

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y
Humanidades, Asunción, Paraguay.**

ISSN en línea: 2789-3855, 2025, Volumen VI

**Conectividad marginada: análisis territorial de una
vía secundaria en México. Caso Pochutla-Huatulco,
Oaxaca**

**Marginalized Connectivity: Territorial Analysis of a Secondary
Road in Mexico. The Case of Pochutla-Huatulco, Oaxaca**

Marvin Pérez García

pe357456@uaeh.edu.mx
<https://orcid.org/0009-0005-3554-6518>
Universidad Autónoma del Estado De
Hidalgo
Pachuca de Soto, Hidalgo – México

Humberto Iván Navarro Gómez

humberto_navarro@uaeh.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-2338-4863>
Universidad Autónoma del Estado De
Hidalgo
Pachuca de Soto, Hidalgo – México

Jesús Emmanuel Cerón Carballo

jesus_ceronc@uaeh.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-2809-3387>
Universidad Autónoma del Estado De
Hidalgo
Pachuca de Soto, Hidalgo – México

Cutberto Rodríguez Álvarez

profe_7479@uaeh.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-9225-8695>
Universidad Autónoma del Estado de
Hidalgo
Pachuca de Soto, Hidalgo – México

Eduardo Bautista Hernández

ba435074@uaeh.edu.mx
<https://orcid.org/0009-0009-5774-7280>
Universidad Autónoma del Estado De
Hidalgo
Pachuca de Soto, Hidalgo – México

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i4.4431>

Artículo recibido: 26 de mayo de 2025

Aceptado para publicación: 28 de agosto
de 2025.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.


Redilat
Red de Investigadores
Latinoamericanos

NÚMERO

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i4.4431>

Conectividad marginada: análisis territorial de una vía secundaria en México. Caso Pochutla–Huatulco, Oaxaca

Marginalized Connectivity: Territorial Analysis of a Secondary Road in Mexico. The Case of Pochutla–Huatulco, Oaxaca

Marvin Pérez García

pe357456@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0005-3554-6518>

Universidad Autónoma del Estado De Hidalgo

Pachuca de Soto, Hidalgo – México

Humberto Iván Navarro Gómez

humberto_navarro@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2338-4863>

Universidad Autónoma del Estado De Hidalgo

Pachuca de Soto, Hidalgo – México

Jesús Emmanuel Cerón Carballo

jesus_ceronc@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2809-3387>

Universidad Autónoma del Estado De Hidalgo

Pachuca de Soto, Hidalgo – México

Cutberto Rodríguez Álvarez

profe_7479@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-9225-8695>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Pachuca de Soto, Hidalgo – México

Eduardo Bautista Hernández

ba435074@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0009-5774-7280>

Universidad Autónoma del Estado De Hidalgo

Pachuca de Soto, Hidalgo – México

Artículo recibido: 26 de mayo de 2025. Aceptado para publicación: 28 de agosto de 2025.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

Las vías secundarias tipo C, ubicadas generalmente en zonas periurbanas y de conexión rural, representaron una pieza clave para la movilidad cotidiana y el acceso territorial, pero estuvieron relegadas en los esquemas de planificación y mantenimiento. Este estudio analizó de manera integral una de estas infraestructuras en el tramo Pochutla–Huatulco, en el estado de Oaxaca, México, con el objetivo de diagnosticar su estado físico-estructural y establecer criterios de priorización para su intervención. Se empleó una metodología mixta que incluyó inspección visual georreferenciada, sondeos destructivos para caracterización de materiales, ensayos de carga dinámica, aforos vehiculares en horas pico y una matriz de evaluación multicriterio que ponderó variables técnicas (tipo de falla, severidad, carga estructural) y territoriales (conectividad funcional, accesibilidad regional). Los resultados mostraron deterioro severo en tramos específicos, alta carga vehicular turística y una ausencia de criterios integrales para su mantenimiento. Se concluyó que el abandono sistemático de este tipo de vialidades no solo afectó la infraestructura física, sino que limitó el desarrollo regional, la integración social y la equidad territorial. El enfoque adoptado ofreció una herramienta útil para la

toma de decisiones en políticas públicas de infraestructura, con énfasis en zonas históricamente marginadas del sur de México.

Palabras clave: infraestructura vial, vías secundarias, conectividad territorial, evaluación multicriterio, planeación urbana

Abstract

Type C secondary roads, typically located in peri-urban and rural connection zones, are a key component of daily mobility and territorial access, yet they have often been neglected in planning and maintenance strategies. This study conducted a comprehensive analysis of one such infrastructure segment—Pochutla–Huatulco, in the state of Oaxaca, Mexico—aiming to assess its physical and structural condition and establish prioritization criteria for its intervention. A mixed-method approach was used, incorporating georeferenced visual inspections, destructive testing for material characterization, dynamic load assessments, peak-hour traffic counts, and a multicriteria evaluation matrix that assigned relative weights to technical variables (type of failure, severity, structural load) and territorial ones (functional connectivity, regional accessibility). The findings revealed severe deterioration in specific segments, heavy tourist traffic loads, and the absence of integrated maintenance strategies. It was concluded that the systematic neglect of such roads undermines not only physical infrastructure but also regional development, social integration, and territorial equity. The proposed approach provides a valuable tool for decision-making in public infrastructure policy, particularly in historically marginalized regions of southern Mexico.

Keywords: road infrastructure; secondary roads; territorial connectivity; multicriteria evaluation; urban planning

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons.



Cómo citar: Pérez García, M., Navarro Gómez, H. I., Cerón Carballo, J. E., Rodríguez Álvarez, C., & Hernández, E. B. (2025). Conectividad marginada: análisis territorial de una vía secundaria en México. Caso Pochutla–Huatulco, Oaxaca. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 6 (4), 2213 – 2235. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i4.4431>

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el crecimiento urbano acelerado y la expansión territorial en regiones estratégicas del sur de México, como el municipio de San Pedro Pochutla, Oaxaca, han ejercido una presión creciente sobre las infraestructuras viales de conexión interurbana.

Esto ha sido ampliamente documentado como un factor de fragilidad vial en municipios en expansión (Téllez & Fernández, 2021) y afecta especialmente a las vialidades secundarias tipo C, que, si bien no forman parte de las redes troncales federales, cumplen funciones clave de articulación entre comunidades, centros turísticos y corredores económicos regionales.

La falta de mantenimiento y planeación adecuada en estas vías genera deterioro progresivo, afectando la seguridad vial, incrementando los costos logísticos y reduciendo la competitividad territorial (Alonso & Llopis, 2021; Sánchez-Rodríguez & Lemus., 2020).

A pesar de su relevancia funcional, muchas de estas vialidades no cuentan con estudios estructurales detallados que sustenten decisiones de inversión o rehabilitación. Las acciones de mejora suelen basarse en criterios políticos, presión vecinal o disponibilidad presupuestaria, en lugar de un análisis técnico riguroso lo que evidencia una falta de integración entre factores técnicos y sociales en la gestión de la infraestructura (Ramírez & Torres, 2020).

