DIRECCIÓN ACADÉMICA

INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONTRUCCIÓN

Área Específica de Ingeniería Civil

Monografía para optar al título de Ingeniero Civil

Evaluación de la infraestructura vial de la circunscripción III de la ciudad de Bluefields, Nicaragua

Autores:

Br. Kevin Antonio Sequeira

Br. Melkin Josué Alvarado Espinoza

Tutor:

Prof. Asdrúbal Flores Pacheco, Ph.D.

Bluefields, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur,
Nicaragua, octubre, 2026

Aporte institucional de BICU al fortalecimiento de la Educación Superior y la Investigación Nacional

En correspondencia con el Plan de Fortalecimiento de las Universidades Pueblo Presidente, Bluefields Indian & Caribbean University (BICU) presenta su aporte institucional al cumplimiento

Estrategia Nacional de Educación "bendiciones y victorias" 2024 – 2026

Ámbito	Socio productivo del país.
Eje	Eje 11. Investigación e Innovación
Lineamiento	42. "Incrementaremos la investigación científica en las universidades, incorporando las principales líneas de desarrollo del país.
Acción	Agenda nacional de investigación, vinculada con instituciones del Estado, Alcaldías y sectores productivos

Política y Agenda de Investigación e Innovación del Sistema Educativo Nacional 2025 – 2027

Eje Estratégico	Eje 11. Investigación e Innovación
Lineamiento	4. Pertinencia territorial, cultural y social
Área Prioritaria	11. Gestión territorial y recursos naturales
Línea de investigación	46. Planificación y gestión del territorio

BLUEFIELDS INDIAN & CARIBBEAN UNIVERSITY
BICU

INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONTRUCCIÓN
Área Específica de Ingeniería Civil

Monografía para optar al título de Ingeniero Civil

Evaluación de la infraestructura vial de la circunscripción III de la ciudad de Bluefields, Nicaragua

Autores:
Br. Kevin Antonio Sequeira
Br. Melkin Josué Alvarado Espinoza

Tutor:
Prof. Asdrúbal Flores-Pacheco, Ph.D.

Bluefields, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur,
Nicaragua
Octubre, 2026

"La educación es la mejor opción para el desarrollo de los pueblos"

Barrio San Pedro, Avenida Universitaria | Sede de BICU | Bluefields, Nicaragua | Cel. (505) 25721655 – 25721995 |
bicu@bicu.edu.ni | www.bicu.edu.ni

DEDICATORIA

Barrio San Pedro, Avenida Universitaria | Sede de BICU | Bluefields, Nicaragua | Cel. (505) 25721655 – 25721995 |
bicu@bicu.edu.ni | www.bicu.edu.ni

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN I
ABSTRACT II
I. INTRODUCCIÓN 1
II. ANTECEDENTES 3
III. JUSTIFICACIÓN 5
3.1 Limitaciones y riesgos 6
IV. HIPÓTESIS 8
V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 9
VI. OBJETIVOS 11
6.1 Objetivo General 11
6.2 Objetivos Específicos 11
VII. ESTADO DEL ARTE 13
7.1 Conceptos introductorios 13
7.2 Análisis de estudios 16
7.3 Reflexiones finales 19
VIII. DISEÑO METODOLÓGICO 21
8.1 Área de localización del estudio 21
8.2 Tipo de estudio según el enfoque, amplitud o periodo 23
8.3 Población, muestra 24
8.3.1 Tipo de muestra y muestreo 24
8.3.2 Técnicas e instrumentos de la investigación 25
8.4 Diseño 26
8.4.1 Recolección de Datos 26
8.4.2 Criterios de calidad: credibilidad, confiabilidad 27
8.5 Operacionalización de variables 28
8.6 Análisis de datos 36
IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 39
X. CONCLUSIONES 90
XI. RECOMENDACIONES 93
XII. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS 96
12.1 Presupuesto 96
12.2 Cronograma de actividades 97
XIII. REFERENCIAS 98

ANEXOS 103

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ruta de los tramos de muestreo 22
Tabla 2. Criterios de calidad: credibilidad, confiabilidad.....27
Tabla 3. Operacionalización de variables 28
Tabla 4. Síntesis de la superficie de rodamiento y la geometría vial 40
Tabla 5. Disponibilidad, continuidad y ancho de los andenes peatonales 45
Tabla 6. Tipología y condición funcional del drenaje pluvial.....48
Tabla 7. Disponibilidad y control de calidad de la señalización vial 50
Tabla 8. Comparación integrada de las brechas de infraestructura entre Fátima y Santa Rosa....53
Tabla 9. Cobertura documental y estado de validación de la base PCI.....57
Tabla 10. Estadísticos descriptivos del PCI por tramo 59
Tabla 11. Distribución de las unidades de muestra por condición PCI 62
Tabla 12. Diez unidades con menor PCI reportado.....66
Tabla 13. Frecuencia, losas afectadas y densidad media por tipo de deterioro 69
Tabla 14. Distribución de las unidades según nivel preliminar de intervención 77
Tabla 15. Prioridad preliminar por tramo y área evaluada asociada 79
Tabla 16. Familias de tratamiento preliminar y condiciones de aplicación.....81
Tabla 17. Obras complementarias propuestas por sector 83
Tabla 18. Programación preliminar y estado de la evaluación económica.....86

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Macro localización del sitio 21
Figura 2. Micro localización del sitio 22
Figura 3. Distribución de las vías según tipo de pavimento y estado general del rodamiento.....41
Figura 4. Ancho de carril por vía respecto a la referencia operativa de 3,00 m 43
Figura 5. Disponibilidad y ancho registrado de los andenes peatonales.....46
Figura 6. Tipología y condición funcional del drenaje pluvial.....49
Figura 7. Disponibilidad de señalización vial por sector y en el conjunto estudiado.....51
Figura 8. Media, mediana y rango del PCI reportado por tramo.....60
Figura 9. Distribución porcentual de la condición PCI por tramo.....63
Figura 10. Perfil secuencial del PCI reportado en las 71 unidades de muestra.....65
Figura 11. Diez deterioros con mayor frecuencia de registro.....70
Figura 12. Composición porcentual de la severidad de los deterioros por tramo.....72
Figura 13. Unidades por nivel preliminar de intervención.....78
Figura 14. Composición de la prioridad preliminar por tramo.....80
Figura 15. Frecuencia de las familias de tratamiento técnico preliminar.....82
Figura 16. Distribución de las acciones complementarias propuestas.....84
Figura 17. Unidades y área evaluada asociada por fase de intervención 87

RESUMEN

La infraestructura vial de la Circunscripción III de Bluefields presenta deterioros que afectan su funcionalidad y requieren intervenciones diferenciadas. La investigación evaluó las condiciones de las vías de los barrios Fátima y Santa Rosa para formular recomendaciones técnicas de mantenimiento y rehabilitación. Se desarrolló un estudio cuantitativo, no experimental, descriptivo-evaluativo y de campo, mediante inspección visual, caracterización de la infraestructura complementaria y aplicación del Índice de Condición del Pavimento (PCI). Se caracterizaron 17 vías y se evaluaron 71 unidades de muestra, correspondientes a 1.444 losas y 7.891,05 m². Los resultados mostraron que el 70,6 % de las vías presentó condición general regular, el 70,6 % registró drenaje funcionalmente deficiente y el 76,5 % careció de señalización. El PCI medio fue 40,00 y el ponderado por área 39,02; además, 36 unidades (50,7 %) registraron PCI ≤ 40. El Tramo 3 presentó la situación más crítica, con PCI medio de 27,36 y 85,7 % de unidades en condición crítica. La propuesta priorizó 19 unidades para intervención inmediata, 17 para corto plazo, 19 para intervención programada y 16 para conservación. Se concluyó que el deterioro vial presenta una distribución heterogénea y que su recuperación requiere integrar intervenciones sobre pavimento, drenaje, andenes y señalización, complementadas con estudios de ingeniería de detalle y evaluación económica.

Palabras clave: Ingeniería de drenaje; mantenimiento; seguridad del transporte; transporte por carretera.

ABSTRACT

The road infrastructure of District III of Bluefields shows deterioration affecting its functionality and requiring differentiated interventions. This research evaluated road conditions in the Fátima and Santa Rosa neighborhoods to formulate technical maintenance and rehabilitation recommendations. A quantitative, non-experimental, descriptive-evaluative, and field-based study was conducted through visual inspection, assessment of complementary infrastructure, and application of the Pavement Condition Index (PCI). Seventeen roads and 71 sample units, comprising 1,444 slabs and 7,891.05 m², were evaluated. Results showed that 70.6% of the roads were in an overall fair condition, 70.6% had functionally deficient drainage, and 76.5% lacked road signage. The mean PCI was 40.00 and the area-weighted PCI was 39.02; furthermore, 36 units (50.7%) recorded PCI values ≤ 40. Section 3 showed the most critical condition, with a mean PCI of 27.36 and 85.7% of its units within the critical range. The technical proposal prioritized 19 units for immediate intervention, 17 for short-term intervention, 19 for scheduled intervention, and 16 for conservation. It was concluded that road deterioration is spatially heterogeneous, and that infrastructure recovery requires integrated interventions involving pavement, drainage, sidewalks, and road signage, complemented by detailed engineering studies and economic evaluation.

Keywords: Drainage engineering; maintenance; road transport; transport safety.

I. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de desarrollo urbano y planificación territorial, la infraestructura vial constituye un factor determinante para la articulación funcional de las ciudades, el dinamismo económico y la integración social. Su adecuado estado físico y funcional permite garantizar condiciones mínimas de accesibilidad, movilidad segura, conectividad eficiente y calidad de vida para la población. No obstante, muchas zonas urbanas periféricas de ciudades intermedias como Bluefields presentan un notorio rezago en la atención y mantenimiento de sus vías, evidenciado en el deterioro progresivo de sus superficies de rodamiento, así como en la ausencia o deficiencia de elementos complementarios como drenaje pluvial, señalización y andenes peatonales.

En este contexto, la Circunscripción III del municipio de Bluefields, y en particular los barrios Fátima y Santa Rosa, manifiestan una problemática estructural que trasciende lo técnico para convertirse en una situación de impacto social directo. Las condiciones actuales de la infraestructura vial dificultan la circulación de vehículos, incrementan los tiempos de desplazamiento, generan riesgos para peatones y conductores, y limitan el acceso a servicios esenciales, como salud, educación, comercio y seguridad ciudadana. Esta situación no solo afecta el bienestar de los habitantes, sino que también repercute negativamente en la economía local, desincentiva la inversión y acentúa condiciones de desigualdad territorial (Cerda Calero, Dávila Martínez & Cantillano Centeno, 2023).

Diversos estudios coinciden en que el deterioro de las vías urbanas responde tanto a factores naturales como a causas antropogénicas. Por un lado, las precipitaciones intensas, los procesos de erosión y la falta de drenaje adecuado contribuyen a debilitar la estructura del pavimento; por otro, la sobrecarga vehicular, el uso inadecuado de los espacios viales y la falta de mantenimiento preventivo agravan el deterioro funcional (Fernández & Meza, 2024; González-Fernández et al., 2020). Esta combinación de factores exige un abordaje técnico riguroso, basado en metodologías estandarizadas que permitan diagnosticar el estado real de las vías y orientar adecuadamente las intervenciones requeridas.

En este marco, el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI, por sus siglas en inglés), desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos y normado a través de la ASTM D6433, se ha consolidado como una herramienta técnica confiable para la evaluación visual de pavimentos. Este método permite cuantificar el nivel de deterioro mediante una escala estandarizada, clasificando la condición del pavimento desde "fallido" hasta "excelente", en función del tipo, severidad y extensión de los deterioros observados (González-Fernández, Ruiz-Caballero & Guerrero-Valverde, 2020). Su aplicación, además, posibilita generar registros comparables, identificar tendencias de desgaste y establecer prioridades de mantenimiento con criterios objetivos y costo-eficientes.

La presente investigación se propone aplicar el método PCI para evaluar la condición estructural y funcional de las vías en los barrios Fátima y Santa Rosa, complementando el diagnóstico con el análisis del sistema de drenaje, la señalización vial y la infraestructura peatonal. El estudio adquiere relevancia tanto teórica como práctica. En el plano técnico, permite validar el uso del PCI como herramienta de gestión vial en contextos urbanos de baja disponibilidad tecnológica; en el plano social, contribuye a la mejora de la calidad de vida de la población mediante propuestas de intervención sustentadas en evidencia empírica y pertinencia territorial. Además, responde a los principios de equidad, sostenibilidad y resiliencia urbana promovidos por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 9 y ODS 11), al considerar el acceso equitativo a infraestructuras resilientes como un derecho ciudadano.

En suma, esta investigación se plantea como una respuesta integral al deterioro de la infraestructura vial en sectores históricamente marginados del proceso de desarrollo urbano, visibilizando la necesidad de diseñar estrategias de intervención con base en diagnósticos técnicos rigurosos, participación comunitaria y sostenibilidad a largo plazo. Los resultados esperados permitieron al gobierno municipal, actores comunitarios e instituciones académicas tomar decisiones informadas y formular planes de acción que garanticen la funcionalidad, seguridad y durabilidad de las vías urbanas en la Circunscripción III de Bluefields.

II. ANTECEDENTES

El estudio de la infraestructura vial ha sido abordado desde diversas perspectivas técnicas y territoriales, priorizando en los últimos años la necesidad de contar con diagnósticos integrales y actualizados que permitan orientar intervenciones efectivas en contextos urbanos y rurales. El enfoque de evaluación técnica de pavimentos, combinado con el análisis funcional y de seguridad vial, ha demostrado ser esencial para garantizar la eficiencia del sistema de transporte, reducir los riesgos para los usuarios y promover el desarrollo local.

En esta línea, Cerda Calero, Dávila Martínez y Cantillano Centeno (2023) desarrollaron una investigación orientada al mejoramiento de un tramo de 1,500 metros de la carretera vieja a Tipitapa, en Nicaragua. En dicho estudio, se destaca la importancia de realizar diagnósticos técnicos rigurosos mediante estudios de suelo, inspección visual y levantamientos topográficos para identificar el estado real de las vías y diseñar soluciones fundamentadas. Los autores subrayan que el deterioro progresivo de las calles, producto del paso del tiempo, la carga vehicular y la ausencia de mantenimiento, genera múltiples efectos adversos, como el incremento de los tiempos de viaje, daños en los vehículos y limitaciones a la movilidad cotidiana de las personas.

Esta situación, a su vez, afecta directamente la economía local y la calidad de vida de la población, al limitar el acceso a servicios básicos y frenar el desarrollo urbano. En cuanto a su enfoque, el estudio se sitúa en una perspectiva descriptiva con análisis técnico de campo, logrando como resultado la formulación de una propuesta de mejoramiento vial basada en las condiciones estructurales del terreno y la demanda de tránsito existente.

Por su parte, la investigación desarrollada por Fernández Samaniego y Meza Mayhuire (2024), centrada en el rediseño de la infraestructura vial en un punto crítico de intersección urbana en San Juan de Lurigancho, Lima, ofrece un enfoque más amplio al considerar no solo el estado del pavimento, sino también la infraestructura complementaria relacionada con

la seguridad vial. Los autores advierten que el mal estado de las vías no solo afecta la movilidad vehicular, sino que incrementa significativamente la vulnerabilidad de los peatones, en especial en zonas densamente pobladas. De acuerdo con sus hallazgos, la ausencia o mal estado de la señalización horizontal y vertical, junto con la carencia de pasos peatonales seguros, constituyen factores críticos que inciden directamente en la siniestralidad vial.

En este sentido, el estudio plantea que un diagnóstico completo debe integrar múltiples variables técnicas y sociales, permitiendo así formular estrategias de rediseño urbano orientadas a reducir la congestión vehicular, aumentar la seguridad de los usuarios y garantizar una circulación más ordenada y eficiente.

Ambas investigaciones coinciden en señalar la necesidad de incorporar herramientas de evaluación estructurada, como el Índice de Condición del Pavimento (PCI), junto con criterios de sostenibilidad, funcionalidad y accesibilidad, para generar propuestas que respondan a las necesidades reales de los usuarios de la infraestructura vial. Asimismo, revelan que el éxito de los proyectos de rehabilitación depende en gran medida de la correcta caracterización de los deterioros, la identificación de los factores causales y la participación de los actores locales en la planificación de soluciones.

Los antecedentes citados sientan las bases conceptuales y metodológicas que fundamentan la presente investigación, la cual se orienta a la evaluación técnica de las vías en la Circunscripción III de Bluefields, con el propósito de formular propuestas de intervención pertinentes y sostenibles.

III. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación adquiere relevancia al abordar una problemática que incide directamente en la calidad de vida de la población urbana de Bluefields, especialmente en los barrios Fátima y Santa Rosa de la Circunscripción III, donde el deterioro de la infraestructura vial ha sido progresivo y desatendido. Las condiciones actuales de las vías afectan la movilidad de los usuarios, incrementan los tiempos de traslado, generan deterioro vehicular, exponen a peatones a situaciones de riesgo y restringen el acceso a servicios esenciales como salud, educación y comercio. Esta situación también tiene implicaciones económicas, ya que reduce la competitividad local, desincentiva inversiones y obstaculiza la integración productiva de la zona.

Porque existe una necesidad urgente de contar con un diagnóstico técnico confiable del estado de la infraestructura vial en zonas urbanas periféricas como Fátima y Santa Rosa, donde históricamente no se han aplicado herramientas estandarizadas de evaluación como el Índice de Condición del Pavimento (PCI). Además, los instrumentos de planificación urbana local carecen de datos actualizados sobre las condiciones reales de las vías, lo cual limita la toma de decisiones fundamentadas en evidencia.

Para generar información cuantitativa y cualitativa que permita clasificar el estado de las vías, identificar los tipos y causas de deterioro, y formular propuestas de intervención técnica sostenibles y costo-eficientes. El estudio pretende contribuir con insumos técnicos al plan municipal de desarrollo urbano, facilitar la priorización de proyectos de mantenimiento y rehabilitación vial, y mejorar la gestión territorial en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 9 y ODS 11).

Este estudio está dirigido principalmente a las autoridades municipales, al Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM), al Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) y a las organizaciones comunitarias que demandan mejoras en la

infraestructura urbana. Asimismo, representa un aporte académico valioso para estudiantes y profesionales del área de Ingeniería Civil, al servir como modelo de aplicación del método PCI en contextos urbanos con limitados recursos técnicos.

La investigación es factible en términos técnicos, metodológicos y logísticos. Se cuenta con el acceso a la zona de estudio, con el equipo humano capacitado para la aplicación del PCI (levantamiento visual, fichas técnicas y procesamiento de datos) y con la normativa técnica nacional e internacional actualizada. Además, el estudio es pertinente con las líneas de investigación del área de Ingeniería, Industria y Construcción de BICU y se enmarca en el modelo educativo comunitario e intercultural de la institución.

3.1 Limitaciones y riesgos

Limitación o Riesgo	Descripción
Alcance geográfico restringido	El estudio se limita a los barrios Fátima y Santa Rosa, por lo que sus resultados no pueden generalizarse a toda Bluefields.
Método basado en inspección visual (PCI)	La aplicación del método PCI depende de la observación y registro visual, lo que introduce cierto grado de subjetividad.
Condiciones climáticas impredecibles	La temporada de lluvias puede dificultar la evaluación en campo, alterar el estado de la vía y limitar el acceso a algunos tramos.

Limitación o Riesgo	Descripción
Recursos limitados para pruebas de laboratorio	No se incluyen ensayos de laboratorio (CBR, granulometría, etc.) por limitaciones de financiamiento y disponibilidad técnica.
Disponibilidad de información complementaria sobre tráfico y drenaje	La ausencia de bases de datos actualizadas sobre volumen vehicular y redes de drenaje puede limitar la profundidad del análisis.
Posible resistencia comunitaria o institucional durante la recolección de información	La percepción de fiscalización podría generar desconfianza en algunos actores locales, afectando la fluidez del trabajo de campo.

IV. HIPÓTESIS

La aplicación del método del Índice de Condición del Pavimento (PCI), complementado con la evaluación de sistemas de drenaje, señalización y andenes, permite diagnosticar de forma técnica y objetiva el estado actual de la infraestructura vial en los barrios Fátima y Santa Rosa de la Circunscripción III de Bluefields, facilitando la formulación de propuestas de intervención costo-eficientes y sostenibles para mejorar la transitabilidad y seguridad vial.

V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las últimas décadas, el crecimiento urbano acelerado y la falta de mantenimiento sistemático han agravado las condiciones de la infraestructura vial en múltiples zonas urbanas de Nicaragua. En la ciudad de Bluefields, esta problemática se manifiesta con particular intensidad en la Circunscripción III, específicamente en los barrios Fátima y Santa Rosa, donde se observa un deterioro generalizado del sistema vial que compromete seriamente la funcionalidad, seguridad y accesibilidad del entorno urbano. Este deterioro se expresa en la presencia de fisuras, baches, desprendimientos superficiales, deformaciones del pavimento y pérdida progresiva de la capacidad estructural de las vías, afectando tanto a la red principal como a las calles secundarias.

La situación descrita genera externalidades negativas evidentes: congestión vehicular, aumento en los tiempos de desplazamiento, elevación de los costos de operación de vehículos particulares y de transporte público, y disminución en la calidad de vida de los habitantes. Además, la ausencia de andenes en varios tramos y el deterioro de los existentes obliga a los peatones a invadir la calzada, exponiéndolos a altos niveles de riesgo. Esta condición de vulnerabilidad se ve agravada por la deficiencia o inexistencia de señalización vial —tanto vertical como horizontal—, lo que genera desorden en el tránsito y aumenta la probabilidad de accidentes.

Un factor adicional que complejiza la problemática es la inadecuada gestión del drenaje pluvial, particularmente en el barrio Fátima, donde la acumulación de residuos sólidos y la falta de mantenimiento de alcantarillas producen obstrucciones frecuentes. En temporada de lluvias, estas condiciones provocan anegamientos que ocultan las irregularidades del pavimento, aumentando el riesgo de siniestros para peatones y conductores.

Más allá del impacto local, esta situación afecta a toda la ciudad, ya que la Circunscripción III alberga corredores de tránsito estratégico que conectan con zonas comerciales, centros

educativos, instituciones públicas y barrios periféricos. La persistencia del deterioro vial limita el desarrollo urbano, debilita la conectividad intraurbana y condiciona negativamente la economía local, al restringir la circulación eficiente de personas, bienes y servicios.

En este contexto, resulta imperativo generar un diagnóstico técnico, riguroso y actualizado de las condiciones reales de la infraestructura vial en estos sectores, aplicando metodologías estandarizadas como el Índice de Condición del Pavimento (PCI), complementado con la evaluación de andenes, señalización y drenaje. Tal diagnóstico permitió formular propuestas de intervención costo-eficientes, orientadas a la rehabilitación progresiva del sistema vial, priorizando criterios de funcionalidad, seguridad, equidad y sostenibilidad.

