



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,
Volumen 9, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL DETERIORO EN PAVIMENTOS URBANOS CON APOYO DE INSPECCIÓN AÉREA NO TRIPULADA

**METHODOLOGY FOR THE EVALUATION OF
DETERIORATION IN URBAN PAVEMENTS SUPPORTED
BY UNMANNED AERIAL INSPECTION**

Pablo Julián López González

Instituto Tecnológico Superior de Misantla, México

Oscar Moreno Vázquez

Instituto Tecnológico Superior de Misantla, México

Johana Zujeyth Escobar Galván

Instituto Tecnológico Superior de Misantla, México

Brigitte Guadalupe Hernández González

Instituto Tecnológico Superior de Misantla, México

David Hernández Villeda

Instituto Tecnológico Superior de Misantla, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6.22078

Metodología para la Evaluación del Deterioro en Pavimentos Urbanos con Apoyo de Inspección Aérea No Tripulada

Pablo Julián López González¹jlopezg@itsm.edu.mx<https://orcid.org/0000-0002-6281-6756>Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico Superior de Misantla
México**Oscar Moreno Vázquez**omorenov@itsm.edu.mx<https://orcid.org/0000-0001-6267-9504>Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico Superior de Misantla
México**Johana Zujeyth Escobar Galván**212t0459@itsm.edu.mx<https://orcid.org/0000-0002-8574-2163>Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico Superior de Misantla
México**Brigitte Guadalupe Hernández González**212t0432@itsm.edu.mx<https://orcid.org/0009-0007-7194-1042>Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico Superior de Misantla
México**David Hernández Villeda**192t0625@itsm.edu.mx<https://orcid.org/0009-0009-9886-6577>Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico Superior de Misantla
México

RESUMEN

La evaluación del estado superficial de los pavimentos urbanos es una actividad fundamental para la correcta gestión del mantenimiento vial, especialmente en ciudades con crecimiento urbano acelerado y recursos limitados. Tradicionalmente, esta evaluación se realiza mediante inspecciones visuales directas en campo, las cuales pueden resultar tardadas, costosas y con riesgos para el personal técnico. En este contexto, el presente trabajo propone una metodología para el levantamiento y registro de deterioros en pavimentos urbanos mediante reconocimiento en campo apoyado con inspección aérea no tripulada, utilizando imágenes obtenidas con dron como herramienta de documentación visual complementaria. La metodología se basa en recorridos sistemáticos de reconocimiento, identificación y clasificación de deterioros visibles en pavimentos rígidos y flexibles, tales como fisuras, baches, desprendimientos y desgaste superficial. Las imágenes capturadas por dron permiten reforzar el registro visual de los daños detectados, mejorar la localización de zonas críticas y facilitar la sistematización de la información. La propuesta se aplicó como estudio de caso en vialidades urbanas del municipio de Misantla, Veracruz. Los resultados muestran que el uso de fotografías aéreas contribuye a una evaluación más ordenada y segura, fortaleciendo el proceso de diagnóstico preliminar para la toma de decisiones en mantenimiento vial.

Palabras clave: pavimentos urbanos, inspección visual, dron, deterioros

¹ Autor principal

Correspondencia: jlopezg@itsm.edu.mx

Methodology for the Evaluation of Deterioration in Urban Pavements Supported by Unmanned Aerial Inspection

ABSTRACT

The evaluation of the surface condition of urban pavements is a fundamental activity for the proper management of road maintenance, especially in cities experiencing rapid urban growth and limited resources. Traditionally, this evaluation is carried out through direct visual inspections in the field, which can be time-consuming, costly, and pose risks to technical personnel. In this context, the present study proposes a methodology for the survey and recording of deterioration in urban pavements based on field reconnaissance supported by unmanned aerial inspection, using drone-acquired images as a complementary visual documentation tool. The methodology is based on systematic reconnaissance surveys aimed at identifying and classifying visible deterioration in rigid and flexible pavements, such as cracks, potholes, surface spalling, and surface wear. The images captured by the drone strengthen the visual record of the detected damage, improve the localization of critical zones, and facilitate the systematization of the collected information. The proposed methodology was applied as a case study on urban roadways in the municipality of Misantla, Veracruz. The results show that the use of aerial photographs contributes to a more organized and safer evaluation, strengthening the preliminary diagnostic process for decision-making in road maintenance.