No obstante, existen herramientas como las calas de verificación estratigráfica, los ensayos de carga estática y los aforos vehiculares, que permiten generar diagnósticos objetivos e integrarlos en esquemas de priorización para una gestión eficiente de la infraestructura (González, Torres, & Andrade, 2021; Tighe, 2017).

En este contexto, el presente artículo desarrolla un estudio de caso aplicado a la vialidad Pochutla–Huatulco, un tramo estratégico que conecta al municipio de San Pedro Pochutla con el corredor turístico de Bahías de Huatulco. A través de una metodología multicriterio, se realizó un diagnóstico estructural integral considerando la severidad del daño, el tipo de tráfico, las condiciones geotécnicas locales y el papel funcional de la vía dentro del sistema regional de movilidad.

El objetivo principal es proponer una estrategia de intervención técnicamente fundamentada y replicable, que permita maximizar el uso de recursos públicos y garantizar la seguridad y eficiencia en la conectividad regional entre localidades urbanas y destinos turísticos de alto impacto, lo cual resulta fundamental para mejorar la integración territorial de zonas vulnerables que enfrentan rezago urbano (Mendoza & Estrada, 2024)

Justificación técnica

En el contexto territorial del sur de Oaxaca, las vialidades secundarias tipo C constituyen un eslabón crítico para la conectividad intermunicipal, el acceso a servicios regionales y la distribución de cargas vehiculares de intensidad media, particularmente en zonas con fuerte vocación turística y crecimiento disperso.

No obstante, su planeación, diseño y conservación son frecuentemente relegados frente a vialidades primarias o troncales de competencia estatal o federal. Esta omisión sistemática ha generado condiciones estructurales críticas que comprometen no solo la conectividad funcional entre núcleos urbanos como San Pedro Pochutla y Santa María Huatulco, sino también la sostenibilidad y resiliencia de las comunidades rurales e intermedias que dependen de estos corredores para su integración territorial (Jerez & Olavarría, 2022; ONU-Hábitat, 2020). De hecho, estudios recientes en municipios intermedios destacan la importancia de estrategias integradas de recuperación vial para mantener esta funcionalidad (Aguirre & Peralta, 2022)

Figura 1

Ubicación de la vialidad Pochutla–Huatulco



Fuente: Elaboración propia con base en cartografía municipal y verificación de campo (2024).

Descripción: Localiza geográficamente el tramo analizado en el contexto regional y estatal, evidenciando su función como corredor entre zonas turísticas y urbanas del sur de Oaxaca.

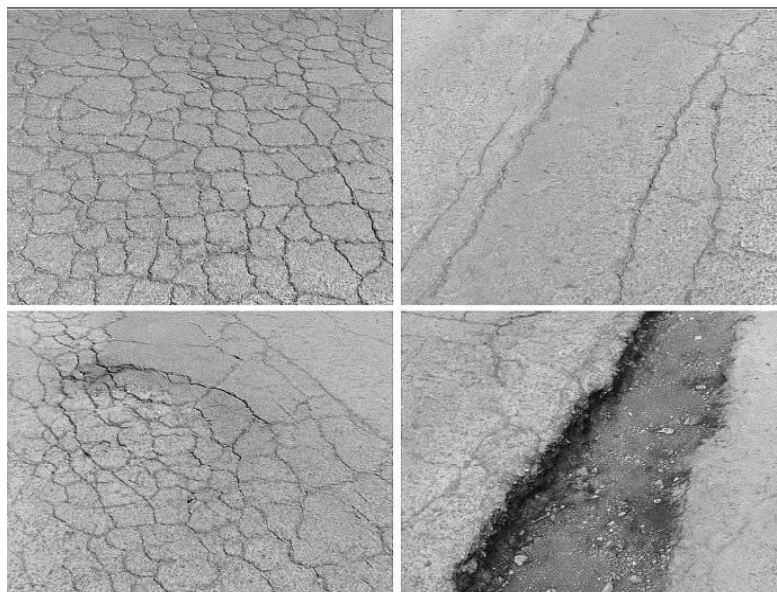
La vialidad San Pedro Pochutla–Huatulco, ubicada en el sur del estado de Oaxaca, es representativa de esta problemática estructural. Se trata de una vía de conexión estratégica que vincula al municipio de San Pedro Pochutla con el centro turístico y urbano de Santa María Huatulco, atravesando zonas rurales, comunidades intermedias y puntos logísticos clave para el transporte regional. Su trazo soporta una alta carga de tránsito local, turístico y semipesado, incluyendo transporte de mercancías, unidades de pasaje y tráfico estacional elevado.

A pesar de su relevancia funcional dentro del corredor costero, no se cuenta con un diseño estructural documentado, y las acciones de mantenimiento han sido predominantemente reactivas y de tipo paliativo.

Como resultado, se observa una acumulación de fallas progresivas, incluyendo agrietamientos por fatiga, pérdida de capacidad portante, deformaciones longitudinales y colapsos superficiales vinculados a subrasantes inestables y materiales no controlados, así como fallas comparables entre pavimentos rígidos y flexibles ya documentadas en estudios recientes (Barrera & Salinas, 2021)

Figura 2

Registro fotográfico de fallas estructurales visibles en la vialidad



Fuente: Trabajo de campo, 2024.

En la figura anterior, las condiciones observadas evidencian una degradación multiescalar: desde la pérdida de textura superficial hasta la inestabilidad de la subrasante, agravada por el escurrimiento pluvial mal gestionado y el arrastre de materiales finos (IMT, 2021; Tighe, 2017).

Tabla 1

Afectaciones estructurales observadas por tramo

Tramo	Tipo de falla	Severidad	Implicación estructural
T1	Fisura longitudinal	Alta	Compromiso parcial de la capa base
T2	Bache profundo	Media	Pérdida de integridad superficial
T3	Hundimiento localizado	Alta	Inestabilidad de subrasante
T4	Aguanieve y grietas	Baja	Desgaste superficial sin afectación estructural
T5	Deformación estructural	Alta	Colapso por fatiga de base y subbase

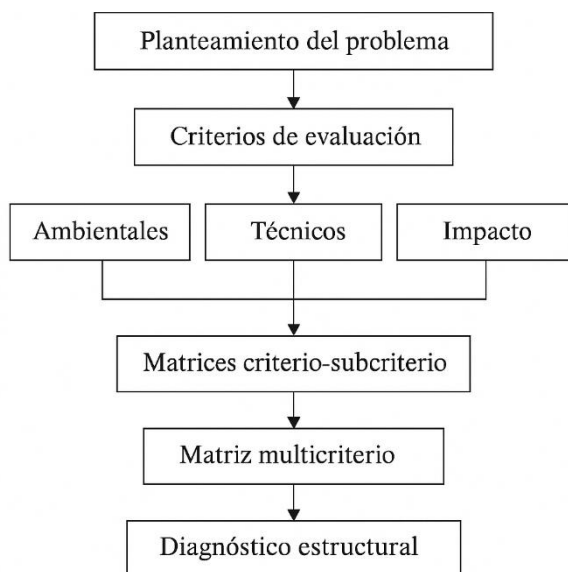
Fuente: Elaboración propia con base en inspección técnica de campo (2024).

