



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES
DE CHIAPAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA.

PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AMBIENTAL.

INFORME TÉCNICO

**BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES EN UN
TRAMO CARRETERO EN LA MESETA
COMITECA DEL ESTADO DE CHIAPAS.**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTA:

JORGE ALEJANDRO GUTIÉRREZ PÉREZ.

DIRECTOR:

MTRO. ULISES GONZÁLEZ VÁZQUEZ.

CODIRECTORES:

DR. JOSÉ MANUEL GÓMEZ RAMOS.

DR. RUBÉN ALEJANDRO VÁZQUEZ SÁNCHEZ

ASESOR:

ING. JHOSTIN ENRIQUE HERNÁNDEZ VÁZQUEZ.

Tuxtla Gutiérrez.

Octubre, 2025.



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA GENERAL

DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
06 de Octubre de 2025

C. Jorge Alejandro Gutiérrez Pérez

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniería Ambiental

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:
"Diagnóstico Ambiental sobre un Tramo Carretero en la Meseta

Comiteca del Estado de Chiapas"

En la modalidad de: Informe Técnico

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Dr. José Manuel Gómez Ramos

Dr. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez

Mtro. Ulises González Vázquez

Firmas:

[Firma]
[Firma]
[Firma]

Ccp. Expediente



Pag. 1 de 1
Revision 1

INDICE GENERAL

Tabla de contenido

I.- INTRODUCCIÓN.	7
II.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	9
III.- JUSTIFICACIÓN.....	10
IV.- OBJETIVOS.	11
V.- MARCO TEÓRICO.....	12
5.1. Mantenimiento y reparación.....	12
5.2. Conservación vial: factores que inciden en el deterioro.....	13
5.3. Infraestructura vial y territorio.	14
5.5. Manejo de residuos en infraestructura vial.	16
5.6. Formación técnica y sensibilización ambiental en conservación vial.....	19
5.7. Clasificación oficial de carreteras en México.	21
VI.- METODOLOGÍA.....	23
6.1. Enfoque de intervención.....	23
6.2. Localización e Identificación de la Zona.	23
6.3. Reconocimiento del tramo y diagnostico preliminar.	24
6.4. Definición de actividades de mantenimiento.....	25
6.5. Implementación de medidas de control ambiental.....	28
6.6. Verificación normativa aplicada.	28
6.7. Análisis para la determinación de la clasificación oficial del tramo carretero.	28
VII.- RESULTADOS.	30
7.1. Clasificación oficial del tramo carretero.	30
7.2. Identificación de Áreas Naturales Protegidas o Hábitats Sensibles.....	31
7.3. Capacitación ambiental al personal operativo de obra.	32
7.4. Limpieza de cunetas y contra cunetas.	34
7.5. Limpieza de alcantarillas.....	37
7.6. Limpieza de canales.	38
7.7. Bacheo superficial.	40
7.8. Renivelaciones.....	42
7.9. Derrumbe.	43
7.10. Plan de Manejo de Residuos.....	45

7.11. Residuos Peligrosos (RP).....	47
7.12. Residuos de Manejo Especial (RME).	48
7.13. Registro de derrames y fugas.....	50
7.14. Identificación de área confinada.	53
7.15. Sitios de acopio temporal a pie de tramo (SATPT).....	54
7.16. Manejo Adecuado de Corrientes de Agua.	55
7.17. Protección de la vegetación circundante.	57
7.18. Conservación de la vida silvestre.	59
7.19. Evaluación de los niveles de ruido.....	61
7.20. Verificación de normas aplicadas.....	62
VIII.- CONCLUSIONES.....	65
IX.- REFERENCIAS.	66
X.- ANEXOS.	68

INDICE DE IMAGEN

Imagen 1 . Localización del municipio de Comitán de Domínguez, Chiapas.....	23
Imagen 2 . Identificaciones de afectaciones del lugar de estudio.	24
Imagen 3 . Capacitación al personal encargado de las labores en campo.	25
Imagen 4 . Actividades de mantenimiento a ejecutar.....	26
Imagen 5 . mantenimiento de sistemas de drenaje.	27
Imagen 6 . Análisis previo del entorno.	31
Imagen 7 .Sesiones de capacitación al personal operativo y técnico.	32
Imagen 8 . Capacitación al perfil operativo de la cuadrilla (maquinaria, limpieza).	33
Imagen 9 . Prácticas para el buen manejo de residuos.....	34
Imagen 10 . Actividades realizadas con herramientas menores.	35
Imagen 11 . Mantenimiento preventivo de cunetas.	36
Imagen 12 . Limpieza y desazolve de alcantarillas.	37
Imagen 13 . Limpieza manual de canales.....	38
Imagen 14 . Mantenimiento preventivo del lugar.	39
Imagen 15 . mantenimiento correctivo del lugar.	39
Imagen 16 . Bacheo superficial.....	40
Imagen 17 . Bacheo superficial con maquinaria correspondiente.....	41
Imagen 18 . Bacheo superficial con personal capacitado.	41
Imagen 19 . Renivelación del camino en puntos específicos.	42
Imagen 20 . Atención y retiro de derrumbes.....	43
Imagen 21 . Remoción de material derivada de escurrimiento del terreno.	44
Imagen 22 . Recolección de residuos sólidos urbanos.	45
Imagen 23 . Recolección de residuos por el personal capacitado.	46
Imagen 24 . Manejo adecuado de los residuos peligroso que se generen.....	47
Imagen 25 . Maquinaria utilizada para el bacheo.....	51
Imagen 26 . chequeo de los equipos de maquinaria.....	52
Imagen 27 . Capacitación al personal encargado de los equipos.	52
Imagen 28 . Sitio de acopio temporal.	55

Imagen 29 . revisión de cobertura vegetal, en los tramos contemplados.	58
Imagen 30 . reconocimiento de fauna silvestre.....	59
Imagen 31 . capacitación al personal sobre fauna silvestre.	60
Imagen 32 . evaluación de niveles de ruido en el tramo carretero.....	62

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1 . Tipos de caminos y sus principales características.	29
Tabla 2 . Manejo de residuos ante posibles incidentes.	49
Tabla 3 .Disposiciones normativas consideradas, aplicación técnica dentro del proyecto.	64

I.- INTRODUCCIÓN.

México ha desarrollado una red de comunicación carretera con mayor importancia, a partir de mediados de la década de los años 20's. Esta red ha desempeñado desde aquel entonces un papel muy importante en la evolución nacional, si bien este no fue el mismo en todas las épocas. Durante muchos años, el papel asignado a la red carretera fue, certeramente, netamente desarrollista; buscando comunicar sobre todo la capital de la república con las capitales de los estados, se pretendió exitosamente reforzar la integración nacional (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2023).

La red de caminos de un país representa un importante medio de desarrollo que permite la comunicación entre las poblaciones, el acceso a servicios, recursos y la integración territorial del país. Los caminos son inversiones importantes que demandan atención permanente a través de trabajos de mantenimiento que permitan contar, el mayor tiempo posible, con un medio de acceso en buenas condiciones que facilite la circulación de los vehículos (Zhang, 2007).

En este contexto, el mantenimiento y la rehabilitación de tramos viales no pueden limitarse a criterios de ingeniería. Es indispensable incorporar una perspectiva ambiental que permita identificar riesgos, impactos y oportunidades de mejora en función del entorno natural y social. El diagnóstico ambiental se convierte así en una herramienta estratégica para evaluar las condiciones del terreno, la interacción con cuerpos de agua, la cobertura vegetal, la fauna silvestre y los procesos de erosión, entre otros factores relevantes.

La meseta comiteca, ubicada en el estado de Chiapas, representa una región de alta complejidad territorial. Su altitud, pendientes pronunciadas, régimen pluvial intenso y diversidad biológica configuran un escenario que exige intervenciones viales cuidadosamente planificadas. Además,

la presencia de comunidades rurales con fuerte vínculo con el territorio plantea la necesidad de considerar aspectos socioculturales en cualquier acción de mantenimiento o mejora.

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un diagnóstico ambiental integral sobre un tramo carretero específico dentro de esta región. A través de observaciones de campo, análisis multivariable y revisión normativa, se busca identificar las condiciones actuales del camino, los factores que inciden en su deterioro y las implicaciones ecológicas de su rehabilitación. Esta evaluación permitirá proponer medidas técnicas y preventivas que garanticen la funcionalidad vial sin comprometer la integridad ambiental del territorio.

II.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Las carreteras en México presentan deficiencias tanto en sus condiciones estructurales como superficiales, situación que se ha visto agravada por la asignación insuficiente de recursos para su conservación. Esta falta de atención genera impactos directos en los costos de operación, en los tiempos de traslado de personas y mercancías, y en la seguridad y comodidad de quienes transitan por ellas. Cuando una vía se encuentra en malas condiciones, no solo se compromete la eficiencia del transporte, sino también la conectividad territorial y el desarrollo local (Montoya, 2020).

