

PREDICTIVE ROAD MAINTENANCE MANAGEMENT USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

GESTIÓN PREDICTIVA DEL MANTENIMIENTO VIAL MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Ventura, Lissy

RESUMEN

El objetivo fue describir la gestión predictiva del mantenimiento vial mediante inteligencia artificial. Se tipificó como descriptiva, con enfoque cualitativo, y utilizó una muestra teórica de 18 documentos. Los resultados evidencian que, en la literatura actual, no se identifica un concepto global del mantenimiento predictivo vial con inteligencia artificial. Finalmente, las concepciones varían entre un sistema de inteligencia artificial orientado a la reducción de costos operativos, otro orientado al análisis de grandes volúmenes de datos y la garantía de la vida útil de la infraestructura vial; y otro ofrece estrategias automatizadas para analizar y pronosticar fallas desde diversas perspectivas operativas.

Palabras clave: Gestión predictiva, Mantenimiento vial, Inteligencia artificial.

ABSTRACT

The objective was to describe predictive road maintenance management using artificial intelligence. It was classified as descriptive, with a qualitative approach, and used a theoretical sample of 18 documents. The results show that, in the current literature, no global concept of predictive road maintenance with artificial intelligence has been identified. Finally, conceptions vary between an artificial intelligence system oriented toward reducing operating costs, another oriented toward analyzing large volumes of data and guaranteeing the useful life of road infrastructure, and another that offers automated strategies for analyzing and forecasting failures from various operational perspectives.

Keywords: Predictive management, Road maintenance, Artificial intelligence.

Fecha de recepción: 27-06-2025

Fecha de aprobación: 23-12-2025

Fecha de publicación online: 23-12-2025

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18041128>

¹ República Dominicana. Ingeniera Civil. Florida International University. Correo: lissy_ventura04@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8577-4317>

INTRODUCCIÓN

La ingeniería de carreteras está requiriendo inversiones inteligentes y cambio de los métodos tradicionales por prácticas más avanzadas y precisas para satisfacer las exigencias normativas, tecnológicas y económicas que limitan la predicción oportuna de fallas y la realización de intervenciones en mantenimiento (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico-Corporación Andina de Fomento OECD-CAF, 2022)

La Inteligencia Artificial en adelante (IA) está incidiendo significativamente en el mantenimiento predictivo de la vialidad en países con alto desarrollo poblacional e industrial mediante aplicaciones que integran software para identificar de forma rápida defectos y deterioros (Bermúdez, Linares y Mutunbajoy, 2025) reduciendo en un 30% los riesgos y tiempos de mantenimiento en la infraestructura vial de China (Chen, Zhou, Bao, Skibniewski, 2025) y en Singapur con modelos predictivos simulando escenarios de optimización del sistema vial a bajos costos operativos (Zhang, 2021).

Sin embargo, en países de Latinoamérica la situación no es tan idéntica, pues se encuentran por debajo de la adopción de sistemas IA para el mantenimiento predictivo de la vialidad, imperando la detección manual de datos en los procesos de identificación e inspección (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO, 2021).

En tal sentido, la falta de detección de anomalías en tiempo real en el sistema vial Latinoamericano estaría requiriendo la gestión automatizada de procesos para el análisis avanzado de datos y la toma de decisiones informadas sobre las prioridades de mantenimiento (Paz y Germán, 2024) superando el error humano que muchas veces está presente (Schmidt y Becker, 2021).

No obstante, la profundización de la problemática referida al mantenimiento predictivo vial con IA es diversa, de acuerdo con la (OECD-CAF, 2022), (Bermúdez et al, 2025), (Chen et al, 2025), (Paz y Germán, 2024) y (Schmidt y Becker, 2021) se requiere una perspectiva global referida no solo a la necesidad de reducir significativamente los costos y tiempos asociados al mantenimiento de las carreteras sino además al seguimiento y control de los factores que impiden transformar el mantenimiento predictivo vial con inteligencia artificial en una herramienta potencialmente viable para garantizar a los usuarios el acceso equitativo a los espacios y servicios públicos.