Keywords: urban pavements, visual inspection, drone, pavement deterioration

*Artículo recibido 10 diciembre 2025
Aceptado para publicación: 10 enero 2026*



INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial urbana constituye uno de los pilares fundamentales para el desarrollo social, económico y territorial de las ciudades, ya que permite la movilidad eficiente de personas y mercancías, además de garantizar el acceso a servicios básicos (Ruiz, et al., 2025; Chuquiguanga, 2024). El adecuado desempeño de las vialidades urbanas depende en gran medida del estado físico de los pavimentos, los cuales están sujetos a procesos continuos de deterioro ocasionados por factores como el tránsito vehicular, las condiciones climáticas, las características de los materiales y la calidad de los procesos constructivos (Quilahuilque, 2023; Castro, 2023; Díaz, 2020; Quintana & Lizcano, 2023).

En ciudades de tamaño medio y pequeño, como Misantla, Veracruz, la gestión del mantenimiento vial enfrenta importantes limitaciones técnicas y presupuestales. En muchos casos, la evaluación del estado del pavimento se realiza de manera reactiva, atendiendo daños visibles una vez que estos se han agravado, lo que incrementa los costos de rehabilitación y reduce la vida útil de las estructuras (Falcones & Tigrero, 2024; Tipán, 2023).). Esta situación pone de manifiesto la necesidad de contar con metodologías de diagnóstico accesibles, sistemáticas y confiables, que permitan identificar de manera temprana los deterioros presentes en las vialidades urbanas (Luna, 2024).

Tradicionalmente, la evaluación de pavimentos urbanos se ha llevado a cabo mediante inspecciones visuales directas en campo, realizadas por personal técnico que recorre las vialidades para identificar y clasificar los daños existentes (Núñez, 2023). Si bien este enfoque permite un conocimiento detallado de los deterioros, presenta diversas desventajas, como el alto consumo de tiempo, la limitada cobertura espacial y los riesgos asociados a la interacción con el tránsito vehicular. Además, la calidad del diagnóstico puede verse afectada por la subjetividad del evaluador y la falta de registros visuales sistematizados. En este contexto, el uso de tecnologías emergentes ha cobrado relevancia como una alternativa para apoyar los procesos tradicionales de inspección. Entre estas tecnologías, los vehículos aéreos no tripulados (drones) destacan por su capacidad para capturar imágenes aéreas de alta resolución de manera rápida, segura y económica (Zapata, 2024). En el ámbito de la ingeniería civil, los drones han sido utilizados principalmente para la inspección de puentes, carreteras y obras de infraestructura, permitiendo obtener información visual desde perspectivas difíciles de alcanzar mediante métodos convencionales.



En el caso específico de la evaluación de pavimentos urbanos, el uso de drones no necesariamente implica el desarrollo de modelos complejos o análisis avanzados de imágenes (Chen, 2024). Incluso mediante la captura de fotografías aéreas simples, es posible fortalecer el proceso de reconocimiento en campo, mejorar la documentación visual de los deterioros y facilitar la identificación de zonas críticas que requieren atención prioritaria. Esta aplicación resulta especialmente pertinente en contextos donde no se dispone de equipo especializado ni de software avanzado para el procesamiento fotogramétrico (Gong, 2024).