A partir de lo anterior, surge la siguiente pregunta de investigación:
¿Cuál es el estado actual de la infraestructura vial en los barrios Fátima y Santa Rosa de la Circunscripción III de Bluefields, según el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI), y qué intervenciones técnicas pueden proponerse para mejorar su funcionalidad, seguridad y durabilidad?

VI. OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

Evaluar el estado actual de la infraestructura vial en la Circunscripción III de la ciudad de Bluefields, mediante la aplicación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el análisis de elementos complementarios, con el propósito de formular recomendaciones técnicas para su mantenimiento y/o rehabilitación.

6.2 Objetivos Específicos

1. Caracterizar la infraestructura vial del tramo en estudio mediante un inventario físico de la superficie de rodamiento, los andenes peatonales, el sistema de drenaje pluvial y la señalización vial existente, considerando sus características observables, dimensiones registradas y estado de conservación.

2. Evaluar la condición superficial del pavimento mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI), considerando el tipo, la severidad y la extensión de los deterioros presentes, como referencia indirecta de las condiciones de transitabilidad del tramo en estudio.

3. Formular una propuesta técnica de mantenimiento y/o rehabilitación vial, diferenciada por tramo, basada en los niveles de daño identificados, priorizando soluciones costo-eficientes, sostenibles y adecuadas al contexto urbano de la Circunscripción III.

Barrio San Pedro, Avenida Universitaria | Sede de BICU | Bluefields, Nicaragua | Cel. (505) 25721655 – 25721995 |
bicu@bicu.edu.ni | www.bicu.edu.ni

VII. ESTADO DEL ARTE

7.1 Conceptos introductorios

La infraestructura vial constituye uno de los pilares fundamentales para el desarrollo urbano, territorial y económico de cualquier sociedad. Su estado de conservación tiene un impacto directo en la calidad de vida de la población, la eficiencia del transporte, la competitividad regional y la sostenibilidad ambiental (González, 2011). En entornos urbanos como el municipio de Bluefields, la infraestructura vial no solo cumple una función estructural en la red de conectividad, sino que también representa un derecho ciudadano al acceso seguro, eficiente y equitativo al espacio urbano.

Uno de los componentes centrales de la infraestructura vial es el pavimento, definido como la estructura física sobre la cual se desplazan los vehículos, compuesta por varias capas con funciones estructurales y funcionales específicas. Su diseño debe garantizar resistencia ante cargas vehiculares repetidas, condiciones climáticas adversas y desgaste por uso. Se distinguen principalmente dos tipos: el pavimento flexible, compuesto por mezclas asfálticas que permiten cierta deformación, y el pavimento rígido, basado en concreto hidráulico con mayor capacidad estructural y durabilidad (Chapoñan & Quispe, 2017).

Para diagnosticar el estado de los pavimentos de manera técnica y objetiva, se ha adoptado en la ingeniería vial el uso del Índice de Condición del Pavimento (PCI), una metodología desarrollada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos y formalizada en la norma ASTM D6433. Este método se basa en una inspección visual detallada de unidades de muestra representativas, identificando tipos de deterioro (como agrietamientos, desprendimientos, asentamientos), niveles de severidad (bajo, medio, alto) y porcentaje de afectación de la superficie, para luego generar un índice numérico de 0 a 100. Un valor cercano a 100 indica una vía en excelente estado, mientras que valores por debajo de 55 reflejan necesidad urgente de intervención (Salinas, Rojas & Jiménez, 2019; PCI, 2009).

Sin embargo, el análisis de la infraestructura vial no puede limitarse exclusivamente al estado del pavimento. Es necesario considerar otros componentes complementarios que inciden en la funcionalidad integral del sistema. Entre ellos destacan:

- **Andenes peatonales**: Espacios reservados para la circulación segura de peatones, cuya continuidad, anchura, accesibilidad y estado físico son esenciales para garantizar una movilidad inclusiva y reducir riesgos de siniestralidad. Los andenes deteriorados, interrumpidos o ausentes obligan al peatón a circular por la calzada, aumentando su exposición al riesgo vial (Fernández & Meza, 2024).
- **Sistema de drenaje pluvial urbano**: Conjunto de obras hidráulicas diseñadas para captar y evacuar el agua de lluvia, protegiendo la infraestructura vial de inundaciones y erosión. La presencia de rejillas, cunetas, cajas de inspección y su correcto funcionamiento son determinantes para preservar la vida útil del pavimento. Un sistema colapsado o inexistente acelera el deterioro de las vías y afecta la seguridad vial (Cerda Calero, Dávila Martínez & Cantillano Centeno, 2023).
- **Señalización vial**: Dispositivos visuales como señales verticales, marcas horizontales y semáforos que regulan el tránsito, orientan a los usuarios y garantizan una circulación ordenada. Su ausencia, ilegibilidad o deterioro genera incertidumbre en los conductores y peatones, contribuyendo a accidentes y desorganización del flujo vehicular (Mamani & Mamani, 2024).
- **Transitabilidad**: Se refiere a la capacidad de una vía para permitir el desplazamiento eficiente, seguro y continuo de los diferentes usuarios. Está condicionada por el estado del pavimento, la presencia de obstáculos, la capacidad de drenaje, y la organización del flujo mediante señalización. La transitabilidad es un indicador funcional clave que traduce el estado físico de la vía en impacto directo sobre el usuario.

Desde una perspectiva metodológica, esta investigación considera las siguientes variables e indicadores técnicos para el diagnóstico de la infraestructura vial en la Circunscripción III de Bluefields:

Variable	Indicadores técnicos
Condición del pavimento	Tipo de deterioro, severidad, extensión (área afectada), valor del PCI por unidad de muestra
Estado del drenaje pluvial	Existencia de cunetas, alcantarillas, rejillas; funcionalidad; obstrucción por residuos
Andenes peatonales	Continuidad longitudinal, estado físico (fisuras, baches), accesibilidad (rampas, nivelación), seguridad
Señalización vial	Existencia de señales verticales y horizontales, legibilidad, visibilidad, ubicación correcta
Transitabilidad	Fluidez del tránsito, accesibilidad peatonal, presencia de obstáculos, tiempos de desplazamiento

Estos conceptos e indicadores permitieron abordar el estudio desde un enfoque técnico integral, con base en evidencia empírica recolectada en campo, metodologías normalizadas y pertinencia territorial. La articulación entre el método PCI y los análisis complementarios garantiza una visión holística del estado de la infraestructura vial y sienta las bases para la formulación de propuestas de intervención sostenibles y costo-eficientes.

7.2 Análisis de estudios

El uso del Índice de Condición del Pavimento (PCI) se ha consolidado como una herramienta objetiva, replicable y estandarizada para la evaluación técnica de pavimentos. Salinas, Rojas y Jiménez (2019) realizaron un estudio pionero en el contexto centroamericano aplicando el método PCI para identificar los deterioros más frecuentes en pavimentos urbanos, como el agrietamiento en bloque, desprendimiento superficial, asentamientos diferenciales y baches. Su clasificación por tipo, severidad y extensión permite generar diagnósticos diferenciados por tramos y establecer criterios de intervención basados en datos empíricos, no en percepción subjetiva.

En esa línea, González-Fernández et al. (2020) aplicaron el PCI a escala distrital en Lima Metropolitana, integrando georreferenciación y sistemas de información geográfica (SIG) para visualizar espacialmente el deterioro vial. Este enfoque multiescala demuestra que el PCI no es exclusivo de redes primarias o autopistas, sino que es aplicable y eficaz en barrios con tráfico mixto, como los de la Circunscripción III de Bluefields.

Por su parte, Pérez y Montenegro (2018) validaron el uso del PCI en vías secundarias de Managua con resultados consistentes, incluso en ausencia de historial de mantenimiento. Esto demuestra que, con una adecuada segmentación de la red vial y entrenamiento básico del equipo técnico, el PCI es factible en contextos urbanos con limitaciones institucionales y presupuestarias.

Varios estudios critican el uso aislado del PCI, por su limitada capacidad para explicar los problemas funcionales de la vía. En este sentido, Fernández y Meza (2024) amplían la evaluación técnica incorporando variables como la señalización vertical y horizontal, visibilidad, accesibilidad peatonal y seguridad vial. Su propuesta metodológica combina inspección visual estructurada con criterios de análisis urbano y de tránsito, aportando una visión más holística de la infraestructura vial.

Complementariamente, Cerda Calero, Dávila Martínez y Cantillano Centeno (2023) evidencian cómo la deficiencia del sistema de drenaje pluvial contribuye al deterioro acelerado del pavimento. En su estudio sobre la carretera vieja a Tipitapa, documentan cómo la acumulación de residuos sólidos por falta de educación vial y gestión de residuos incide en el colapso de las cunetas y alcantarillas. Esta experiencia destaca la necesidad de vincular el análisis técnico con aspectos socioculturales del territorio.

En el ámbito peatonal, Guzmán y Narváez (2021) identifican que la ausencia, deterioro o interrupción de andenes obliga a los peatones a circular sobre la calzada, generando conflictos de uso del espacio vial y aumentando el riesgo de siniestralidad. Proponen indicadores específicos de accesibilidad, continuidad, seguridad y visibilidad como complemento necesario al PCI para evaluar la funcionalidad global de una vía.

La literatura también ha incorporado enfoques experimentales y de innovación tecnológica. Chapoñan y Quispe (2017) introducen el uso de fibras de polipropileno como refuerzo en pavimentos rígidos, mejorando el módulo de ruptura y la resistencia ante fisuración por contracción térmica. Esta solución se orienta especialmente a zonas con tránsito pesado y alta humedad, características propias del entorno de Bluefields.

De igual forma, Gómez y Ledesma (2016) investigaron la incorporación de residuos plásticos en mezclas asfálticas, generando un doble beneficio: prolongación de la vida útil del pavimento y mitigación ambiental por reciclaje. Aunque estos enfoques aún no son ampliamente adoptados en Nicaragua, su viabilidad técnica ha sido probada en contextos similares del corredor centroamericano.

Desde el enfoque de gestión, Cisneros y Maldonado (2018) revelan una serie de limitaciones estructurales en los gobiernos locales en relación con la infraestructura vial: ausencia de inventarios viales, desconocimiento del estado real de las vías y falta de criterios técnicos en la asignación presupuestaria. Proponen la adopción del PCI como base para elaborar planes de mantenimiento vial con horizonte de 5 a 10 años.

Un ejemplo concreto de gestión exitosa es el de Estelí, documentado por Rodríguez y Espinoza (2019), donde la municipalidad utilizó el PCI como herramienta para clasificar y priorizar intervenciones por zonas. Esto permitió optimizar recursos y articular la planificación técnica con la participación ciudadana, logrando mayor eficiencia y legitimidad en el proceso.

En contraste, Bermúdez y Espinal (2021) identifican en el Caribe hondureño un patrón de mantenimiento reactivo, con intervenciones solo ante fallas críticas, lo cual resulta en mayor gasto acumulado. Recomiendan el uso del PCI para transitar hacia modelos preventivos, con monitoreo periódico de la red vial.

A nivel latinoamericano, Mamani y Mamani (2024) aplicaron el PCI en áreas urbanas y rurales de Bolivia, evidenciando diferencias significativas en los tipos de deterioro y causas estructurales. En zonas rurales, la falta de drenaje fue el factor más determinante, mientras que en zonas urbanas lo fue el exceso de carga vehicular y el escaso control del transporte pesado.

En Colombia, García y Perdomo (2022) aplicaron una metodología multicriterio que integra el PCI, análisis de tránsito, percepción ciudadana y datos ambientales. Esta combinación permitió formular planes de intervención que respondieran tanto a necesidades técnicas como a demandas sociales, promoviendo una visión más inclusiva de la gestión vial.

Finalmente, Flores Pacheco (2025) plantea que la gestión de infraestructura vial en contextos multiétnicos debe considerar los saberes locales, la participación comunitaria y la pertinencia territorial, integrando los datos técnicos con procesos de diálogo social. Esta perspectiva resulta fundamental para proyectos ubicados en zonas de alta diversidad cultural, como la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur.

7.3 Reflexiones finales

El análisis crítico de los estudios revisados evidencia que la evaluación de la infraestructura vial urbana ha evolucionado desde enfoques puramente estructurales hacia modelos integrales que combinan criterios técnicos, funcionales, sociales y ambientales. En este proceso, el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) se posiciona como una herramienta robusta, validada en múltiples contextos latinoamericanos, capaz de ofrecer diagnósticos objetivos y comparables del estado del pavimento.

Sin embargo, también se constata que el uso exclusivo del PCI presenta limitaciones si no se articula con otros componentes clave de la red vial, tales como el drenaje pluvial, la señalización vial y los andenes peatonales, los cuales inciden directamente en la transitabilidad y seguridad vial. Los estudios de Fernández & Meza (2024), Guzmán & Narváez (2021) y Cerda Calero et al. (2023) destacan la importancia de incorporar estos elementos en la evaluación, lo cual permite comprender la infraestructura como un sistema funcional, y no solo como un soporte físico.

Asimismo, las experiencias municipales exitosas (Rodríguez & Espinoza, 2019; Cisneros & Maldonado, 2018) demuestran que la adopción de metodologías estandarizadas como el PCI mejora significativamente la planificación y gestión de los recursos públicos. Estos antecedentes justifican su aplicación en Bluefields, especialmente en una zona como la Circunscripción III, donde el deterioro vial afecta tanto la movilidad como la calidad de vida de los habitantes.

Desde un enfoque metodológico, la presente investigación adopta el método PCI como herramienta central para el diagnóstico de la superficie de rodamiento, por su capacidad para cuantificar con precisión los niveles de deterioro mediante la observación directa, el registro fotográfico y el análisis de severidad y extensión de los daños. Complementariamente, se incorporan indicadores técnicos relacionados con el estado del drenaje, andenes y

señalización, siguiendo criterios adaptados de estudios recientes en contextos similares (García & Perdomo, 2022; Villanueva & Rodríguez, 2020).

La selección de estos métodos responde no solo a su validez científica, sino también a su viabilidad operativa y pertinencia local. En un contexto urbano como Bluefields —caracterizado por alta pluviosidad, tránsito mixto, limitaciones presupuestarias y diversidad cultural— es fundamental optar por herramientas que puedan ser aplicadas con recursos disponibles, sin renunciar al rigor técnico.

Finalmente, la revisión del estado del arte sugiere que una evaluación integral, técnicamente fundamentada y territorialmente pertinente, permite no solo formular propuestas de mantenimiento y rehabilitación costo-eficientes, sino también contribuir a procesos de gobernanza urbana más participativos, sostenibles y orientados al bienestar colectivo. Este estudio, por tanto, no se limita a un diagnóstico físico, sino que busca incidir en la mejora de la infraestructura vial como derecho urbano, bien público y motor de desarrollo local.

VIII. DISEÑO METODOLÓGICO

8.1 Área de localización del estudio

8.1.1. Macro localización del estudio



Figura 1. Macro localización del sitio *Fuente: Google Maps*

El municipio de Bluefields se ubica en la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS) de Nicaragua, y funge como sede administrativa principal de dicha región. Limita al norte con el municipio de Kukra Hill, al sur con San Juan de Nicaragua y El Castillo, al este con el mar Caribe, y al oeste con los municipios de Nueva Guinea y El Rama.

8.1.2. Micro localización del estudio

El sitio de estudio se dividió en tres tramos consecutivos, definidos según puntos de referencia urbanos estratégicos a lo largo del eje vial analizado. El tramo #1 comprende desde la esquina de Radio Zelaya hasta el puente de Santa Rosa. El tramo #2 se extiende por la calle Colon. El tramo #3 abarca desde el puente de Santa Rosa hasta la rotonda del mismo nombre.

Tabla 1. Ruta de los tramos de muestreo

Tramos	Ruta	Distancia (m)
Tramo 1	Radio Zelaya – puente de Santa Rosa	941
Tramo 2	Calle Colon	229
Tramo 3	Puente de Santa Rosa – rotonda de Santa Rosa	716
Distancia total		***1,886***



Figura 2. Micro localización del sitio

Fuente: *Google Earth*

8.2 Tipo de estudio según el enfoque, amplitud o periodo

El presente estudio se desarrolló en la Circunscripción III del municipio de Bluefields, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS), Nicaragua. Esta circunscripción está conformada por una serie de barrios urbanos, entre los cuales se destacan el barrio Fátima y el barrio Santa Rosa, los cuales constituyen el área de intervención directa de la investigación.

El tramo por evaluar corresponde a la vialidad que conecta el barrio Fátima con la rotonda ubicada en el barrio Santa Rosa, una vía de importancia funcional tanto para el tránsito vehicular como peatonal. Este corredor urbano cumple un rol estratégico dentro de la red vial municipal, al servir como vía de acceso hacia zonas residenciales, centros educativos, unidades de salud, comercios locales y oficinas institucionales.

Desde el punto de vista geográfico, Bluefields se localiza entre las coordenadas 11°59′00″ N y 83°45′00″ O, en una zona caracterizada por un clima tropical húmedo, con alta pluviosidad durante la mayor parte del año, lo que influye de forma significativa en el comportamiento de los materiales de pavimentación, en la capacidad de drenaje urbano y en el deterioro progresivo de la infraestructura vial.

Los barrios seleccionados presentan condiciones socioespaciales heterogéneas, con sectores de alta densidad poblacional, infraestructura vial en estado variable, y deficiencias evidentes en los sistemas de drenaje, andenes y señalización. Estas condiciones justifican su elección como área de estudio, al representar un caso típico de deterioro urbano en ciudades costeras del Caribe nicaragüense.

La zona cuenta con tramos pavimentados y no pavimentados, con predominancia de superficies de concreto hidráulico en proceso de degradación, lo cual permite aplicar de manera pertinente el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para establecer un

diagnóstico técnico del estado de la vía, y formular propuestas de intervención que respondan a la necesidad de mejorar la transitabilidad, seguridad y calidad de vida de los habitantes.

8.3 Población, muestra

La población del estudio está constituida por la totalidad de la infraestructura vial localizada en la Circunscripción III de la ciudad de Bluefields, con énfasis en los barrios Fátima y Santa Rosa. Esta infraestructura incluye los elementos físicos que conforman el sistema vial: calzada o superficie de rodamiento, andenes peatonales, sistemas de drenaje pluvial y señalización vial.

Dentro de esta red vial, se identifican tramos funcionalmente significativos por su uso cotidiano, nivel de tránsito, conectividad y afectación visible, lo cual constituye la base para la selección de la muestra.

8.3.1 Tipo de muestra y muestreo

El estudio emplea un muestreo no probabilístico de tipo intencional, en el que se seleccionan unidades de muestra viales representativas de la zona en estudio, conforme a criterios técnicos establecidos por la metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI), según la norma ASTM D6433.

La unidad de muestra corresponde a tramos de pavimento homogéneos, de entre 50 y 250 metros de longitud, en los que se observa uniformidad en el tipo de material, condiciones de tráfico, diseño geométrico y nivel de deterioro.

La selección de los tramos muestreados responde a los siguientes criterios técnicos:

- Vías de alto tránsito vehicular o peatonal.
- Presencia visible de deterioro en la superficie de rodamiento.

- Relevancia funcional dentro del sistema vial del sector.
- Condiciones que permitan aplicar de forma segura y efectiva el método PCI.

La muestra garantiza una cobertura adecuada del área de estudio, permitiendo realizar un diagnóstico técnico integral y formular propuestas de mantenimiento o rehabilitación con base en el nivel de deterioro identificado.

8.3.2 Técnicas e instrumentos de la investigación

Para la recolección de datos, se emplearon técnicas de inspección visual directa, fundamentadas en la normativa ASTM D6433, complementadas con levantamientos descriptivos para los componentes peatonales, de drenaje y señalización.

Las técnicas específicas ejecutadas:

1. **Inspección visual estructurada:** evaluación de la superficie de rodamiento para identificar el tipo, severidad y extensión de deterioros, conforme a la metodología PCI.
2. **Registro fotográfico georreferenciado:** documentación visual de cada unidad de muestra para respaldo técnico y verificación.
3. **Observación directa de infraestructura complementaria:** valoración del estado físico y funcional de andenes, cunetas, sumideros, alcantarillas, y señalización.
4. **Georreferenciación por GPS:** para delimitar y ubicar con precisión cada tramo evaluado.

Los instrumentos utilizados:

- **Ficha técnica de evaluación PCI:** diseñada con base en la norma ASTM D6433 para documentar deterioros por tramo (tipo, severidad, área afectada).
- **Guía de observación complementaria:** instrumento diseñado para registrar condiciones de drenaje, andenes y señalización (presencia, estado físico, funcionalidad).

- **Hoja de cálculo:** para el procesamiento del PCI por unidad de muestra y generación de reportes tabulados.
- Cámara digital y equipo de medición básica (cinta métrica, balizas, niveles manuales).

Estos instrumentos fueron previamente validados en el diseño metodológico del protocolo y permitieron una recolección rigurosa, segura y confiable de los datos técnicos.

8.4 Diseño

El diseño metodológico adoptado en este estudio es de tipo no experimental, transversal y de campo, lo que implica que los datos se recolectaron sin manipulación deliberada de variables, en un solo momento temporal y directamente en el entorno natural de la infraestructura vial. La investigación se desarrolló bajo un enfoque descriptivo-diagnóstico, centrado en caracterizar el estado actual de la infraestructura vial (superficie de rodamiento, drenaje, señalización y andenes) en los barrios Fátima y Santa Rosa de la Circunscripción III del municipio de Bluefields, mediante la aplicación del método PCI y otras herramientas complementarias. El diseño metodológico se estructura en fases que permiten recolectar, procesar, analizar e interpretar los datos con base en criterios técnicos objetivos y verificables.

8.4.1 Recolección de Datos

La recolección de datos se llevó a cabo en el mes de septiembre del 2025, durante condiciones climáticas que permitan el desarrollo seguro de las actividades de campo.
El proceso comprende las siguientes etapas:

1. **Segmentación de la vía en unidades de muestra** según los criterios establecidos en la norma ASTM D6433, considerando homogeneidad en longitud, tipo de pavimento y nivel de tránsito.

2. **Inspección visual sistemática** de cada unidad de muestra para identificar los tipos de deterioro, su severidad (leve, moderada, severa) y la extensión afectada, siguiendo las fichas técnicas del método PCI.

3. **Registro fotográfico georreferenciado** mediante el uso de GPS y cámara digital para documentar los deterioros y complementar los datos registrados en campo.

4. **Evaluación técnica de los elementos complementarios** de la infraestructura vial (drenaje pluvial, andenes y señalización), aplicando una guía de observación estructurada.

5. **Codificación y tabulación de datos** en hojas de cálculo para el procesamiento del PCI, análisis gráfico y elaboración de reportes.

El equipo de trabajo estuvo conformado por estudiantes y asesores de Ingeniería Civil, capacitados previamente en el uso del método PCI y los instrumentos de campo, lo cual garantizara la consistencia en la recolección de los datos.