La pregunta base de este estudio radicó en indagar ¿cuál es el concepto global del mantenimiento predictivo vial con inteligencia artificial en la literatura actual? con el

propósito de describir la gestión predictiva del mantenimiento vial mediante inteligencia artificial.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

GESTION PREDICTIVA DEL MANTENIMIENTO VIAL CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El mantenimiento es un factor clave para asegurar la movilidad, funcionalidad y seguridad vial, se fundamenta en procedimientos de prevención de baches, fisuras y deficiencias de señalización con la finalidad de disminuir el desgaste de vehículos, costos de operación y la incidencia de accidentes de tránsito, por lo que requiere un enfoque integral tecnológico, técnico, económico, social y ambiental alineado a la optimización y la competitividad así como estrategias basadas en la inspección visual, el análisis de condiciones del pavimento, tramos críticos y señalización vial (Caiza y Ochoa, 2025).

De manera integral Henderson (2025) destaca, el mantenimiento predictivo vial (MPV) es un sistema de enfoque estratégico para aprovechar datos y su análisis con el objetivo de pronosticar fallas en la infraestructura del sistema vial antes que ocurran. Con la implementación de sistemas de Inteligencia Artificial los diseñadores de la vialidad pueden pasar del mantenimiento basado en el tiempo (MbT) al mantenimiento basado en la condición (MbC) optimizando condiciones y reduciendo costos. En el MPV con IA los algoritmos de aprendizaje automático pueden:

Facilitar el análisis de grandes volúmenes de datos generados por sensores IoT integrados.

Proporcionar parámetros de criticidad en tiempo real y facilitar la identificación de fallas para la intervención oportuna.

Facilitar el aprendizaje automatizado integrando IoT, así como el monitoreo, el control remoto y la capacidad predictiva de la infraestructura vial.

Según Hernández, Ollero, Christos, Rodríguez y Ansuategi (2023), el mantenimiento predictivo con IA está previsto como un procedimiento para la digitalización de la inspección en pro de aumentar la disponibilidad de la red vial y la reducción de costos. El sistema de gestión de datos del gemelo digital es un elemento clave para asegurar que los datos sean inoperables, facilitar la integración de estos, características geométricas del activo, el estado de los subsistemas de información y el historial de mantenimiento de la infraestructura vial, ya que este sistema usa base de datos para generar representaciones digitales e imitar los

activos viales reales en todos sus aspectos relevantes (García, Navarro, Torres, Pinedo y Torres, 2025).

Para Huamani, Pimayhuaman y Tito (2022) el MPV es un sistema automatizado que tiene la finalidad de satisfacer a los usuarios y contribuir al desarrollo social, económico y productivo. Según Muñoz, Mendoza y Quispe (2022) el MPV es un sistema de predicción de riegos para asegurar la calidad y la vida útil de la infraestructura en forma sostenible. Para Meza, Franco, Mencía, Rivera y Lavado (2025) el MPV es el conjunto de estrategias que tienen como finalidad la mejora de la ingeniería del mantenimiento; mientras que para Vaca y Sánchez (2024) el factor clave del MPV es garantizar la reducción de costos, aportar a la conservación ambiental, así como al acceso masivo de la ciudadanía al transporte público.

En la opinión de Carrión y Tarrillo (2025), el MPV con IA es una herramienta tecnológica que aplica diversas metodologías IA para diagnosticar fallas, averías y daños en tiempo real a través del análisis masivo de datos, se apoya en la implementación de sensores IoT y Big Data para reducir costos operativos y prolongar la vida útil de la infraestructura de carreteras. En efecto, Miralles (2023) describe la relevancia de la plataforma Gestión de Activos Empresariales (Sistema de Software- EAM) para conseguir soluciones de mantenimiento predictivo y minimizar el tiempo de inactividad.

Según Bermúdez et al (2025), el mantenimiento predictivo de la vialidad con sistema IA, es un plan cuya estrategia consiste en la prevención del siniestro a través de técnicas sofisticadas que van desde el modelado del diseño de construcción de vías convencionales (multicarre-autopistas y autovías) hasta tareas de control y mejora en el tiempo, tales como ajustes, automatización y sincronización de sensores (señalizaciones y semáforos) para el flujo de tráfico vehicular y de personas.

Por otra parte, Yaranga, Trelles y Pizarro (2025), el mantenimiento predictivo vial con IA es un sistema de base automatizada centrado en analizar grandes volúmenes de datos para tomar decisiones de planificación de mantenimiento. Además, Tapia, Aguilera, Rojas y García (2024) el MPV con inteligencia artificial es el conjunto de procedimientos y estrategias centrado en dos grandes dimensiones: la inteligencia humana y la inteligencia artificial; esta última respecto del análisis de los grandes volúmenes de datos sobre volúmenes de falla y la primera respecto de la toma de conciencia que no puede ser simulada por la IA para tomar decisiones de mejora.