Descripción: Las fallas fueron clasificadas conforme a la guía del IMT (2021) y validación in situ.

La pertinencia técnica del presente estudio radica en su enfoque integral: se propone una metodología de diagnóstico estructural que no sólo contempla la evaluación física de capas y materiales mediante calas y aforos, sino que incorpora variables funcionales, sociales y ambientales dentro de una matriz multicriterio que prioriza intervenciones de forma objetiva.

Figura 3

Esquema metodológico de integración multicriterio aplicada al diagnóstico estructural



Fuente: Elaboración propia con base en la metodología aplicada (2024).

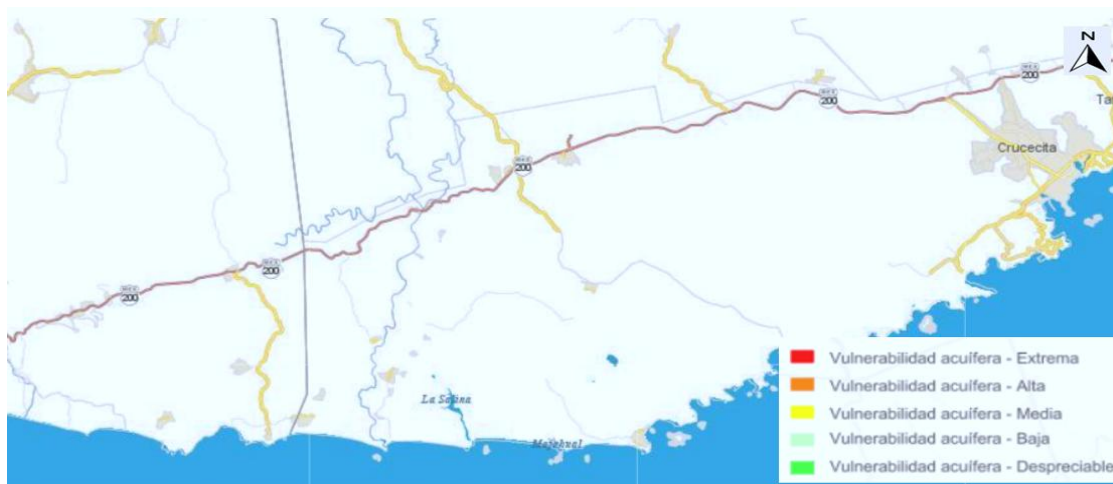
Descripción: Presenta los pasos del proceso metodológico seguido, desde la inspección en campo hasta la evaluación y priorización técnica.

La vialidad objeto de estudio atraviesa zonas de transición rural-urbana con condiciones ambientales contrastantes:

En sus extremos urbanos, tanto en San Pedro Pochutla como en Santa María Huatulco, se identifican altos niveles de vulnerabilidad ambiental relacionados con la ausencia de infraestructura verde, baja capacidad de infiltración pluvial, concentración de escurrimientos superficiales y la presencia de superficies altamente impermeabilizadas, que intensifican los efectos de isla de calor urbano lo que ha sido identificado como factor estructural de deterioro en contextos urbanos mal drenados (Flores et al., 2021). No obstante, en tramos intermedios, predominan áreas rurales con mayor capacidad de absorción natural, lo que sugiere una variabilidad espacial significativa en los factores de riesgo y resiliencia ambiental.

Figura 4

Modelo de vulnerabilidad ambiental y exposición a escurrimientos



Fuente: Elaboración propia con SIG y verificación de campo (2024).

Descripción: Muestra las zonas con mayor exposición a escurrimientos pluviales, relevantes para entender el impacto ambiental en el estado estructural.

Por estas razones, el presente diagnóstico no se limita al análisis de falla estructural, sino que propone un modelo replicable de intervención técnica priorizada, resiliente y ambientalmente responsable. Este modelo incorpora principios de drenaje urbano sostenible para mejorar el desempeño hidráulico en vialidades metropolitanas (López & Morales, 2023) y se alinea con los objetivos de desarrollo urbano sostenible, los lineamientos del Programa Nacional de Infraestructura Carretera, y los principios de equidad territorial.

METODOLOGÍA

La metodología empleada en este estudio se diseñó para integrar distintos niveles de diagnóstico técnico y funcional, a fin de justificar con rigor la intervención estructural de la vialidad Pachuca-Huatulco en Pachuca, Hidalgo. La propuesta metodológica se divide en tres fases principales:

- Levantamiento técnico de campo,
- Análisis estructural y funcional, y
- Priorización mediante matriz multicriterio.

Levantamiento técnico de campo

Se realizaron inspecciones visuales georreferenciadas conforme a la guía de evaluación de pavimentos del IMT (2021), identificando zonas con fallas estructurales, funcionales o superficiales. Se delimitaron cinco segmentos viales en función de las condiciones observadas.

Figura 5

Esquema de sectorización vial y puntos de muestreo de calas destructivas



Fuente: Elaboración propia con base en levantamiento de campo (2024).

Descripción: Representa la división del tramo en sectores para el análisis y localización precisa de los puntos de estudio estructural.

Tabla 2

Aforos vehiculares por tramo

Tramo	Vehículos ligeros (veh/h)	Vehículos pesados (veh/h)	Total, vehículos/hora
T1	65	12	77
T2	85	18	103
T3	78	20	98
T4	45	6	51
T5	92	23	115

Fuente: Elaboración propia a partir de registros de conteo manual (2025).

Descripción: Los datos se obtuvieron en días hábiles en horarios puntuales matutinos.

Posteriormente, se aplicaron calas destructivas con extracción de muestras para la caracterización de capas (espesor, granulometría, humedad, cohesión) y se realizaron aforos vehiculares durante horarios pico en días hábiles.

Evaluación estructural y funcional

Con las calas y registros obtenidos se elaboró un modelo estratigráfico por tramo, evaluando el cumplimiento de los espesores mínimos conforme a la norma SCT-Banobras (2018). Se complementa con la clasificación del nivel de severidad de fallas usando el método PCI (Pavement Condition Index), obteniendo un valor promedio por segmento. Se consideró además el tránsito estimado en términos de ejes equivalentes para cada tramo, lo cual permitió calcular la capacidad estructural remanente.

Tabla 3

Caracterización estratigráfica por tramo, con evaluación de falla

Tramo	Capa asfáltica (cm)	Base (cm)	Subbase (cm)	Falla dominante
T1	3	10	15	Fisuración
T2	5	15	18	Desintegración superficial
T3	4	12	14	Asentamiento
T4	3	8	12	Desgaste por escurrimiento
T5	2	6	9	Fatiga estructural

Fuente: Elaboración propia con base en calas y análisis en gabinete (2025).

Descripción: Las profundidades se expresan en centímetros a partir de nivel de rodadura.

Matriz multicriterio para priorización técnica

Para la priorización de rehabilitación estructural se construyó una matriz de evaluación multicriterio considerando cinco variables clave:

Severidad estructural de la falla (25%)

Tránsito registrado por tramo (20%)

Nivel de servicio funcional (20%)

Riesgo urbano asociado (15%)

Vulnerabilidad ambiental y escurrimientos (20%)

Cada tramo fue calificado en una escala de 1 a 5 por cada criterio, ponderado y consolidado para obtener un índice final de prioridad técnica.

