anomalías térmicas en componentes como bombas o motores hidráulicos, facilitando la detección temprana de fugas o fricción excesiva.

Conclusiones

Las fallas mecánicas y el desgaste son desafíos inevitables en el funcionamiento de los circuitos hidráulicos de alta presión. Comprender los mecanismos de desgaste de los componentes e identificar las fallas mecánicas comunes es esencial para mantener la integridad y la eficiencia del sistema. Mediante la adopción de tecnologías avanzadas de sellado, la modernización de las bombas y la implementación de protocolos de mantenimiento regulares, las industrias pueden mitigar eficazmente el impacto del desgaste y prevenir fugas en los sistemas hidráulicos. Los casos prácticos examinados demuestran la importancia de las estrategias proactivas para abordar las fallas mecánicas, garantizando así la fiabilidad y el rendimiento continuos de los circuitos hidráulicos.

En conclusión, los conocimientos adquiridos al analizar las fallas mecánicas y el desgaste en los sistemas hidráulicos subrayan la necesidad de investigación e innovación continuas. A medida que surgen nuevas tecnologías y las industrias continúan evolucionando, el desarrollo de componentes y sistemas hidráulicos más resistentes será crucial para reducir las fugas y mejorar la eficiencia. Mediante una combinación de materiales avanzados, técnicas de diseño innovadoras y rigurosas prácticas de mantenimiento, los desafíos que plantean las fallas

mecánicas y el desgaste se pueden gestionar de manera efectiva, garantizando el éxito a largo plazo de los circuitos hidráulicos en aplicaciones industriales.

Referencias bibliográficas

Calvo, R. S., González, D. J. V., & Sinobas, L. R. *Modelación y caracterización de estaciones de regulación de presión en redes de distribución de agua urbana.*

Coronel Pincay, L. M. (2023). *Propuesta de implementación de sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional en matriz y extensiones de la Uleam con base a requisitos legales en el Ecuador* (Doctoral dissertation).

Fragoso Sandoval, L., Ruiz y Zurvia-Flores, J. R., & Toxky López, G. (2016). La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, 37(2), 29-43.

González, D. J. V., de Marcos, L. G., & Calvo, R. S. (2017). Diseño de maniobras de gestión de presiones en sectores de distribución de agua y análisis de su impacto. *Universidad Politécnica de Madrid Madrid, Spain.*

Guerra Puente, H. (2021). *Verificación de la reducción de pérdidas físicas en una red de distribución de agua potable mediante la simulación hidráulica de presiones en un distrito hidrométrico de la red del Área Metropolitana de Monterrey* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).

Jaramillo Echeverri, M. (2017). Análisis de la Incidencia de Fuertes Pendientes en el Comportamiento Hidráulico de las Redes de Acueducto. *Caso de estudio: Sectores norte y sur Avenida Santander* (Doctoral dissertation).

Ladino Moreno, E. O. (2024). *Estimación y localización de fugas en sistemas de distribución de agua a través de algoritmos de optimización combinatoria.*

Navarrete Chenche, O. K. (2023). *Análisis para detectar fugas en el circuito 2 y 6 de la red de agua potable del cantón Paján* (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum).

Pinargote Véliz, G. L. (2022). Evaluación de la Eficiencia Hídrica del Plano de Presiones mediante un Modelo Hidráulico con el software EPANET, de los Circuitos No. 4 y 6 de la Red de Distribución de Agua Potable del Cantón Jipijapa (Doctoral dissertation).

Thuollier Muñoz, M. K., & Urday Benitez, J. M. (2021). *Propuesta de optimización de los circuitos abastecidos por los reservorios R-32 y R-20 en la ciudad de Arequipa.*



Tipán, R., Mora, V., & Altamirano, E. (2019). Diseño e implementación de un sistema automático compactador PET utilizando elementos hidráulicos. *Revista Perspectivas*, 1(1), 36-41.

Tirado Garriazo, L. N. (2024). *Influencia del control de presión en la reducción de pérdidas de caudal y en la funcionalidad de la red de distribución de agua potable del sector San Joaquín de Huamanga Ayacucho*, 2023.



Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