El deterioro de los caminos es un proceso permanente, influenciado por diversos agentes naturales y antrópicos. Factores como el agua, el tráfico constante, la gravedad en zonas de taludes y la vegetación invasiva actúan de forma continua sobre la superficie vial. Aunque sus efectos pueden variar en intensidad, su acción acumulativa termina por afectar la estructura del camino, al punto de volverlo intransitable si no se interviene oportunamente. Este desgaste transita por distintas etapas: comienza con afectaciones leves, avanza hacia condiciones críticas y, finalmente, puede derivar en la descomposición total de la vía (Montoya, 2020).

Por lo tanto, el mantenimiento no es una acción que puede efectuarse en cualquier momento, sino más bien es una acción sostenida en el tiempo, orientada a prevenir los efectos de los agentes que actúan sobre el camino, extendiendo el mayor tiempo posible su vida útil y reduciendo las inversiones requeridas a largo plazo (Flores, 2012).

Particularmente en regiones con condiciones geográficas complejas, como la meseta comiteca en Chiapas, estos procesos se intensifican. Las características del terreno, la alta pluviosidad y la fragilidad del suelo demandan soluciones técnicas adaptadas al entorno.

III.- JUSTIFICACIÓN.

La conservación de caminos en regiones con características geográficas complejas representa un reto que requiere planificación, coordinación interinstitucional y sensibilidad territorial, en zonas donde la infraestructura vial coincide con espacios de valor ambiental, las intervenciones deben considerar no solo la funcionalidad operativa, sino también los efectos que pueden generar sobre el entorno natural y social. Este tipo de proyectos demanda enfoques integrales que articulen criterios de mantenimiento con prácticas responsables y adaptadas al contexto (Pellicer *et al.*, 2021).

Las acciones que se desarrollan en este tipo de iniciativas suelen responder a la necesidad de mejorar las condiciones físicas de la vía, garantizar la seguridad de los usuarios y prevenir afectaciones mayores derivadas del deterioro progresivo. Sin embargo, más allá de la rehabilitación superficial, es fundamental incorporar medidas que permitan mantener el equilibrio ecológico del territorio, reducir riesgos asociados a la acumulación de residuos, y asegurar que el personal involucrado cuente con conocimientos adecuados para operar en zonas sensibles (Flores, 2012).

La relevancia de este tipo de proyectos radica en su capacidad para integrar aspectos técnicos, ambientales y formativos en una sola estrategia de intervención. Al considerar las condiciones del terreno, el comportamiento del agua, la vegetación circundante y la dinámica del uso del suelo, se logra una visión más completa que permite tomar decisiones informadas y sostenibles. Además, al incluir procesos de capacitación y manejo responsable de materiales, se fortalece la capacidad operativa de los equipos y se promueve una cultura de conservación preventiva.

IV.- OBJETIVOS.

General.

Analizar las buenas prácticas ambientales en un tramo carretero en la meseta Comiteca del estado de Chiapas.

Específicos.

1. Analizar los riesgos operativos y ambientales asociados a los trabajos en carretera.
2. Elaborar un diagrama de seguridad para trabajos de mantenimiento vial, basado en los riesgos identificados en campo.
3. Garantizar que todo el personal operativo en las actividades de obra tenga el conocimiento necesario para prevenir, mitigar y manejar adecuadamente los posibles impactos ambientales derivados de su intervención.
4. Delimitar el marco normativo vigente aplicable a la ejecución de actividades de conservación vial.

V.- MARCO TEÓRICO.

5.1. Mantenimiento y reparación.

Los trabajos de mantenimiento de carreteras se dividen estrictamente en dos elementos principales: trabajos de mantenimiento y trabajos de reparación, respectivamente. Sin embargo, esta división no es del todo clara porque ambas palabras tienen cierta superposición como terminología (Campozano, 2018). Por lo tanto, en este estándar, se definirán de la siguiente manera:

- Mantenimiento es el trabajo de preservación de las carreteras implementado para mantener las funciones de la carretera y normalmente indica trabajos de cuidado repetidos diariamente o pequeñas reparaciones planificadas. Los trabajos de cuidado repetidos diariamente planificados aquí incluyen limpieza de la superficie de la carretera, riego, desmalezado, llenado de materiales de juntas, y pequeñas reparaciones incluyen parcheo de pavimentación, tratamiento de superficie, plantación suplementaria, etc.
- La reparación implica trabajos de reparación a gran escala que no pueden ser tratados por los trabajos de mantenimiento diario y el reemplazo nuevo de equipos dañados de manera extensa. La reparación significa una corrección a gran escala que incluye trabajos de reparación para recuperar la función de las instalaciones a su función inicial, o reparar para mejorar algunas funciones de las instalaciones. Además, incluye el reemplazo de equipos viejos o desgastados.

El Mantenimiento de Carreteras incluye actividades adecuadas, rutinarias, periódicas y urgentes para mantener el pavimento, los arcenes, las pendientes, las instalaciones de drenaje y todas las demás estructuras y propiedades dentro de los márgenes de la carretera lo más cerca posible de su condición original o renovada. El mantenimiento incluye reparaciones menores y mejoras

para eliminar la causa de los defectos y evitar la repetición excesiva de los esfuerzos de mantenimiento (Campozano, 2018).

El Mantenimiento Rutinario de Carreteras son operaciones que deben realizarse una o más veces al año en una sección de carretera. Estas operaciones son típicamente de pequeña escala o simples, pero están ampliamente dispersas y requieren mano de obra calificada o no calificada. La necesidad de algunas de estas se puede estimar y planificar de manera regular, por ejemplo, el control de la vegetación (Ramírez, 2023).

5.2. Conservación vial: factores que inciden en el deterioro.

La conservación de infraestructura vial requiere comprender los múltiples factores que inciden en su desgaste, tanto desde el entorno físico como desde las decisiones técnicas adoptadas en su construcción y mantenimiento. Aunque el asfaltado está diseñado para resistir tráfico intenso y variaciones climáticas, diversos elementos ambientales y estructurales pueden acelerar su deterioro si no se gestionan adecuadamente (González, 2025).

Las condiciones meteorológicas juegan un papel determinante, la lluvia, la humedad persistente, las altas temperaturas, el hielo y otros fenómenos climáticos extremos afectan directamente la resistencia del pavimento. La penetración de agua en las capas inferiores debilita la estructura, favoreciendo la aparición de grietas, baches y procesos de erosión en taludes y bases, para contrarrestar estos efectos, el uso de técnicas como el riego con gravilla mejora el drenaje superficial y reduce la acumulación de agua, protegiendo la integridad del asfalto.

Las altas temperaturas también representan un riesgo, en climas cálidos, el asfalto puede ablandarse y deformarse si no se emplean mezclas adecuadas, además del clima, los eventos naturales como deslizamientos de tierra, inundaciones o movimientos sísmicos pueden generar

daños severos e inmediatos, la inestabilidad del terreno y la erosión hídrica comprometen tanto la superficie como la base estructural de la vía (Mendoza, 2018).

Las técnicas y métodos utilizados en la construcción también juegan un papel importante en la longevidad de las carreteras, una compactación insuficiente del pavimento y las capas subyacentes puede llevar a hundimientos y deformaciones, un sistema de drenaje ineficiente puede permitir que el agua se acumule y penetre en las capas del pavimento, causando daños a largo plazo.

5.3. Infraestructura vial y territorio.

La infraestructura vial constituye un componente esencial para el desarrollo económico, social y territorial de cualquier país. Las carreteras, en particular, representan la columna vertebral del transporte terrestre, al facilitar la movilidad de personas, bienes y servicios, y al conectar regiones productivas con centros de consumo, distribución y servicios (Levinson, 2007). En un país extenso y diverso como México, su construcción, mantenimiento y gestión eficiente son fundamentales para garantizar la conectividad, fomentar el comercio y mejorar la calidad de vida de la población.

La gestión eficaz de las vías de comunicación no se limita a la inversión en nuevas obras, sino que incluye la conservación y optimización de las existentes. Esta gestión debe abarcar desde la planificación y el diseño, hasta la operación y el mantenimiento, con el fin de prolongar la vida útil de las infraestructuras, garantizar la seguridad vial y optimizar el uso de recursos públicos. En contextos de crecimiento económico y expansión poblacional, como el que enfrenta México, las carreteras soportan una demanda creciente que exige soluciones técnicas sostenibles y adaptadas al territorio (Levinson, 2007).

Diversos estudios han demostrado que la inversión en infraestructura de transporte es un motor clave para el desarrollo nacional. Las obras viales bien planificadas permiten reducir costos operativos, mejorar los tiempos de traslado, disminuir la contaminación ambiental y dinamizar las economías locales. Además, fortalecen la competitividad de la industria nacional al facilitar procesos de producción, distribución y comercialización, y al integrar sectores estratégicos como energía, turismo y telecomunicaciones (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2023).

Los beneficios socioeconómicos derivados de los proyectos carreteros incluyen mayor acceso a mercados, servicios médicos, centros de empleo y oportunidades de contratación local. Según datos de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, el sector genera aproximadamente 5.6 millones de empleos, lo que representa el 13.2% del total nacional. Su efecto multiplicador alcanza 63 ramas económicas, al destinarse una parte significativa de la inversión a la adquisición de materiales y servicios.

En este contexto, las carreteras no solo cumplen una función técnica, sino que se consolidan como obras estratégicas para el desarrollo territorial. Su adecuada gestión permite articular regiones, fortalecer cadenas productivas y promover una integración más equitativa entre zonas urbanas y periféricas.