8.4.2 Criterios de calidad: credibilidad, confiabilidad

La calidad metodológica del estudio se garantizó mediante la aplicación de los siguientes criterios técnicos**:**

Tabla 2. Criterios de calidad: credibilidad, confiabilidad

Criterio	Estrategias implementadas
Credibilidad	- Capacitación previa del equipo técnico en la aplicación del método PCI. - Triangulación de datos mediante observación directa, registro fotográfico y fichas técnicas. - Validación de instrumentos por parte de asesores especializados.

Criterio	Estrategias implementadas
Confiabilidad	- Uso de instrumentos estandarizados (ASTM D6433, guías de observación técnica). - Repetibilidad de las mediciones en unidades similares. - Codificación rigurosa y procesamiento sistemático de los datos.

Ambos criterios se fortalecieron mediante la documentación sistemática del trabajo de campo, el uso de evidencias visuales y la aplicación de procedimientos replicables, lo que asegura que los resultados puedan ser verificados y comparados en investigaciones futuras.

8.5 Operacionalización de variables

Tabla 3. Operacionalización de variables

Variable	Concepto operativo	Instrumento de medición	Unidades	Frecuencia de monitoreo
Objetivo específico 1: Caracterizar la infraestructura vial del tramo en estudio mediante un inventario físico de la superficie de rodamiento, los andenes peatonales, el sistema de drenaje pluvial y la señalización vial existente, considerando sus características observables, dimensiones registradas y estado de conservación.				
Estado físico del pavimento	Condición superficial de la carpeta de rodamiento,	Ficha técnica PCI (ASTM D6433),	m^2 deteriorados, tipo de falla, severidad	Una vez por unidad de muestra

Variable	Concepto operativo	Instrumento de medición	Unidades	Frecuencia de monitoreo
	evaluada mediante tipo, severidad y extensión de los deterioros.	cámara fotográfica		
Condición de andenes peatonales	Presencia, continuidad y estado físico de aceras laterales, considerando accesibilidad, seguridad y funcionalidad.	Guía de observación estructurada	Metros lineales, porcentaje de sección afectada	Una vez por tramo evaluado
Estado del sistema de drenaje	Funcionamiento de cunetas, sumideros y alcantarillas en relación con su capacidad hidráulica, obstrucción y deterioro físico.	Guía técnica de evaluación de drenaje	Número de estructuras, % obstruidas o dañadas	Una vez por cada tramo

Variable	Concepto operativo	Instrumento de medición	Unidades	Frecuencia de monitoreo
Condición de la señalización vial	Existencia y legibilidad de señalización horizontal y vertical en el tramo (líneas, letreros, cruces peatonales, señales reglamentarias e informativas).	Lista de chequeo visual y guía de observación	Número de señales por tipo, estado (legible/ilegible/inexistente)	Una vez por tramo evaluado

Objetivo específico 2: Evaluar la condición superficial del pavimento mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI), considerando el tipo, la severidad y la extensión de los deterioros presentes, como referencia indirecta de las condiciones de transitabilidad del tramo en estudio.

Variable	Concepto operativo	Instrumento de medición	Unidades	Frecuencia de monitoreo
Nivel de deterioro del pavimento	Medición cuantitativa del estado de la superficie de rodamiento mediante el cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI), basado en severidad y extensión.	Ficha técnica PCI (ASTM D6433)	Valor PCI (0-100), categoría de condición	Una vez por unidad de muestra
Tipo de falla estructural o funcional	Clasificación de los deterioros observados (fisuras, desprendimientos, deformaciones, baches, parches, etc.) según su naturaleza y	Catálogo de deterioros PCI	Tipología estándar (ASTM D6433)	Una vez por deterioro identificado

Variable	Concepto operativo	Instrumento de medición	Unidades	Frecuencia de monitoreo
	efecto sobre la funcionalidad.			
Severidad del daño	Grado de afectación del deterioro (leve, moderado, severo) determinado según los parámetros establecidos por la norma PCI.	Escala cualitativa PCI	Escala ordinal (baja, media, alta)	Una vez por tipo de deterioro
Extensión afectada	Medición del área total del pavimento afectado por cada tipo de deterioro dentro de la unidad de muestra.	Medición directa y croquis	Metros cuadrados (m^2)	Una vez por unidad de muestra

Variable	Concepto operativo	Instrumento de medición	Unidades	Frecuencia de monitoreo
Afectación a la transitabilidad	Impacto observable del deterioro en la circulación vehicular o peatonal (ralentización, desvíos, interrupciones, riesgos).	Observación directa, registro fotográfico	Descripción cualitativa y escala de impacto	Una vez por tramo evaluado
Objetivo específico 3: Formular una propuesta técnica de mantenimiento y/o rehabilitación vial, diferenciada por tramo, basada en los niveles de daño identificados, priorizando soluciones costo-eficientes, sostenibles y adecuadas al contexto urbano de la Circunscripción III.				
Nivel de intervención requerido	Determinación técnica del tipo de tratamiento necesario (mantenimiento rutinario, preventivo, correctivo o rehabilitación	Matriz de decisión técnica basada en resultados del PCI	Categorías de intervención	Una vez por tramo evaluado

Variable	Concepto operativo	Instrumento de medición	Unidades	Frecuencia de monitoreo
	total) según el valor PCI y otros factores.			
Propuesta de solución técnica	Definición de actividades técnicas específicas para cada tramo (bacheo, recapeo, reconstrucción, limpieza o rediseño de drenaje, instalación de señalización, etc.)	Guía de soluciones técnicas (ASTM, MTC)	Descripción técnica por tipo de intervención	Una vez por tramo intervenido
Costo estimado por intervención	Estimación de costos unitarios de las intervenciones propuestas con base en	Presupuesto referencial, análisis de precios unitarios	Córdobas por metro lineal/m²/intervención	Una vez por tramo diagnosticado

Variable	Concepto operativo	Instrumento de medición	Unidades	Frecuencia de monitoreo
	metrados y precios referenciales de mercado o fuentes oficiales.			
Prioridad de intervención	Jerarquización de los tramos con base en su nivel de deterioro, funcionalidad vial, flujo de tránsito y riesgo para usuarios.	Matriz de priorización técnica (valor PCI + criterios)	Alta, media, baja	Una vez consolidado el diagnóstico
Viabilidad técnica y operativa	Evaluación de la factibilidad de ejecución de las obras propuestas según el contexto urbano, disponibilidad de recursos, clima, y	Análisis técnico contextual	Factible / Parcial / No factible	Una vez por solución propuesta

Variable	Concepto operativo	Instrumento de medición	Unidades	Frecuencia de monitoreo
	condiciones geotécnicas.			

8.6 Análisis de datos

El análisis de datos en esta investigación se fundamentó en la aplicación del método del Índice de Condición del Pavimento (PCI), conforme a la norma ASTM D6433, complementado con criterios técnicos adaptados para la evaluación de componentes viales integrales, tales como el drenaje pluvial, los andenes peatonales y la señalización vial. El procesamiento de la información recolectada se realizó de manera sistemática, garantizando precisión, trazabilidad y rigurosidad técnica.

a) Análisis del PCI

Para cada unidad de muestra (tramo homogéneo de entre 50 y 250 metros), se procedió a:

1. **Clasificación de deterioros observados**: se identificó el tipo de deterioro (bache, fisura, piel de cocodrilo, parche, etc.), su severidad (leve, moderada, severa) y su extensión medida en m², de acuerdo con el catálogo de fallas del PCI.
2. **Cálculo del PCI individual por tramo**: utilizando las fórmulas establecidas por ASTM D6433, se determinó el PCI como un valor numérico entre 0 y 100.
3. **Clasificación del estado del pavimento** según el rango del PCI:
    - **Excelente**: 85–100
    - **Bueno**: 70–84
    - **Regular**: 55–69
    - **Malo**: 40–54
    - **Muy malo**: 25–39
    - **Falla total**: 0–24

4. **Elaboración de gráficos y tablas comparativas** para visualizar el estado de cada tramo y facilitar la toma de decisiones técnicas.

b) Análisis de componentes viales complementarios

Para los elementos no considerados en el PCI, se aplicaron criterios descriptivos y escalas ordinales, estructurados mediante fichas de observación técnica:

- **Drenaje pluvial**: se evaluó la presencia, funcionalidad y estado físico de cunetas, alcantarillas y sumideros. Se clasificaron en tres categorías: operativo, parcialmente obstruido, no operativo.
- **Andenes peatonales**: se determinó la existencia, continuidad, accesibilidad y deterioro de aceras. Se clasificaron como: bueno, regular, malo.
- **Señalización vial**: se verificó la presencia y estado (legibilidad, integridad) de señales verticales y horizontales. Se codificaron como: visible y funcional, deteriorada, inexistente.

c) Integración y priorización técnica

Los resultados de todas las variables fueron integrados en una matriz técnica de priorización, que considera:

- Valor PCI por tramo
- Riesgo funcional para peatones y vehículos
- Nivel de afectación al tránsito
- Relevancia estratégica del tramo dentro del sistema vial

Este proceso permitió proponer una jerarquización de intervenciones en función de la severidad de los daños, la urgencia de atención, y la viabilidad técnica, estableciendo las bases para la formulación de propuestas de mantenimiento y/o rehabilitación vial.

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo específico 1 consistió en realizar la caracterización topográfica del estado físico de la infraestructura vial, considerando la superficie de rodamiento, las condiciones de los andenes peatonales y puentes, el sistema de drenaje y la señalización. Para su análisis se consolidaron 17 vías o segmentos viales: cuatro localizados en el barrio Fátima y trece en el barrio Santa Rosa. La unidad analítica de este objetivo fue la vía o segmento vial, por lo que estos resultados no se mezclaron con las 71 unidades de muestra utilizadas posteriormente para el cálculo del Índice de Condición del Pavimento.

La base permitió examinar la sección transversal mediante el ancho del derecho de vía, la calzada, el número de carriles y el ancho por carril, además de inventariar el tipo y el estado general del pavimento, los andenes, el drenaje y la señalización. Sin embargo, no incorporó coordenadas, cotas, pendientes longitudinales o transversales, perfiles topográficos ni fichas específicas de puentes. En consecuencia, la evidencia disponible sustentó una caracterización físico-geométrica e inventarial, pero no un levantamiento topográfico planialtimétrico completo. Esta delimitación fue necesaria porque la selección de criterios geométricos debe responder a la función vial, la velocidad, el vehículo de diseño, el tránsito y el contexto del corredor, conforme al enfoque de diseño contextual promovido en los manuales regionales y de referencia (Secretaría de Integración Económica Centroamericana [SIECA], 2011; Knapp et al., 2014).

9.1. Superficie de rodamiento y condición general

El pavimento de concreto predominó en 13 de las 17 vías (76,5 %); dos vías (11,8 %) presentaron adoquín y dos (11,8 %) combinaron adoquín y concreto. En cuanto al estado general observado, 12 vías (70,6 %) fueron clasificadas como regulares, cuatro (23,5 %)

como buenas y una (5,9 %) como mala. La única vía registrada en estado malo fue la calle principal de Santa Rosa.

Tabla 4. Síntesis de la superficie de rodamiento y la geometría vial

Componente	Indicador	Resultado	Proporción
Pavimento	Concreto	13 vías	76,5 %
Pavimento	Adoquín	2 vías	11,8 %
Pavimento	Mixto	2 vías	11,8 %
Estado	Bueno	4 vías	23,5 %
Estado	Regular	12 vías	70,6 %
Estado	Malo	1 vía	5,9 %
Geometría	Derecho de vía	Media 8,83 m; rango 5,60-11,50 m	—
Geometría	Calzada	Media 5,76 m; rango 4,22-8,40 m	—
Geometría	Carril	Media 3,01 m; rango 2,11-4,60 m	—
Geometría	Carril ≥ 3,00 m	9 vías	52,9 %
Geometría	Carril < 3,00 m	8 vías	47,1 %

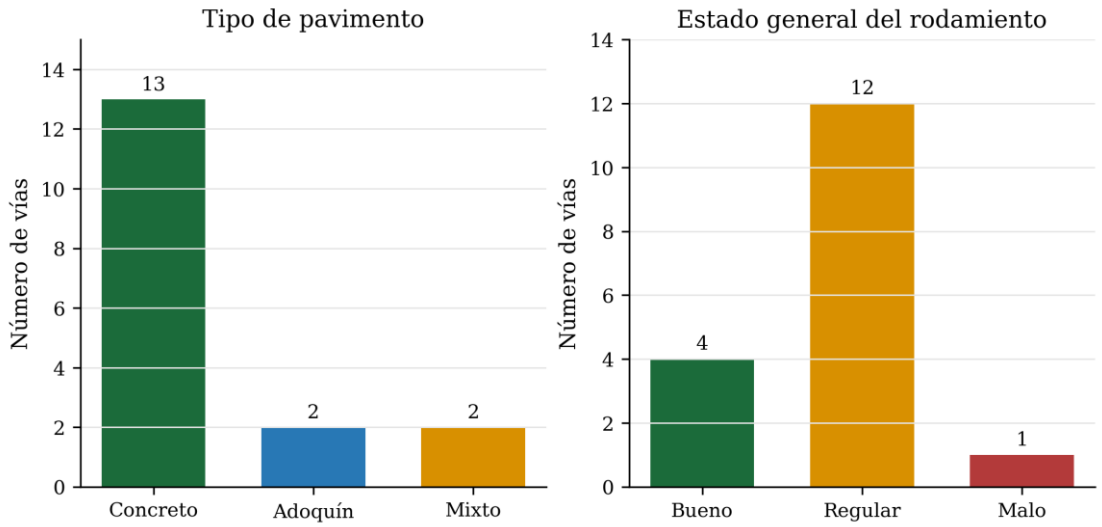


Figura 3. Distribución de las vías según tipo de pavimento y estado general del rodamiento

El predominio del concreto definió el tipo de infraestructura sobre el cual debió concentrarse la gestión de conservación. No obstante, la categoría general "regular" no identificó por sí misma el mecanismo de deterioro ni la extensión de las fallas; su utilidad fue establecer un nivel preliminar de atención y orientar la evaluación detallada mediante el PCI. En la gestión de pavimentos, los datos de condición se emplean para activar decisiones que abarcan mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción, pero su valor depende de que sean completos, razonables y sometidos a control de calidad (Federal Highway Administration [FHWA], 2013). Por ello, la distribución observada justificó el análisis detallado posterior, pero no autorizó a seleccionar tratamientos únicamente a partir de la apreciación general del estado.

La coexistencia de concreto, adoquín y secciones mixtas también implicó que la evaluación y las intervenciones no debían homogeneizarse. Cada material posee mecanismos de daño y requerimientos de conservación diferentes; por tanto, la tipología superficial constituyó una variable básica para delimitar unidades técnicamente comparables. Esta lectura coincide con el principio de gestión vial según el cual la información de condición debe ser

suficientemente específica para sustentar decisiones de intervención confiables (FHWA, 2013).

9.2. Geometría de la sección vial

El derecho de vía presentó una media de 8,83 m y osciló entre 5,60 y 11,50 m. El ancho medio de calzada fue de 5,76 m, con valores entre 4,22 y 8,40 m. El ancho medio por carril fue de 3,01 m; nueve vías (52,9 %) alcanzaron o superaron la referencia operativa de 3,00 m y ocho (47,1 %) se ubicaron por debajo de ella. El valor mínimo se registró en Venta Amarilla-Casa Azul (2,11 m) y el máximo en calle Éxtasis (4,60 m).

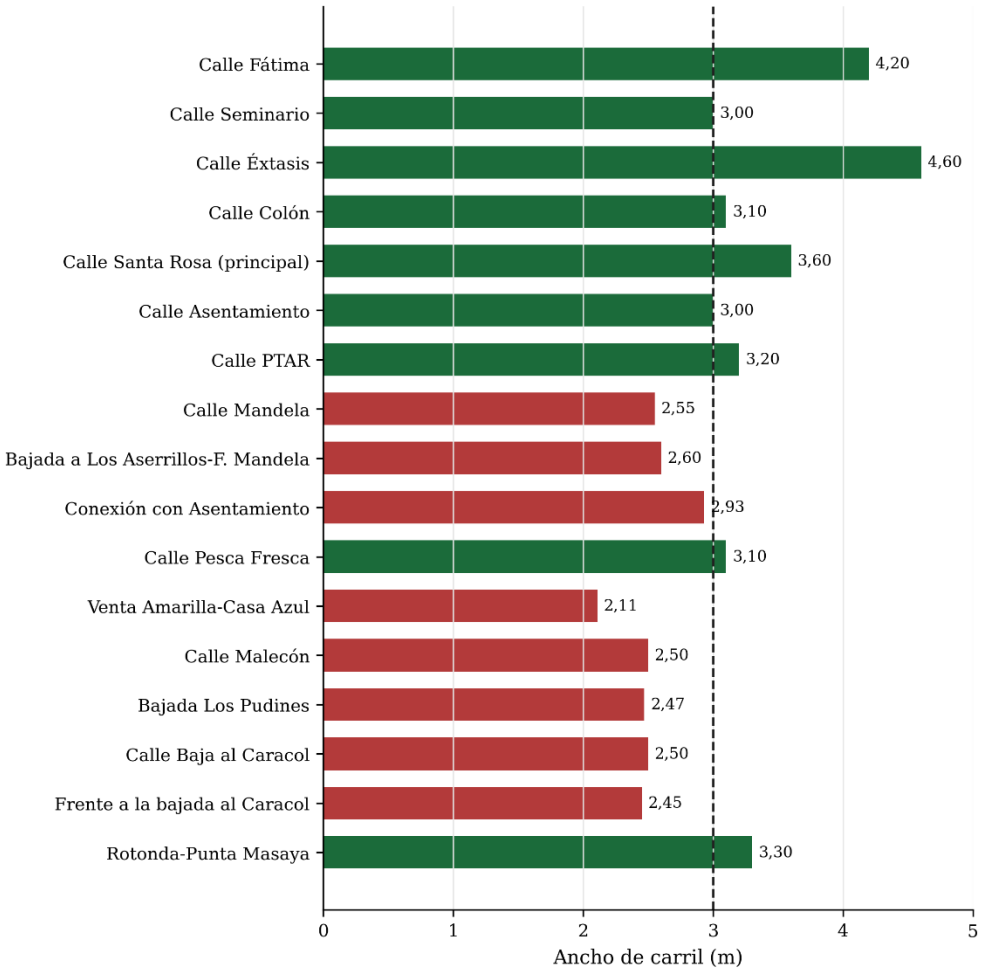


Figura 4. Ancho de carril por vía respecto a la referencia operativa de 3,00 m

La proporción de carriles inferiores a 3,00 m evidenció una restricción geométrica relevante, especialmente en Santa Rosa. Sin embargo, el ancho aislado no permitió concluir que una vía debiera operar en un solo sentido ni que fuera insegura. La FHWA señala que el ancho

influye en la operación, la seguridad y la calidad del servicio, y que en la práctica urbana se utilizan comúnmente anchos de 10 a 12 pies, aproximadamente 3,05 a 3,66 m; al mismo tiempo, exige considerar el contexto, la clasificación funcional, la velocidad, el vehículo de diseño, el volumen de tránsito, los peatones, el transporte colectivo y los accesos (Knapp et al., 2014). El Manual de Diseño Geométrico de SIECA también sitúa la selección de la sección transversal dentro de un conjunto de controles de diseño y no como una regla dimensional aislada (SIECA, 2011).

En consecuencia, los ocho segmentos bajo la referencia de 3,00 m debieron interpretarse como puntos que requieren verificación operacional, no como incumplimientos concluyentes. Para decidir cambios de sentido, restricciones de estacionamiento o redistribución del espacio vial se necesitarían aforos, composición vehicular, velocidades, radios de giro, visibilidad, demanda peatonal y análisis de capacidad. La ausencia de estas variables limitó el resultado a una caracterización geométrica descriptiva, coherente con el alcance de la información recopilada (SIECA, 2011; Knapp et al., 2014).

9.3. Condiciones de los andenes peatonales

Cinco vías (29,4 %) contaron con andenes en ambos lados, nueve (52,9 %) únicamente en un lado y tres (17,6 %) no presentaron andenes. Entre las 14 vías con andén, ocho mostraron continuidad en todo el tramo y seis fueron discontinuas. El ancho medio fue de 1,15 m y la mediana de 1,05 m, con un rango de 0,82 a 1,90 m. Solo la calle Fátima alcanzó 1,50 m o más; las otras 13 vías con andén quedaron por debajo de ese valor. Considerando además las tres vías sin andén, 16 de 17 segmentos (94,1 %) presentaron ausencia o insuficiencia de ancho.

Tabla 5. Disponibilidad, continuidad y ancho de los andenes peatonales

Dimensión	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Disponibilidad	Ambos lados	5	29,4 %
Disponibilidad	Un solo lado	9	52,9 %
Disponibilidad	Sin andenes	3	17,6 %
Continuidad (n = 14)	Continua	8	57,1 %
Continuidad (n = 14)	Discontinua	6	42,9 %
Estado (n = 14)	Regular	12	85,7 %
Estado (n = 14)	Malo	2	14,3 %
Ancho (n = 14)	≥ 1,50 m	1	7,1 %
Ancho (n = 14)	< 1,50 m	13	92,9 %

"La educación es la mejor opción para el desarrollo de los pueblos."
Barrio San Pedro, Avenida Universitaria | Sede de BICU | Bluefields, Nicaragua | Cel. (505) 25721655 – 25721995 | bicu@bicu.edu.ni | www.bicu.edu.ni

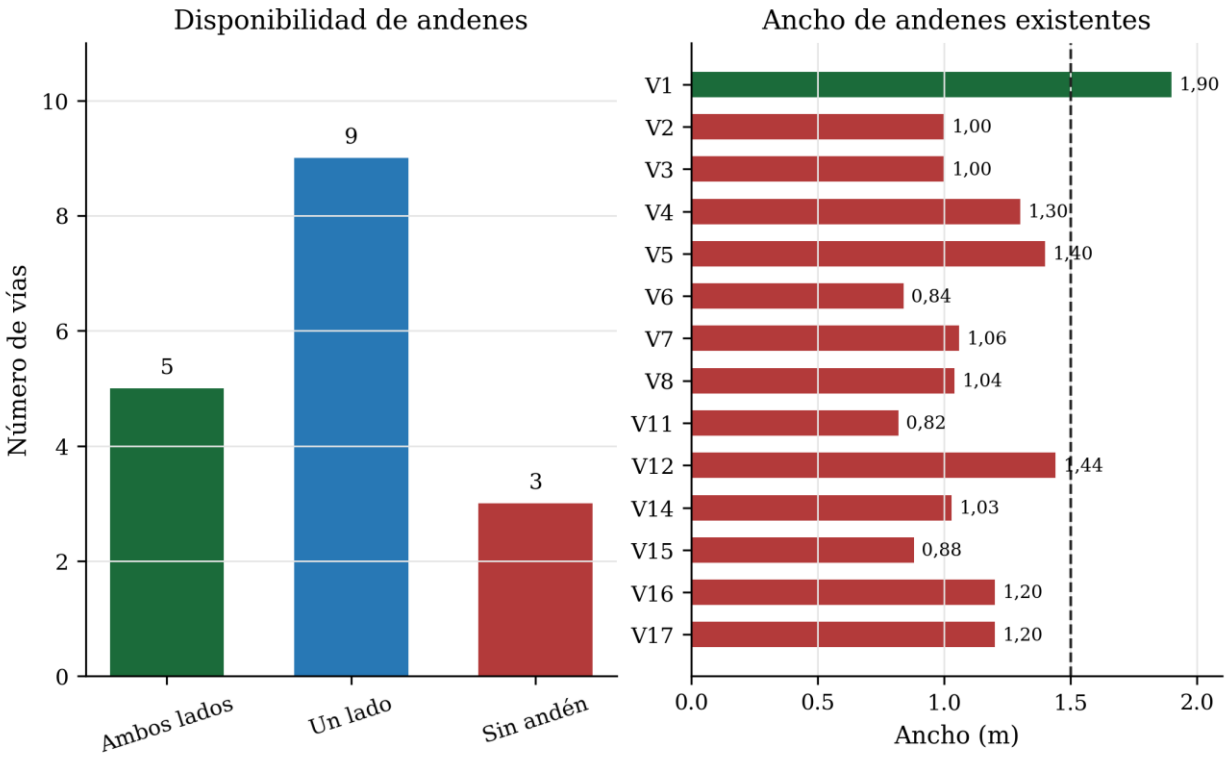


Figura 5. Disponibilidad y ancho registrado de los andenes peatonales

Los andenes constituyeron la brecha más extendida del objetivo 1. La NTON 12 011-13 establece que los itinerarios peatonales deben disponer de un ancho libre mínimo de 1,50 m, permanecer libres de barreras y presentar superficies antideslizantes, sin resaltes o concavidades que obstruyan la circulación (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad [CNNC], 2015). Bajo este referente nacional, la existencia física del andén no fue suficiente: trece de los catorce andenes registrados fueron estrechos y seis fueron discontinuos, de modo que la accesibilidad efectiva quedó limitada aun en segmentos donde la infraestructura estaba presente.