Por lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo proponer y aplicar una metodología para el levantamiento de deterioros en pavimentos urbanos basada en el reconocimiento en campo, apoyado con inspección aérea no tripulada. La metodología se enfoca en el uso del dron como herramienta complementaria para la documentación visual, sin recurrir a la generación de ortofotos o modelos tridimensionales. La propuesta se valida mediante un estudio de caso en vialidades urbanas del municipio de Misantla, Veracruz, con el propósito de aportar una alternativa práctica y replicable para la gestión del mantenimiento vial en municipios con recursos limitados.

Área de Estudio

El área de estudio corresponde a diversas vialidades urbanas localizadas en el municipio de Misantla, Veracruz, México. Misantla se caracteriza por una red vial urbana compuesta principalmente por calles de sección reducida, con pavimentos rígidos y flexibles que presentan distintos niveles de deterioro superficial. La ciudad experimenta un flujo vehicular constante, integrado por vehículos ligeros, motocicletas y transporte público, lo cual influye directamente en el desgaste de las superficies de rodamiento.

Las vialidades seleccionadas para el estudio se ubican en zonas con actividad comercial, habitacional y de servicios, donde la demanda de movilidad es elevada. Estas calles presentan condiciones representativas del estado general de los pavimentos urbanos del municipio, incluyendo presencia de fisuras, baches, pérdida de material y deformaciones superficiales. Asimismo, las condiciones climáticas de la región, caracterizadas por precipitaciones frecuentes y alta humedad, contribuyen a la aceleración de los procesos de deterioro del pavimento.

METODOLOGÍA

La metodología propuesta se diseñó con el objetivo de ser práctica, accesible y adaptable a contextos urbanos con recursos limitados. Se estructura en tres etapas principales: reconocimiento en campo, captura de imágenes aéreas con dron y sistematización de la información recopilada.

Reconocimiento en campo

La primera etapa consistió en la realización de recorridos sistemáticos de inspección visual directa sobre las vialidades seleccionadas como se observa en la figura 1. Durante estos recorridos, el personal técnico identificó y registró los deterioros visibles en la superficie del pavimento, siguiendo criterios observacionales comúnmente utilizados en evaluaciones preliminares.

Figura 1. Inspección en calles en la ciudad de Misantla



Los deterioros identificados incluyeron fisuras longitudinales y transversales, baches, desgaste superficial, desprendimiento de material y deformaciones visibles. Para cada daño se registró su ubicación aproximada, tipo y una descripción general de su estado, sin recurrir a mediciones instrumentales detalladas.

Esta estrategia permitió obtener un diagnóstico inicial del estado del pavimento de manera ágil y segura.

Figura 2. Levantamiento por métodos tradicionales



El reconocimiento en campo se llevó a cabo sin interrumpir el tránsito vehicular, priorizando en todo momento la seguridad del personal. Esta etapa constituye la base de la metodología, ya que proporciona el contacto directo con las condiciones reales de las vialidades.

El aforo vehicular se realizó durante una hora, considerando intervalos de 15 minutos para la intensidad del tránsito, con registro de vehículos de acuerdo a la NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017 (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2017), Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal (Tabla 1):

Tabla 1. Nomenclatura de Vehículos

Vehículo	Nomenclatura
Autobús	B
Camión unitario	C
Tractocamión	T
Camión remolque	C-R
Tractocamión articulado	T-S
Tractocamión doblemente articulado	T-S-R y T-S-S

Las evaluaciones de flujo vehicular en las zonas urbanas con deterioros viales conforman un componente esencial para comprender la dinámica de uso de las vialidades y su relación con el continuo desgaste y la severidad de los deterioros en el pavimento.

El aforo vehicular nos permite cuantificar la intensidad del tránsito, identificar los patrones horarios y estimar el grado de presión estructural ejercida sobre la carpeta de rodamiento (Figura 2). Estos datos son cruciales para una correcta selección de zonas críticas así como para comprender los resultados obtenidos en el análisis fotogramétrico y generar soluciones constructivas.