5.4. Gestión ambiental en obras viales.

La conservación de infraestructura vial implica actividades que, por su naturaleza, modifican el territorio y el paisaje. Aunque muchas de estas intervenciones se perciben como parte de “condiciones normales”, pueden generar impactos ambientales significativos si no se gestionan adecuadamente. La ubicación geográfica, el tipo y frecuencia de las acciones, el área de afectación, el uso previo del suelo y la cobertura vegetal son factores determinantes en la magnitud del impacto generado (Herrerros, 2024).

México, por su riqueza en biodiversidad, variedad climática, complejidad topográfica y presencia de áreas naturales protegidas, requiere que las obras viales se ejecuten bajo criterios ambientales rigurosos. Elementos como la geología, los usos tradicionales del suelo, el sistema paisajístico y el patrimonio cultural demandan una planificación sensible, que reconozca el valor ecológico y social del territorio intervenido.

En este contexto, los Planes de Vigilancia Ambiental se consolidan como herramientas clave para detectar desviaciones respecto a las previsiones de impacto durante la fase de conservación. Su aplicación permite implementar medidas preventivas antes de que se generen afectaciones, o correctivas en caso de que ya se hayan producido. Esta anticipación es fundamental para preservar el equilibrio ecológico y garantizar la compatibilidad de las obras con el entorno (Herreros, 2024).

Sin embargo, la gestión ambiental no depende únicamente de instrumentos técnicos o innovaciones en infraestructura. Su eficacia está directamente relacionada con la actitud del personal involucrado, la mejora de los hábitos de trabajo y la incorporación de buenas prácticas operativas. La sensibilización y formación de los equipos es esencial para que las acciones se realicen con responsabilidad, especialmente en zonas de alta fragilidad ambiental.

5.5. Manejo de residuos en infraestructura vial.

La ejecución de actividades de mantenimiento en infraestructura vial genera inevitablemente residuos que, si no se gestionan de manera adecuada, pueden provocar afectaciones al entorno, incumplimientos normativos y riesgos para la salud pública. En este contexto, la gestión responsable de residuos se convierte en un componente técnico esencial que debe ser considerado desde la planeación operativa, especialmente en zonas con sensibilidad ambiental o alta presión territorial.

En México, la gestión de residuos está regulada por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), la cual establece los principios, clasificaciones y responsabilidades aplicables a los distintos actores involucrados. Esta ley distingue tres grandes categorías: residuos peligrosos, residuos de manejo especial (RME) y residuos sólidos urbanos, cada una con implicaciones técnicas y legales específicas.

Los residuos peligrosos son aquellos que, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, representan un riesgo directo para el ambiente y la salud humana. En proyectos viales, estos pueden incluir aceites usados, solventes, trapos contaminados, envases con residuos químicos, filtros de maquinaria, entre otros. Su manejo exige una trazabilidad completa: desde el registro como generador ante la autoridad ambiental, hasta el almacenamiento temporal en condiciones controladas, el transporte mediante empresas autorizadas y la disposición final en sitios certificados (Buying,2025).

Por su parte, los residuos de manejo especial son aquellos que, sin ser peligrosos ni sólidos urbanos, requieren un tratamiento diferenciado debido a su volumen, composición o potencial de impacto. En el ámbito de conservación vial, esto puede incluir restos de concreto, gravilla, llantas, señalética obsoleta, mobiliario vial, residuos de pintura o emulsiones asfálticas. La LGPGIR establece que cada entidad federativa tiene la facultad de definir qué residuos considera como RME, publicando sus listados en los diarios oficiales correspondientes. Las empresas o instituciones que generen estos residuos deben implementar planes de manejo específicos, registrarse ante la autoridad local y garantizar que el transporte y disposición se realicen conforme a lo establecido.

La correcta gestión de estos residuos implica aplicar protocolos técnicos en cada etapa del proceso:

- **Identificación y clasificación:** Es fundamental reconocer el tipo de residuo desde su origen, evitando mezclas que dificulten su tratamiento o que generen incompatibilidades legales. La clasificación debe basarse en las características físicas, químicas y biológicas del material, así como en su origen operativo.
- **Recolección y almacenamiento temporal:** Los residuos deben ser separados en sitio, utilizando contenedores adecuados, etiquetados y protegidos contra condiciones climáticas. En el caso de residuos peligrosos, el almacenamiento debe cumplir con normas específicas de seguridad, ventilación y contención.
- **Transporte autorizado:** El traslado de residuos peligrosos y de manejo especial debe realizarse mediante unidades registradas ante la autoridad ambiental, con manifiestos de entrega-recepción que garanticen la trazabilidad del material. El incumplimiento en esta etapa puede derivar en sanciones administrativas y penales.
- **Disposición final:** Los residuos deben entregarse en centros de acopio, reciclaje, tratamiento o confinamiento autorizados. En el caso de residuos peligrosos, la disposición debe realizarse en instalaciones que cuenten con licencia ambiental vigente, garantizando que el proceso no genere emisiones ni contaminantes secundarios.

Una gestión deficiente no solo representa un riesgo ambiental, sino que puede invalidar procesos administrativos como la destrucción contable de materiales, la deducción fiscal de inventarios o el cumplimiento de obligaciones en esquemas como IMMEX. Además, el mal manejo de residuos puede generar contaminación de suelos, cuerpos de agua y aire, afectando ecosistemas locales y comunidades cercanas (Buying, 2025).

5.6. Formación técnica y sensibilización ambiental en conservación vial.

La ejecución de actividades de conservación vial requiere no solo conocimientos técnicos sobre infraestructura, sino también una comprensión profunda del entorno en el que se interviene. En este sentido, la formación del personal operativo adquiere un papel estratégico, al permitir que las acciones se realicen bajo criterios técnicos y ambientales que garanticen la compatibilidad de las obras con el territorio.

La infraestructura carretera interactúa directamente con elementos sensibles del medio ambiente: cuerpos de agua, vegetación nativa, fauna silvestre, pendientes inestables, zonas de recarga hídrica y áreas naturales protegidas. Por ello, el personal que participa en actividades debe contar con conocimientos específicos que le permitan reconocer riesgos, aplicar buenas prácticas y tomar decisiones informadas en campo.

Uno de los aspectos fundamentales de esta formación es la sensibilización sobre el entorno, esto implica que el personal operativo comprenda el valor ecológico y social del territorio intervenido, identifique zonas de fragilidad ambiental y actúe con precaución ante elementos como especies protegidas, vegetación endémica o cuerpos de agua superficiales. la sensibilización no se limita a la transmisión de información, sino que busca generar una actitud de respeto y corresponsabilidad frente al entorno.

Otro componente clave es el reconocimiento de residuos generados durante las actividades de mantenimiento, el personal debe ser capaz de distinguir entre residuos peligrosos, residuos de manejo especial y residuos sólidos urbanos, conforme a lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), esta capacidad permite aplicar protocolos diferenciados de recolección, almacenamiento temporal, transporte y disposición final, evitando mezclas que dificulten el tratamiento o que generen riesgos ambientales.

El uso de equipos adecuados también forma parte de la formación técnica, esto incluye herramientas para corte y retiro de vegetación, equipo de protección personal (EPP), contenedores para residuos, señalización preventiva y dispositivos para control de escurrimientos. La correcta selección y uso de estos equipos no solo mejora la eficiencia operativa, sino que reduce la probabilidad de accidentes, daños al entorno o incumplimientos normativos.

Finalmente, la aplicación de buenas prácticas en campo es el resultado tangible de una formación técnica bien estructurada. Estas prácticas incluyen la ejecución de trabajos en horarios que minimicen la afectación a la fauna, la adhesión a los límites de intervención definidos en estudios previos, la protección de taludes mediante técnicas no invasivas, y la implementación de medidas de control de erosión en zonas vulnerables. También se consideran buenas prácticas aquellas que promueven la limpieza del área intervenida, la recolección selectiva de residuos y la documentación de hallazgos relevantes durante la ejecución.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a través de sus manuales técnicos, ha establecido que la atención ambiental en carreteras debe ser parte integral de todas las etapas del proyecto: planeación, construcción, conservación y operación. La formación técnica y la sensibilización ambiental no son procesos accesorios, sino condiciones necesarias para garantizar que las intervenciones viales se realicen con responsabilidad, eficiencia por el entorno.

5.7. Clasificación oficial de carreteras en México.

La clasificación oficial de las carreteras en México constituye un referente técnico y jurídico fundamental para la planeación, operación y conservación de la infraestructura vial. Esta tipificación permite establecer criterios normativos para el diseño geométrico, la circulación de vehículos, la gestión de riesgos y la delimitación de responsabilidades entre los distintos niveles de gobierno (Instituto Mexicano del Transporte, 2020)

El principal instrumento normativo que regula esta clasificación es el Apéndice del artículo 6° del Reglamento sobre el peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte que transitan en caminos y puentes de jurisdicción federal, el cual establece cinco categorías de caminos en función de sus características físicas, estructurales y operativas:

- Tipo ET y A: Corresponden a vías de altas especificaciones geométricas y estructurales. Permiten la circulación de cualquier tipo de vehículo, incluyendo unidades articuladas, doble remolque y transporte especializado. Son consideradas parte de la red troncal nacional.
- Tipo B: Caminos de la red primaria que vinculan entidades federativas. Admiten vehículos articulados bajo ciertas restricciones, especialmente en tramos con limitaciones geométricas o de capacidad estructural.
- Tipo C: Red secundaria que conecta localidades dentro de una misma entidad. Presenta restricciones en longitud, capacidad y diseño, orientada al tránsito regional y vehículos de menor dimensión.
- Tipo D: Caminos alimentadores, generalmente rurales, con condiciones limitadas para vehículos pesados. Su diseño responde a necesidades locales, trayectos cortos y acceso a comunidades dispersas.