El resultado también mostró que el análisis peatonal debe integrar ancho útil, continuidad, estado, pendientes, vados, obstáculos y conexión en intersecciones. Como contraste internacional, las Public Right-of-Way Accessibility Guidelines exigen una ruta peatonal

continua, superficie firme y antideslizante, control de pendientes y espacios de paso cuando la anchura es reducida, lo que confirma que la accesibilidad depende de un itinerario funcional y no de una dimensión aislada (U.S. Access Board, 2023). En consecuencia, los segmentos sin andén o con trazado discontinuo no pudieron considerarse funcionalmente adecuados aunque algunas mediciones puntuales se aproximaran al ancho requerido.

9.4. Sistema de drenaje pluvial

Catorce vías (82,4 %) dispusieron únicamente de cunetas y tres (17,6 %) combinaron cunetas y alcantarillas. Después de reconciliar el estado físico con las observaciones sobre obstrucción, daño o necesidad de limpieza, 12 vías (70,6 %) fueron clasificadas como funcionalmente deficientes, cuatro (23,5 %) como funcionales y una (5,9 %) como funcional con necesidad de mantenimiento.

Tabla 6. Tipología y condición funcional del drenaje pluvial

Dimensión	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Tipología	Solo cuneta	14	82,4 %
Tipología	Cuneta y alcantarilla	3	17,6 %
Funcionalidad	Deficiente	12	70,6 %
Funcionalidad	Funcional	4	23,5 %
Funcionalidad	Funcional con mantenimiento	1	5,9 %

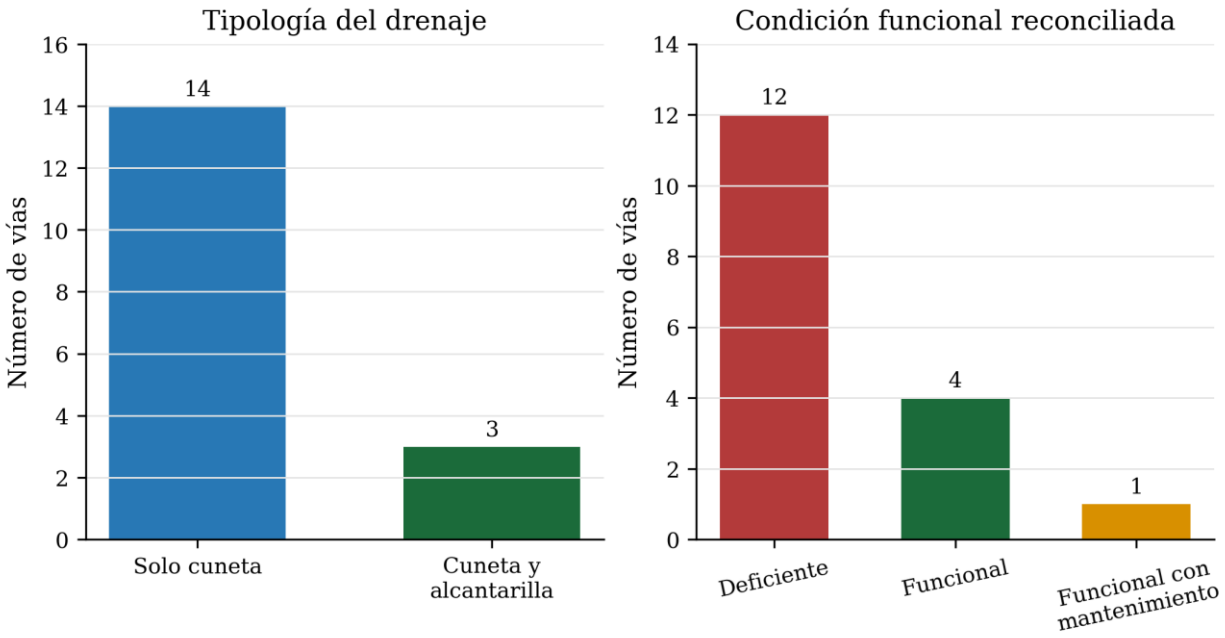


Figura 6. Tipología y condición funcional del drenaje pluvial

La diferencia entre estado físico y funcionamiento fue técnicamente significativa. Un canal o una cuneta puede conservar su forma y, a la vez, perder capacidad hidráulica por sedimentos, residuos, discontinuidades o descargas inadecuadas. El Manual Hidrológico e Hidráulico de SIECA estructura el drenaje vial como un sistema de captación, conducción y descarga que debe analizarse de manera integral, mientras que HEC-22 reúne los procedimientos de diseño y evaluación del drenaje urbano para proteger la vía y controlar la escorrentía superficial (SIECA, 2021; FHWA, 2024). Por ello, la clasificación funcional reconciliada representó mejor el desempeño observado que la sola etiqueta visual de "bueno" o "regular".

La concentración de 12 vías deficientes indicó que la limpieza aislada podría ser necesaria, pero no siempre suficiente. Antes de definir una solución se requeriría verificar continuidad hidráulica, pendientes, secciones de cuneta, capacidad de las entradas, puntos de descarga, evidencia de empozamiento y recurrencia de obstrucciones. La base actual no incluyó

caudales de diseño ni modelación hidráulica; por tanto, el resultado sustentó un diagnóstico funcional, pero no demostró la suficiencia hidráulica de las obras existentes (SIECA, 2021; FHWA, 2024).

9.5.Señalización vial

La señalización fue inexistente en 13 vías (76,5 %). Solo cuatro segmentos (23,5 %) registraron algún dispositivo: tres con señalización vertical y horizontal y uno únicamente con señalización vertical. En todos los casos con señalización, su estado se calificó como deficiente.

Tabla 7. Disponibilidad y control de calidad de la señalización vial

Indicador	Frecuencia	Porcentaje	Interpretación
Sin señalización	13	76,5 %	Déficit de cobertura
Vertical y horizontal	3	17,6 %	Existente, pero deficiente
Solo vertical	1	5,9 %	Existente, pero deficiente
Contradicciones documentales	2	11,8 %	Requiere verificación de campo

"La educación es la mejor opción para el desarrollo de los pueblos."
Barrio San Pedro, Avenida Universitaria | Sede de BICU | Bluefields, Nicaragua | Cel. (505) 25721655 – 25721995 | bicu@bicu.edu.ni | www.bicu.edu.ni

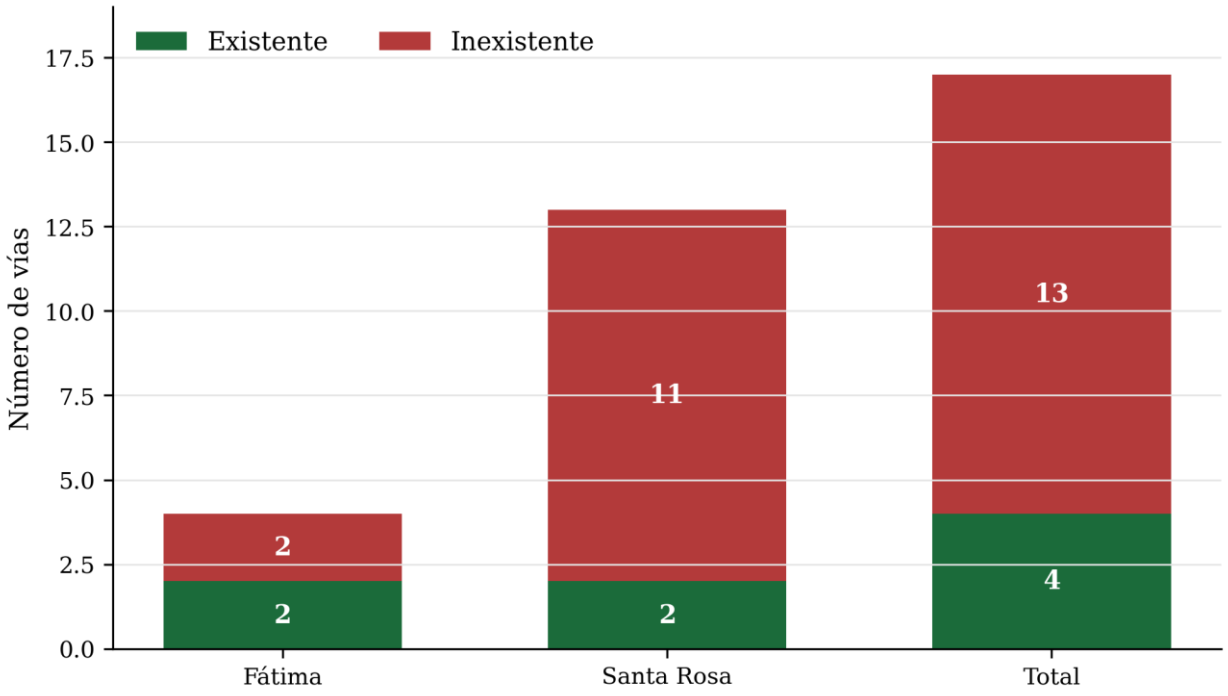


Figura 7. Disponibilidad de señalización vial por sector y en el conjunto estudiado

La ausencia de señalización constituyó una brecha de legibilidad y ordenamiento del corredor. El Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito establece un marco regional para que señales, marcas y demás dispositivos comuniquen de forma uniforme y previsible a los usuarios (SIECA, 2014). De manera complementaria, el MUTCD vigente define estándares para instalar y mantener dispositivos en calles, carreteras e instalaciones peatonales y ciclistas, subrayando que su función depende tanto de la existencia como de la visibilidad, ubicación, uniformidad y conservación (FHWA, 2025). Por tanto, los cuatro segmentos con dispositivos deficientes no representaron cobertura funcional plena.

No fue metodológicamente válido atribuir accidentes, congestión o conflictos específicos al déficit de señalización, porque la base no incorporó registros de siniestralidad, aforos ni observaciones sistemáticas de conflictos. El resultado permitió identificar necesidad de

inventario y reposición, pero la priorización de señales debió sustentarse en estudios de tránsito, jerarquía vial, intersecciones, escuelas, cruces peatonales, puentes y puntos de decisión, aplicando los criterios del manual regional y del referente internacional (SIECA, 2014; FHWA, 2025).

9.6.Integración territorial de los resultados

La comparación territorial mostró configuraciones distintas. En Fátima, las cuatro vías fueron de concreto y tuvieron carriles de al menos 3,00 m, pero todas presentaron drenaje funcionalmente deficiente; tres de cuatro andenes fueron menores de 1,50 m y dos vías carecieron de señalización según el campo estructurado. En Santa Rosa se concentraron las secciones más estrechas: ocho de trece vías presentaron carriles inferiores a 3,00 m; tres no tuvieron andenes, las diez restantes tuvieron anchos inferiores a 1,50 m; ocho registraron drenaje deficiente y once no presentaron señalización.

Tabla 8. Comparación integrada de las brechas de infraestructura entre Fátima y Santa Rosa

Indicador	**Fátima (n = 4)**	**Santa Rosa (n = 13)**	**Total (n = 17)**
Pavimento de concreto	4 (100,0 %)	9 (69,2 %)	13 (76,5 %)
Estado regular o malo	4 (100,0 %)	9 (69,2 %)	13 (76,5 %)
Ancho medio de carril	3,73 m	2,79 m	3,01 m
Carril < 3,00 m	0 (0,0 %)	8 (61,5 %)	8 (47,1 %)
Sin andén	0 (0,0 %)	3 (23,1 %)	3 (17,6 %)
Andén existente < 1,50 m	3 (75,0 %)	10 (76,9 %)	13 (76,5 %)
Drenaje deficiente	4 (100,0 %)	8 (61,5 %)	12 (70,6 %)
Sin señalización	2 (50,0 %)	11 (84,6 %)	13 (76,5 %)

La distribución territorial confirmó que la problemática no fue homogénea. Fátima presentó mejores dimensiones de carril, pero una deficiencia de drenaje generalizada; Santa Rosa combinó estrechamiento de carriles, insuficiencia peatonal y ausencia de señalización. Esta

diferenciación es consistente con el enfoque de diseño y gestión contextual: la respuesta técnica debe derivarse de la función y de las restricciones de cada segmento, evitando trasladar una solución uniforme a corredores con combinaciones de problemas distintas (SIECA, 2011; Knapp et al., 2014).

La integración también mostró que la movilidad peatonal, el drenaje y la señalización no deben tratarse como accesorios de la superficie de rodamiento. La NTON 12 011-13 concibe la vía pública accesible como un itinerario en el que la infraestructura y el mobiliario permiten el desplazamiento autónomo y seguro; los manuales de drenaje y control del tránsito, a su vez, exigen continuidad funcional y comunicación uniforme a los usuarios (CNNC, 2015; SIECA, 2014, 2021). En consecuencia, una vía con pavimento en estado bueno puede mantener brechas funcionales severas si carece de andén continuo, drenaje operativo o señalización adecuada.

9.7.Alcance, limitaciones y respuesta al objetivo

La evidencia disponible permitió caracterizar la superficie de rodamiento, la sección transversal, los andenes, el drenaje y la señalización de 17 vías. No fue posible presentar resultados específicos sobre puentes, debido a que la matriz no incluyó identificación, tipología, dimensiones, elementos estructurales, estado, capacidad hidráulica o evidencia fotográfica asociada a estructuras de paso. Tampoco se dispuso de coordenadas, cotas, perfiles, pendientes o secciones topográficas georreferenciadas.

Estas ausencias no invalidaron la caracterización físico-geométrica, pero limitaron el cumplimiento literal del componente topográfico y de puentes incluido en el objetivo. Un análisis geométrico y funcional definitivo requiere integrar los controles de diseño del corredor, mientras que el diagnóstico hidráulico necesita información de captación, conducción, descarga y capacidad bajo eventos de diseño (SIECA, 2011, 2021; FHWA, 2024). En una siguiente fase debieron incorporarse levantamiento planialtimétrico, inventario de estructuras de paso, pendientes de calzada y drenaje, progresivas, coordenadas, secciones transversales y registro fotográfico codificado.

El objetivo específico 1 se alcanzó parcialmente con suficiencia descriptiva para el inventario físico: predominó el pavimento de concreto y el estado regular, mientras las brechas principales se concentraron en los andenes, la funcionalidad del drenaje y la señalización. La respuesta técnica inmediata fue diferenciar los problemas por segmento y someter las decisiones posteriores a verificación topográfica, operacional e hidráulica. Esta secuencia es congruente con la gestión basada en datos de condición confiables y con la aplicación contextual de normas de diseño, accesibilidad, drenaje y control del tránsito (FHWA, 2013, 2024, 2025; CNNC, 2015; SIECA, 2011, 2014, 2021).

El objetivo específico 2 consistió en estimar, mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI), las fallas de la capa de rodamiento en función de la transitabilidad de la vía estudiada. La unidad analítica fue la unidad de muestra: se examinaron 71 unidades distribuidas en tres tramos, con 1.444 losas y un área registrada de 7.891,05 m². Para preservar la trazabilidad, el análisis distinguió entre los PCI consignados en la matriz consolidada y los 1.006 registros primarios de deterioro, severidad, extensión, densidad y valor deducido.

La práctica técnica aplicable a calles y carreteras fue ASTM D6433-24; ASTM D6433-24 se circunscribe a pavimentos aeroportuarios (ASTM International, 2024a, 2024b). En consecuencia, los resultados se interpretaron como una evaluación visual cuantitativa de la condición superficial. El PCI no sustituyó mediciones directas de capacidad estructural, fricción, rugosidad o calidad de rodadura, por lo que la transitabilidad fue analizada como un alcance parcial y no como una variable demostrada únicamente por el índice (ASTM International, 2024a; Federal Highway Administration [FHWA], 2017).

9.8.Cobertura y trazabilidad del cálculo PCI

La base integró 30 unidades del Tramo 1, 13 del Tramo 2 y 28 del Tramo 3. Los libros territoriales permitieron rastrear 1.006 registros de deterioro: 939 (93,3 %) incluyeron valor deducido y 67 (6,7 %) no lo incluyeron. De estos últimos, 66 correspondieron al sello de junta y uno a un registro de escala con severidad media en T1-U01. Además, 70 unidades fueron consistentes a nivel de datos primarios y T1-U01 quedó marcada para revisión. Las hojas territoriales no conservaron de forma explícita el valor deducido corregido máximo ni la etapa final de obtención del PCI; por ello, los valores se denominaron PCI reportados y no PCI completamente recalculados.

Tabla 9. Cobertura documental y estado de validación de la base PCI

Indicador	Resultado	Control técnico
Unidades de muestra	71	Con identificador, tramo y PCI reportado
Losas inspeccionadas	1.444	Conciliadas con las 71 unidades
Área registrada	7.891,05 m²	Requiere confirmar alcance espacial de las dimensiones
Registros de deterioro	1.006	Tipo, severidad, cantidad y densidad disponibles
Valores deducidos disponibles	939 (93,3 %)	Disponibilidad directa en la base primaria
Valores deducidos ausentes	67 (6,7 %)	66 de sello de junta y 1 de escala-M
Unidades consistentes	70 (98,6 %)	Consistencia a nivel de datos primarios
Unidad con revisión requerida	T1-U01	Falta completar un VD y reconstruir la etapa final

La trazabilidad observada fue suficiente para describir el patrón de condición y los deterioros, pero todavía no permitió auditar de extremo a extremo los 71 PCI. ASTM D6433-24 exige que el índice derive del tipo, la severidad y la cantidad de cada deterioro y que los valores deducidos sean corregidos antes de obtener el PCI de la unidad (ASTM International, 2024a) (Anexo 5 y 6). En el sistema PAVER, la identificación estandarizada de los deterioros del concreto constituye la base para transformar la inspección visual en un índice comparable, por lo que la ausencia de una etapa intermedia no debe resolverse mediante supuestos no documentados (Shahin, 1997).

La necesidad de completar esa cadena de cálculo también se relacionó con el control de calidad. La FHWA establece que los datos de condición deben someterse a verificación de completitud, razonabilidad, repetibilidad y resolución de errores antes de utilizarlos para modelos o decisiones de mantenimiento (Chang et al., 2020). Por tanto, los resultados siguientes fueron válidos como descripción del PCI consignado, pero debieron actualizarse si la reconstrucción del valor deducido corregido modifica alguna unidad, especialmente T1-U01.

9.9.Comportamiento estadístico global y por tramo

El PCI medio global fue 40,00, la mediana 39,13 y el promedio ponderado por área 39,02. La diferencia de 0,98 puntos entre los promedios simple y ponderado fue reducida; sin embargo, ambos resultados situaron el conjunto en el límite entre las categorías malo y regular. La desviación estándar global fue 18,74 y el rango se extendió desde 5,90 hasta 81,42, lo que evidenció una amplitud de 75,52 puntos.

Tabla 10. Estadísticos descriptivos del PCI por tramo

Tramo	n	Losas	Área (m²)	Media	Pond.	Md	DE	Mín.-máx.	PCI ≤ 40
Tramo 1	30	612	3.174,44	49,77	49,48	52,19	16,09	19,30-81,42	7 (23,3 %)
Tramo 2	13	272	1.364,00	44,68	43,32	52,16	24,16	5,90-79,83	5 (38,5 %)
Tramo 3	28	560	3.352,61	27,36	27,36	26,19	9,49	8,95-45,35	24 (85,7 %)
Total	71	1444	7.891,05	40,00	39,02	39,13	18,74	5,90-81,42	36 (50,7 %)

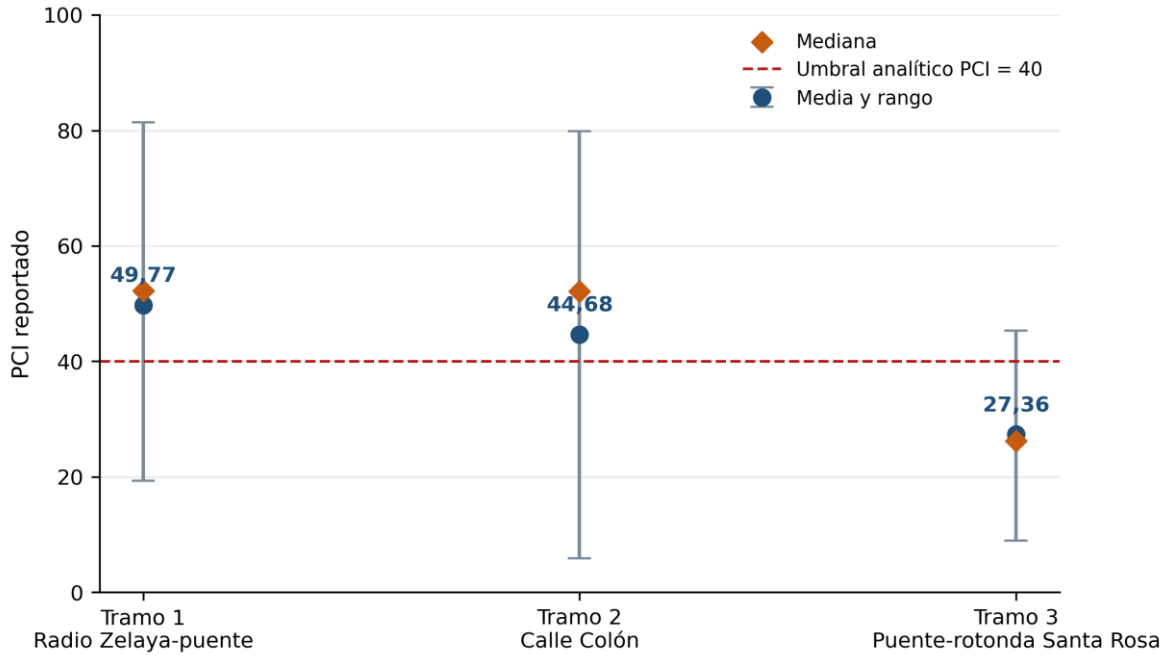


Figura 8. Media, mediana y rango del PCI reportado por tramo

El valor central global no representó una condición homogénea. El Tramo 1 alcanzó el mayor PCI medio (49,77) y la menor proporción crítica (23,3 %); el Tramo 2 presentó una media de 44,68, pero también la mayor dispersión (DE = 24,16); y el Tramo 3 registró la condición más desfavorable, con media 27,36 y 85,7 % de unidades con PCI ≤ 40. La amplitud del Tramo 2 mostró que una media regular puede coexistir con unidades falladas y muy buenas, de modo que el promedio de sección no debe sustituir la lectura de cada unidad (ASTM International, 2024a; FHWA, 2017).