Figura 2. Realización de aforo vehicular



Captura de imágenes con dron

Como complemento al reconocimiento en campo, se realizó la captura de imágenes aéreas mediante el uso de un dron equipado con cámara óptica. Los vuelos se efectuaron a baja altura sobre las vialidades inspeccionadas, con el objetivo de obtener fotografías generales que permitieran documentar visualmente el estado del pavimento.

Figura 3. Operación del dron durante las actividades de reconocimiento en campo



Las imágenes obtenidas no fueron procesadas para generar ortofotos ni modelos digitales tridimensionales. Su función fue exclusivamente de apoyo visual, permitiendo:

- Respaldo gráficamente los deterioros identificados en campo
- Facilitar la localización de zonas con mayor concentración de daños
- Obtener una visión general de los tramos evaluados
- La captura de imágenes se realizó considerando condiciones adecuadas de iluminación y visibilidad, con el fin de garantizar la claridad de las fotografías.

Sistematización de la información

La información recopilada durante el reconocimiento en campo y la captura de imágenes aéreas se organizó en registros estructurados, integrando descripciones de los deterioros y evidencia fotográfica. Este proceso permitió consolidar la información de manera ordenada y facilitar su análisis posterior.

La sistematización de los datos constituye un elemento clave de la metodología, ya que permite generar insumos útiles para la toma de decisiones en la planificación del mantenimiento vial, así como para la elaboración de informes técnicos y documentos académicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de la metodología permitió identificar diversos tipos de deterioros en las vialidades urbanas analizadas en el municipio de Misantla. Durante el reconocimiento en campo se observó una alta incidencia de deterioros, así como desgaste superficial en tramos con tránsito vehicular constante. La tabla 2 presenta la documentación visual de los principales tipos de deterioro identificados en una vialidad urbana del municipio de Misantla, Veracruz, a partir del reconocimiento en campo y el apoyo de imágenes capturadas con dron. En ella se muestran ejemplos representativos de baches, grietas lineales, desprendimientos superficiales, daño en el sello de la junta, grietas en esquina y punzonamiento, los cuales evidencian las condiciones de deterioro superficial presentes en el pavimento.

Las fotografías permiten apreciar las características morfológicas y la manifestación de cada daño en la superficie del pavimento, aportando evidencia gráfica que respalda la clasificación realizada durante la inspección. Estos deterioros se asocian principalmente a la acción repetida del tránsito vehicular, la pérdida de continuidad del material y la degradación progresiva del pavimento bajo las condiciones ambientales locales, facilitando la comprensión del estado general de la vialidad y la priorización de acciones de mantenimiento y rehabilitación.

Tabla 2. Catálogo de deterioros en calle López Mateos, Misantla Ver.

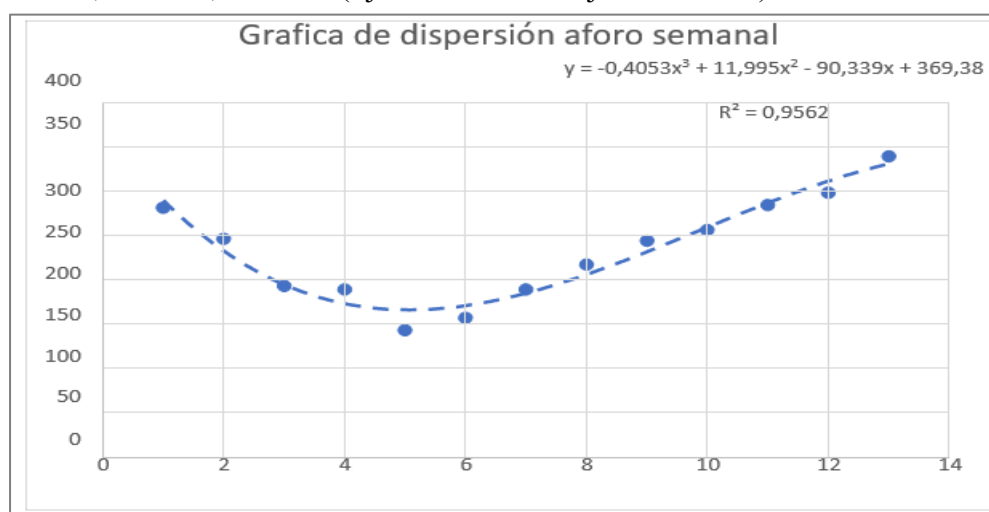
No.	Tipo de deterioro	Fotografia
1	Bache	
2	Grieta lineal	
3	Desprendimientos	
4	Daño en el sello de la junta	