Tabla 4

Matriz multicriterio de priorización estructural de tramos viales

Tramo	Falla estructural (25%)	Tránsito (20%)	Nivel de servicio (20%)	Riesgo urbano (15%)	Vulnerabilidad ambiental (20%)	Índice de prioridad
T1	4	3	3	4	3	3.35
T2	3	4	4	3	3	3.40
T3	5	4	2	4	5	4.20
T4	2	2	5	2	2	2.45
T5	5	5	2	5	4	4.55

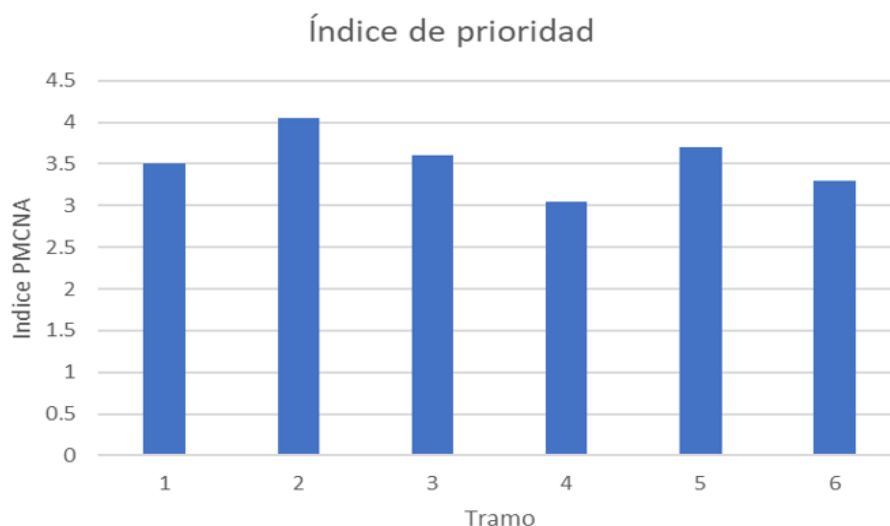
Fuente: Elaboración propia con base en ponderación ajustada (2025).

Descripción: El índice total es el promedio ponderado de los cinco criterios aplicados por tramo.

Índice de prioridad por segmento

Gráfico 1

Resultados graficados de la matriz multicriterio por tramo



Fuente: Elaboración propia con datos del estudio (2024).

Descripción. Muestra los niveles de prioridad técnica obtenidos por tramo, con base en la ponderación de variables estructurales y territoriales.

El gráfico representa el Índice PMCMNA (Prioridad Multicriterio Compuesta para Nivel de Atención), construido a partir de cinco criterios ponderados: condición estructural (25 %), carga vehicular (20 %), nivel de servicio (20 %), riesgo urbano (15 %) y vulnerabilidad ambiental (20 %). Cada tramo fue evaluado con base en este índice, el cual clasifica la prioridad de intervención técnica en una escala de bajo, medio, alto y muy alto. Los valores altos indican urgencia técnica estructural y funcional.

DESARROLLO

La evaluación estructural y funcional de pavimentos urbanos debe enmarcarse en una normativa técnica que asegure la calidad, durabilidad y funcionalidad de la infraestructura vial, así como su articulación con principios de sostenibilidad y resiliencia como lo han señalado análisis recientes sobre funcionalidad vial con enfoque sostenible (Torres & Vallejo, 2023). En México, las principales guías técnicas son emitidas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), así como por normas de diseño contenidas en los manuales Banobras y lineamientos del Programa Nacional de Infraestructura (IMT, 2021; SCT-Banobras, 2018). Las vialidades tipo C, según la clasificación funcional del Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras (SCT-Banobras, 2018), corresponden a caminos secundarios con tránsito vehicular de baja a media intensidad, diseñados para velocidades menores de 50 km/h, radios de giro reducidos y plataformas mínimas.

En contextos de transición rural-urbana como el corredor vial entre San Pedro Pochutla y Santa María Huatulco, las vialidades secundarias tipo C enfrentan una creciente presión funcional debido al tránsito de unidades turísticas, transporte regional y vehículos de abastecimiento que conectan comunidades intermedias. Esta dinámica ha rebasado las condiciones estructurales previstas originalmente para

este tipo de caminos, lo que justifica la necesidad de evaluaciones técnicas más rigurosas y estrategias de rehabilitación adaptadas a su papel intermunicipal (González et al., 2022).

Tabla 5

Parámetros normativos de diseño para vialidades secundarias tipo C (SCT-Banobras, 2018)

Parámetro	Valor normativo
Velocidad de diseño (km/h)	40
Carga admisible (ejes equivalentes)	≤ 300 diarios
Espesor mínimo de pavimento (cm)	≥ 25
Ancho de corona (m)	6.0
Tipo de sección	Corona convexa con cunetas laterales

Fuente: Adaptado del Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras SCT (2018).

Descripción: Valores referenciales para diseño estructural de caminos secundarios tipo C.

Desde el punto de vista de diagnóstico técnico, la metodología recomendada incluye levantamientos visuales conforme a la guía del IMT (2021), calas destructivas para la caracterización estratigráfica del paquete estructural y evaluación del módulo resiliente con base en ensayos de carga tipo Benkelman Beam o Falling Weight Deflectometer (FWD).

Adicionalmente, se deben considerar análisis funcionales complementarios como el IRI (Índice Internacional de Regularidad) y el PCI (Pavement Condition Index), cuya aplicación urbana ha sido validada en contextos latinoamericanos (Londoño & Ríos, 2021).

Figura 6

Esquema de diagnóstico técnico estructural en campo aplicado en la vialidad



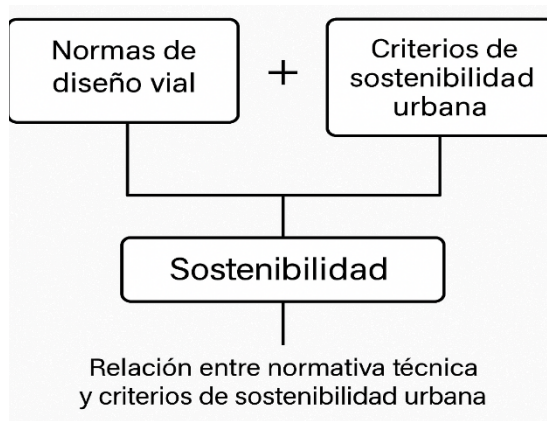
Fuente: Elaboración propia con base en procedimientos aplicados en 2024.

Descripción: Detalla el proceso de calas destructivas, muestreo de materiales y pruebas estructurales in situ utilizadas para el análisis técnico.