El PCI medio global fue inferior al 45,6 reportado para el pavimento rígido de la avenida Pakamuros, evaluado como regular, y presentó una proporción crítica más extensa que la descrita en el tramo Seminario Bautista-Loma la Cruz, donde las unidades regulares o superiores superaron a las malas, muy malas y falladas (González-Fernández et al., 2019; Salinas Ramos et al., 2019). Estas comparaciones solo establecieron diferencias descriptivas:

los corredores no compartieron tránsito, clima, edad, geometría, materiales ni diseño muestral y, por tanto, no sustentaron inferencias causales.

9.10. Distribución de la condición del pavimento

En el conjunto estudiado no se registraron unidades excelentes. Cuatro unidades (5,6 %) fueron muy buenas, 12 (16,9 %) buenas, 19 (26,8 %) regulares, 17 (23,9 %) malas, 17 (23,9 %) muy malas y dos (2,8 %) falladas. Al reagrupar la escala, 16 unidades (22,5 %) quedaron en condición buena o superior, 19 (26,8 %) en condición regular y 36 (50,7 %) en condición mala o inferior.

Tabla 11. Distribución de las unidades de muestra por condición PCI

Condición	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Total	%
Muy bueno	3	1	0	4	5,6 %
Bueno	8	4	0	12	16,9 %
Regular	12	3	4	19	26,8 %
Malo	4	1	12	17	23,9 %
Muy malo	3	3	11	17	23,9 %
Fallado	0	1	1	2	2,8 %
Total	30	13	28	71	100,0 %

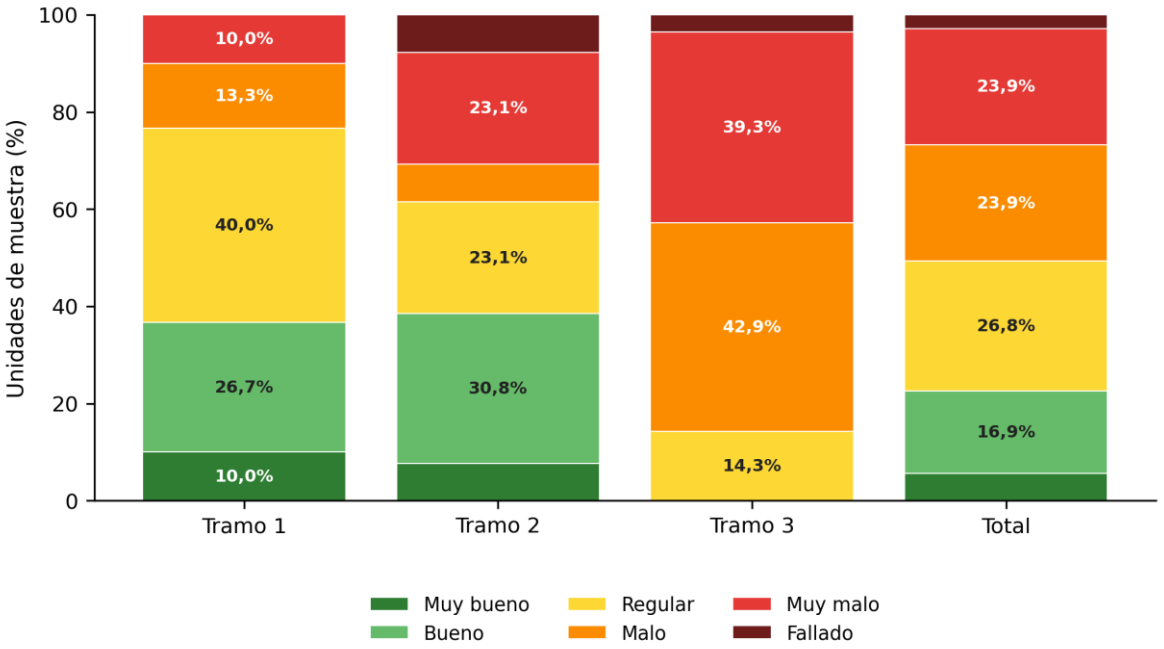


Figura 9. Distribución porcentual de la condición PCI por tramo

La distribución confirmó una asimetría territorial que el promedio global ocultó. El Tramo 3 no tuvo unidades buenas o muy buenas y concentró 12 malas, 11 muy malas y una fallada; en contraste, el Tramo 1 reunió 11 unidades buenas o muy buenas. El Tramo 2 combinó cinco unidades malas o inferiores con cinco buenas o muy buenas, situación que justificó una lectura selectiva y no una clasificación uniforme del tramo. La gestión de pavimentos requiere conservar la resolución espacial de los datos porque la selección de necesidades y prioridades parte de la condición de las secciones y unidades, no únicamente de un promedio de red (ASTM International, 2024a; Chang et al., 2020).

La presencia simultánea de unidades conservables y críticas también fue congruente con la experiencia de González-Fernández et al. (2019), quienes reportaron un tramo globalmente regular con unidades muy malas y falladas. Del mismo modo, la comparación PCI-VIZIR realizada por Mamani Maquera y Mamani Ayala (2024) produjo clasificaciones diferentes

para un mismo corredor, lo que reforzó que los resultados deben interpretarse dentro del catálogo, la escala y el procedimiento adoptados, sin mezclar índices no equivalentes.

9.11. Perfil espacial y unidades críticas

El perfil secuencial mostró concentraciones de PCI bajo en los tres tramos, con mayor continuidad en el Tramo 3. Las dos unidades falladas fueron T2-U11 (PCI = 5,90) y T3-U04 (PCI = 8,95). Entre las diez unidades más desfavorables, cinco pertenecieron al Tramo 3, cuatro al Tramo 2 y una al Tramo 1; en todas predominó un deterioro de severidad alta.

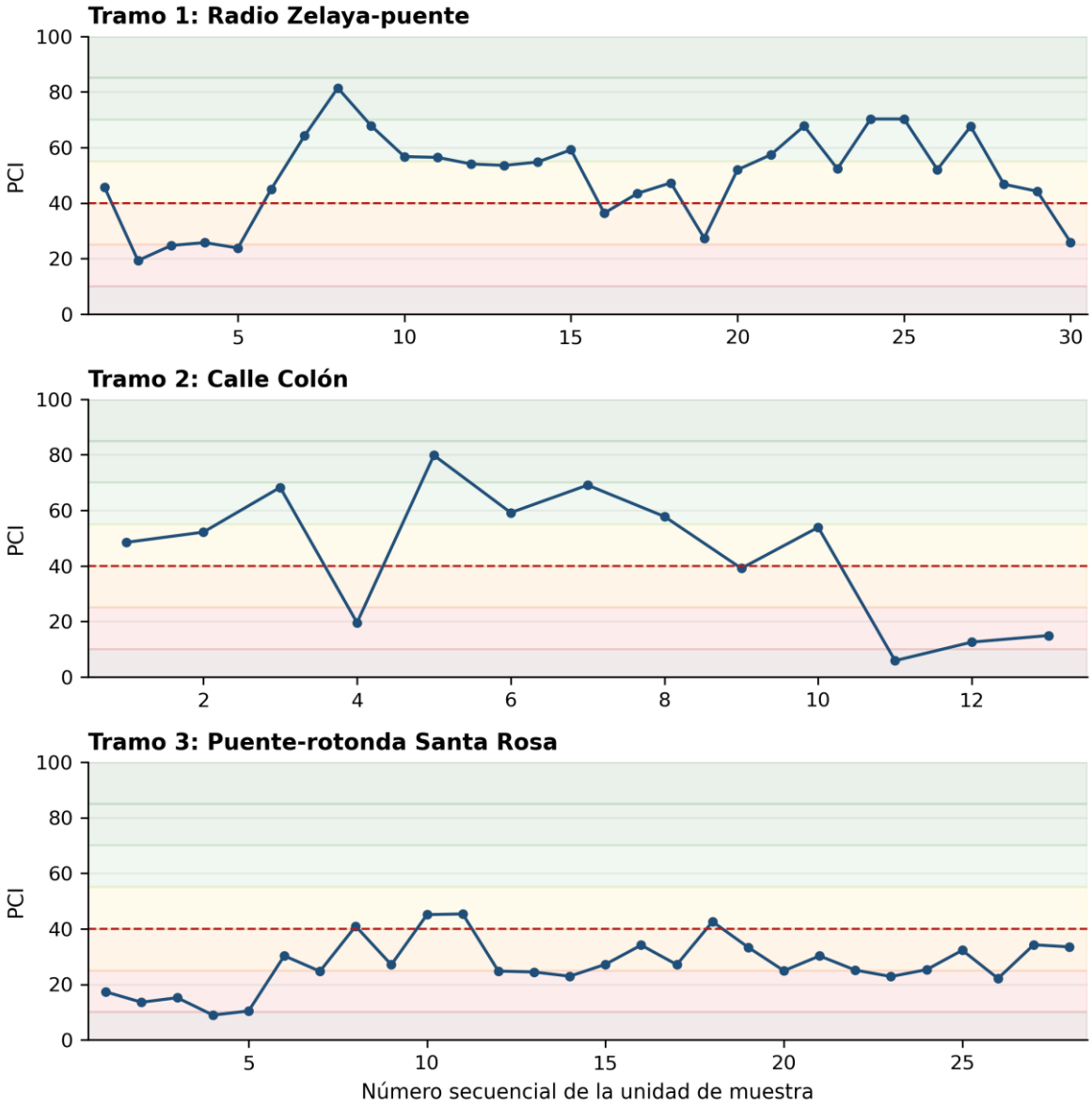


Figura 10. Perfil secuencial del PCI reportado en las 71 unidades de muestra

Tabla 12. Diez unidades con menor PCI reportado

Unidad	Tramo	PCI	Condición	Deterioro dominante	Severidad
T2-U11	Tramo 2	5,90	Fallado	Grieta de esquina	Alta
T3-U04	Tramo 3	8,95	Fallado	Losa dividida	Alta
T3-U05	Tramo 3	10,41	Muy malo	Losa dividida	Alta
T2-U12	Tramo 2	12,58	Muy malo	Grieta de esquina	Alta
T3-U02	Tramo 3	13,57	Muy malo	Losa dividida	Alta
T2-U13	Tramo 2	14,95	Muy malo	Grieta de esquina	Alta
T3-U03	Tramo 3	15,20	Muy malo	Losa dividida	Alta
T3-U01	Tramo 3	17,31	Muy malo	Losa dividida	Alta
T1-U02	Tramo 1	19,30	Muy malo	Punzonamiento	Alta
T2-U04	Tramo 2	19,57	Muy malo	Losa dividida	Alta

La secuencia de valores indicó que el deterioro se organizó en focos y no como una pérdida uniforme de condición. Este patrón es relevante porque una sección con PCI medio regular puede contener unidades que demanden atención prioritaria. ASTM D6433-24 utiliza el PCI para sustentar necesidades y prioridades de mantenimiento y reparación, pero la selección del tratamiento debe revisar los deterioros que controlan el descuento, su severidad, densidad y distribución espacial (ASTM International, 2024a; Shahin, 1997).

La interpretación espacial permaneció condicionada por la calidad de las abscisas. Los registros avanzaron de 0+001 en 0+001 y no incorporaron coordenadas; por ello, la Figura 8 se presentó como perfil secuencial y no como perfil longitudinal georreferenciado. Antes de convertirlo en un plano de intervención debieron confirmarse progresivas métricas, longitud

real de cada unidad y correspondencia fotográfica. La FHWA considera la completitud, consistencia y localización de los datos componentes esenciales para que la información de condición sustente decisiones reproducibles (Chang et al., 2020).

9.12. Tipología, extensión y severidad de los deterioros

Los deterioros con mayor número de registros fueron el pulimento de agregados (176), la grieta lineal (149), el parcheo grande (125), la losa dividida (90), la grieta de esquina (73), el sello de junta (67) y el descascaramiento de junta (66). En conjunto, estos siete tipos representaron 746 registros, equivalentes al 74,2 % del inventario. El sello de junta afectó 1.119 losas registradas y el pulimento de agregados 1.022; estos totales no correspondieron a losas únicas, porque una misma losa pudo contener varios deterioros o severidades.

Tabla 13. Frecuencia, losas afectadas y densidad media por tipo de deterioro

Deterioro	Registros	Losas afectadas	Densidad media (%)	% de registros
Pulimento de agregados	176	1022	28,78	17,5 %
Grieta lineal	149	549	18,01	14,8 %
Parcheo (grande)	125	633	25,04	12,4 %
Losa dividida	90	272	14,73	8,9 %
Grieta de esquina	73	171	11,02	7,3 %
Sello de junta	67	1119	82,11	6,7 %
Descascaramiento de junta	66	115	8,66	6,6 %
Descascaramiento de esquina	53	108	9,95	5,3 %
Punzonamiento	41	56	6,60	4,1 %
Desnivel carril/berma	36	88	12,16	3,6 %
Popouts	36	61	8,47	3,6 %
Retracción	33	72	10,63	3,3 %
Desconchamiento	27	31	5,57	2,7 %
Parcheo (pequeño)	24	35	7,00	2,4 %
Escala	10	13	6,27	1,0 %

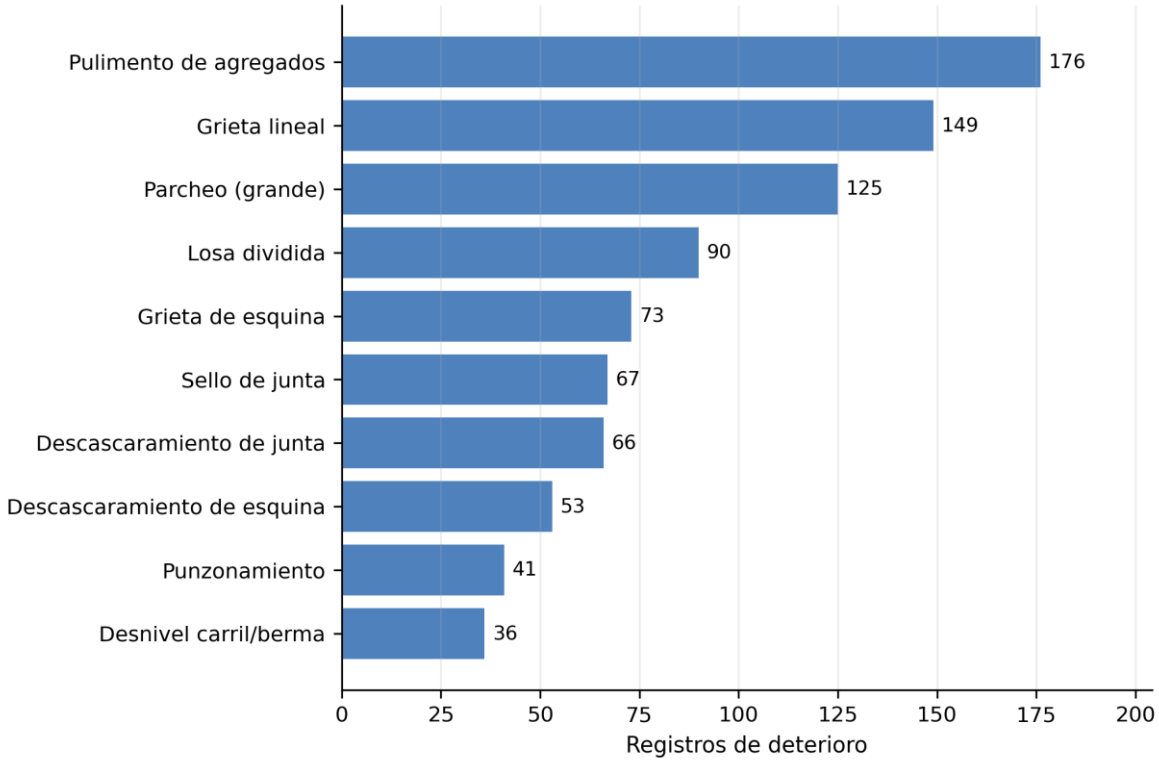


Figura 11. Diez deterioros con mayor frecuencia de registro

La frecuencia no identificó automáticamente el deterioro que más redujo el PCI. En la metodología, el efecto sobre el índice depende conjuntamente del tipo, la severidad y la densidad, de manera que un daño frecuente de severidad baja puede descontar menos que una losa dividida, un punzonamiento o una grieta de esquina de severidad alta y extensión menor (ASTM International, 2024a; Shahin, 1997). Por esa razón, el pulimento de agregados y el sello de junta caracterizaron una exposición extensa, mientras la losa dividida, la grieta de esquina y el punzonamiento identificaron unidades con daños de mayor criticidad superficial; la causa estructural de estos daños requeriría ensayos complementarios.

El inventario también mostró reparaciones previas: el parcheo grande fue el tercer deterioro más registrado. Salinas Ramos et al. (2019) encontraron grietas de esquina y parcheos entre los daños representativos de la avenida Pakamuros, mientras González-Fernández et al.

(2019) identificaron fisuras, parcheos y desprendimiento de agregados entre los deterioros más frecuentes de su tramo. La coincidencia tipológica confirmó la utilidad del catálogo visual para comparar patrones; no demostró igualdad de causas, porque cada corredor presentó condiciones de soporte, juntas, tránsito, clima y mantenimiento distintas.

9.13. Distribución de la severidad

De los 1.006 registros, 349 (34,7 %) fueron de severidad baja, 353 (35,1 %) media y 304 (30,2 %) alta. El Tramo 3 presentó la mayor proporción de registros de severidad alta (141 de 383; 36,8 %), seguido del Tramo 2 (58 de 171; 33,9 %) y el Tramo 1 (105 de 452; 23,2 %). A escala de unidad, el deterioro dominante fue de severidad alta en 46 unidades (64,8 %), media en 14 (19,7 %) y baja en 11 (15,5 %).

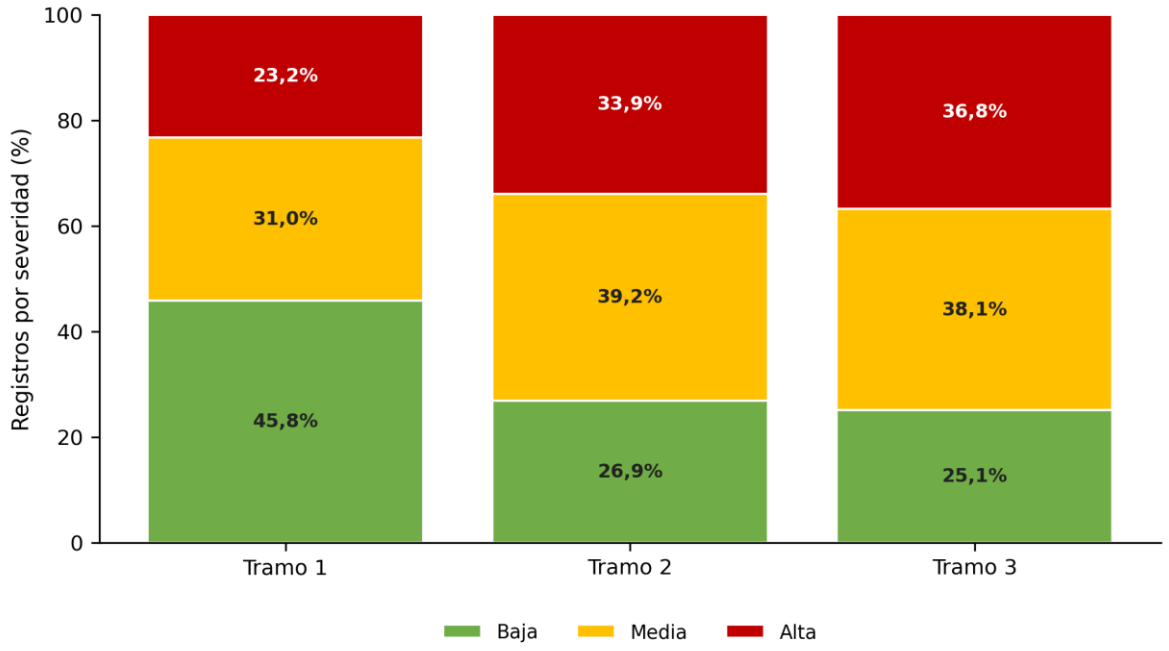


Figura 12. Composición porcentual de la severidad de los deterioros por tramo

La distribución de severidad aportó una explicación adicional al PCI bajo del Tramo 3: no solo concentró más unidades críticas, sino también la mayor proporción de registros altos y 24 unidades con PCI $\leq$ 40. No obstante, la severidad fue una propiedad del deterioro individual y no una clasificación alternativa del PCI. ASTM D6433-24 integra severidad y densidad mediante valores deducidos; por tanto, no fue metodológicamente correcto sumar fallas altas ni asignar una condición final sin completar el procedimiento de corrección (ASTM International, 2024a; Shahin, 1997) (Anexo 7).

Asimismo, el predominio de severidad alta en el daño dominante no equivalió a una demostración de falla estructural. El PCI constituye un indicador de condición superficial e integridad estructural indirecta, pero no mide capacidad portante. Para confirmar pérdida de soporte, bombeo, deflexión o insuficiencia de la losa se necesitarían inspección de juntas, evaluación de drenaje, ensayos de deflexión y verificación de base o subrasante, según la hipótesis técnica específica (ASTM International, 2024a; FHWA, 2017).

9.14. Alcance del PCI respecto a la transitabilidad

La base del objetivo 2 incorporó PCI, condición superficial, deterioros, severidad, densidad, número de losas y área. No incluyó Índice Internacional de Rugosidad, resistencia al deslizamiento, deflexiones, velocidades, aforos, tiempos de recorrido, cierres de carril ni valoración directa del confort del usuario. Tampoco integró en la misma unidad espacial los indicadores peatonales, de drenaje y señalización analizados en el objetivo 1.

