

EVALUACIÓN DE FACTORES DEL ENTORNO EN INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO DE ACTIVOS FÍSICOS: PROPUESTA DE MODELO ESTRATÉGICO

EVALUATION OF ENVIRONMENTAL FACTORS IN PHYSICAL ASSET MAINTENANCE ENGINEERING: PROPOSAL OF A STRATEGIC MODEL

Fernando David Siles Nates¹

(1) Universidad Católica de Santa María, Arequipa - Perú.

RESUMEN: En la actualidad, la gestión del mantenimiento de activos físicos en organizaciones industriales requiere una visión amplia que trascienda los enfoques convencionales centrados únicamente en las variables internas. El presente estudio tuvo como propósito desarrollar un modelo estratégico que integre tanto los factores internos de operación como los componentes del entorno externo que impactan en la gestión del mantenimiento. Se realizó una investigación de nivel correlacional, aplicando un enfoque mixto que combinó técnicas cualitativas mediante cuestionarios aplicados a gestores, supervisores y expertos en mantenimiento, y técnicas cuantitativas a través de análisis multivariados factoriales, pruebas de confiabilidad y pruebas estadísticas de hipótesis. Los hallazgos indican relaciones significativas entre los factores del entorno económico, político, sociocultural, tecnológico, legal y ambiental, y las condiciones internas de confiabilidad, mantenibilidad, infraestructura, gestión de recursos humanos y sistemas organizacionales. La integración de estos factores permite fortalecer la toma de decisiones estratégicas, incrementar la eficiencia de los procesos de mantenimiento y responder de manera más efectiva a los escenarios competitivos actuales. Como resultado de este análisis, se propone un modelo estratégico integrador que abarca cinco fases: diagnóstico del contexto, ajuste estructural, desarrollo de estrategias operativas, evaluación de resultados y retroalimentación continua. Esta aproximación holística ofrece a las organizaciones un marco sólido para optimizar la gestión de activos físicos bajo condiciones de alta dinámica ambiental, elevando la competitividad y sostenibilidad organizacional.

Palabras clave: gestión de mantenimiento, estrategia organizacional, entorno externo, activos físicos, confiabilidad.

ABSTRACT: Currently, physical asset maintenance management within industrial organizations demands a comprehensive perspective that transcends conventional approaches focused solely on internal variables. The present study aimed to develop a strategic model that integrates both internal operational factors and external environmental components that influence maintenance management. A correlational-level investigation was conducted, employing a mixed-methods approach that combined qualitative techniques—using questionnaires administered to managers, supervisors, and maintenance experts—and quantitative techniques through multivariate factorial analyses, reliability tests, and statistical hypothesis testing. The findings reveal significant relationships between economic, political, sociocultural, technological, legal, and environmental external factors and internal conditions such as reliability, maintainability, infrastructure, human resource management, and organizational systems. The integration of these factors strengthens strategic decision-making, enhances maintenance process efficiency, and enables more effective responses to current competitive scenarios. Based on this analysis, an integrative strategic model is proposed, consisting of five phases: context diagnosis, structural adjustment, development of operational strategies, results evaluation, and continuous feedback. This holistic approach provides organizations with a solid framework to optimize physical asset management under highly dynamic environmental conditions, thereby increasing organizational competitiveness and sustainability.

Keywords: maintenance management, organizational strategy, external environment, physical assets, reliability.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de activos físicos constituye una función estratégica para la sostenibilidad de las organizaciones altamente mecanizadas y automatizadas. Sin embargo, los enfoques tradicionales se han centrado principalmente en factores internos como la mantenibilidad, confiabilidad, factor humano, infraestructura y sistemas de gestión, sin incorporar adecuadamente las influencias del entorno externo.

La presente investigación propone un enfoque holístico que integra el análisis del macroentorno —económico, político, social, cultural, tecnológico, legal y ambiental— así como del entorno competitivo directo, permitiendo fortalecer las decisiones estratégicas en la ingeniería de

mantenimiento.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño y población de estudio

Se aplicó una investigación científica básica de nivel correlacional. La muestra comprendió directivos, supervisores y especialistas en mantenimiento de distintas empresas industriales de la ciudad de Arequipa.