Autores como Schmidt y Becker (2021), puntualizan una clasificación de cuatro tecnologías IA para el mantenimiento predictivo vial:

El Machine Learning: funciona mediante algoritmos que analizan grandes volúmenes de información para la detección de riesgos, predicciones y la toma de decisiones autónoma.

Visión Artificial: utiliza algoritmos de inteligencia artificial que permiten interpretar y comprender datos visuales (imágenes, videos) para la inspección automática de la infraestructura con uso de drones y cámaras para el control de la calidad en tiempo real.

Sistemas de Expertos: facilita la asistencia en la toma de decisiones mediante simulaciones basadas en reglas.

Big Data e IA: facilita la gestión predictiva de la infraestructura existente mediante el análisis de datos de sensores GPS y tráfico.

Con base en todo lo indicado, el mantenimiento predictivo vial adoptada una variedad de definiciones que van desde mantenimiento inteligente, procesos, estrategias, herramientas, procedimientos apoyados en tecnologías y algoritmos para simular datos para la toma de decisiones en tiempo real hasta un sistema basado en estrategias proactivas que integra tecnologías como sensores, IoT e IA para anticipar problemas basándose en la condición real de la infraestructura vial.

MATERIALES Y MÉTODO

Este estudio fue desarrollado bajo la concepción de una investigación descriptiva con aplicación del método cualitativo siguiendo el planteamiento metodológico de Cadena, Rendón, Aguilar, Salinas, De la Cruz y Sangerman (2017) a través de un procedimiento inductivo flexible visualizando de forma integral la perspectiva de las fuentes de investigación consultadas.

Por lo que utilizo un diseño documental (Delgado y Hereño, 2018) mediante la selección de 28 documentos en repositorios institucionales y artículos indexados y en base de datos en Web of Science (WoS), Scopus, Redalyc, Dialnet entre los años 2020-2025.

Como criterio de inclusión prevaleció la búsqueda de la categoría Mantenimiento Predictivo Vial (MPV) con Inteligencia Artificial (IA) en revistas científicas de alto impacto, excluyendo los artículos que se encontraban fuera de la trayectoria de la indexación, obteniéndose una muestra teórica de 18 documentos en formato digital.

El procesamiento de los datos se realizó a la forma de Piñero y Perozo (2019), mediante una lista de “palabras recurrentes” usadas por los autores consultados

para su “reescritura y agrupación” (p. 34) con la finalidad de detectar y elaborar una matriz de datos los hallazgos cualitativos.

RESULTADOS

En el cuadro 1 se proyectan los datos que sirvieron para la reescritura de hallazgos cualitativos provenientes de la muestra teórica de 18 documentos en formato digital.

Cuadro 1. Matriz de datos y hallazgos cualitativos de la categoría gestión predictiva del mantenimiento vial con inteligencia artificial.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO VIAL CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
Paz y Germán (2024)	Gestión automatizada de procesos	Para el análisis avanzado de datos sobre prioridades de mantenimiento
Caiza y Ochoa (2025)	Factor clave para asegurar la funcionalidad y seguridad vial	Para minimizar costos operativos
Henderson (2025)	Sistema de enfoque estratégico	Para avanzar y pronosticar fallas y pasar del Mantenimiento basado en el Tiempo al Mantenimiento basado en la Condición
Hernández et al (2023)	Procedimiento para la digitalización de la inspección vial	Para aumentar disponibilidad de la red vial, su vida útil y la reducción de costos
Huamani et al (2022)	Sistema automatizado	Para satisfacer a los usuarios y contribuir al desarrollo social, económico y productivo
Muñoz et al (2022)	Sistema de predicción de riesgos	Para asegurar la calidad, vida útil y sostenibilidad de la infraestructura vial
Meza et al (2025)	Conjunto de estrategias de mantenimiento	Para mejorar la ingeniería de mantenimiento
Vaca y Sánchez (2024)	Factor clave para la reducción de costos	Para garantizar la conservación ambiental y el acceso masivo de los ciudadanos al transporte público
Carrión y Tarrillo (2025)	Herramienta tecnológica que aplica diversas metodologías IA	Para diagnosticar en tiempo real y reducir costos operativos
Miralles (2023)	Plataforma de gestión de activos apoyada en Software	Para conseguir soluciones de mantenimiento y minimizar la inactividad
Bermúdez et al (2025)	Plan con una estrategia	Para prevenir el siniestro con técnicas sofisticadas
Yaranga et al (2025)	Sistema de base automatizada	Para analizar grandes volúmenes de datos para la planificación del mantenimiento
Tapia et al (2024)	Procedimientos y estrategias centradas en inteligencia humana e inteligencia artificial	Para analizar grandes volúmenes de datos sobre volúmenes de falla y tomar conciencia sobre las decisiones de mejora