Esta clasificación oficial tiene implicaciones directas en la operación del transporte de carga, ya que determina los límites permisibles de peso y dimensiones vehiculares según el tipo de vía. Asimismo, permite establecer criterios técnicos para la conservación vial, la señalización, la seguridad operativa y la evaluación de riesgos en cada tramo.

Además del instrumento normativo mencionado, existen otras tipologías utilizadas por dependencias técnicas como la Dirección General de Conservación de Carreteras (DGCC) y la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST). Por ejemplo, la DGCC clasifica las carreteras libres de peaje en tres grupos: Red de Corredores, Red Básica y Red Secundaria, mientras que la DGST agrupa la Red Carretera Federal (RCF) en 15 corredores de transporte, integrando tramos federales, estatales, libres y de cuota (IMT, 2020).

Aunque estas clasificaciones responden a distintos fines administrativos y operativos, la tipificación establecida en el Apéndice del Reglamento mencionado sigue siendo el referente legal para normar la circulación vehicular en caminos y puentes de jurisdicción federal. Su aplicación permite garantizar la compatibilidad entre el diseño de la vía y las características de los vehículos que la transitan, contribuyendo a la seguridad vial, la eficiencia logística y la conservación estructural de la infraestructura.

6.3. Reconocimiento del tramo y diagnostico preliminar.

Se realizaron recorridos de reconocimiento sobre el tramo 153 km de las rutas 190 y 307., de la red federal libre de peaje, con el objetivo de identificar afectaciones visibles en la superficie de rodamiento, cunetas, vegetación adyacente y elementos de drenaje. esta observación permitió establecer un diagnóstico preliminar sobre el estado físico de la vía y su interacción con el entorno natural, paralelamente, se revisaron los límites territoriales y las disposiciones aplicables en caso de coincidencia con zonas sujetas a conservación.



Imagen 2. Identificaciones de afectaciones del lugar de estudio.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

Previo a la ejecución de actividades, se impartió formación especializada al personal encargado de las labores en campo, con el objetivo de asegurar que las acciones se realizaran conforme a criterios técnicos, ambientales y normativos.



Imagen 3. Capacitación al personal encargado de las labores en campo.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

6.4. Definición de actividades de mantenimiento.

Con base al diagnóstico y la capacitación previa, se definieron las actividades de mantenimiento a ejecutar, priorizando aquellas que contribuyen a mejorar la transitabilidad sin generar impactos negativos, las acciones incluyeron:

Control de vegetación.

El corte de hierba y maleza y la limpieza de arbustos es una actividad básica de mantenimiento. Se lleva a cabo al menos una vez al año después de la temporada de lluvias, o con mayor frecuencia donde el clima provoca un crecimiento rápido de la vegetación. La mayoría de las actividades necesarias para esta tarea pueden ser realizadas por cortadoras de cepillo rotativas.

Alternativamente, todas las actividades pueden lograrse utilizando mano de obra y herramientas manuales. La hierba, maleza y arbustos deben ser cortados al menos una vez al año después de que la vegetación alcance su máximo crecimiento o de acuerdo con la experiencia local.



Imagen 4. Actividades de mantenimiento a ejecutar.
Fuente: Gutiérrez, 2025.

Mantenimiento de rutina del sistema de drenaje.

El sistema de drenaje cumple una función vital en la conservación de la carretera, al evitar que el agua acuse daños por erosión, debilitamiento del pavimento, destrucción de arcenes o afectación de pendientes, el mantenimiento tiene como objetivo asegurar que los elementos del sistema de drenaje permanezcan libres de obstrucciones, mantengan sus secciones transversales y pendientes previstas para drenar libre y rápidamente las aguas superficiales y las aguas subterráneas lejos de la carretera o por debajo de la carretera, el sistema de drenaje de carreteras es el sistema por el cual se elimina el agua de lluvia de la superficie de la carretera.



Imagen 5. mantenimiento de sistemas de drenaje.
Fuente: Gutiérrez, 2025.

Dependiendo de la ubicación, la condición de la carretera puede tener diferentes tipos de desagües:

Para la función de drenaje, generalmente consiste en desagües laterales, desagües en mitra (salidas), desagües de corte o pendiente, tuberías de drenaje, pozos de acceso, canalones, cascadas, alcantarillas, pasajes y desagües subterráneos (subterráneos).

- El sistema de drenaje de aguas superficiales es un sistema para prevenir debilidades, reducción de la capacidad de presión de las carreteras dañadas por la lluvia.
- El sistema de drenaje subterráneo es un sistema para evitar la absorción de agua de las aguas subterráneas y de aguas residuales de las carreteras cercanas.
- El sistema de drenaje de pendientes es un sistema de filtración de agua de lluvia o de reflujo - que causa daños en las pendientes para garantizar la seguridad de las pendientes.
- El sistema de drenaje horizontal es un sistema a través de la calle para manejar sus propias aguas residuales y el tratamiento regular de agua como sedimento de barro.

6.5. Implementación de medidas de control ambiental.

Durante la ejecución, se aplicaron medidas para proteger la vegetación circundante, conservar la vida silvestre, manejar adecuadamente los residuos generados y controlar la interacción con cuerpos de agua. También, se realizaron verificaciones sobre niveles de ruido y delimitación de áreas de confinamiento para residuos.

6.6. Verificación normativa aplicada.

A lo largo del proceso de intervención, se realizó la verificación del marco normativo vigente aplicable a las actividades de conservación vial. Esta revisión se integró de manera paralela a las acciones operativas, permitiendo contrastar cada procedimiento con las disposiciones legales, técnicas y ambientales correspondientes.

La validación normativa incluyó la consulta de leyes federales, normas técnicas y criterios ambientales que regulan la infraestructura en zonas con valor ecológico. La verificación se efectuó tanto en gabinete como en campo, mediante observación directa y análisis documental, lo que permitió asegurar que las decisiones tomadas respetaran los límites establecidos por la legislación vigente.

6.7. Análisis para la determinación de la clasificación oficial del tramo carretero.

Se procedió a desarrollar el análisis técnico que permite sustentar la clasificación oficial de la vía conforme a los instrumentos regulatorios vigentes en México. Esta etapa metodológica no parte de una categoría asumida, sino que se construye a partir de criterios normativos, geométricos, funcionales y territoriales, con el fin de identificar con rigor el tipo de camino al que corresponde el tramo intervenido.

Como parte del proceso, se incorporó la tabla de tipología funcional de caminos, publicada por el Instituto Mexicano del Transporte, en el manual de proyecto geométrico carretero 2018, la cual permite contrastar las características físicas observadas en campo con los criterios técnicos establecidos para cada tipo de vía. Esta tabla considera variables como número de carriles, sentido de circulación, accesos, divisiones físicas y condiciones operativas.

Tabla 1. Tipos de caminos y sus principales características.

Tipo de carreteras	Número de carriles	Control de acceso	Denominación geométrica	Principal medida de efectividad	Sección transversal
ET	Dos o más por sentido	Total	Autopista	Niveles de servicio en zonas de entrecruzamiento y tramos específicos o genéricos de la autopista	Un cuerpo separado por barrera de concreto central, o dos divididos por faja separadora central o dos cuerpos de separados
A	Dos o más por sentido	Total, o parcial	Autopista	Niveles de servicio en zonas de entrecruzamiento y tramos específicos o genéricos de la autopista o de la carretera multi carril	Un cuerpo separado por barrera de concreto central, o dos divididos por faja separadora central o dos cuerpos de separados
B	Dos o más por sentido	Parcial	Carretera libre	Niveles de servicios en zonas de entrecruzamiento y tramos específicos o genéricos	Un cuerpo separado por marcas en el pavimento o dos cuerpos divididos por una faja separadora central
C	Uno por sentido	Parcial o sin control	Carretera libre	Niveles de servicio en tramos específicos o genéricos de la carretera	Un cuerpo
D	Uno por sentido	Sin control	Carretera libre	Niveles de servicio en tramos específicos o genéricos de la carretera	Un cuerpo

Fuente: Instituto Mexicano de Transporte, 2020.

VII.- RESULTADOS.

7.1. Clasificación oficial del tramo carretero.

Como parte del resultado del análisis metodológico desarrollado, el cual incluyo revisión normativa, evaluación geométrica, análisis territorial y contraste funcional, se concluye que el tramo carretero objeto de intervención corresponde a la categoría ET, conforme al reglamento del artículo 6° del reglamento sobre peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte que transitan en caminos y puentes de jurisdicción federal.