Instrumentos de recolección

Se diseñó y aplicó un cuestionario estructurado con dimensiones validadas, abarcando tanto factores del entorno externo como interno.

Procedimientos estadísticos

Se emplearon análisis descriptivos univariados y bivariados, pruebas de confiabilidad (Alfa de Cronbach), análisis multivariado factorial (pruebas KMO y Bartlett), y pruebas de hipótesis mediante T de Student.

Correspondencia:

Fernando David Siles Nates. Magíster en Ingeniería de Mantenimiento, Ingeniero Mecatrónico.
E-mail: fernandosiles@gmail.com

RESULTADOS

Los análisis multivariados permitieron establecer relaciones estadísticamente significativas entre los factores del entorno y las condiciones internas de mantenimiento. Se evidenció que:

- Factores económicos (inflación, tasas de interés, inversión), socioculturales (actitud hacia la calidad), ambientales (normativa ambiental), políticos y tecnológicos inciden directamente en las decisiones estratégicas de mantenimiento.
- Las condiciones internas, como confiabilidad, mantenibilidad, factor humano, infraestructura y sistemas de gestión mostraron alta sensibilidad ante las variaciones del entorno.
- Se propuso un modelo estratégico integrador en cinco etapas: diagnóstico y análisis del contexto, acondicionamiento estratégico, diseño de estrategias de mantenimiento, evaluación y retroalimentación estratégica.

El análisis estadístico realizado permitió identificar asociaciones significativas entre los factores del entorno externo y las condiciones internas de mantenimiento en las organizaciones estudiadas. Los datos obtenidos, mediante la aplicación de cuestionarios estructurados y validados, fueron sometidos a análisis multivariado factorial, confirmando la consistencia y validez de los constructos evaluados.

Tabla 1. Factores del entorno externo identificados y su incidencia sobre la gestión de mantenimiento

Factor del entorno	Dimensión evaluada	Indicador específico	Incidencia observada
Económico	Macroeconomía	Inflación, tipo de cambio, tasas de interés, costos arancelarios	Afecta la planificación presupuestaria y la compra de repuestos.
Político-Legal	Regulación estatal	Legislación ambiental, normas laborales, políticas tributarias	Condiciona el cumplimiento normativo y ajustes en la gestión de activos.
Sociocultural	Cultura organizacional	Responsabilidad social, compromiso ambiental, clima laboral	Influye en la seguridad, calidad del servicio y motivación del personal.
Tecnológico	Innovación	Automatización, tecnologías predictivas, sistemas digitales	Mejora el diagnóstico de fallas y optimiza los programas de mantenimiento.
Ambiental	Sostenibilidad	Contaminación, control de residuos, eficiencia energética	Obliga a implementar prácticas sostenibles en el mantenimiento.

En primer lugar, se evidenció que los factores económicos —tales como la inflación, las tasas de interés, el tipo de cambio y los costos de importación de repuestos— inciden directamente en la planificación financiera y en la gestión de los recursos materiales destinados al mantenimiento de los activos físicos. Estos elementos generan variabilidad en los costos operativos, afectando la continuidad y eficiencia de los programas de mantenimiento.

Tabla 2. Resultados del análisis multivariado factorial (KMO y Bartlett) por grupo de factores.

Grupo de factores	KMO	Confiabilidad (α de Cronbach)	Interpretación
Factores económicos	0.842	0.876	Alta consistencia y relación significativa
Factores político-legales	0.815	0.86	Alta consistencia y significancia estadística
Factores socioculturales	0.799	0.853	Consistencia aceptable
Factores tecnológicos	0.857	0.889	Muy alta consistencia
Factores ambientales	0.768	0.832	Consistencia aceptable

Asimismo, los factores políticos y legales, incluyendo las regulaciones gubernamentales, normas ambientales y políticas laborales, condicionan la adopción de prácticas de mantenimiento alineadas a las normativas vigentes, impactando la toma de decisiones estratégicas y operativas.

En el ámbito sociocultural, se observó que el nivel de compromiso organizacional con la calidad, la seguridad laboral y la responsabilidad social influye en el desempeño de los equipos de mantenimiento, fortaleciendo la cultura preventiva dentro de las empresas.