Fuente: Elaboración propia (2025)

DISCUSIÓN

De acuerdo con la pregunta formulada en esta investigación se indica que el concepto global del mantenimiento predictivo vial con inteligencia artificial en la literatura actual es catalogado por la mayoría de los documentos analizados como un sistema IA con metodología de software que opera con prevalencia en la reducción de costos operativos, el análisis de grandes volúmenes de datos y la toma de decisiones de mantenimiento para garantizar la vida útil de la infraestructura vial, luego es visto como un procedimiento para la digitalización de la infraestructura vial y finalmente la prevalencia de los hallazgos cualitativos lo conceptualiza como un conjunto de estrategias automatizadas para analizar y pronosticar fallas.

CONCLUSIONES

En la literatura actual no se aprecia un concepto global del mantenimiento predictivo vial con inteligencia artificial, las concepciones varían entre a) un sistema IA con prevalencia en reducción de costos operativos, para el análisis de grandes volúmenes de datos y las decisiones para garantizar la vida útil de la infraestructura vial, b) un procedimiento para la digitalización de esta y c) estrategias automatizadas para el análisis y pronóstico de fallas con diferentes concepciones operativas.

Se requiere un concepto global que unifique significativamente el mantenimiento vial desde el robustecimiento de la IA en la mejora de la eficiencia, precisión y oportunidad, la capacitación de los equipos humanos, las inversiones tecnológicas avanzadas con incorporación de sistemas IA, la automatización de las inspecciones y el monitoreo de los daños viales, la estandarización de buenas prácticas, la toma de decisiones basadas en grandes volúmenes de datos, la predicción de fallas estructurales en tiempo real, el control de la calidad y la reducción del impacto ambiental a través de un robusto monitoreo vial en IA.

FINANCIAMIENTO

Este trabajo no fue financiado.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses financieros ni personales que puedan influir inapropiadamente en el desarrollo de este artículo.

REFERENCIAS

Bermúdez Pulgarín, A, Linares Forero, C y Mutumbajoy Muchavisoy, J. (2025). Impacto de la Inteligencia Artificial en la ejecución y gestión de proyectos de construcción de vías en Cundinamarca. Trabajo de grado – Especialización. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10882/14944>

Cadena, P., Rendón, R., Aguilar, J., Salinas, E., de la Cruz, F., y Sangerman, D. (2017). Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: un acercamiento en las Ciencias Sociales. *Revista Mexicana de Ciencias agrícolas*, 8(7)1603-1617. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263153520009.pdf>

Caiza Monge, E. R., & Ochoa García, S. A. (2025). Plan de gestión para el mantenimiento de la Vía E30 Pujilí - La Maná: Management plan for the maintenance of the E30 Pujilí - La Maná Road. *Revista Científica Multidisciplinar G-Nerando*, 6(1), Pág. 4875 –. <https://doi.org/10.60100/rcmq.v6i1.630>

Carrión Vega, J. O & Tarrillo Nuntón, L. (2025). Mantenimiento Preventivo en América Latina: Un análisis comparado de principios, metodologías y aplicaciones. *Revista Científica Pakamuros*, 13(2), 96-106. DOI: <https://doi.org/10.37787/fc5b9p52>

Chen, K. Zhou, X. Bao, Z y Skibniewski, M. (2025). Artificial intelligence in infrastructure construction: A critical review. *Frente al Eng. Manag.* 12, 24–38. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42524-024-3128-5>

Delgado, L y Herreño, M. (2018). Revisión documental: el estado actual de las investigaciones desarrolladas sobre discriminación hacia personas con discapacidad auditiva en personas latinoamericanas de habla hispana entre los años 2009 al primer trimestre de 2018. Corporación Universitaria Minuto de Dios-Regional Soacha. Disponible en: <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/6807>