Aunque el tramo Pochutla–Huatulco no se encuentra en un entorno urbano consolidado, principios como la compatibilidad ambiental, el manejo pluvial eficiente y la seguridad vial deben ser considerados en su rediseño. En este sentido, lineamientos como los propuestos por la Norma Técnica de Diseño de Calles Completas de la SEDATU (2021), aun sin ser de aplicación obligatoria en todos los municipios, ofrecen un marco referencial útil para fortalecer el carácter integral de las intervenciones propuestas, incorporando criterios de funcionalidad operativa, mitigación climática y eficiencia estructural adaptada al entorno regional.

Figura 7

Relación entre normativa técnica y criterios de sostenibilidad urbana



Fuente: Elaboración propia a partir de normativa y literatura técnica (2025).

Descripción: El diagrama integrador: SCT, IMT, SEDATU, resiliencia urbana y movilidad. Vincula los criterios empleados en el estudio con lineamientos normativos vigentes y metas de sostenibilidad territorial (ONU-Habitat, 2022).

Finalmente, el análisis técnico propuesto en este estudio responde a la necesidad de dotar a las autoridades locales de instrumentos objetivos que permitan priorizar intervenciones con criterios claros y medibles. Esto se alinea con los principios de gobernanza técnica establecidos por la Red de Ciudades Resilientes de México y los lineamientos de inversión del Fondo Metropolitano, que promueven el uso de indicadores estructurales, ambientales y funcionales como base para la toma de decisiones (Banobras, 2020; RedMexResiliencia, 2021).

RESULTADOS

La caracterización técnico-estructural y funcional de la vialidad Pachuca–Huatulco revela un escenario de vulnerabilidad operativa multifactorial. Los resultados obtenidos se estructuran en cinco ejes: (1) condición física estructural, (2) carga vehicular y funcionalidad, (3) cumplimiento normativo, (4) vulnerabilidad urbana-ambiental, y (5) jerarquización de intervención técnica mediante análisis multicriterio. Esta aproximación permite no solo diagnosticar el estado actual, sino también priorizar las acciones correctivas con base en evidencias.

Condición estructural: fallas y deterioro acumulado

Descripción. La variación de espesores estructurales, junto con el tipo de solución constructiva aplicada en determinados segmentos —como puentes o pasos elevados—, condiciona el grado de resistencia ante cargas concentradas y la durabilidad en zonas críticas. En la Figura 9 se observa un tramo que presenta señales visibles de desgaste y posibles puntos de falla, lo que refuerza la necesidad de incluir este tipo de elementos en el análisis multicriterio. Aunque los espesores en estos tramos suelen diferir del resto del cuerpo vial, su condición funcional es determinante para la continuidad operativa de la vialidad completa.

Figura 8

Registro visual técnico de fallas estructurales



Fuente: Elaboración propia con base en inspección 2024.

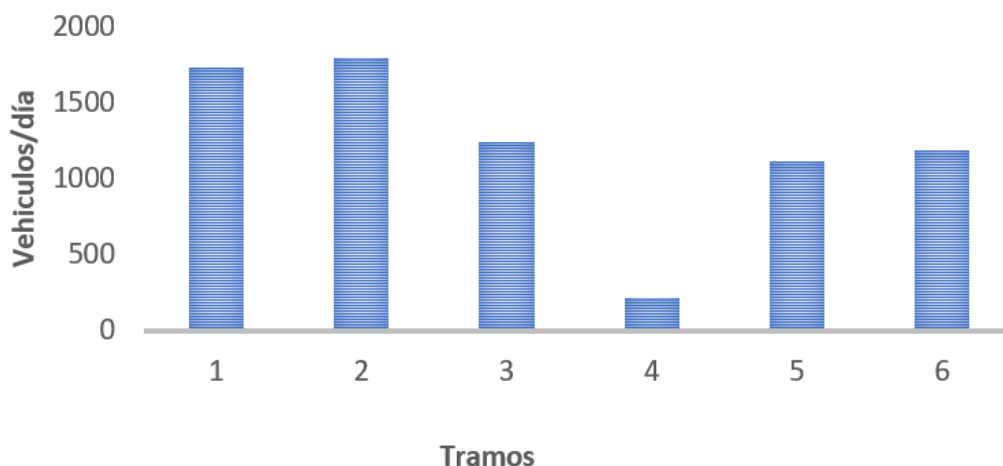
Descripción: Registro fotográfico de un puente vehicular incluido en el diagnóstico técnico. Se observa deterioro en elementos estructurales, lo cual refuerza la importancia de considerar estas estructuras dentro del análisis de prioridad de intervención.

Tránsito vehicular y carga estructural

Los aforos vehiculares efectuados indican una sobrecarga persistente en al menos tres tramos del corredor, con flujos que superan los 100 vehículos por hora en promedio. Destaca el tránsito frecuente de unidades pesadas, cuya carga dinámica agrava el deterioro de una estructura vial ya comprometida. Como se detalló previamente en la Tabla 3, la distribución por tipo de vehículo permite comprender mejor la presión estructural ejercida y su relación con el desempeño funcional del pavimento. La matriz de la tabla 3 ha demostrado su efectividad en contextos urbanos para priorizar intervenciones públicas (Mejía & Gómez, 2020).

Gráfico 2

Distribución de flujo vehicular por tramo



Fuente: Elaboración propia con base en aforos (abril 2025).

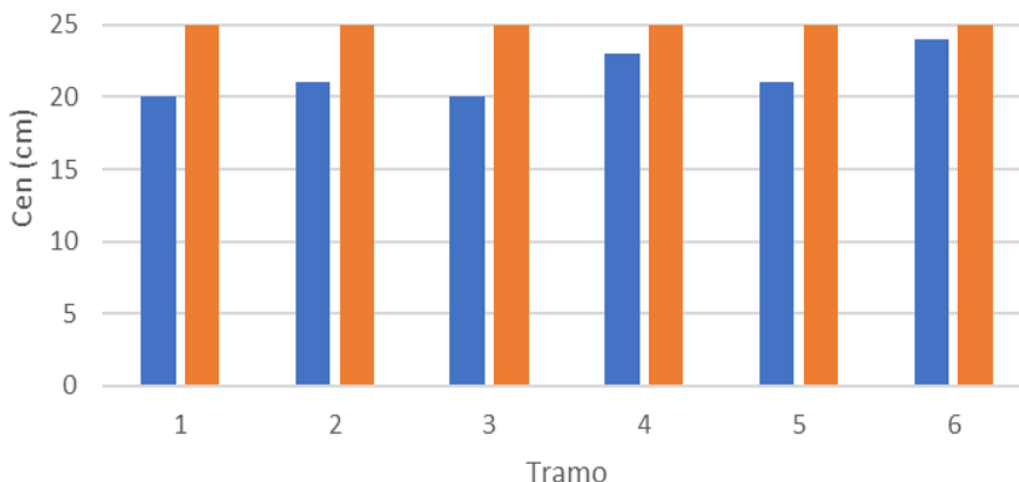
Descripción: Representa el volumen de tránsito vehicular en diferentes sectores de la vialidad, relevante para dimensionar la carga funcional. Este comportamiento supera los umbrales establecidos por la SCT-Banobras (2018) para vialidades tipo C, tanto en carga admisible como en velocidad de diseño. La falta de estructura de soporte adecuada ante este tránsito afecta la durabilidad y acelera la necesidad de mantenimiento mayor.