5	Grieta en esquina	
6	Punzonamiento	

Con base en el aforo vehicular realizado en la calle López Mateos, se registró el tránsito semanal con el propósito de analizar su comportamiento a lo largo del periodo de estudio. A partir de los datos obtenidos en campo, se proyectó el comportamiento del tránsito para un total de 13 semanas, lo que permitió identificar tendencias y variaciones en el flujo vehicular en la vialidad analizada.

La Figura 4 muestra la gráfica de dispersión del aforo semanal, en la cual se observa una variabilidad inicial en el volumen de tránsito, seguida de una tendencia creciente conforme avanza el periodo de estudio. El ajuste de los datos mediante un modelo polinomial de tercer grado presentó un coeficiente de determinación elevado ($R^2 = 0.9562$), lo que indica una alta correlación entre el modelo propuesto y los valores observados, y sugiere un comportamiento consistente del tránsito vehicular en la vialidad evaluada. Este comportamiento evidencia un incremento progresivo en el flujo vehicular semanal, lo cual resulta relevante para el análisis del deterioro del pavimento, ya que el aumento en la intensidad del tránsito constituye un factor determinante en la aparición y evolución de daños superficiales. Los resultados del aforo permiten, por tanto, establecer una relación preliminar entre el volumen vehicular y la concentración de deterioros observados en la calle López Mateos, aportando información útil para la priorización de acciones de mantenimiento en pavimentos urbanos.

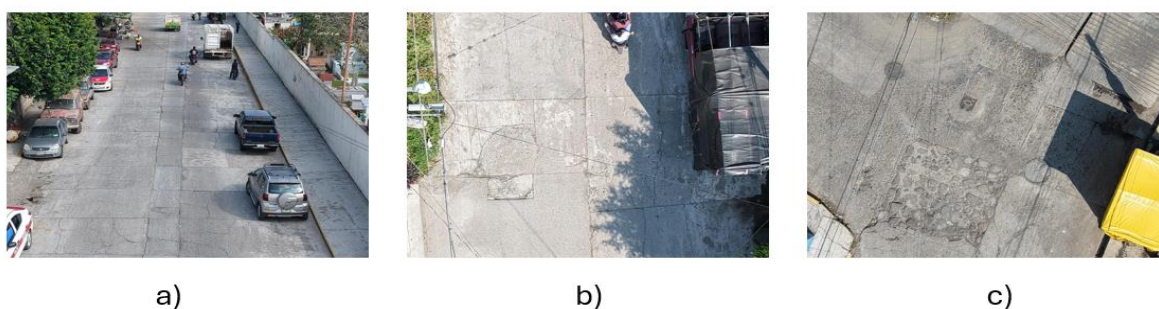
Figura 4. Gráfica de dispersión del aforo vehicular semanal y tendencia proyectada en la calle López Mateos, Misantla, Veracruz (Eje X semanas Vs Eje Y vehículos)



Las imágenes aéreas obtenidas mediante dron (Figura 5) complementaron el reconocimiento realizado en campo, al proporcionar una visión general del estado superficial del pavimento y de la distribución espacial de los deterioros a lo largo del tramo analizado. En la Figura 5 (a) se aprecia una vista aérea general de la vialidad, que permite identificar la continuidad del pavimento y las condiciones de operación bajo tránsito vehicular activo.