La categoría tipo ET representa el nivel más alto dentro de la clasificación oficial de caminos, permitiendo la circulación de cualquier tipo de vehículo, incluyendo unidades articuladas, doble remolque y transporte especializado. Esta tipificación implica que las acciones de conservación ejecutadas deben alinearse con estándares de alto desempeño, privilegiado la seguridad operativa, la durabilidad estructural y la eficiencia logística.

7.2. Identificación de Áreas Naturales Protegidas o Hábitats Sensibles.

Como parte del desarrollo de las actividades de conservación rutinaria en los tramos carreteros (San Cristóbal - La Trinitaria) se realizó un análisis previo del entorno para identificar si existen zonas de importancia ambiental, como áreas naturales protegidas o hábitats con especies sensibles. Este análisis se desarrolló a partir de cartografía regional y verificación en campo. Como resultado, no se identificaron Áreas Naturales Protegidas (ANP) de jurisdicción federal o estatal, corrientes de agua perennes, ni hábitats que representen sensibilidad ecológica dentro del área de influencia directa e indirecta del proyecto. Así mismo, se señala que los tramos correspondientes no se ubican dentro o en un área de atención prioritaria, considerándose estas las zonas arqueológicas, sitios históricos, zonas de importancia para la conservación de las aves, regiones terrestres prioritarias, regiones hidrológicas prioritarias, corredores biológicos.



Imagen 6. Análisis previo del entorno.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

7.3. Capacitación ambiental al personal operativo de obra.

Con el objetivo de fortalecer el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable y fomentar una cultura de sostenibilidad durante la ejecución del proyecto de conservación rutinaria en los tramos carreteros. San Cristóbal – La Trinitaria, se implementó un programa de capacitación ambiental dirigido al personal operativo y técnico.



Imagen 7. Sesiones de capacitación al personal operativo y técnico.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

Temáticas impartidas

Las sesiones de capacitación incluyeron los siguientes contenidos clave:

- Normatividad ambiental aplicable a obras de infraestructura carretera (federal y estatal).
- Identificación de aspectos e impactos ambientales asociados a las actividades de conservación rutinaria.
- Manejo adecuado de residuos sólidos urbanos (RSU), residuos peligrosos (RP) y residuos de manejo especial (RME).

- Control de emisiones y derrames de sustancias peligrosas (lubricantes, combustibles, emulsiones).
- Medidas para la protección del suelo, vegetación y fauna silvestre.
- Procedimientos en caso de contingencia ambiental.
- Conducta ambiental responsable y ética en campo.



Imagen 8. Capacitación al perfil operativo de la cuadrilla (maquinaria, limpieza).

Fuente: Gutiérrez, 2025.

Estrategia de implementación.

- Se realizaron pláticas presenciales y sesiones informativas en sitio al inicio y durante el desarrollo del proyecto.
- La capacitación fue adaptada al perfil operativo de la cuadrilla (maquinaria, limpieza, supervisión, recolección de residuos).

- Se utilizaron materiales gráficos, ejemplos prácticos y lenguaje accesible (coloquiales), reforzando la comprensión de los conceptos clave.

La capacitación ambiental contribuyó de forma significativa a la disminución de prácticas inadecuadas (disposición incontrolada de residuos, tránsito fuera de zonas autorizadas, etc.), el manejo preventivo de situaciones de riesgo ambiental, la mayor apropiación de responsabilidades individuales y colectivas respecto al cuidado del entorno.



Imagen 9. Prácticas para el buen manejo de residuos.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

7.4. Limpieza de cunetas y contra cunetas.

Con el objetivo de garantizar el adecuado funcionamiento del sistema de drenaje superficial, prevenir encharcamientos y alargar la vida útil del pavimento. Las labores comprendieron el retiro manual de maleza, sedimentos, tierra, escombros y residuos sólidos en ambos márgenes del camino. Los trabajos se distribuyeron a lo largo de los tramos San Cristóbal – La Trinitaria.

Se priorizó la eliminación de vegetación invasiva que pudiera obstruir drenajes, reducir la visibilidad de señalamientos, afectar la estructura del pavimento o representar riesgos para los usuarios. El material vegetal recolectado fue acopiado temporalmente en sitios designados dentro del derecho de vía y posteriormente retirado y dispuesto de manera segura para evitar su reincorporación al entorno inmediato.

Las actividades se realizaron con mano de obra calificada, empleando herramientas menores (machete, azadón, carretilla), evitando el uso de herbicidas para proteger el entorno ambiental (flora, fauna y trabajadores).



Imagen 10. Actividades realizadas con herramientas menores.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

Estas actividades forman parte del mantenimiento preventivo y correctivo del tramo, cumpliendo con las especificaciones técnicas establecidas por la dependencia. Se priorizaron zonas con mayor acumulación de azolves, vegetación obstructiva o pendientes transversales que comprometen el escurrimiento.



Imagen 11. Mantenimiento preventivo de cunetas.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

7.5. Limpieza de alcantarillas.

Como parte de las acciones de conservación rutinaria en los tramos carreteros San Cristóbal - La Trinitaria, se realizaron trabajos de limpieza y desazolve de alcantarillas transversales ubicadas a lo largo del derecho de vía. El objetivo principal de estas actividades fue garantizar la adecuada conducción y desfogue de las aguas pluviales, previniendo encharcamientos, erosión de taludes y afectaciones a la estructura del pavimento. La limpieza se enfocó en eliminación de sedimentos, residuos sólidos, material vegetal, y escombros que obstruían parcial o totalmente el flujo hidráulico de las estructuras. Estas actividades forman parte de las buenas prácticas ambientales, al contribuir directamente a la funcionalidad del sistema de drenaje superficial sin generar impactos adversos al entorno natural. Además, ayudan a reducir riesgos de afectaciones en temporadas de lluvia, preservando la seguridad de los usuarios y prolongando la vida útil de la infraestructura carretera.



Imagen 12. Limpieza y desazolve de alcantarillas.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

7.6. Limpieza de canales.

Durante el periodo de trabajo se realizaron trabajos de limpieza de canales y cunetas en los tramos carreteros San Cristóbal – La Trinitaria, con el objetivo de garantizar el adecuado funcionamiento del sistema de drenaje superficial, prevenir encharcamientos y alargar la vida útil del pavimento.

Las labores comprendieron el retiro manual de maleza, sedimentos, tierra, escombros y residuos sólidos en ambos márgenes del camino.

- Limpieza manual y selectiva con herramientas no invasivas (palas, azadones y carretillas), reduciendo el impacto físico sobre el terreno y la vegetación circundante.
- No uso de maquinaria pesada ni herbicidas, lo cual evitó la compactación del suelo y la afectación de especies nativas.
- Separación y recolección controlada del material extraído, el cual fue trasladado a sitios de disposición temporal dentro del derecho de vía, evitando contaminación y arrastre a cuerpos de agua.



Imagen 13. Limpieza manual de canales.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

Estas actividades forman parte del mantenimiento preventivo y correctivo del tramo, cumpliendo con las especificaciones técnicas establecidas por la dependencia. Se priorizaron zonas con mayor acumulación de azolves, vegetación obstructiva o pendientes transversales que comprometen el escurrimiento.



Imagen 14. Mantenimiento preventivo del lugar.

Fuente: Gutiérrez, 2025.



Imagen 15. mantenimiento correctivo del lugar.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

7.7. Bacheo superficial.

Durante el mes de julio de 2025, se llevaron a cabo trabajos de bacheo superficial en diversos puntos críticos a lo largo de los tramos San Cristóbal – La Trinitaria. Esta actividad consistió en la rehabilitación puntual de la superficie de rodadura mediante la colocación de mezcla asfáltica en frío, con el objetivo de restituir las condiciones de seguridad y confort de tránsito vehicular.



Imagen 16. Bacheo superficial.
Fuente: Gutiérrez, 2025.

Las intervenciones se realizaron tanto en el carril izquierdo como derecho, con diferentes dimensiones de reparación adaptadas a la geometría y severidad del deterioro identificado previamente.

- Se evitó tirar mezcla fuera de la zona de trabajo.
- Se controló el uso de maquinaria y derrames.
- No hubo afectación a la vegetación ni cuerpos de agua.
- Se recolectaron residuos y se mantuvo el área limpia.

Las reparaciones fueron ejecutadas conforme a los lineamientos de calidad y seguridad establecidos, cuidando en todo momento que el retiro de material deteriorado y la aplicación de nuevo material se realizaran sin afectar el entorno natural o la integridad del resto del camino.



Imagen 17. Bacheo superficial con maquinaria correspondiente.
Fuente: Gutiérrez, 2025.



Imagen 18. Bacheo superficial con personal capacitado.
Fuente: Gutiérrez, 2025.

7.8. Renivelaciones.

Se realizaron trabajos de renivelación en puntos específicos del camino para corregir hundimientos y mejorar la superficie de rodamiento. Las labores consistieron en aplicar mezcla asfáltica en caliente para nivelar tramos dañados, sin modificar la estructura del pavimento.

- Se evitó tirar mezcla fuera de la zona de trabajo.
- Se controló el uso de maquinaria y derrames.
- No hubo afectación a la vegetación ni cuerpos de agua.
- Se recolectaron residuos y se mantuvo el área limpia.



Imagen 19. Renivelación del camino en puntos específicos.
Fuente: Gutiérrez, 2025.