Por su parte, los factores tecnológicos y ambientales exigen una constante actualización de los sistemas de mantenimiento, incorporando tecnologías predictivas, automatización y gestión de riesgos ambientales, lo que permite anticipar fallas y optimizar la disponibilidad de los activos.

En síntesis, el modelo propuesto integra estos factores en un esquema estratégico de cinco etapas, el cual demostró su aplicabilidad y efectividad para la optimización de los procesos de mantenimiento en entornos dinámicos.

Tabla 3. Correlación entre factores externos y desempeño interno del mantenimiento.

Variables internas	Rango de correlación con factores externos (r de Pearson)	Significación (p)
Confiabilidad de equipos	0.63 – 0.72	$p < 0.01$
Mantenibilidad	0.58 – 0.69	$p < 0.01$
Disponibilidad operativa	0.65 – 0.75	$p < 0.01$
Gestión de RRHH	0.60 – 0.68	$p < 0.01$
Infraestructura de soporte	0.55 – 0.66	$p < 0.01$
Sistemas de gestión	0.62 – 0.71	$p < 0.01$

Comprobación de hipótesis

Para verificar las hipótesis formuladas, se realizaron pruebas estadísticas de correlación y contraste de medias. Se evaluaron las asociaciones entre la evaluación de los factores del entorno y la propuesta de modelo estratégico en mantenimiento de activos físicos.

Hipótesis general

H₀: No existe relación significativa entre la evaluación de los factores del entorno y la propuesta de modelo estratégico de mantenimiento.

H₁: Existe relación significativa entre la evaluación de los factores del entorno y la propuesta de modelo estratégico de mantenimiento.

El análisis multivariado factorial y las pruebas de correlación de Pearson arrojaron coeficientes significativos ($r = 0.68 - 0.75$; $p < 0.01$), confirmando la existencia de una relación positiva fuerte entre los factores del entorno y las decisiones estratégicas de mantenimiento.

Hipótesis específicas

Hipótesis 1: Existe asociación significativa entre el nivel de valoración de los factores del entorno y la propuesta de modelo estratégico.

Se encontró una correlación positiva ($r = 0.71$; $p < 0.01$), indicando que a mayor valoración de los factores del entorno, mayor adecuación y desarrollo estratégico en la gestión de mantenimiento.

Hipótesis 2: Existe asociación significativa entre el nivel de aplicación de los factores del entorno y la propuesta de modelo estratégico.

Los resultados mostraron una asociación estadísticamente significativa ($r = 0.69$; $p < 0.01$), confirmando que la integración activa de los factores ambientales mejora la implementación estratégica.

Hipótesis 3: Existe asociación significativa entre la percepción de beneficio de los factores del entorno y la propuesta de modelo estratégico.

La percepción de beneficio demostró correlación significativa con el modelo estratégico ($r = 0.73$; $p < 0.01$), reflejando que los participantes reconocen ventajas tangibles al incorporar los factores del entorno en la planificación del mantenimiento.

Tabla 4. Resumen de comprobación estadística.

Hipótesis	Coefficiente de correlación (r)	Significación (p)	Resultado
General	0.68 – 0.75	< 0.01	Se acepta H_1
Específica 1	0.71	< 0.01	Se acepta H_1
Específica 2	0.69	< 0.01	Se acepta H_1
Específica 3	0.73	< 0.01	Se acepta H_1

En consecuencia, todas las hipótesis específicas y general fueron aceptadas, validando la pertinencia del modelo estratégico propuesto.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación reafirman la importancia de adoptar un enfoque holístico en la gestión del mantenimiento de activos físicos, incorporando variables tanto internas como externas en la toma de decisiones estratégicas. Tradicionalmente, la literatura ha enfatizado aspectos internos como la confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y gestión de recursos, dejando en segundo plano la influencia del entorno organizacional (Smith & Hinchcliffe, 2021) (López, Hernández, & Ramos, 2023).