García, E., Navarro, L. C., Torres, D. A., Pinedo, A., y Torres, L. V. (2025). Gemelos digitales para la supervisión y el mantenimiento de infraestructuras viales: Revisión sistemática. *Impulso, Revista De Administración*, 5(11), 161-181. DOI: <https://doi.org/10.59659/impulso.v.5i11.136>

Henderson, J.; Sanders, M. (2025). Mantenimiento predictivo basado en IA: Reducción del tiempo de inactividad y mejora de la productividad en entornos de fabricación. *Preprints*, 2025040602. DOI: <https://doi.org/10.20944/preprints202504.0602.v1>

Hernández, J., Ollero, A., Christos, A., Rodríguez, J., y Ansuategi, A. (2023). Las carreteras del futuro: Industria 4.0 y sostenibilidad. En *Revista de Obras Públicas* (Número 3641). DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10400764>

Huamaní, J., Rimayhuaman, O. E., y Tito, X. S. (2022). Influencia del Mantenimiento Vial y Satisfacción del Usuario. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 1876-1896. DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3202

Meza, G., Franco, J., Mencía, N., Rivera, R., y Lavado, C. (2025). Integración de la inteligencia artificial en procesos de ingeniería: Un análisis crítico. *e-Revista Multidisciplinaria del Saber*, 3, e-RMS07072025. Epub 23 de septiembre de 2025. DOI: <https://doi.org/10.61286/e-rms.v3i.221>

Miralles, E. (2023). Construcción, Conservación y Explotación de Carreteras Optimizados con Inteligencia Artificial. *Hemeroteca Revista Carreteras*. N° 241. Disponible en: <https://hemerotecarevistacarreteras.com/producto/diseno-construccion-conservacion-y-explotacion-de-carreteras-optimizados-con-inteligencia-artificial/>

Muñoz, S., Mendoza, J., Quispe, M. (2022) Una revisión sobre el rol de la inteligencia artificial en la industria de la construcción. *Revista Ingeniería y Competitividad*. Vol. 24, Núm. 2. Disponible en: https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/11727

OECD/CAF (2022), *Uso estratégico y responsable de la inteligencia artificial en el sector público de América Latina y el Caribe*, Estudios de la OCDE sobre Gobernanza Pública, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5b189cb4-es>.

Paz, M y Germán, M. (2024). Implementación responsable de algoritmos e inteligencia artificial en el sector público de Chile. *Revista Chilena de la Administración del Estado*. N°11. Disponible en: <https://revista.ceacgr.cl/revista/article/view/185>

Piñero, L y Perozo, L. (2019). Ruta metodológica para avanzar en el periplo de la investigación educativa con variable compuesta o predicativa. *Revista Orbis* N° 42, Año 14. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7066112.pdf>

Tapia, S. Aguilera, G., Rojas, L. y García, J. (2024). Mantenimiento predictivo basado en machine learning: Una revisión sistemática de la literatura y perspectivas en la industria 4.0. *Revista Avances en Ciencias e Ingeniería*. Vol. 15, N°. 4, págs. 63-93. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10349707>

UNESCO (2021). Hasta la recuperación y más allá. Informe de la sobre el acceso público a la información (ODS 16.10.2). Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385454>

Vaca, L. M., y Sánchez, L. V. (2025). Uso de la Inteligencia Artificial (IA), aplicada al transporte público del cantón Santo Domingo, Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, año 2024. *Código Científico Revista De Investigación*, 6(E1), 386–407. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/nE1/693>

Yaranga, I., Trelles, J. y Pizarro, P. (2025). Integración de la inteligencia artificial y la ciencia de datos para la toma de decisiones en las empresas: un estudio bibliométrico. *Revista InveCom*, vol. 6, n.º 2. ISSN 2739-0063. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2739-00632025000402047&lng=en&nrm=iso&tlng=es

Zhang, X. (2021). Análisis de ciudades inteligentes en Singapur basado en inteligencia artificial. DOI: [10.1109/RAAI52226.2021.9507784](https://doi.org/10.1109/RAAI52226.2021.9507784) Conferencia Internacional IEEE 2021 sobre Robótica, Automatización e Inteligencia Artificial (RAAI). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/353857468_Analysis_of_Smart_Cities_in_Singapore_Based_Artificial_Intelligence