7.9. Derrumbe.

Durante las actividades de mantenimiento rutinario en los tramos carreteros, se llevaron a cabo acciones para la atención y retiro de derrumbes, priorizando la aplicación de buenas prácticas ambientales con el objetivo de minimizar impactos negativos sobre el entorno natural y social.

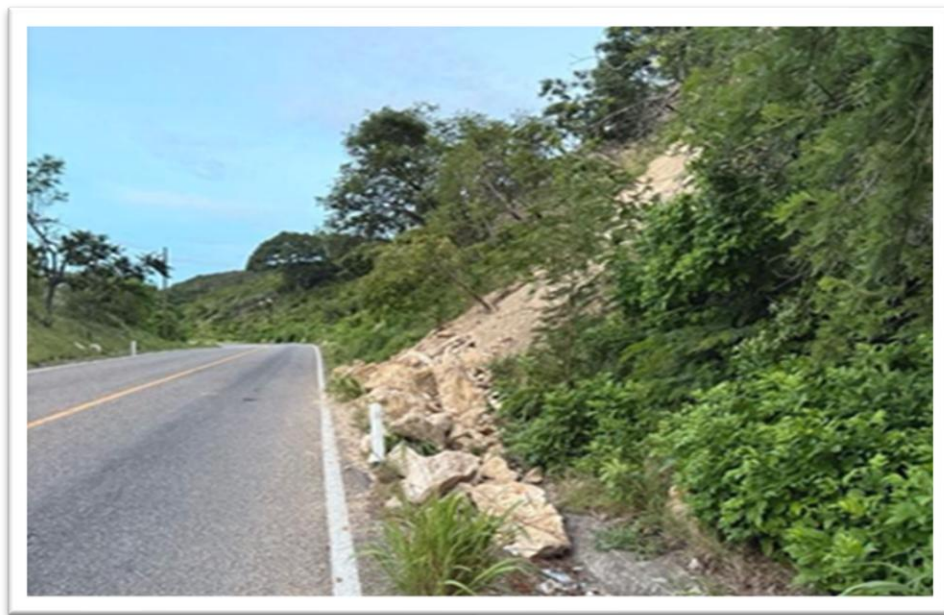


Imagen 20. Atención y retiro de derrumbes.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

Las acciones realizadas incluyeron la remoción de material pétreo, lodos y vegetación deslizada, derivada de escurrimientos o inestabilidad del terreno, siguiendo lineamientos establecidos en el Plan de Manejo Ambiental. Actividades realizadas:

- Identificación y delimitación de zonas afectadas por deslizamientos de tierra y roca.
- Remoción manual y/o mecánica del material derrumbado sobre la carpeta asfáltica y cunetas.

- Limpieza de drenajes pluviales y estructuras hidráulicas obstruidas por el derrumbe. • Acopio temporal del material retirado en zonas seguras, fuera de cuerpos de agua y áreas sensibles.
- Reintegración del material pétreo en taludes o uso como relleno cuando fue posible, evitando su disposición en cauces o zonas forestales.



Imagen 21. Remoción de material derivada de escurrimiento del terreno.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

No se utilizaron herbicidas ni maquinaria fuera del derecho de vía autorizado. Se evitó la tala innecesaria de vegetación, respetando especies protegidas o nativas. El personal utilizó equipo de protección adecuado, evitando contaminantes y residuos al medio. Se retiraron todos los residuos sólidos generados durante las maniobras, dejando las zonas limpias y estables. Se vigiló que el acarreo de materiales no afectara cuerpos de agua ni generara erosión adicional.

Estas actividades se realizaron conforme a los principios de prevención, mitigación y restauración ambiental, garantizando la seguridad de los usuarios viales y la conservación del

entorno ecológico, en cumplimiento con los criterios establecidos por la normatividad ambiental vigente.

7.10. Plan de Manejo de Residuos.

Residuos Sólidos Urbanos (RSU) Durante la ejecución de las actividades correspondientes a los tramos San Cristóbal - La Trinitaria se produjeron tres tipos de residuos sólidos:

- Residuos generados por la preparación y consumo de alimentos por parte del personal contratado.
- Residuos de empaques de materiales utilizados en las actividades.
- Desechos de materiales de escombros.



Imagen 22. Recolección de residuos sólidos urbanos.
Fuente: Gutiérrez, 2025.

Se destaca que, la mayor parte de los residuos sólidos urbanos generados en los tramos fueron de empaques de materiales como: papel, cartón, plástico, etc. Todos estos residuos fueron susceptibles de ser reciclados y se desarrolló la recolección y traslado a centros de acopio autorizado para este fin. Los residuos sólidos que no fueron susceptibles de reciclar fueron colocados en contenedores rotulados (orgánico e inorgánico) y recolectados por el personal encargado en turno para así trasladarlos adecuadamente a los sitios de disposición final que el H. Ayuntamiento de Comitán autorizó, y los cuales cuentan con la autorización en materia ambiental correspondiente.



Imagen 23. Recolección de residuos por el personal capacitado.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

7.11. Residuos Peligrosos (RP).

Los residuos peligrosos son aquellos que posean alguna de las características de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad, o que contengan agentes Biológico-Infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que establece la ley. Los residuos peligrosos derivados de la ejecución de las actividades correspondientes a los tramos, tales como botes, residuos de solventes y aceites gastados provenientes de la lubricación de la maquinaria y equipo, que son considerados como residuos peligrosos de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2002, se manejaron con apego al Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.



Imagen 24. Manejo adecuado de los residuos peligroso que se generen.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

Los contenedores de los residuos peligrosos se ubicaron en áreas estratégicas y en campamentos los cuales se colocaron bajo la sombra y lejos de cualquier fuente de ignición. Posteriormente a su almacenamiento estos residuos se entregaron mediante manifiesto generador de residuos peligrosos, a una empresa la cual cuenta con los permisos correspondientes en materia de residuos peligrosos.

7.12. Residuos de Manejo Especial (RME).

De igual forma se contempló la generación de RME, ya que, para las actividades correspondientes, se desarrolló la generación de escombros producto del bacheo superficial aislado, así también, la instalación de campamentos provisionales (bodegas, talleres, comedores, etc.), señalando que para estos campamentos provisionales se desinstalaron y transportaron a su sitio de origen, dejando el tramo antes de retirarse el en condiciones similares a las encontradas. El desmantelamiento de los campamentos de apoyo se realizó por el personal encargado en turno. Por lo tanto, el destino final de los servicios de apoyo fue su origen. Se señala que estas acciones se vigilaron estrictamente en los tramos San Cristóbal - Comitán, Comitán - Cd. Cuauhtémoc y La Trinitaria- Lagos de Montebello, para cumplir con los ordenamientos locales, estatales y federales en materia de disposición de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como el manejo de materiales peligrosos.

Identificación de Residuos por Actividad

Puntualmente se señala en la tabla adjunta las actividades correspondientes a los tramos San Cristóbal - La Trinitaria realizando el listado de los posibles riesgos, residuos y medidas de control ejecutadas.

Tabla 2. Manejo de residuos ante posibles incidentes.

Actividad	Posible Riesgo Ambiental	Clasificación	Almacenamiento Temporal	Disposición Final	Buena Practica Aplicada
Limpieza de cunetas y contracunetas	Sedimentación en cuerpos de agua	Residuos orgánicos	En puntos definidos a pie de tramo	Compostaje o tiradero controlado	Retiro manual y controlado
Limpieza de alcantarillas	Sedimentación en cuerpos de agua	Residuos orgánicos	En puntos definidos a pie de tramo	Compostaje o tiradero controlado	Uso de EPP, limpieza manual, recolección de residuos y lodos
Bacheo superficial aislado con mezcal asfáltica en frío	Los envases vacíos de mezcla asfáltica, trapos con solventes o restos de material son considerados residuos peligrosos conforme a la NOM-052-SEMARNAT-2005.	Residuos peligrosos	En recipientes herméticos, protegidos de escurrimientos y con señalización	Empresa autorizada por SEMARNAT (si aplica)	Recolectar el material derramado usando palas, costales o materiales absorbentes
Desyerbe	Afectación de flora nativa	Residuos orgánicos	En puntos definidos a pie de tramo	Compostaje o tiradero controlado	Desbroce selectivo sin uso de herbicidas
Uso de maquinaria	Derrames de aceite o combustible	Residuos peligrosos	En recipientes herméticos, protegidos de escurrimientos y con señalización	Empresa autorizada por SEMARNAT (si aplica)	Revisión mecánica diaria de la maquinaria y vehículos.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

7.13. Registro de derrames y fugas.

Durante la ejecución de las actividades de bacheo superficial aislado con mezcla asfáltica en frío, así como en el uso de maquinaria y vehículos de apoyo correspondientes a los tramos carreteros. No se presentaron incidentes relacionados con derrames ni fugas de aceites, combustibles u otras sustancias contaminantes.

Se instalaron campamentos provisionales para el almacenamiento temporal de aceites y combustibles para la maquinaria y equipo utilizado en el bacheo superficial aislado, estos almacenamientos se desarrollaron bajo estricto cumplimiento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su reglamento en materia de residuos peligrosos. Esto incluyó la aplicación en campo de la identificación, clasificación y disposición correcta de los residuos peligrosos conforme a los criterios establecidos en la siguiente Norma Oficial Mexicana:

- NOM-052-SEMARNAT-2005.
- NOM-054-SEMARNAT-1993.