El análisis multivariado aplicado en este estudio permitió identificar interacciones estadísticamente significativas entre los factores económicos, políticos, socioculturales, tecnológicos, legales y ambientales, y los procesos operativos de mantenimiento. Estos hallazgos coinciden con investigaciones recientes que destacan cómo la dinámica del entorno macroeconómico, la innovación tecnológica y las exigencias regulatorias condicionan las prácticas de mantenimiento en sectores industriales cada vez más complejos (García & Torres, 2022) (Almeida & Silva, 2024).

Asimismo, la integración de los factores socioculturales, como el compromiso organizacional con la calidad, la seguridad ocupacional y la responsabilidad social, evidencia el papel fundamental de las personas y la

cultura organizacional en la sostenibilidad de los procesos de mantenimiento (Morales, Rivas, & Delgado, 2023). Este componente humano, en combinación con la tecnología emergente, configura una sinergia indispensable para lograr mejoras continuas en la disponibilidad y el rendimiento de los activos físicos.

El modelo estratégico propuesto, estructurado en cinco fases, ofrece un marco operativo flexible y adaptable que permite a las organizaciones responder de manera proactiva ante los cambios ambientales. La retroalimentación incorporada en el modelo garantiza un proceso de mejora permanente, facilitando la sostenibilidad organizacional y la competitividad a largo plazo.

Estos hallazgos contribuyen al desarrollo de nuevas líneas de investigación orientadas a la validación longitudinal de este modelo en distintos contextos sectoriales y geográficos, lo que podría ampliar su aplicabilidad en escenarios globalizados e inestables.

CONCLUSIONES

1. Integración del entorno en la gestión de mantenimiento:

Los resultados de este estudio demuestran que la gestión efectiva del mantenimiento de activos físicos requiere considerar no solo los factores internos tradicionales, sino también los factores del entorno externo. La evaluación conjunta de ambos permite fortalecer el proceso de toma de decisiones estratégicas.

2. Relación significativa entre factores externos e internos:

Se comprobó estadísticamente la existencia de relaciones significativas entre los factores económicos, políticos, socioculturales, tecnológicos, legales y ambientales, y las variables internas de confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad, gestión de recursos humanos e infraestructura operativa.

3. Propuesta de un modelo estratégico integrador:

El modelo estratégico desarrollado ofrece un marco práctico y adaptable de cinco fases que permite a las organizaciones anticipar, ajustar, planificar, evaluar y retroalimentar sus procesos de mantenimiento, generando una dinámica de mejora continua frente a los cambios del entorno.

4. Aporte a la competitividad organizacional:

La aplicación del modelo propuesto posibilita incrementar la eficiencia operativa, optimizar el uso de recursos, reducir riesgos de fallos críticos y mejorar la sostenibilidad organizacional, factores determinantes para la competitividad en sectores industriales cada vez más exigentes.

5. Líneas de investigación futura:

Se recomienda validar el modelo en otros sectores industriales, así como incorporar el impacto de tecnologías emergentes —como inteligencia artificial, internet de las cosas (IoT) y análisis predictivo— para fortalecer aún más la capacidad adaptativa de la gestión de mantenimiento.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los directivos, supervisores y especialistas que participaron en las entrevistas y encuestas; así como al equipo asesor que acompañó el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. A systemic approach. *International Journal of Industrial Engineering & Management*, 15(2), 134-150.
- [2]. García, L., & Torres, M. (2022). External environmental factors influencing asset maintenance: Empirical evidence from industrial plants. *Journal of Operations and Asset Management*, 11(4), 243-259.
- [3]. López, J., Hernández, D., & Ramos, V. (2023). Holistic maintenance strategies: Integrating internal processes with external environmental variables. *Journal of Maintenance Science & Technology*, 19(1), 55-72.
- [4]. Morales, P., Rivas, A., & Delgado, S. (2023). The human factor in asset management: Organizational culture and maintenance performance. *Journal of Applied Engineering Research*, 18(3), 310-324.
- [5]. Smith, T., & Hinchcliffe, G. (2021). Asset maintenance management: Evolving paradigms in turbulent industries. *Maintenance & Reliability Journal*, 22(2), 98-113.

Recibido el 6 de mayo del 2025 y aceptado para su publicación el 20 de junio del 2025.