En consecuencia, el PCI describió la condición superficial y permitió localizar unidades con necesidad potencial de atención, pero no demostró por sí solo la transitabilidad vehicular o peatonal. ASTM D6433-24 indica expresamente que el índice no reemplaza mediciones directas de rugosidad, capacidad estructural o fricción; de forma complementaria, la FHWA separa la condición funcional (calidad de rodadura y seguridad) de la condición estructural y recomienda examinar todas las variables disponibles antes de seleccionar una actuación (ASTM International, 2024a; FHWA, 2017).

Por tanto, el componente referido a la transitabilidad se alcanzó parcialmente: las unidades con PCI bajo identificaron una superficie potencialmente restrictiva, pero la magnitud del efecto sobre velocidad, comodidad, seguridad o continuidad de paso no fue cuantificada. Una verificación posterior debió vincular cada unidad PCI con rugosidad, fricción, empozamiento, ancho útil, obstáculos, continuidad peatonal, tránsito y observación de conflictos. Esta ampliación es coherente con la gestión de datos de condición, que exige ajustar el conjunto de indicadores al uso decisional previsto (Chang et al., 2020; FHWA, 2017).

La aplicación del PCI reportado permitió establecer que el pavimento estudiado se encontró globalmente en el límite malo-regular: 36 de las 71 unidades (50,7 %) fueron malas, muy malas o falladas. El Tramo 3 constituyó el sector más crítico, con PCI medio de 27,36 y 24 de 28 unidades con PCI ≤ 40; el Tramo 2 requirió atención selectiva por su dispersión y por contener la unidad de menor PCI; el Tramo 1 presentó la mejor condición media, aunque incluyó siete unidades críticas. Los deterioros predominantes fueron pulimento de agregados, grieta lineal, parcheo grande, losa dividida y grieta de esquina.

El objetivo específico 2 se alcanzó con suficiencia descriptiva para cuantificar y comparar la condición superficial de las unidades, identificar focos críticos y caracterizar los deterioros. Sin embargo, su cierre metodológico quedó condicionado a reconstruir el valor deducido corregido y el PCI final, completar los valores ausentes, confirmar progresivas y vincular indicadores directos de transitabilidad. Solo después de esos controles pudo afirmarse que los 71 índices fueron completamente reproducibles y utilizarse sin reservas como base de una selección técnica de tratamientos (ASTM International, 2024a; Chang et al., 2020).

La evidencia confirmó que la respuesta no debe formularse como una intervención única por tramo. La condición actual, el deterioro controlador, la severidad, la densidad y la tasa futura de deterioro deben analizarse conjuntamente, y cualquier estrategia de rehabilitación requiere además revisar la condición funcional y estructural disponible (FHWA, 2017). En términos operativos, el resultado del objetivo 2 estableció la jerarquía diagnóstica que debió alimentar el objetivo 3, sin sustituir el diseño de la solución ni la evaluación ingenieril complementaria.

El objetivo específico 3 consistió en formular una propuesta técnica de mantenimiento y/o rehabilitación de la infraestructura vial en función del nivel de daño identificado en cada tramo. La propuesta integró los 71 PCI reportados, el deterioro dominante, su severidad, el área evaluada asociada y los componentes de andenes, drenaje y señalización disponibles para 17 vías (Sequeira & Alvarado Espinoza, 2025, 2026).

La matriz se interpretó como una propuesta a nivel de prefactibilidad técnica y priorización, no como diseño constructivo. ASTM D6433-24 permite utilizar el PCI para reconocer necesidades y prioridades, pero la selección de una reparación exige verificar el tipo, la severidad y la extensión de los deterioros; además, la estrategia debe considerar limitaciones del tratamiento, condición estructural, drenaje, tránsito y desempeño esperado (ASTM International, 2024; Baladi et al., 2017; Federal Highway Administration [FHWA], 2014).

Las 71 unidades fueron distribuidas en seis niveles: cuatro preventivas (5,6 %), 12 de conservación localizada (16,9 %), 19 de mantenimiento correctivo localizado (26,8 %), 17 de rehabilitación localizada (23,9 %), 17 de rehabilitación mayor (23,9 %) y dos de reconstrucción (2,8 %). En conjunto, 36 unidades (50,7 %) fueron asignadas preliminarmente a rehabilitación o reconstrucción y 35 (49,3 %) a conservación o mantenimiento. La superficie evaluada asociada ascendió a 7.891,05 m²; este valor no representó cantidad de obra (Sequeira & Alvarado Espinoza, 2026).

Tabla 14. Distribución de las unidades según nivel preliminar de intervención

Nivel preliminar	Unidades	%	Área asociada (m²)	Prioridad	Fase
Preventivo	4	5,6 %	411,51	Baja	Fase 4
Conservación localizada	12	16,9 %	1.231,10	Baja	Fase 4
Correctivo localizado	19	26,8 %	2.055,83	Media	Fase 3
Rehabilitación localizada	17	23,9 %	1.983,21	Alta	Fase 2
Rehabilitación mayor	17	23,9 %	1.989,37	Muy alta	Fase 1
Reconstrucción	2	2,8 %	220,03	Muy alta	Fase 1
Total	71	100,0 %	7.891,05	-	-

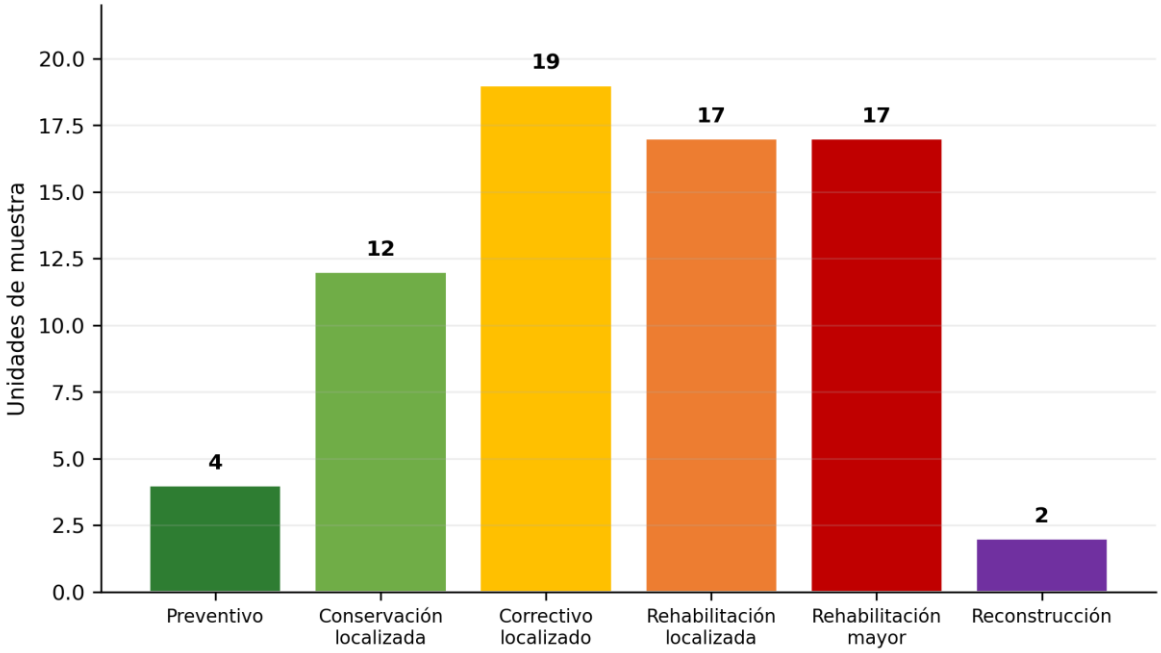


Figura 13. Unidades por nivel preliminar de intervención

La distribución evitó recomendar una solución única para todo el corredor y conservó la heterogeneidad demostrada por el PCI. Este enfoque fue coherente con la preservación de pavimentos de concreto, que selecciona estrategias a partir de la condición existente, la causa probable, la oportunidad de intervención y las limitaciones propias de cada técnica (FHWA, 2014). No obstante, la correspondencia entre condición PCI y nivel de intervención fue una regla analítica del estudio, no una prescripción automática contenida en ASTM D6433-24 (ASTM International, 2024).

Las 14 unidades clasificadas con prioridad baja o media que, simultáneamente, presentaron un deterioro dominante de severidad alta constituyeron alertas de compatibilidad. En esos casos, conservar o ejecutar una reparación menor sin revisar la profundidad y el soporte podría subestimar el daño. La FHWA establece que una reparación parcial se limita al deterioro confinado al tercio superior de la losa; si la afectación progresa por debajo de ese límite, debe evaluarse una reparación de espesor completo (FHWA, 2017a, 2017b).

9.15. Priorización territorial por tramo

La priorización asignó 19 unidades a nivel muy alto, 17 a alto, 19 a medio y 16 a bajo. El Tramo 3 concentró 24 de las 36 unidades con prioridad alta o muy alta (66,7 %), equivalentes al 85,7 % de sus 28 unidades. El Tramo 2 combinó cinco unidades de prioridad baja con cinco de prioridad alta o muy alta, mientras el Tramo 1 reunió 23 unidades de prioridad baja o media y siete de prioridad alta o muy alta (Sequeira & Alvarado Espinoza, 2026).

Tabla 15. Prioridad preliminar por tramo y área evaluada asociada

Prioridad	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Total	%	Área (m²)
Baja	11	5	0	16	22,5 %	1.642,61
Media	12	3	4	19	26,8 %	2.055,83
Alta	4	1	12	17	23,9 %	1.983,21
Muy alta	3	4	12	19	26,8 %	2.209,40
Total	30	13	28	71	100,0 %	7.891,05

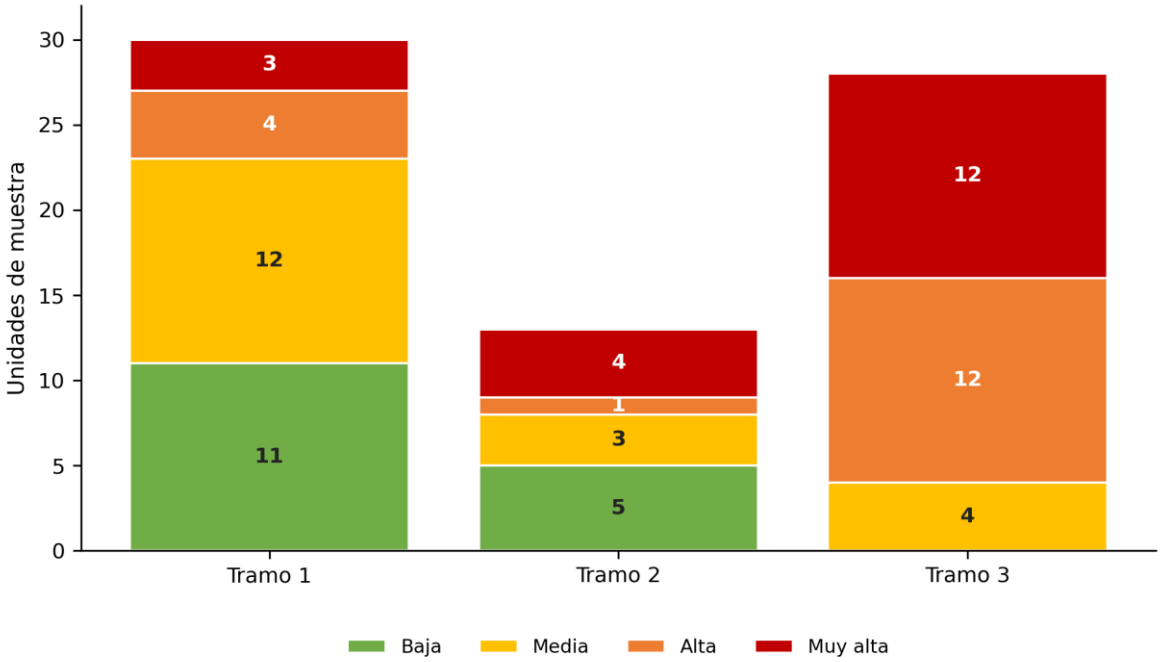


Figura 14. Composición de la prioridad preliminar por tramo

El Tramo 3 constituyó la prioridad territorial principal, porque la criticidad se presentó de forma continua y no como casos aislados. En cambio, la coexistencia de extremos en el Tramo 2 justificó una intervención selectiva por unidad, evitando reconstruir superficies conservables. La gestión de pavimentos recomienda utilizar la condición a escala de sección para programar actuaciones oportunas y preservar valor antes de que el deterioro exija soluciones de mayor alcance (Baladi et al., 2017; FHWA, 2014).

La jerarquía no constituyó todavía una programación ejecutiva. Las unidades no incluyeron progresivas métricas validadas, coordenadas, aforos, clasificación funcional ni rutas de servicios esenciales; por ello, la prioridad basada en condición debió contrastarse con exposición al tránsito, seguridad peatonal, accesibilidad y afectación durante la obra. La calidad y localización de los datos condicionan su aptitud para apoyar decisiones de mantenimiento y rehabilitación (Chang et al., 2020).

9.16. Familias de tratamiento por deterioro dominante

La matriz propuso cinco familias técnicas: reparación de espesor completo o sustitución de losa en 28 unidades; retiro y reposición de parches fallados en 16; sellado o reparación de grietas, con sustitución del paño si el daño fuese alto, en 14; reparación de grietas de esquina en ocho; y reparación de espesor completo con evaluación del soporte en cinco. Estas asignaciones se asociaron con el deterioro dominante y conservaron una condición de verificación previa a la ejecución.

Tabla 16. Familias de tratamiento preliminar y condiciones de aplicación

Tratamiento preliminar	Deterioro(s) asociado(s)	n	Área (m^2)	Verificación requerida
Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Losa dividida	28	3.237,66	Confirmar profundidad, transferencia de carga, soporte y límites del paño.
Retirar y reponer parches fallados con preparación adecuada	Parcheo (grande)	16	1.745,48	Revisar adherencia, geometría, material y causa de la falla del parche.
Sellar o reparar grietas; sustituir paños cuando el daño sea alto	Grieta lineal	14	1.452,36	Distinguir grieta estable de daño activo o pérdida de integridad.
Sellar o reparar la esquina; sustituir la losa cuando el daño sea alto	Grieta de esquina	8	943,74	Verificar extensión, soporte de esquina y condición de juntas.

Tratamiento preliminar	Deterioro(s) asociado(s)	n	Área (m²)	Verificación requerida
Reparación de espesor completo y evaluación del soporte	Punzonamiento	5	511,81	Investigar vacíos, bombeo o pérdida de soporte antes de intervenir.

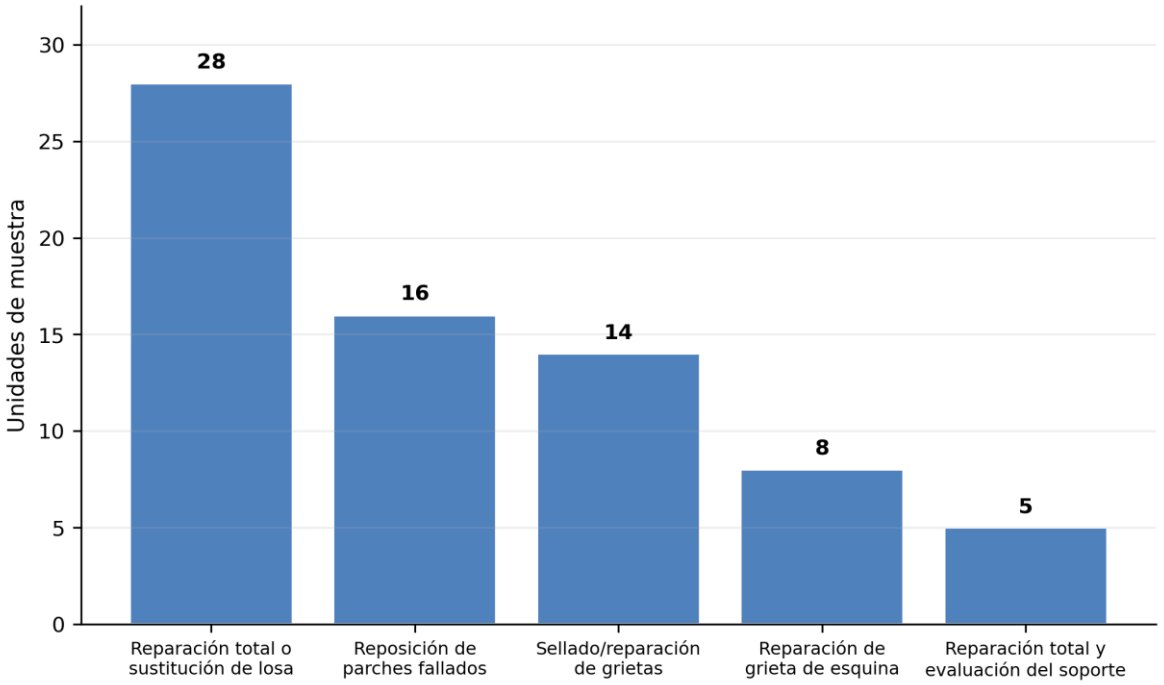


Figura 15. Frecuencia de las familias de tratamiento técnico preliminar

La reparación de espesor completo fue coherente como alternativa preliminar ante losas divididas, punzonamiento y daños que pudieran comprometer todo el espesor; sin embargo, su delimitación exige verificar concreto sano, transferencia de carga, base y drenaje. Las reparaciones parciales son apropiadas para deterioros localizados del tercio superior, mientras la reparación total requiere retirar y reponer el espesor completo dentro de límites técnicamente definidos (FHWA, 2014, 2017a, 2017b).

El PCI y el deterioro dominante no demostraron por sí solos pérdida de soporte, bombeo, deficiencia de transferencia de carga o insuficiencia estructural. En consecuencia, la inyección, estabilización de losa, reconstrucción o colocación de sobrecapas no debió aprobarse sin inspección de juntas, verificación del drenaje, sondeos y ensayos estructurales compatibles con la hipótesis de falla. La selección de estrategias debe articular evaluación, limitaciones de los tratamientos y desempeño esperado, en lugar de depender de una sola medida de condición (Baladi et al., 2017; FHWA, 2014).

9.17. Obras complementarias de andenes, drenaje y señalización

Las 17 vías requirieron al menos una actuación complementaria. Para los andenes se propusieron 14 rehabilitaciones o ampliaciones y tres construcciones; para el drenaje, 12 correcciones y cinco mantenimientos; y para la señalización, 13 instalaciones y cuatro rehabilitaciones. Dos registros conservaron contradicciones entre campos estructurados y observaciones, por lo que fueron señalados para verificación en campo (Sequeira & Alvarado Espinoza, 2026).

Tabla 17. Obras complementarias propuestas por sector

Componente	Acción	Fátima	Santa Rosa	Total	Criterio de confirmación
Andenes	Construcción	0	3	3	Continuidad, ancho libre, obstáculos y accesibilidad.
Andenes	Rehabilitación/ampliación	4	10	14	Continuidad, ancho libre, obstáculos y accesibilidad.
Drenaje	Mantenimiento	0	5	5	Capacidad, continuidad, obstrucción, descarga y erosión.

Componente	Acción	Fátima	Santa Rosa	Total	Criterio de confirmación
Drenaje	Corrección	4	8	12	Capacidad, continuidad, obstrucción, descarga y erosión.
Señalización	Instalación	2	11	13	Necesidad, ubicación, visibilidad y uniformidad.
Señalización	Rehabilitación	2	2	4	Necesidad, ubicación, visibilidad y uniformidad.

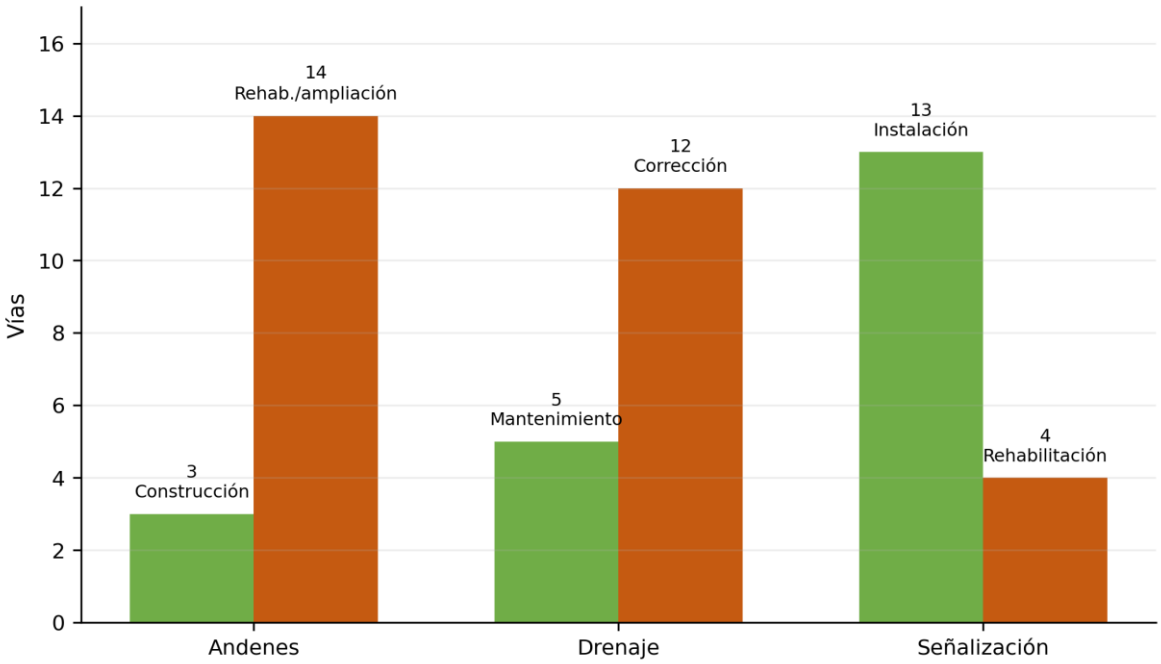


Figura 16. Distribución de las acciones complementarias propuestas

Fuente: elaboración propia a partir de Sequeira y Alvarado Espinoza (2026).

La intervención de la superficie sin resolver el drenaje podría reducir la durabilidad de la reparación, porque el control del agua forma parte del desempeño integral de la

infraestructura vial. Por ello, las correcciones hidráulicas debieron preceder o acompañar la reposición del pavimento y sustentarse en levantamiento de cotas, áreas tributarias, capacidad, descargas y condiciones de erosión, conforme a criterios hidrológicos e hidráulicos aplicables (FHWA, 2024; Secretaría de Integración Económica Centroamericana [SIECA], 2021).