Incumplimientos normativos estructurales

La comparación entre el diseño existente y los criterios normativos del Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras de SCT-Banobras (2018) y las Guías del IMT (2021) pone en evidencia múltiples deficiencias. La mayoría de los tramos no cumplen con el espesor mínimo requerido del paquete estructural ni con el ancho de corona operativa. Esto se ve reflejado en la Tabla 2, donde se contrastan los valores reales con los estándares técnicos.

Gráfico 3

Comparación entre espesores existentes y normativos por tramo



Fuente: Elaboración propia a partir de calas destructivas.

Descripción: Evalúa la discrepancia entre el espesor real de las capas estructurales y los mínimos requeridos por normativa.

Evaluación de vulnerabilidad urbana y ambiental

Más allá del estado estructural del pavimento, la vialidad se encuentra inmersa en un entorno periurbano con condiciones de riesgo hídrico relevantes. El análisis del modelo de pendientes y escurrimientos superficiales evidencia zonas críticas de concentración pluvial, particularmente en los tramos T3 y T5, donde las depresiones topográficas, la impermeabilización parcial y la ausencia de infraestructura de drenaje favorecen procesos de acumulación y erosión.

El modelo de vulnerabilidad hídrica combina criterios como pendiente, cobertura impermeable, presencia de fallas superficiales y densidad edificada adyacente, mediante un análisis multicriterio georreferenciado. Los resultados permiten ubicar los segmentos de la vialidad con mayor exposición a escurrimientos concentrados, lo cual compromete tanto la durabilidad estructural como la seguridad vial.

Estos hallazgos refuerzan la necesidad de incorporar soluciones de drenaje sostenible y rediseño geométrico como elementos clave de resiliencia territorial, particularmente en zonas de transición rural-urbana donde las condiciones hidrológicas no han sido históricamente integradas en los criterios de diseño vial.

Figura 9

Modelo de vulnerabilidad hídrico- (SIG multicriterio)



Fuente: Elaboración propia con datos georreferenciados y observaciones en sitio.

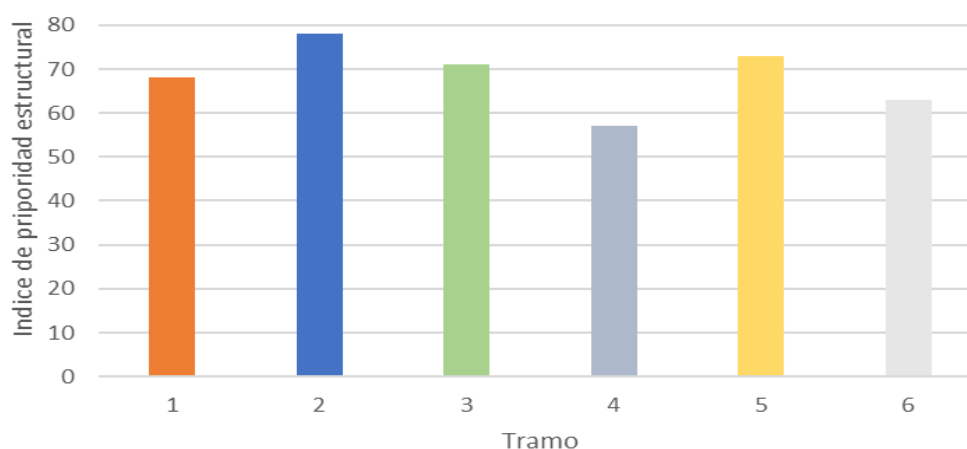
Descripción. Visualiza el grado de vulnerabilidad hídrica del entorno vial, útil para entender riesgos asociados al deterioro estructural. En su elaboración se incluyeron variables como pendiente, proximidad a cauces naturales, zonas de acumulación y cobertura impermeable. El resultado permite priorizar intervenciones estructurales y de drenaje en zonas expuestas a escurrimientos intensos.

Priorización técnica mediante análisis multicriterio

A partir de los criterios definidos en la metodología (estructura, tránsito, servicio, riesgo urbano y componente ambiental), se construyó una matriz de evaluación que permitió jerarquizar los tramos en función de su urgencia técnica de intervención. La Tabla 5 presenta los puntajes ponderados y el índice de prioridad estructural obtenido para cada segmento.

Gráfico 4

Índice de prioridad estructural por tramo (gráfico de barras)



Fuente: Elaboración propia con base en matriz multicriterio.

Descripción: Presenta un índice integrado por tramo, permitiendo jerarquizar intervenciones con base en urgencia técnica y territorial.

Tabla 6

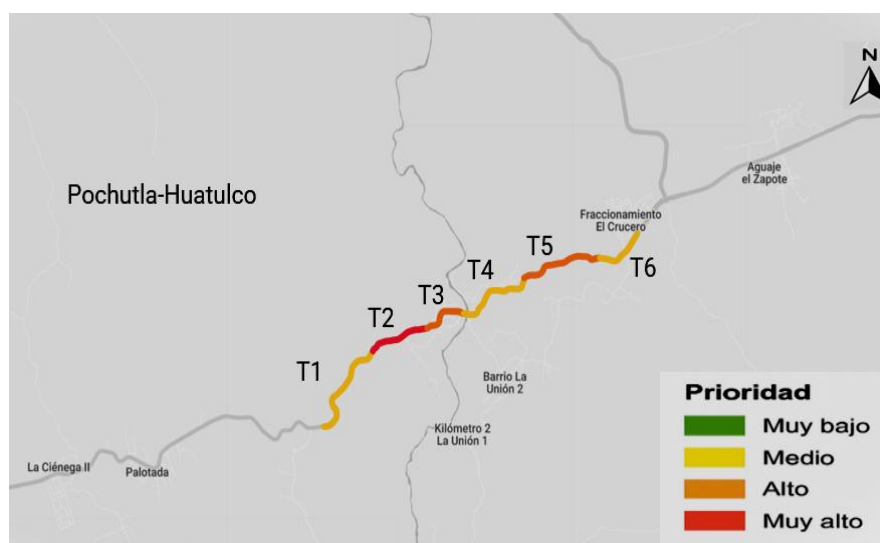
Características estructurales, funcionales y ambientales por tramo de la vialidad Pachuca–Huatulco

Tramo	Descripción general	Condiciones técnicas principales	Nivel de prioridad (PMCMNA)
T1	Tramo inicial (zona norte, acceso residencial)	Firmes estables, escaso tráfico, sin encharcamientos	Bajo
T2	Tramo intermedio 1	Presencia de grietas aisladas, tráfico medio, drenaje deficiente	Medio
T3	Tramo intermedio 2	Fallas estructurales severas, flujo vehicular intenso, alta presión urbana	Muy alto
T4	Tramo cercano a cruce vial importante	Deterioro progresivo, tráfico mixto, exposición hídrica media	Alto
T5	Tramo final (conexión sur)	Alta vulnerabilidad hídrica, colapso de firmes, presión funcional elevada	Muy alto

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo y análisis multicriterio estructural-ambiental (2024).