Por su parte, las Figuras 5(b) y 5(c) muestran acercamientos a zonas específicas donde se concentran deterioros superficiales, como reparaciones previas, desprendimientos y pérdida de material, lo que evidencia un deterioro progresivo del pavimento asociado a la acción repetida del tránsito y a condiciones ambientales locales. El uso de imágenes aéreas permitió documentar estos daños sin invadir la vialidad ni exponer al personal técnico a riesgos adicionales, constituyéndose en una herramienta eficaz para el diagnóstico visual y la priorización de acciones de mantenimiento en pavimentos urbanos.

Figura 5. Imágenes aéreas capturadas mediante dron del pavimento urbano en la zona de estudio: (a) vista general de la vialidad evaluada, (b) zona con reparaciones y deterioros superficiales, y (c) área con pérdida de material y daños localizados en la superficie del pavimento.



Los resultados obtenidos evidencian que el uso de drones como apoyo al reconocimiento en campo representa una alternativa viable para mejorar el levantamiento de deterioros en pavimentos urbanos. Aunque la metodología propuesta no sustituye a evaluaciones estructurales detalladas ni a estudios de laboratorio, sí fortalece el diagnóstico preliminar del estado del pavimento.

Una de las principales ventajas de esta metodología es su accesibilidad, ya que no requiere equipos especializados ni software avanzado para el procesamiento de imágenes. Esto la convierte en una opción factible para municipios con recursos limitados, donde la implementación de sistemas complejos de gestión de pavimentos puede resultar inviable.

Asimismo, el uso de imágenes aéreas contribuye a reducir los riesgos asociados a la inspección en campo y mejora la calidad del registro visual, disminuyendo la subjetividad inherente a las inspecciones tradicionales. La metodología puede ser ampliada en trabajos futuros mediante la incorporación de técnicas de análisis digital de imágenes o la integración de información de tránsito y condiciones ambientales.

CONCLUSIONES

La metodología propuesta para la evaluación del deterioro en pavimentos urbanos, basada en el reconocimiento en campo y apoyada con inspección aérea no tripulada, demostró ser una alternativa técnica viable para el diagnóstico preliminar del estado de las vialidades urbanas. Su aplicación en el municipio de Misantla, Veracruz, permitió identificar de manera sistemática los principales tipos de deterioro superficial presentes en los pavimentos, tales como fisuras, baches, desgaste y desprendimiento de material, sin recurrir a procedimientos complejos ni a equipamiento especializado de alto costo.

Uno de los principales aportes de este trabajo radica en la integración del dron como herramienta complementaria al levantamiento tradicional en campo, no como un sustituto de métodos avanzados de análisis estructural, sino como un apoyo visual que fortalece la documentación y el registro de los daños. Las imágenes aéreas obtenidas permitieron mejorar la comprensión de la distribución espacial de los deterioros, facilitando la identificación de zonas críticas y tramos con mayor concentración de daños, lo cual resulta especialmente útil para la priorización de intervenciones de mantenimiento.

La metodología se caracteriza por su accesibilidad y adaptabilidad, lo que la hace especialmente adecuada para municipios con recursos técnicos y financieros limitados. Al no depender de la generación de ortofotos, modelos digitales tridimensionales ni algoritmos de procesamiento avanzados, el procedimiento puede ser implementado por personal técnico con capacitación básica, reduciendo los tiempos de inspección y minimizando los riesgos asociados al trabajo en vialidades con tránsito activo. Asimismo, el enfoque propuesto contribuye a disminuir la subjetividad inherente a las inspecciones visuales tradicionales, al incorporar evidencia gráfica sistematizada que respalda las observaciones realizadas en campo. Esta documentación visual representa un insumo valioso para la elaboración de informes técnicos, la comunicación con autoridades municipales y la toma de decisiones informadas en la gestión del mantenimiento vial urbano.