Imagen 25. Maquinaria utilizada para el bacheo.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

Así mismo, para el personal encargado de la ejecución de estas actividades se desarrolló una capacitación en caso de presentarse derrames accidentales de hidrocarburos u otras sustancias peligrosas que puedan contaminar el suelo, implementado un protocolo de respuesta inmediata y remediación para mitigar los impactos ambientales y cumplir con los lineamientos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas siguientes:

- NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.
- NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004.



Imagen 26. chequeo de los equipos de maquinaria

Fuente: Gutiérrez, 2025.



Imagen 27. Capacitación al personal encargado de los equipos.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

7.14. Identificación de área confinada.

Durante las labores se identificó y habilitó un área confinada, destinada exclusivamente para el manejo controlado de materiales y residuos generados durante las actividades de mantenimiento, tales como el bacheo superficial con mezcla asfáltica en frío. Dicha área fue delimitada y señalizada adecuadamente para minimizar el riesgo de dispersión de residuos y prevenir posibles afectaciones al entorno. La ubicación de esta área confinada se estableció como de suma importancia en la protección del suelo, específicamente en la prevención de derrames de sustancias o materiales los cuales pueden contaminar o afectar la calidad de este, por ello se desarrollaron las siguientes acciones:

Criterios de ubicación

- Se estableció una zona de amortiguamiento mínima de 50 metros entre cualquier campamento temporal y cuerpos de agua.
- Se evitó considerar áreas inundables o con flujo natural de escorrentía hacia quebradas, ríos o humedales.
- Se priorizó terrenos con pendiente contraria a la dirección de cuerpos de agua cercanos.

Acciones preventivas

- Se instaló un área techada para el almacenamiento de materiales peligrosos.

Control de contaminación

- Se delimitaron las zonas de lavado de maquinaria exclusivas.
- Se establecieron puntos de control para limpieza de vehículos y/o equipo.
- Se implementó capacitación al personal para protocolos de respuesta inmediata ante derrames accidentales.

Manejo de residuos

- Se ubicaron puntos de acopio temporal de residuos sólidos en áreas estratégicas y alejadas de cuerpos de agua.
- Se habilitaron contenedores de residuos rotulados para su separación (orgánico e inorgánico).
- Se implementó la segregación inmediata y el almacenamiento temporal de residuos peligrosos (envases de lubricantes, combustible, aceite, etc.).
- Se programó con el personal encargado el retiro frecuente de residuos conforme a un cronograma adecuado.
- Se estableció como medida primordial la disposición final de residuos en sitios autorizados en materia ambiental.

7.15. Sitios de acopio temporal a pie de tramo (SATPT).

Características:

- Están ubicados a pie de tramo, es decir, dentro del derecho de vía, pero fuera del área de rodamiento.
- Se habilitan de manera temporal, durante la ejecución de actividades específicas (como limpieza de cunetas, bacheo, etc.).
- Están delimitados, señalizados y nivelados, para evitar escurrimientos, contaminación o dispersión de residuos.

Durante las actividades de limpieza y mantenimiento, los residuos generados fueron almacenados en Puntos de Acopio Temporal Controlado (PATC) establecidos a pie de tramo.



Imagen 28. Sitio de acopio temporal.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

7.16. Manejo Adecuado de Corrientes de Agua.

Durante la ejecución de las actividades de conservación rutinaria en los tramos carreteros correspondientes a las rutas federales, se verificó que los trabajos se desarrollaron a una distancia segura de cuerpos de agua superficiales o corrientes permanentes, evitando cualquier posible afectación directa a estos elementos del entorno natural.

Asimismo, se realizó una gestión adecuada de la infraestructura, con énfasis en la supervisión del estado físico de las cunetas y contra cunetas existentes. Las labores incluyeron limpieza de hojarasca, retiro de residuos y verificación de su funcionalidad para el correcto manejo del escurrimiento pluvial. En el desarrollo de estas actividades se realizó una capacitación al personal encargado sobre las acciones a considerar las cuales incluyeron los siguiente:

- Limpieza, desmonte y deshierbe de las cunetas y contra cunetas, así como de las superficies afectadas dentro del derecho de vía para la recuperación de la capacidad de infiltración en los tramos.

- Todo material vegetativo que sea removido producto de las actividades se dispondrá a más de 300 metros de un cuerpo de agua superficial.
- Queda estrictamente prohibido el uso de herbicidas y agroquímicos que durante el desarrollo de estas actividades pudieran afectar las propiedades fisicoquímicas de algún cauce cercano.
- En caso de que algún material vegetativo producto de las actividades se insertará en el interior de algún cauce se desarrollará la recuperación de forma manual e inmediata de todos los materiales caídos accidentalmente al interior del cuerpo de agua correspondiente.
- Se prohibirá estrictamente el vertimiento o derrame de cualquier tipo de sustancia en cauces, ríos, arroyos o cualquier tipo de cuerpo de agua.
- Se deberán realizar las acciones señaladas para el manejo de RSU, RME y RP, almacenándolos principalmente fuera de pendientes y distantes a cauces o escurrimientos superficiales.

7.17. Protección de la vegetación circundante.

No se generaron afectaciones a la vegetación existente, tales como árboles, arbustos o especies nativas presentes en los márgenes de la vía. Esto se debe a que todas las actividades se llevaron a cabo exclusivamente sobre la superficie de rodamiento, sin requerir ampliación del área de trabajo, maniobras fuera del derecho de vía ni intervenciones en zonas con cobertura vegetal. Para la gestión de estas actividades se realizó una serie de indicaciones al personal encargado el cual se apegó estrictamente a lo siguiente:

- Únicamente serán desmontadas las áreas correspondientes a los tramos contemplados, prohibiendo estrictamente desarrollar esta actividad en áreas que no se requieran o no estén contempladas.
- Los residuos vegetales generados deberán ser recolectados posterior a la actividad correspondiente y serán gestionados para su disposición final en sitios autorizados por la autoridad municipal.
- Se realizarán vigilancias periódicas con el fin de verificar que no se realicen o se instalen campamentos en sitios que no se cuente con el permiso y/o autorizaciones ambientales, únicamente se desarrollarán estas instalaciones el margen del derecho de vía.
- Se prohíbe estrictamente la realización de quemas con material vegetal, con la finalidad de evitar la generación de un posible incendio forestal, así como la contaminación del aire.
- Queda estrictamente prohibido el uso de herbicidas y agroquímicos que durante el desarrollo de estas actividades pudieran afectar la vegetación cercana.



Imagen 29. revisión de cobertura vegetal, en los tramos contemplados.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

Se señala que durante las actividades del proyecto ningún elemento florístico señalado en la NOM-052-SEMARNAT-2010 fue afectado, así mismo, mediante vigilancia periódica por parte del personal encargado, no se encontraron ejemplares de importancia ecológica que incidieran en las actividades ejecutadas.

7.18. Conservación de la vida silvestre.

Se realizaron labores de reconocimiento de fauna silvestre en las zonas, en un radio 50 metros de las zonas de trabajo, así como también implementaron medidas preventivas orientadas a proteger y conservar la fauna silvestre que pudiera habitar o transitar en las inmediaciones del sitio de trabajo. Aunque las actividades se concentraron exclusivamente en la superficie de rodamiento y zonas previamente intervenidas, se tomaron precauciones para evitar molestias, desplazamiento forzado o daños directos a especies silvestres.



Imagen 30. reconocimiento de fauna silvestre.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

Para apegarse a lo anterior, se desarrolló una capacitación al personal encargado el cual incluyó las siguientes medidas:

- Si en el área correspondiente a los tramos se encuentran presentes reptiles, mamíferos o aves que utilicen el área como zona de paso, se le deberá aplicar técnicas de Ahuyentamiento.

- Previo al inicio de las actividades contempladas se formará un grupo de trabajo con el personal, que, con instrucciones específicas de generar ruido, puedan ahuyentar a la fauna silvestre del lugar con apoyo de materiales de metal, megáfonos, latas con arena y/o piedras.
- En retiro de vegetación se efectuará de manera paulatina, permitiendo el desplazamiento de especies faunísticas y de lento desplazamiento, en la situación de encontrarse fauna de lento desplazamiento esta será desplazada a zonas fuera del derecho de vía, en la situación de encontrarse nidos estos serán trasladados a zonas similares del tramo.
- Se prohibirá estrictamente la cacería furtiva, captura, daño, comercialización y aprovechamiento de especies durante el desarrollo de las actividades correspondientes.