Los andenes y la señalización tampoco constituyeron accesorios secundarios. La NTON 12 011-13 establece continuidad, ausencia de obstáculos y ancho libre mínimo de 1,50 m para itinerarios accesibles, mientras el manual centroamericano exige uniformidad y visibilidad de los dispositivos de control del tránsito (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2015; SIECA, 2014). En consecuencia, la propuesta debió convertir los conteos actuales en metrados por lado, longitud, ancho, tipo de dispositivo y ubicación, y resolver las dos contradicciones documentales antes de presupuestar.

9.18. Programación, costo-eficiencia y sostenibilidad

La programación preliminar ubicó 19 unidades y 2.209,40 m² asociados en la fase inmediata; 17 unidades y 1.983,21 m² en el corto plazo; 19 unidades y 2.055,83 m² en la fase programada; y 16 unidades y 1.642,61 m² en conservación. Las fases inmediata y de corto plazo reunieron 36 unidades y 4.192,61 m² asociados. Ninguna de las 71 unidades contó con cantidad de obra, precio unitario o costo estimado, por lo que el avance económico fue 0 % (Sequeira & Alvarado Espinoza, 2026).

Tabla 18. Programación preliminar y estado de la evaluación económica

Fase	Prioridad	n	Área (m²)	% área	Finalidad	Estado
Fase 1 - inmediata	Muy alta	19	2.209,40	28,0 %	Atender unidades muy malas o falladas y verificar daños severos.	Costeo pendiente
Fase 2 - corto plazo	Alta	17	1.983,21	25,1 %	Rehabilitar fallas localizadas y preservar unidades contiguas.	Costeo pendiente
Fase 3 - programada	Media	19	2.055,83	26,1 %	Corregir unidades regulares antes de su progresión.	Costeo pendiente
Fase 4 - conservación	Baja	16	1.642,61	20,8 %	Mantener unidades buenas y muy buenas.	Costeo pendiente

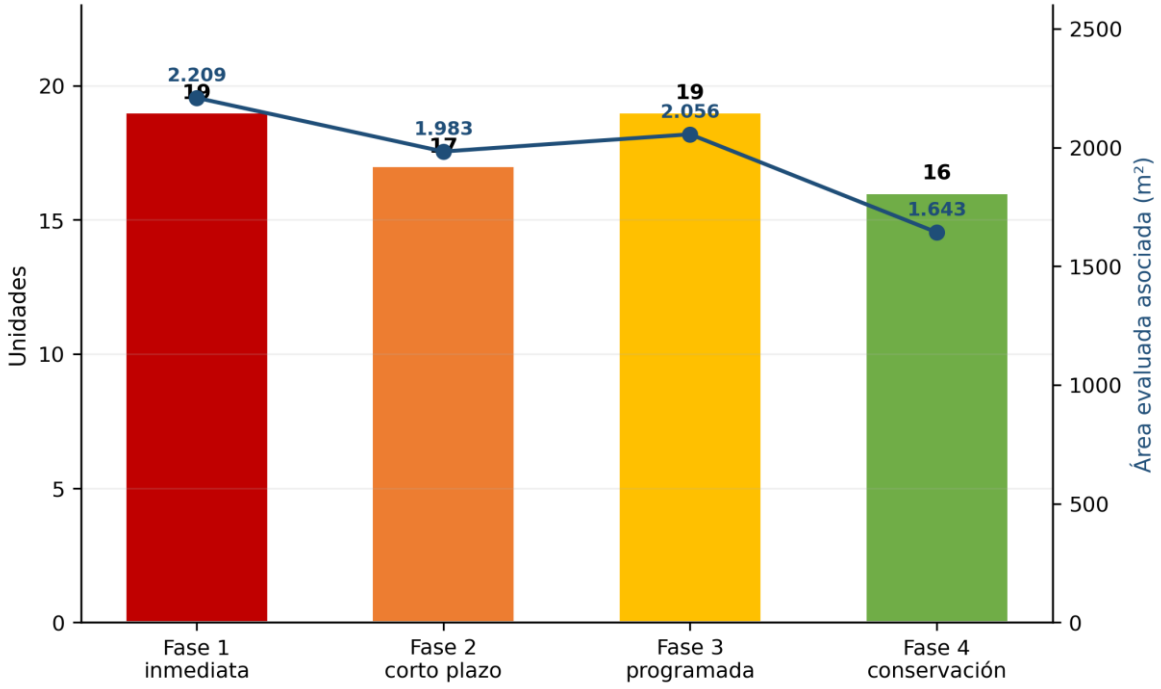


Figura 17. Unidades y área evaluada asociada por fase de intervención

Fuente: elaboración propia a partir de Sequeira y Alvarado Espinoza (2026).

La programación respondió a la urgencia física, pero no demostró costo-eficiencia económica. Para comparar alternativas se requieren metrados, precios con fuente y fecha, vida útil esperada, actividades futuras, valor residual, tasa de descuento y costos de usuario durante las obras. El análisis del costo del ciclo de vida compara opciones que proporcionan un nivel de servicio equivalente e incorpora el momento de los costos de construcción, mantenimiento y rehabilitación; por tanto, no puede sustituirse por el costo inicial ni por una prioridad PCI (FHWA, 2002).

Los criterios sostenibles propuestos —intervención localizada, corrección previa del drenaje, reducción de demoliciones, reutilización de materiales aptos y control de residuos— fueron técnicamente plausibles, pero permanecieron cualitativos. La sostenibilidad del pavimento depende del contexto, el ciclo de vida, los materiales, la construcción, el uso y el fin de vida;

su evaluación exige indicadores cuantificables y no una etiqueta general (FHWA, 2015). El agregado de concreto reciclado podría considerarse cuando cumpla especificaciones y el diseño de mezcla demuestre desempeño, sin asumir que todo material demolido es reutilizable (FHWA, 2022).

9.19. Condiciones para convertir la propuesta en diseño ejecutivo

La evaluación técnica identificó disponibilidad del PCI reportado y de los datos de deterioro, severidad y densidad; en contraste, quedaron pendientes la reconstrucción del valor deducido corregido máximo, la confirmación fotográfica, los metrados, los precios unitarios, la vida útil de las alternativas, el costo del ciclo de vida, la gestión cuantificada de residuos y la integración de accesibilidad y afectación al tránsito por segmento (Sequeira & Alvarado Espinoza, 2026).

Estas brechas establecieron el límite entre una recomendación técnica preliminar y un expediente de intervención. Antes de aprobar obras debieron validarse el PCI, las progresivas y la evidencia; efectuarse ensayos de soporte y deflexión donde se sospechen fallas estructurales; diseñarse drenaje, detalles de reparación y control de tránsito; y formularse cantidades, análisis de precios unitarios, especificaciones, plan ambiental y control de calidad. La selección final debe apoyarse en información de condición completa y en la compatibilidad entre daño, tratamiento y desempeño esperado (ASTM International, 2024; Chang et al., 2020; FHWA, 2014).

El objetivo específico 3 fue respondido mediante una propuesta diferenciada para 71 unidades y 17 vías. Se priorizaron 36 unidades para rehabilitación o reconstrucción, de las cuales 24 se localizaron en el Tramo 3; el Tramo 2 requirió tratamiento selectivo y el Tramo 1 combinó conservación con reparaciones localizadas. La propuesta incorporó fases, tratamientos asociados al deterioro dominante y acciones complementarias, pero no produjo

un presupuesto ni una comparación económica concluyente (Sequeira & Alvarado Espinoza, 2026).

La evidencia fue suficiente para establecer qué unidades debían conservarse, mantenerse, rehabilitarse o someterse a evaluación para reconstrucción. Sin embargo, la solución aprobable no debió derivarse únicamente del rango PCI: tuvo que confirmar profundidad y causa del daño, condición del soporte, drenaje, tránsito, accesibilidad, cantidades y desempeño del ciclo de vida. Con estas verificaciones, la matriz pudo convertirse en una cartera de proyectos técnicamente justificable, costo-eficiente y sostenible; sin ellas, conserva carácter preliminar (Baladi et al., 2017; FHWA, 2002, 2014, 2015).

X.CONCLUSIONES

1. La caracterización técnica de la infraestructura vial evidenció que las deficiencias del corredor estudiado no se limitaron al deterioro de la superficie de rodamiento, sino que involucraron de manera simultánea la geometría vial, los andenes peatonales, el drenaje pluvial y la señalización. De las 17 vías evaluadas, el 76,5 % presentó pavimento de concreto y el 76,5 % fue clasificado en condición general regular o mala. Asimismo, el 47,1 % registró carriles inferiores a 3,00 m; tres vías carecieron de andenes y 13 de los andenes existentes presentaron anchos inferiores a 1,50 m. El drenaje fue funcionalmente deficiente en el 70,6 % de las vías y la señalización estuvo ausente en el 76,5 %. Territorialmente, Fátima presentó mejores dimensiones de carril, pero deficiencias generalizadas de drenaje, mientras Santa Rosa concentró los mayores problemas de estrechamiento vial, infraestructura peatonal y señalización.

2. La aplicación del Índice de Condición del Pavimento permitió establecer cuantitativamente un deterioro relevante y espacialmente heterogéneo de la superficie de rodamiento. En las 71 unidades de muestra, correspondientes a 1.444 losas y aproximadamente 7.891,05 m² de superficie evaluada, se obtuvo un PCI medio de 40,00 y un PCI ponderado por área de 39,02. Además, 36 unidades, equivalentes al 50,7 % de la muestra, registraron valores PCI ≤ 40, confirmando que aproximadamente la mitad de las unidades evaluadas se encontraba dentro del rango crítico definido para la investigación.

3. La condición del pavimento presentó diferencias sustanciales entre los sectores analizados. El Tramo 1 mostró el mejor comportamiento, con PCI medio de 49,77 y únicamente 23,3 % de unidades con PCI ≤ 40; el Tramo 2 obtuvo un PCI medio de 44,68 y presentó la mayor heterogeneidad interna; mientras que el Tramo 3 constituyó el sector de mayor criticidad, con PCI medio de 27,36 y 85,7 % de sus unidades con PCI ≤ 40. En este último se concentraron 12 unidades en condición mala, 11 muy malas y una fallada,

sin registrarse unidades buenas o muy buenas. Estos resultados demostraron que la condición global del corredor no debe interpretarse exclusivamente mediante valores promedio, debido a la variabilidad existente entre las unidades de muestra.

4. La integración de los resultados del PCI con las condiciones de drenaje, andenes y señalización permitió establecer que la intervención requerida debe abordarse desde una perspectiva integral de infraestructura vial. Una superficie de rodamiento relativamente conservada no garantiza por sí sola condiciones adecuadas de funcionalidad, accesibilidad y seguridad cuando existen restricciones peatonales, drenajes deficientes o ausencia de dispositivos de control del tránsito. Esta situación resultó particularmente relevante porque 12 de las 17 vías presentaron drenaje funcionalmente deficiente y 13 carecieron de señalización vial.

5. La propuesta técnica permitió establecer una programación diferenciada de las intervenciones conforme con la condición observada. Se determinaron 19 unidades, equivalentes a 2.209,40 m², para intervención inmediata; 17 unidades y 1.983,21 m² para el corto plazo; 19 unidades y 2.055,83 m² para intervención programada; y 16 unidades y 1.642,61 m² para conservación. En conjunto, las fases inmediata y de corto plazo concentraron 36 unidades y 4.192,61 m² de superficie asociada, evidenciando la magnitud de las necesidades prioritarias del corredor.

6. Las intervenciones sobre la superficie de rodamiento deben complementarse con obras específicas sobre la infraestructura asociada. El diagnóstico determinó necesidades de construcción de andenes en tres vías y rehabilitación o ampliación en 14; correcciones del drenaje en 12 vías y mantenimiento en cinco; así como instalación de señalización en 13 vías y rehabilitación en cuatro. Por consiguiente, la estrategia de intervención no debe limitarse a reparar los deterioros del pavimento, sino orientarse a recuperar integralmente la funcionalidad de la sección vial.

7. El estudio aporta una base para la prefactibilidad técnica y la priorización de intervenciones en la infraestructura vial de la circunscripción III de Bluefields. Su alcance económico se limita al presupuesto logístico de la investigación, estimado en C$29,435.00, el cual no representa el costo de ejecución de las soluciones propuestas. Por tanto, la viabilidad económica de estas intervenciones queda pendiente de evaluación y su costeo definitivo deberá desarrollarse en los respectivos expedientes ejecutivos, mediante la cuantificación de obras, el análisis de precios unitarios y la estimación de la inversión requerida.

8. Finalmente, la investigación permitió establecer técnicamente las necesidades y prioridades de intervención, pero no completar su evaluación económica. Ninguna de las 71 unidades contó con metrados definitivos, cantidades de obra, análisis de precios unitarios o costos estimados, por lo que no fue posible demostrar cuantitativamente la costo-eficiencia de las alternativas propuestas. De igual manera, la ausencia de información planialtimétrica, inventario específico de estructuras de paso, estudios hidráulicos, aforos de tránsito y ensayos estructurales limitó la formulación de diseños definitivos. En consecuencia, los resultados constituyen una base técnica para la planificación del mantenimiento y rehabilitación, pero las intervenciones mayores deberán complementarse con estudios de ingeniería de detalle antes de su ejecución.

XI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la Alcaldía Municipal de Bluefields utilizar los resultados obtenidos como base para estructurar un programa de conservación y rehabilitación vial de la Circunscripción III, priorizando las intervenciones por unidad homogénea y no únicamente por calle o tramo completo. La primera fase deberá concentrarse en las 19 unidades clasificadas con prioridad muy alta, seguida de las 17 unidades de prioridad alta, evitando que los deterioros progresen hasta condiciones que demanden reconstrucciones de mayor costo.

2. Para el Tramo 3, que presentó el PCI medio más bajo (27,36) y concentró el 85,7 % de sus unidades con PCI $\leq$ 40, se recomienda realizar una evaluación estructural complementaria antes de ejecutar intervenciones de rehabilitación. Esta deberá incluir, según corresponda, exploración de subrasante y capas de soporte, evaluación de transferencia de carga, revisión de juntas, análisis de drenaje y determinación de las causas de los deterioros, con el propósito de evitar tratamientos superficiales sobre fallas de origen estructural.

3. En las unidades clasificadas como buenas o muy buenas se recomienda implementar conservación preventiva y mantenimiento rutinario, debido a que intervenir oportunamente las manifestaciones iniciales de deterioro permite prolongar la vida de servicio y disminuir la necesidad de rehabilitaciones posteriores. Particular atención deberá prestarse al Tramo 1 y a las unidades conservables del Tramo 2, evitando adoptar una única solución para la totalidad de cada tramo.

4. Se recomienda desarrollar un programa integral de drenaje vial, iniciando con limpieza, desobstrucción y mantenimiento de cunetas y alcantarillas, seguido de levantamientos topográficos e hidráulicos que permitan determinar pendientes, áreas tributarias, caudales de diseño, capacidad de conducción y condiciones de descarga.

La prioridad deberá concentrarse inicialmente en las 12 vías clasificadas con drenaje funcionalmente deficiente. Las intervenciones recomendadas tienen carácter preliminar y su ejecución estará sujeta a la elaboración de estudios hidrológicos y diseños hidráulicos de detalle que permitan verificar su viabilidad técnica y definir su dimensionamiento.

5. Se recomienda incorporar la infraestructura peatonal como componente obligatorio de las futuras intervenciones, construyendo los andenes inexistentes y rehabilitando o ampliando aquellos que no proporcionen continuidad, accesibilidad y seguridad. Las actuaciones deberán considerar particularmente las tres vías sin andenes y las 14 que requieren rehabilitación o ampliación, verificando dimensiones, obstáculos, continuidad y condiciones de accesibilidad antes del diseño definitivo.

6. Se recomienda elaborar un plan de señalización vial sustentado en un inventario actualizado y en estudios de tránsito. La intervención deberá contemplar señalización vertical, demarcación horizontal, pasos peatonales y dispositivos asociados con intersecciones y puntos de conflicto, priorizando las 13 vías actualmente sin señalización y rehabilitando los dispositivos deficientes existentes.

7. Antes de convertir la propuesta en proyecto ejecutivo, se recomienda completar los estudios faltantes mediante levantamiento planialtimétrico georreferenciado, secciones transversales, pendientes longitudinales y transversales, inventario y evaluación de estructuras de paso, aforos vehiculares y peatonales, estudio hidráulico, metrados y análisis de precios unitarios. Esto permitirá transformar la priorización desarrollada en la tesis en expedientes técnicamente dimensionados y económicamente evaluables.

8. Finalmente, se recomienda establecer un sistema periódico de monitoreo de la condición vial utilizando el PCI y el inventario de infraestructura complementaria. La

actualización sistemática permitirá construir una serie temporal del deterioro, determinar tasas de pérdida de condición, evaluar el desempeño de las reparaciones ejecutadas y orientar la asignación de recursos de mantenimiento mediante criterios técnicos verificables.

XII. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

12.1 Presupuesto

Nº	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
PRIMERA FASE					
	Equipos e Insumos de Campo				C$22,025.00
1	GPS Garmin	Unidad	1	C$20,000.00	C$20,000.00
2	Baterías AA	Par	2	C$80.00	C$160.00
3	Cinta Métrica de 5 m	Unidad	1	C$165.00	C$165.00
4	Tablas de Campo	Unidad	2	C$50.00	C$100.00
5	Cinta métrica de 50 m	Unidad	2	C$800.00	C$1,600.00
	Higiene y Seguridad				C$1,410.00
6	Cascos	Unidad	3	C$350.00	C$1,050.00
7	Chalecos reflectivos	Unidad	3	C$120.00	C$360.00
SEGUNDA FASE					
	Informe Final de Monografía				C$6,000.00
8	Impresión del documento	Unidad	1	C$3,000.00	C$3,000.00
9	Empastado del documento	Unidad	2	C$1,500.00	C$3,000.00
INVERSION FINAL					
	Total				**C$29,435.00**

12.2 Cronograma de actividades

ITEM	ACTIVIDADES	Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
1	Determinar Tema de Investigacion																												
2	Aprobacion de tema, Objetivos y Tutor																												
3	Capacitacion #1 por parte de especialistas(ArcGIS)																												
4	Elaboracion del protocolo de investigacion																												
5	Capacitacion #2 por parte de especialistas(ficha de levantamiento de campo)																												
7	Identificacion de vias y realizacion de Levantamiento con GPS.																												
8	Capacitacion #3 por parte de especialistas(Evaluacion de informacion levantada en campo)																												
9	2° Visita de Campo, verificacio de datos.																												
10	Proceso de Informacion obtenida de campo (Identificar las fallas presentes en el pavimento)																												
11	Formular propuestas técnicas de mantenimiento o rehabilitación vial, en función del nivel de daño identificado y la clasificación de fallas obtenida.																												
12	Redaccion el documento,																												
13	Entrega del documento.																												

XIII. REFERENCIAS

ASTM International. (2024a). *Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys (ASTM D6433-24).* https://doi.org/10.1520/D6433-24

ASTM International. (2024b). *Standard test method for airport pavement condition index surveys (ASTM D6433-24).* https://doi.org/10.1520/D6433-24

Baladi, G. Y., Dawson, T., Musunuru, G., Prohaska, M., & Thomas, K. (2017). *Pavement performance measures and forecasting and the effects of maintenance and rehabilitation strategy on treatment effectiveness* (FHWA-HRT-17-095). Federal Highway Administration. Federal Highway Administration

Bermúdez, M., & Espinal, R. (2021). Modelos de gestión vial en municipios del Caribe hondureño: Entre la improvisación y la sostenibilidad. *Revista Centroamericana de Ingeniería, 10*(2), 33–49.

Cerda Calero, B. W., Dávila Martínez, B. J., & Cantillano Centeno, D. A. (2023). *Mejoramiento de la infraestructura vial de la carretera vieja a Tipitapa de 1,500 metros, tramo de Aguas Calientes a Ciudadela, municipio de Tipitapa* [Trabajo de graduación, Universidad de Ciencias Comerciales].

Chang, G., Gilliland, A., Rada, G. R., Serigos, P. A., Simpson, A. L., & Kouchaki, S. (2020). *Successful practices for quality management of pavement surface condition data collection and analysis: Phase I, task 2—Document of successful practices* (FHWA-RC-20-0007). Federal Highway Administration. Documento FHWA-RC-20-0007

Chapoñan, L. L., & Quispe, M. J. (2017). Uso de fibras de polipropileno en pavimentos rígidos. *Revista de Ingeniería Civil, 4*(2), 45–53.

Cisneros, M., & Maldonado, A. (2018). La planificación vial como eje estratégico en la gestión municipal. *Instituto de Desarrollo Local, 12*(1), 25–42.

Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad. (2015). Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense: Accesibilidad al medio físico (NTON 12 011-13). *La Gaceta, Diario Oficial*, (49), 2328–2345. Documento oficial NTON 12 011-13

Federal Highway Administration. (2002). *Life-cycle cost analysis primer*. U.S. Department of Transportation. Life-cycle cost analysis primer

Federal Highway Administration. (2013). *Practical guide for quality management of pavement condition data collection*. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration

Federal Highway Administration. (2014). *Concrete pavement preservation guide* (2nd ed.; FHWA-HIF-14-004). U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration

Federal Highway Administration. (2015). *Towards sustainable pavement systems: A reference document* (FHWA-HIF-15-002). U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration

Federal Highway Administration. (2017a). *Full-depth repairs*. U.S. Department of Transportation. Full-depth repairs

Federal Highway Administration. (2017b). *Partial-depth repairs: 1.0 Introduction*. U.S. Department of Transportation. Partial-depth repairs

Federal Highway Administration. (2022). *Tech brief: Use of recycled concrete aggregate (RCA) in concrete paving mixtures* (FHWA-HIF-22-020). U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration

Federal Highway Administration. (2024). *Urban drainage design manual* (4th ed.; Hydraulic Engineering Circular No. 22, FHWA-HIF-24-006). U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration

Federal Highway Administration. (2025). *Manual on uniform traffic control devices for streets and highways* (11th ed., Revision 1). U.S. Department of Transportation. Manual on Uniform Traffic Control Devices

Fernández Samaniego, A. J., & Meza Mayhuire, D. J. (2024). *Rediseño de la infraestructura vial en la intersección de la Av. Próceres de la Independencia y la Av. Los Jardines–San Juan de Lurigancho–Lima para mejorar la seguridad peatonal* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].

García, L., & Perdomo, E. (2022). Evaluación multicriterio de infraestructura vial urbana en contextos complejos. *Revista Colombiana de Ingeniería Civil, 18*(3), 67–82.

Gómez, R., & Ledesma, P. (2016). Asfalto modificado con residuos plásticos reciclados. *Revista Técnica de Ingeniería Ambiental, 5*(1), 40–55.

González, J. (2011). *Gestión y evaluación técnica de la infraestructura vial urbana* [Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería].

González-Fernández, H., Ruiz-Caballero, P., & Guerrero-Valverde, D. (2019). Propuesta de metodología para la evaluación de pavimentos mediante el índice de condición del pavimento (PCI). *Ciencia en su PC, 1*, 58–71. Registro del artículo

Guzmán, D., & Narváez, T. (2021). Movilidad peatonal y seguridad vial en barrios periféricos de Managua. *Revista de Urbanismo y Territorio, 9*(2), 11–31.