Desde una perspectiva académica y de investigación aplicada, el estudio demuestra que es posible generar metodologías intermedias entre las inspecciones convencionales y los sistemas avanzados de gestión de pavimentos, lo que abre la puerta a futuras investigaciones orientadas a la incorporación gradual de tecnologías más sofisticadas, como análisis digital de imágenes, clasificación automatizada de deterioros o integración con información de tránsito y condiciones ambientales.

Finalmente, se concluye que la metodología presentada constituye una base sólida para el desarrollo de estrategias de mantenimiento preventivo en pavimentos urbanos. Su replicabilidad en otros contextos urbanos similares al de Misantla la posiciona como una herramienta útil para fortalecer la gestión de la infraestructura vial, contribuyendo a mejorar la seguridad vial, optimizar el uso de recursos públicos y promover una planificación más sostenible del mantenimiento de las vialidades urbanas.

Limitaciones del estudio

A pesar de los resultados obtenidos, el presente estudio presenta ciertas limitaciones inherentes a su alcance metodológico y a los recursos disponibles durante su desarrollo. En primer lugar, la evaluación del estado del pavimento se enfocó exclusivamente en el análisis visual de deterioros superficiales, sin considerar ensayos estructurales ni pruebas mecánicas que permitan caracterizar el comportamiento resistente del pavimento o el estado de sus capas internas. En consecuencia, los resultados obtenidos deben interpretarse como un diagnóstico preliminar orientado a la identificación de daños visibles y no como una evaluación integral del desempeño estructural de las vialidades.



Otra limitación relevante es que las imágenes capturadas mediante dron se utilizaron únicamente con fines documentales y de apoyo visual, sin someterse a procesos de ortorrectificación, generación de ortofotos ni construcción de modelos digitales tridimensionales. Esto impide la obtención de mediciones métricas precisas de los deterioros, tales como longitudes, áreas o profundidades, restringiendo el análisis a una evaluación cualitativa del estado del pavimento.

Asimismo, el estudio no incorporó herramientas de procesamiento digital de imágenes ni algoritmos de detección automática de deterioros, por lo que la identificación y clasificación de los daños dependió en gran medida de la observación directa del personal técnico. Si bien este enfoque resulta adecuado para contextos con recursos limitados, introduce un componente de subjetividad que podría influir en la consistencia de los registros.

Finalmente, el alcance espacial del estudio se limitó a un conjunto de vialidades urbanas seleccionadas del municipio de Misantla, Veracruz, por lo que los resultados obtenidos no deben generalizarse de manera directa a otras ciudades con condiciones climáticas, constructivas o de tránsito significativamente distintas. No obstante, la metodología propuesta es adaptable y puede ser aplicada en otros contextos urbanos con las adecuaciones pertinentes.

Trabajos futuros

A partir de los resultados obtenidos y considerando las limitaciones identificadas, se plantean diversas líneas de trabajo futuro orientadas a fortalecer y ampliar la metodología propuesta. En primer término, se recomienda la incorporación de técnicas de fotogrametría digital para la generación de ortofotos y modelos tridimensionales de las vialidades urbanas, lo que permitiría realizar mediciones cuantitativas de los deterioros y mejorar la precisión del diagnóstico.

Asimismo, resulta pertinente explorar la integración de algoritmos de procesamiento digital de imágenes y técnicas de aprendizaje automático para la detección y clasificación automática de daños en pavimentos. La implementación de estos enfoques permitiría reducir la dependencia de la evaluación manual, incrementar la objetividad del análisis y optimizar los tiempos de inspección, especialmente en redes viales extensas.

Otra línea de investigación relevante consiste en la vinculación de la información obtenida mediante drones con datos de tránsito vehicular, condiciones climáticas y características constructivas del

pavimento, con el fin de analizar la relación entre estos factores y la aparición de deterioros. Esta integración facilitaría el desarrollo de modelos predictivos orientados al mantenimiento preventivo de las vialidades urbanas.