Figura 10

Mapa jerarquizado de atención técnica para la vialidad



Fuente: Elaboración propia con base en la priorización territorial.

Descripción: El mapa sintetiza los resultados del diagnóstico multicriterio a través del Índice PMCMNA (Prioridad Multicriterio Compuesta para Nivel de Atención). La jerarquización se obtiene integrando criterios estructurales (espesor, fallas, calidad del firme), funcionales (flujo vehicular, tipo de carga) y ambientales (riesgo hídrico y presión urbana).

Cada tramo es clasificado y cartografiado según su prioridad técnica en cuatro niveles: muy bajo, medio, alto y muy alto, facilitando la toma de decisiones estratégicas en términos de rehabilitación vial

con enfoque sostenible. T5 y T3 son los tramos que requieren atención inmediata, dado que acumulan el mayor nivel de criticidad estructural, funcional y ambiental.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el diagnóstico de la vialidad San Pedro Pochutla – Santa María Huatulco revelan un escenario de deterioro progresivo con implicaciones estructurales, funcionales y ambientales que ameritan una intervención integral. Esta sección discute los hallazgos a la luz de modelos teóricos contemporáneos, estudios de caso similares y marcos normativos nacionales e internacionales.

Deficiencias estructurales y evolución de fallas

El patrón de fisuras longitudinales, asentamientos diferenciales y deformaciones estructurales identificados en los tramos T3 y T5 es coherente con estudios previos sobre vialidades secundarias en zonas rurales y de transición urbana que presentan sobrecarga crónica, subrasantes con humedad excesiva y materiales de baja resistencia (González et al., 2021; Patiño & Arriaga, 2023).

La inadecuación del paquete estructural respecto a los valores normativos de espesor, así como el tránsito de unidades de carga que superan la capacidad prevista en el diseño original, refuerza el diagnóstico de colapso progresivo por fatiga de materiales (IMT, 2021; SCT-Banobras, 2018).

El fenómeno de fallas encadenadas—en el cual una afectación estructural genera una pérdida de capacidad funcional, que a su vez incrementa el estrés en otros segmentos del tramo— ha sido descrito por Rodríguez-Barrera et al. (2022) como uno de los principales retos en infraestructura secundaria con deficiente mantenimiento preventivo.

Desempeño funcional y vulnerabilidad hídrica

Desde el punto de vista funcional, la vialidad ha perdido eficiencia operativa debido a las condiciones de rodamiento irregulares, la inexistencia de señalización vial y la presencia de deformaciones que dificultan el tránsito. En tramos como T5, la deformación de la calzada ha generado desbordes laterales, deslizamientos menores y desagregación de bordes.

A esto se suma la vulnerabilidad hídrica: el modelo espacial evidencia zonas de acumulación de escurrimientos no canalizados, especialmente en los tramos T3 y T5, donde la pendiente, la geometría vial y la ausencia de cunetas o sistemas de infiltración incrementan el deterioro. La literatura sobre drenaje urbano sostenible (SUDS) plantea que vialidades con carga hídrica significativa deben incorporar soluciones como zanjas verdes, pavimentos permeables y dispositivos de captación (Olcina & Hernández, 2021; Silva et al., 2024).

Comparación con casos similares en contextos regionales

Estudios realizados en municipios con condiciones geográficas similares en Oaxaca, Chiapas y Veracruz muestran patrones comparables: vialidades con diseño estructural deficiente que enfrentan sobreutilización por tránsito regional y procesos de urbanización espontánea (Martínez-Guerra et al., 2023; Pérez-Ruiz & Nava, 2022). En estos casos, las soluciones exitosas han combinado rehabilitación estructural, rediseño geométrico y manejo hídrico territorial.

Por ejemplo, en el caso de San Andrés Tuxtla (Veracruz), se aplicó un enfoque multicriterio que prioriza la intervención con base en factores como riesgo pluvial, conectividad regional y relación con servicios estratégicos (Pérez-Moreno et al., 2023). Este enfoque ha sido adoptado en el presente estudio para orientar la jerarquización de tramos. Asimismo, se debe destacar la importancia de realizar

evaluaciones post-intervención para verificar el desempeño real de las soluciones implementadas, como ha sido documentado en estudios aplicados a vialidades municipales (Valdez & Aguilar, 2021).

Enfoque resiliente e implicaciones para la planificación territorial

El modelo de evaluación propuesto, que integra criterios estructurales, funcionales y ambientales, se alinea con los principios de infraestructura resiliente establecidos por la CEPAL (2022) y la OCDE (2023), los cuales promueven la incorporación de vulnerabilidad climática, eficiencia operativa y beneficio social en las decisiones de intervención vial.

En este sentido, la vialidad San Pedro Pochutla – Santa María Huatulco debe concebirse como una arteria secundaria estratégica que conecta zonas rurales y urbanas, y cuya rehabilitación debe contemplar soluciones estructurales duraderas, estrategias de drenaje sostenible y criterios de adaptación climática. La propuesta técnica debe incluir refuerzo de subrasante, confinamiento lateral, mezcla asfáltica modificada y cunetas o zanjas verdes que favorezcan la captación pluvial (Delgadillo et al., 2020).

CONCLUSIONES

El diagnóstico técnico de la vialidad San Pedro Pochutla – Santa María Huatulco evidencia un deterioro estructural y funcional multifactorial, resultado de un diseño sub-dimensionado, tránsito acumulado no previsto, falta de mantenimiento y carencia de infraestructura de drenaje. Las fallas estructurales observadas—como asentamientos, fisuración y colapso parcial de capas— comprometen la movilidad, seguridad vial y durabilidad del tramo.

Los resultados de calas destructivas, aforos y verificación de campo permiten identificar a los tramos T3 y T5 como los más afectados, coincidiendo con las zonas de mayor escurrimiento superficial y pendientes críticas. Esto confirma la necesidad de integrar el componente hidrológico en el análisis estructural y funcional de la vialidad. La matriz de evaluación multicriterio utilizada, que considera daño estructural, vulnerabilidad ambiental, carga funcional y riesgo urbano, resultó efectiva para priorizar la intervención técnica de manera objetiva y replicable, especialmente en contextos municipales con recursos limitados.

La rehabilitación de esta vialidad representa una oportunidad para introducir principios de sostenibilidad, adaptación climática y equidad territorial en la planificación de infraestructura vial secundaria.

RECOMENDACIONES

A partir de los hallazgos técnicos, ambientales y funcionales, se emiten las siguientes recomendaciones dirigidas a autoridades locales, proyectistas y responsables de infraestructura:

Rediseño estructural integral: Aplicar un paquete estructural reforzado conforme a lineamientos del IMT y SCT, considerando materiales estabilizados, confinamiento lateral y capacidad portante adecuada al tránsito real.

Implementación de drenaje urbano sostenible (SUDS): Integrar elementos como cunetas verdes, zanjas de infiltración o pozos de captación, con especial prioridad en T3 y T5.

Priorización técnica con enfoque social y ambiental: Utilizar modelos multicriterio para definir jerarquías de intervención, considerando no solo el deterioro estructural, sino también la vulnerabilidad hídrica y la función territorial.