Imagen 31. capacitación al personal sobre fauna silvestre.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

7.19. Evaluación de los niveles de ruido.

Durante la ejecución de los trabajos de conservación rutinaria en el tramo carretero, se verificó que las actividades no generaran afectaciones por contaminación acústica en el entorno inmediato. Los niveles de ruido derivados del uso de maquinaria y herramientas se mantuvieron dentro de los límites permisibles establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994 y la NOM-080- SEMARNAT-1994, que regula los niveles máximos de emisión acústica generada por fuentes fijas y móviles. Para el apego estricto de lo establecido en la Norma Oficial Mexicana anterior se realizaron las siguientes acciones durante el desarrollo de las actividades contempladas:

- Previo a las actividades se implementó un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para todos los vehículos y maquinaria utilizados en los tramos para evitar que se rebasen los niveles de ruido establecidos en la NOM-080- SEMARNAT-1994.
- Se realizaron revisiones periódicas para verificar que el ruido de los vehículos automotores esté por debajo de los valores establecidos en la NOM-080- SEMARNAT-1994.
- Se evitó al máximo el golpe de partes metálicas de herramientas y maquinaria con el propósito de disminuir la generación de ruido en el área de las actividades.

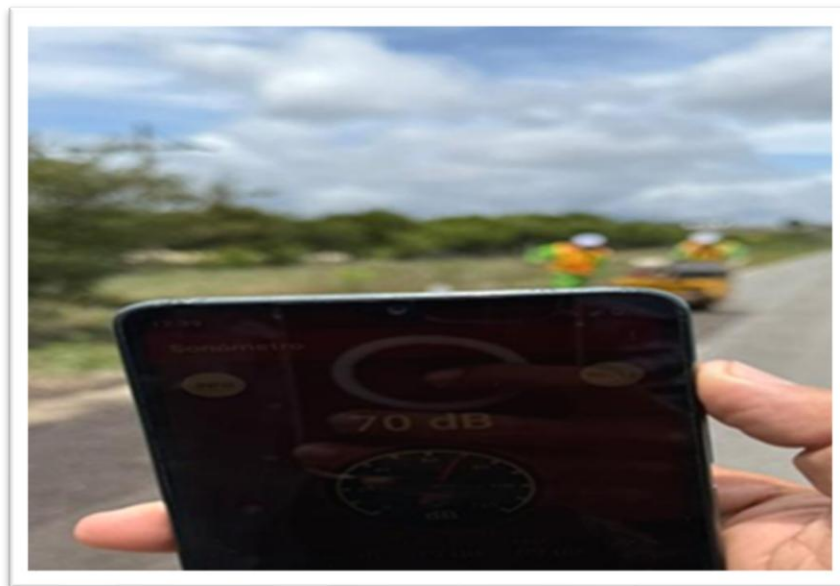


Imagen 32. evaluación de niveles de ruido en el tramo carretero.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

En México, las compactadoras como la PR8, usadas en tramos carreteros, no están específicamente mencionadas en una NOM individual, pero se realizó un análisis informal para mayor conocimiento de las emisiones de ruido en la cual la lectura no rebaso los 75 dB.

7.20. Verificación de normas aplicadas.

Durante la ejecución del proyecto, se verificó la aplicación efectiva del marco normativo vigente, mediante la integración de criterios legales, técnicos y ambientales en cada una de las actividades realizadas. Esta verificación no se limitó a la revisión documental, sino que se incorporó como parte del proceso operativo, asegurando que las acciones ejecutadas desde el diagnóstico territorial hasta el mantenimiento físico cumplieran con las disposiciones establecidas por la legislación mexicana en materia de infraestructura, medio ambiente y gestión de residuos, la aplicación normativa se consideró un componente transversal, orientado a garantizar la legalidad

de la intervención, la compatibilidad ambiental de las obras y la trazabilidad de los procedimientos técnicos.

Cada norma incluida en la tabla fue vinculada directamente con una acción específica del proyecto, permitiendo establecer trazabilidad institucional y sustento técnico en la toma de decisiones. Esta integración normativa no solo fortaleció la validez del proceso operativo, sino que también facilitó la delimitación de responsabilidades, el control de impactos y el cumplimiento de requisitos legales aplicables.

Tabla 3. Disposiciones normativas consideradas, aplicación técnica dentro del proyecto.

Disposición legal y normativo	Aplicaciones técnicas dentro del proyecto
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)	Sustento jurídico para el análisis cartográfico del tramo carretero, confirmando la no coincidencia con polígonos de protección ambiental establecidos por la federación.
NOM-017-STPS-2008	Norma aplicada durante la inducción operativa para establecer el tipo de equipo de protección personal requerido según los riesgos identificados en campo.
Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo	Base normativa para definir condiciones mínimas de seguridad en actividades de conservación, incluyendo señalización, delimitación de zonas de trabajo y control de exposición.
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)	Marco legal para la elaboración del plan de manejo de residuos, clasificando los residuos generados en sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial conforme a su origen y características.
NOM-052-SEMARNAT-2005	Criterios técnicos para la identificación y clasificación de residuos peligrosos derivados del uso de maquinaria, aceites, combustibles y materiales contaminantes.
NOM-054-SEMARNAT-1993	Norma utilizada para evaluar la compatibilidad físico-química de residuos peligrosos durante su almacenamiento temporal en sitio, evitando reacciones o riesgos asociados.
NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012	Aplicación en la delimitación de zonas con potencial afectación ambiental por derrames, estableciendo medidas de control conforme a parámetros de riesgo.
NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004	Referencia técnica para el registro de suelos contaminados por hidrocarburos, derivados de operaciones con maquinaria pesada, conforme a criterios de afectación y remediación.
NOM-081-SEMARNAT-1994	Norma aplicada para la medición de niveles de emisión sonora provenientes de fuentes fijas durante la operación, verificando cumplimiento con límites permisibles establecidos.
NOM-080-SEMARNAT-1994	Criterios técnicos utilizados para la evaluación del ruido ambiental generado por maquinaria móvil en zonas de trabajo, conforme a metodología de medición establecida.

Fuente: Gutiérrez, 2025.

VIII.- CONCLUSIONES.

El proyecto se desarrolló con base en una planificación estructurada que permitió atender las condiciones funcionales del tramo carretero, considerando las particularidades territoriales y los criterios normativos aplicables. La intervención se organizó de manera secuencial, priorizando la operatividad y la compatibilidad con el entorno, lo que permitió ejecutar las actividades sin generar interferencias con los elementos presentes en el área.

La ejecución se sostuvo en un análisis previo que definió las acciones necesarias conforme a las características físicas del sitio. Esta aproximación permitió establecer procedimientos ajustados a las condiciones reales, optimizando recursos y reduciendo contingencias. La delimitación normativa aplicada durante el proceso sirvió como referencia para validar cada actividad, garantizando su alineación con las disposiciones vigentes.

La participación del personal operativo se integró como parte funcional del proyecto, mediante una preparación técnica que facilitó la aplicación de medidas correctivas y preventivas en campo. Esta incorporación fortaleció la capacidad de respuesta ante situaciones específicas y permitió mantener la continuidad de las actividades conforme a los objetivos establecidos.

El desarrollo del proyecto confirma la viabilidad de ejecutar acciones de conservación vial bajo un enfoque articulado, en el que la operatividad, la compatibilidad territorial y el cumplimiento normativo se integran como elementos centrales. La experiencia obtenida establece una base aplicable para futuras intervenciones en contextos similares, siempre que se mantenga una estructura lógica y una ejecución ajustada a las condiciones del sitio.

IX.- REFERENCIAS.

González, M. (2025). *El impacto ambiental de las carreteras: una visión concisa y optimizada*. Factor Home. <https://factorhome.es/arquitectura/blog/impacto-ambiental-de-las-carreteras/>

Pellicer Armiñana, E., Paredes Palacios, R., Felipe Sanjuán, J., & Sánchez Robles Bello, J. (2021). *Sistema integral para el mantenimiento eficiente de pavimentos urbanos*. *Carreteras: Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera*, (235), 8–18. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8406047>

Montoya Alcaraz, M. A. (2020). *Propuesta de planificación del mantenimiento de carreteras en países en desarrollo basado en sistemas de gestión de pavimentos: estudio de caso en Baja California, México* [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Baja California].

Zhang, L. y Levinson, D. (2007), “The economics of transportation network growth”, en P. Coto-Millán y V. Inglada (eds.), *Essays on Transport Economics*, Germany, Physica-Verlag HD.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2023). *Programa nacional de conservación de carreteras 2023–2024*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/sct/documento/programa-nacional-2023>

Diego Herreros L (2024). *Gestión ambiental en conservación de carreteras. Procedimientos*. <https://gestion-ambiental-en-conservacion-de-carreteras-procedimientos/>

Flores Maldonado, I. (2012). *Manual de Conservación Rutinaria de Carreteras* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].

Ramírez Medina, D. A., & Valenzuela Robles, L. S. (2023). *Plan de mantenimiento periódico del pavimento en el tramo Paradero Las Retamas – Puente Los Ángeles*. *Infraestructura Vial*, 25(44). <https://doi.org/10.15517/iv.v25i44.51309>

Instituto Mexicano del Transporte. (2020). *Clasificación oficial de carreteras en México*. gob.mx.
<https://www.gob.mx/imt/es/articulos/clasificacion-oficial-de-carreteras-en-mexico>

Buying (2025). Gestión de residuos en carreteras: Buenas prácticas. <https://gestion-de-residuos-en-carreteras-buenas-practicas-para-administradores/>

Baque Campozano, I. B. P. Mantenimiento y Conservación De Carreteras.
<https://doi.org/10.17993/INGYTEC.2018.28>

X.- ANEXOS.