Finalmente, se sugiere la aplicación de la metodología en otros municipios con diferentes contextos urbanos y socioeconómicos, lo que permitiría evaluar su replicabilidad y adaptabilidad, así como establecer comparaciones entre distintas realidades viales. Estas investigaciones contribuirían a consolidar la metodología como una herramienta de apoyo para la gestión integral del mantenimiento de pavimentos urbanos y para la toma de decisiones en políticas públicas de infraestructura vial se concluye que la metodología presentada constituye una base sólida para el desarrollo de estrategias de mantenimiento preventivo en pavimentos urbanos. Su replicabilidad en otros contextos urbanos similares al de Misantla la posiciona como una herramienta útil para fortalecer la gestión de la infraestructura vial, contribuyendo a mejorar la seguridad vial, optimizar el uso de recursos públicos y promover una planificación más sostenible del mantenimiento de las vialidades urbanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Castro Castro Cabra, A. A. (2023). Determinación de las condiciones del deterioro del pavimento rígido, mediante el método PCI y volumen de tránsito en las vías perimetrales del mercado modelo de Huánuco–2023.
- Chen, X., Liu, C., Chen, L., Zhu, X., Zhang, Y., & Wang, C. (2024). A pavement crack detection and evaluation framework for a UAV inspection system based on deep learning. *Applied Sciences*, 14(3), 1157. <https://doi.org/10.3390/app14031157>
- Chuquiguanga-Auquilla, M. C. (2024). La infraestructura vial en las teorías y enfoques del desarrollo: una síntesis desde la literatura. *Epistemia Revista Científica*, 8(1), 86–96.
- Díaz Asencios, E., & Espinoza Martínez, G. A. (2020). Propuesta de diseño de pavimentos rígidos para subrasantes arenas limosas susceptibles a erosión en el proyecto Vía de Evitamiento del Bajo Piura.
- Falcones Reyes, K. N., & Tigrero Balón, D. M. (2024). Evaluación y rehabilitación de pavimento rígido por el método AASHTO de la vía de Olón–San José del cantón y provincia de Santa Elena.



- Gong, Z., Bruno, M., Pazzini, M., Forte, A., Girelli, V. A., Vignali, V., & Lantieri, C. (2024). Low-cost and contactless survey technique for rapid pavement texture assessment using mobile phone imagery. *Sustainability*, 16(22), 9630. <https://doi.org/10.3390/su16229630>
- Luna, A. A. B. (2024). Accesibilidad sostenible de las calles y redes viales y su relación con indicadores, caso Querétaro y Monterrey.
- Núñez, C. A. C. (2023). Indicadores estratégicos como modelo de inspección y evaluación de patologías en pavimentos asfálticos.
- Quilahuilque Mardones, J. F. (2023). Metodología de distribución presupuestaria para programa de conservación sectorial de vialidad urbana basado en análisis multicriterio.
- Quintana, H. A. R., & Lizcano, F. A. R. (2023). Pavimentos: Materiales, construcción y diseño (2.^a ed.). ECOE Ediciones.
- Ruiz, L. E. P., Rodríguez, Z. C. O., & Rojas, D. L. A. (2025). Movilidad urbana y desarrollo sostenible: implicaciones para el progreso social. *Clío. Revista de Historia, Ciencias Humanas y Pensamiento Crítico*, (10), 516–539.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2017). Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017, sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal. *Diario Oficial de la Federación*.
- Tipán Guañuna, J. F. (2023). Evaluación estructural y diseño de la rehabilitación del pavimento asfáltico, empleando una base asfáltica reciclada con cemento, en la carretera Macas–Sinaí, ubicada en la provincia de Morona Santiago.
- Velásquez Valencia, J. P., Amaya Casa, N. A., & Valencia Serrano, D. D. Análisis de las estrategias de movilidad sostenible implementadas en el Distrito de Santa Marta para el mejoramiento del servicio público de transporte urbano.
- Zapata Verdezoto, J. G. (2024). Evaluación del uso de drones como herramienta para el análisis del flujo vehicular en intersecciones urbanas.