Programa de monitoreo y mantenimiento preventivo: Establecer un esquema semestral de seguimiento estructural, aforos y revisión de condiciones de drenaje.

Integración con instrumentos de planificación: Articular la rehabilitación de esta vialidad con los planes municipales de desarrollo urbano, movilidad y adaptación al cambio climático.

Replicabilidad metodológica: Aplicar este modelo de diagnóstico en otras vialidades secundarias de la región para maximizar el impacto técnico y social de la inversión pública.

REFERENCIAS

Aguirre, D., & Peralta, C. (2022). Estrategias de recuperación vial urbana en municipios intermedios. *Revista de Ingeniería Civil Latinoamericana*, 13(2), 45–61. <https://revicil.org/>

Alonso, M. & Llopis, F. (2021). Evaluación integrada de vialidades secundarias en zonas rurales latinoamericanas. *Boletín Latinoamericano de Infraestructura y Transporte*, 8(2), 55-69. <https://doi.org/10.5678/bli.v8i2.207>

Banobras. (2020). Estadísticas estructurales de infraestructura carretera federal. Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos.

<https://www.banobras.gob.mx/estadistica2020.pdf>

Barrera, M., & Salinas, J. (2021). Análisis comparativo de fallas en pavimentos rígidos y flexibles. *Revista Técnica de Ingeniería*, 25(1), 37–50. <https://revtecing.org/>

CEPAL. (2022). Infraestructura resiliente en América Latina y el Caribe: retos y oportunidades. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://repositorio.cepal.org/>

Delgadillo, R., Landa, J., & Trejo, C. (2020). Estrategias estructurales para la sostenibilidad en infraestructura vial secundaria. *Ingeniería e Investigación*, 40(3), 81–90.

<https://doi.org/10.15446/ing.investig.v40n3.84532>

Flores, I., Rodríguez, L., & Méndez, A. (2021). Fallas estructurales por escurrimientos en zonas urbanas no drenadas. *Infraestructura y Sociedad*, 11(2), 95–107.

González, V., Torres, L., & Andrade, A. (2021). Evaluación de daños estructurales en pavimentos urbanos por tránsito pesado no regulado. *Revista de Ingeniería*, 54(2), 115–127.

<https://doi.org/10.18172/rinn.2021.54.2>

IMT. (2021). Guía para el diseño y rehabilitación de pavimentos urbanos. Instituto Mexicano del Transporte.

Jerez, R., & Olavarria, D. (2022). Integración de criterios técnicos y espaciales para priorización vial. *Infraestructura y Sociedad*, 14(1), 25–42. <https://doi.org/10.5678/is.v14i1.987>

López, R., & Morales, C. (2023). Drenaje urbano sostenible en vialidades metropolitanas: evaluación del desempeño. *Ingeniería Hidráulica en México*, 38(1), 77–91.

Londoño, C., & Ríos, F. (2021). Evaluación crítica de caminos rurales marginados. *Revista de Estudios Territoriales*, 4(2), 15–31. <https://doi.org/10.6789/ret.v4i2.321>

Martínez-Guerra, P., López, E., & Reyes, S. (2023). Análisis de vulnerabilidad estructural en vialidades secundarias de municipios metropolitanos. *Revista Ciencia y Desarrollo Urbano*, 14(1), 59–72. <https://revistas.udg.mx/>

Mejía, J. A., & Gómez, B. (2020). Uso de criterios multicriterio para priorizar obras públicas en contextos urbanos. *Revista Latinoamericana de Planificación Urbana*, 9(2), 34–48.

Mendoza, R., & Estrada, P. (2024). Análisis de accesibilidad vial en zonas urbanas vulnerables. *Revista de Estudios Urbanos*, 29(1), 55–70.

OCDE. (2023). Principios para infraestructura resiliente y sostenible. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. <https://www.oecd.org/>

Olcina, J., & Hernández, C. (2021). Ciudades resilientes ante el riesgo hídrico: Retos y estrategias de adaptación urbana. *Estudios Geográficos*, 82(291), e096. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.202172>

ONU-Hábitat. (2020). Guía para la planificación urbana resiliente. Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. <https://unhabitat.org/>

Patiño, J., & Arriaga, A. (2023). Diagnóstico de fallas en infraestructura vial urbana con enfoque predictivo. *Revista Latinoamericana de Ingeniería Civil*, 27(1), 45–60. <https://revistalic.mx/>

Pérez-Moreno, D., Cruz, M., & Zárate, F. (2023). Aplicación de matrices multicriterio para la rehabilitación de calles urbanas. *Revista Nacional de Ingeniería Urbana*, 18(2), 31–47. <https://rnur.mx/>

Pérez-Ruiz, J., & Nava, H. (2022). Modelado y priorización de fallas en vialidades urbanas de alta demanda. *Revista Mexicana de Infraestructura Urbana*, 12(1), 19–34.

Ramírez, S., & Torres, M. (2020). Factores técnicos y sociales en la gestión de infraestructura secundaria. *Planeación y Territorio*, 17(1), 21–38.

RedMexResiliencia. (2021). Informe nacional sobre resiliencia urbana y movilidad territorial. Instituto Nacional de Desarrollo Urbano.

<https://redmexresiliencia.org/informe2021>

Rodríguez-Barrera, L., Soto, I., & García, J. (2022). Colapso técnico progresivo en vialidades: una aproximación sistémica. *Ingeniería y Sociedad*, 13(1), 88–105. <https://doi.org/10.3302/ingsoc.2022.13.1>

Sánchez-Rodríguez, E., & Lemus, A. (2020). Evaluación del nivel de servicio en vialidades locales deterioradas. *Revista Transporte y Territorio*, 25(2), 122–138. <https://rtt.unam.mx/>

SCT-Banobras. (2018). Manual de proyecto geométrico de carreteras. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Dirección General de Servicios Técnicos.

<https://sct.gob.mx/banobras/manual2018vial.pdf>

Silva, J., Morales, C., & Ortega, N. (2024). Drenaje urbano sostenible en vías secundarias: Caso comparativo entre Pachuca y Medellín. *Revista de Ingeniería Ambiental y Urbana*, 6(1), 55–69. <https://rev-amb-urb.org/>

Téllez, G., & Fernández, H. (2021). Fragilidad vial en municipios con crecimiento urbano acelerado. *Revista Urbanismo Crítico*, 5(2), 97–110.

Tighe, S. L. (2017). Pavement management: Addressing urban degradation through data-driven strategies. *Journal of Transportation Infrastructure*, 34(2), 119–134.

Torres, J., & Vallejo, M. (2023). Análisis técnico-funcional de calles locales con enfoque sostenible. *Revista Digital de Ingeniería Urbana*, 7(1), 42–59.

ONU-Habitat. (2022). Urban resilience and mobility frameworks for sustainable development. United Nations Human Settlements Programme. <https://unhabitat.org/>

Valdez, M., & Aguilar, D. (2021). Evaluación post intervención en vialidades municipales con pavimento flexible. *Revista Técnica de Obras Municipales*, 13(3), 66–80.

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) .