Knapp, K., Chandler, B., Atkinson, J., Welch, T., Rigdon, H., Retting, R., Meekins, S., Widstrand, E., & Porter, R. J. (2014). *Road diet informational guide* (FHWA-SA-14-028). Federal Highway Administration. Road Diet Informational Guide

Mamani Maquera, D. J., & Mamani Ayala, G. Y. (2024). *Análisis comparativo de las metodologías PCI y VIZIR en la evaluación superficial del pavimento flexible en la Av. Internacional, entre calle Hermanos Barreto-Jorge Antonio Encinas, en el distrito de Ciudad Nueva, ciudad de Tacna-2024* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada de Tacna. Repositorio Institucional UPT

Pérez, H., & Montenegro, E. (2018). Diagnóstico vial mediante PCI en redes secundarias de Managua. *Revista de Ingeniería y Transporte Urbano, 7*(2), 33–48.

Rodríguez, E., & Espinoza, F. (2019). Planificación vial basada en PCI: El caso de Estelí. *Revista de Desarrollo Municipal, 13*(4), 44–61.

Salinas Ramos, W. A., Rojas Araujo, O., & Jiménez Lalangui, Y. (2019). *Evaluación superficial de pavimento rígido utilizando método índice de condición de pavimento, la avenida Pakamuros, provincia de Jaén, Cajamarca, 2019* [Trabajo de investigación de bachiller, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo. Repositorio Institucional UCV

Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2011). *Manual de normas para el diseño geométrico de carreteras*. SIECA

Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2014). *Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito*. SIECA

Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2021). *Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica*. SIECA

Shahin, M. Y. (1997). *PAVER concrete distress manual* (CERL TR 97/105). U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories. PAVER Concrete Distress Manual

U.S. Access Board. (2023). *Public right-of-way accessibility guidelines*. U.S. Access Board

XIV. ANEXOS

Anexo 1. Ficha Técnica para Evaluación del PCI (ASTM D6433)

Unidad de muestra No: _____

Ubicación (coordenadas): _____

Longitud del tramo: _____ m Ancho: _____ m

Fecha de evaluación: _____

Nombre del evaluador: _____

Deterioros observados:

Tipo de deterioro	Severidad (L/M/S)	Área afectada (m²)	Observaciones

Valor PCI estimado: _____
Clasificación del tramo: _____

Anexo 2. Guía de Observación de Infraestructura Complementaria

Tramo evaluado: _____

Fecha: _____

1. **Sistema de drenaje:**

¿Existe cuneta o alcantarilla?

Sí / No

¿Está funcional?

□ Sí □ Parcial □ No

Observaciones: _____

2. **Andenes peatonales:**

¿Existe acera continua?

Sí / No

¿Condición general?

□ Buena

□ Regular

□ Mala

Observaciones: _____

3. Señalización vial:

Señales verticales:

□ Presentes □ Deterioradas □ Inexistentes

Marcas viales: □ Visibles □ Parcial □ Borradas □ Inexistentes

Observaciones:

Anexo 3. Registro Fotográfico Georreferenciado

Instrucciones: Adjuntar fotografías representativas de cada tramo evaluado.

Cada imagen debe estar acompañada de la siguiente información:

- Unidad de muestra: _____

- Coordenadas GPS: _____

- Fecha y hora: _____

- Tipo de deterioro observado: _____

- Descripción adicional: _____

Anexo 4. Fotografías del área de estudio



Fotografía 1. *Condición superficial con presencia de humedad, sedimentos y residuos sólidos dispersos.*



Fotografía 2. *Registro de infraestructura vial y tapa de inspección localizada en el área de circulación.*



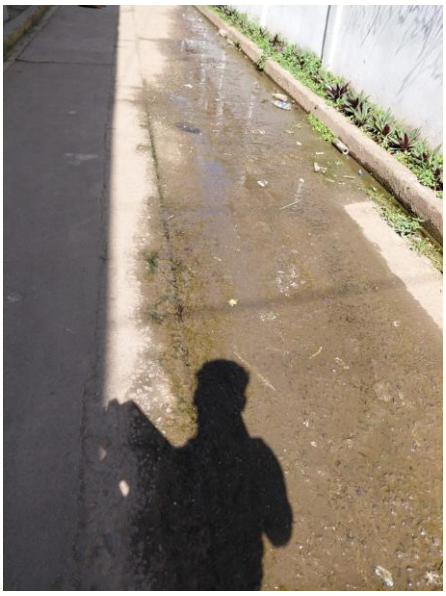
Fotografía 3. *Acumulación de residuos sólidos y material vegetal en el borde de la vía.*



Fotografía 4. *Vista general del tramo vial y de las condiciones de circulación observadas.*



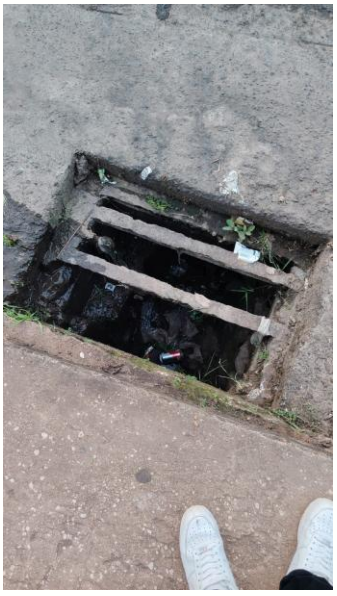
Fotografía 5. *Canal de drenaje longitudinal con deterioro localizado y presencia de materiales sueltos.*



Fotografía 6. *Encharcamiento superficial y humedad persistente junto al borde de la vía.*



Fotografía 7. *Vista general del tramo vial durante la inspección de campo.*



Fotografía 8. *Estructura de drenaje abierta, con elementos de protección incompletos y residuos en su interior.*



Fotografía 9. *Rejilla de drenaje con acumulación de residuos y agua en la estructura.*



Fotografía 10. *Presencia de lodo, agua estancada y envases plásticos en zona de drenaje.*



Fotografía 11. *Rejilla longitudinal de drenaje con residuos sólidos acumulados entre los elementos metálicos.*



Fotografía 12. *Condición general de la rejilla longitudinal y del flujo superficial en el punto inspeccionado.*



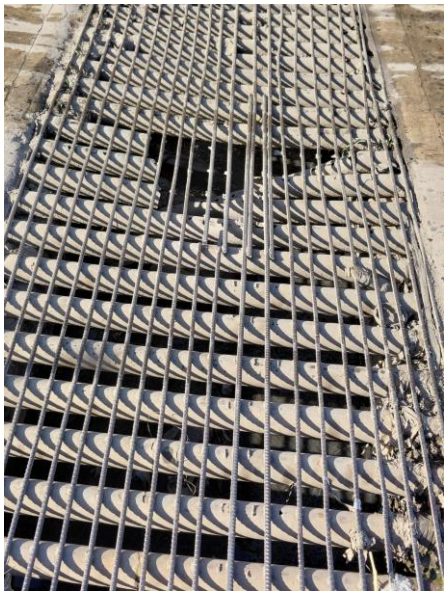
Fotografía 13. *Señalización de campo realizada sobre la superficie del pavimento durante la inspección.*



Fotografía 14. *Marcación de referencia sobre el pavimento para identificación del punto evaluado.*



Fotografía 15. *Encharcamiento longitudinal en el borde de la vía, con presencia de residuos sólidos.*



Fotografía 16. *Rejilla de drenaje con deterioro y discontinuidad de algunos elementos de protección.*



Fotografía 17. *Acumulación significativa de agua sobre una superficie vial deteriorada.*



Fotografía 18. *Deterioro del pavimento asociado a escorrentía y descarga superficial de agua.*



Fotografía 19. *Estructura de drenaje deteriorada con acumulación de sedimentos y residuos sólidos.*



Fotografía 20. *Zona con humedad, lodo, deterioro superficial y residuos sólidos próximos al drenaje.*



Fotografía 21. *Marcación de referencia sobre el pavimento de concreto y presencia de fisuras próximas a las juntas de las losas.*



Fotografía 22. *Estructura de drenaje con acumulación significativa de residuos sólidos, condición que reduce su capacidad de captación y evacuación.*



Fotografía 23. *Fisuración localizada en la superficie del pavimento, próxima a la intersección de juntas entre losas de concreto.*



Fotografía 24. *Deterioro superficial localizado con presencia de fisuras y pérdida incipiente de material en el pavimento de concreto.*



Fotografía 25. *Fisura diagonal desarrollada dentro de una losa de concreto y vinculada a la proximidad de juntas existentes.*



Fotografía 26. *Fisura transversal con abertura visible y deterioro localizado de los bordes sobre la superficie del pavimento.*



Fotografía 27. *Continuidad de fisuración transversal en el pavimento, con irregularidad y pérdida puntual de material a lo largo de la abertura.*



Fotografía 28. *Condición superficial del pavimento de concreto con textura irregular y desgaste generalizado de la capa expuesta.*



Fotografía 29. *Abertura de drenaje con acumulación de residuos y sedimentos, evidenciando obstrucción parcial del sistema.*



Fotografía 30. *Abertura longitudinal en la junta del pavimento, acompañada de humedad y acumulación de agua en el borde de la vía.*



Fotografía 31. *Superficie del pavimento con desgaste y exposición de agregado, sin observarse en el punto una falla estructural severa.*



Fotografía 32. *Rejilla de drenaje parcialmente obstruida por residuos sólidos, sedimentos y crecimiento de vegetación.*



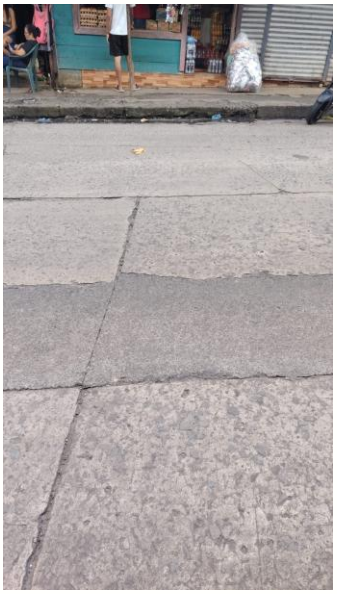
Fotografía 33. *Junta o fisura longitudinal con abertura visible, próxima a una zona húmeda con presencia de residuos dispersos.*



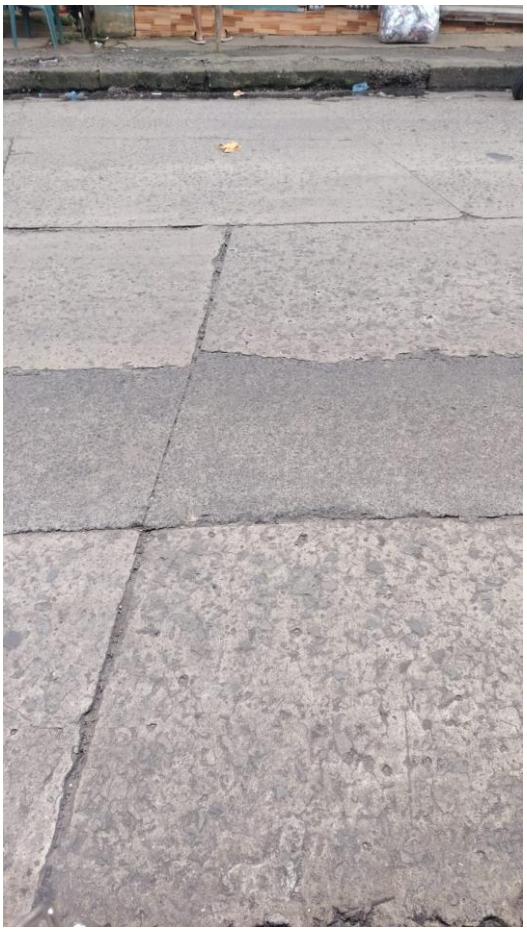
Fotografía 34. *Acumulación de agua junto al borde del pavimento y marcación de referencia utilizada durante el levantamiento de campo.*



Fotografía 35. *Marcación de punto de inspección sobre losa de concreto y condición general del tramo en una intersección vial.*



Fotografía 36. *Reparación transversal localizada sobre el pavimento, con diferencia visible de textura respecto a las losas adyacentes.*



Fotografía 37. *Vista de detalle de una reparación transversal y de las juntas entre losas, con cambios de textura y acabado superficial.*

Anexo 5. Aspectos Metodológicos y Trazabilidad del PCI – Calle Fátima (Nivel Medio)

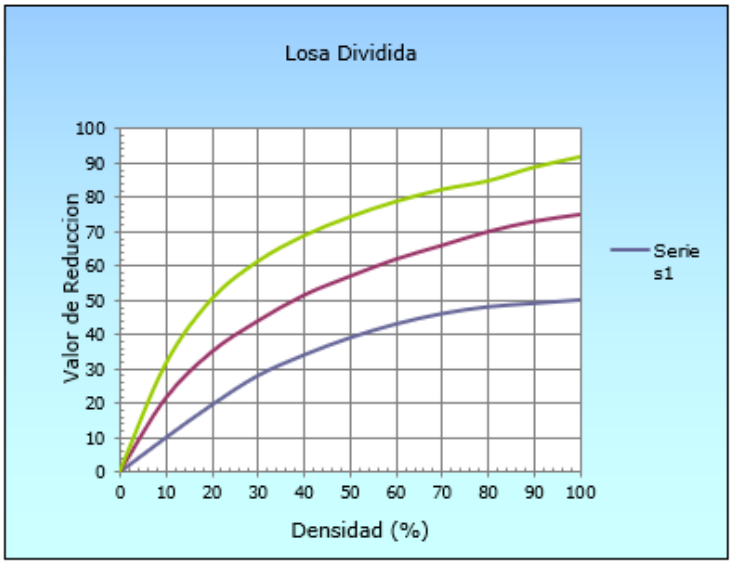
Exploracion de la condicion por unidad de muestreo

Lugar	Abcisa inicial	Unidad de muestreo	Fecha
B° FATIMA	0+000	1	12/12/2025
Inspeccionado por	Abcisa final	Numero de losas	
MELKIN ALVARADO	0+001	20	

N°	Daño	N°	Daño	N°	Daño
21	Blow up/ Buckling	27	Desnivel carril/Berma	33	Bombeo
22	Grieta de esquina	28	Grieta lineal	34	Punzonamiento
23	Losa dividida	29	Parcheo (grande)	35	Cruce de via Ferrea
24	Grieta de durabilidad "D"	30	Parcheo (pequeño)	36	Desconchamiento
25	Escala	31	Pulimento de agregados	37	Retraccion
26	Sello de junta	32	Popouts	38	Descascaramiento de esquina
				39	Descascaramiento de junta

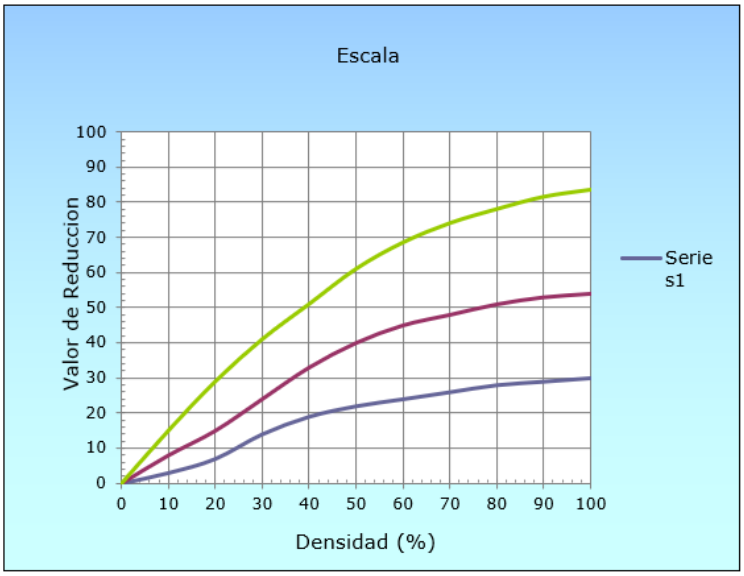
Daño	Severidad	N°.Losas	Desidad (%)	Valor deducid	Esquema
23	L	1	5	4.80	
25	M	1	5	4.25	
26	L	20	100	2	
27	L	1	5	1.24	
28	L	6	30	13.98	
28	M	3	15	11.74	
28	H	2	10	18.50	
29	L	9	45	17.68	
32	H	1	5	0.72	
34	M	2	10	23.28	
34	H	1	5	17.17	
37	H	2	10	0.14	

GRAFICO N° 23 : Losa Dividida



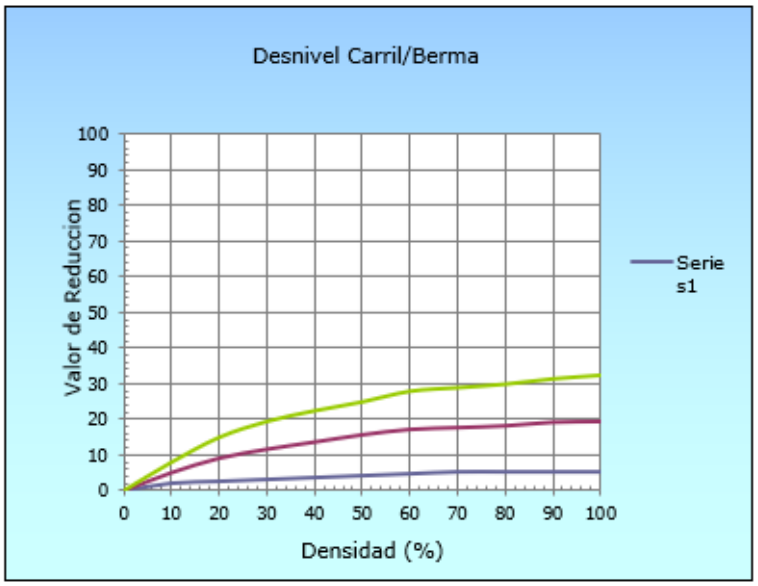
Severidad Baja	
Densidad (%) =	5.00
Valor de Reduccion =	**4.80**

GRAFICO N° 25 : Escala



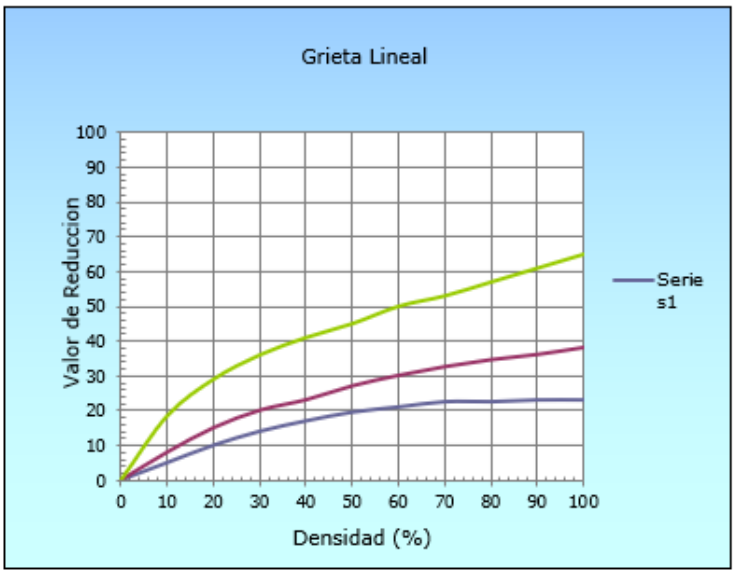
Severidad Media	
Densidad (%) =	5.00
Valor de Reduccion =	**4.25**

GRAFICO N° 27 : Desnivel Carril/Berma



Severidad Baja	
Densidad (%) =	5.00
Valor de Reduccion =	**1.24**

GRAFICO N° 28 : Grieta Lineal

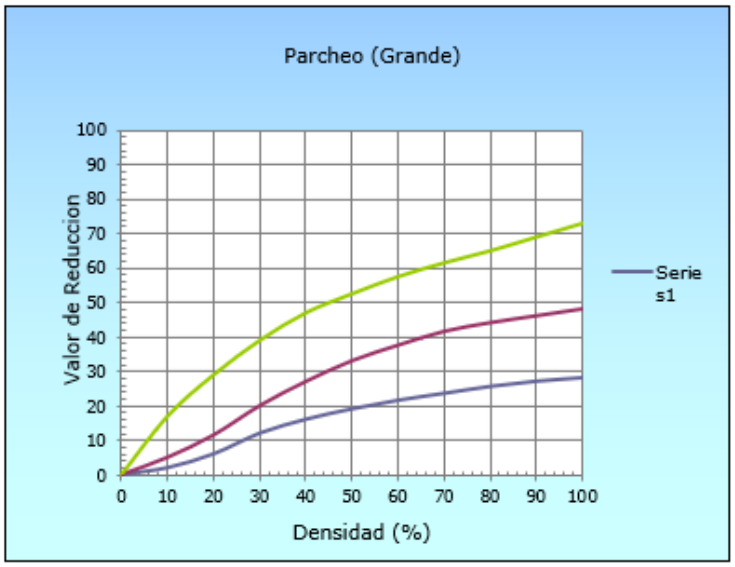


Severidad Baja	
Densidad (%) =	30.00
Valor de Reduccion =	**13.98**

Severidad Media	
Densidad (%) =	15.00
Valor de Reduccion =	**11.74**

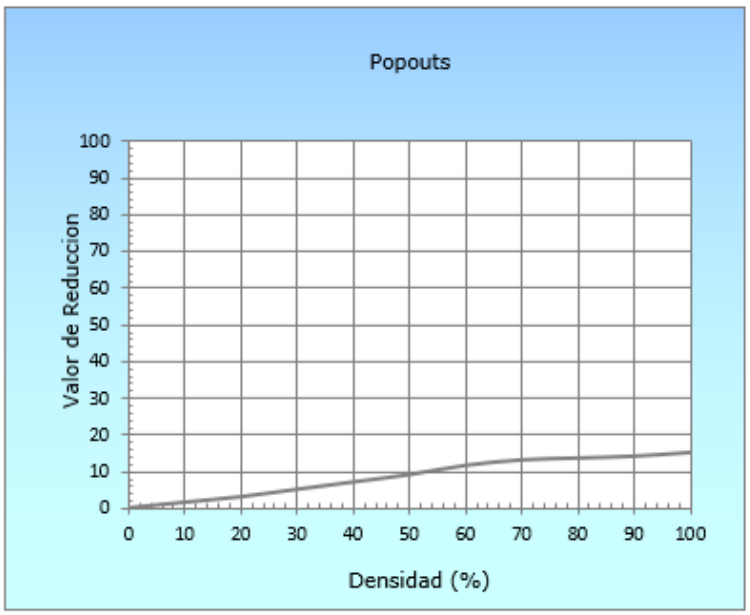
Severidad Alta	
Densidad (%) =	10.00
Valor de Reduccion =	**18.50**

GRAFICO N° 29 : Parcheo (Grande)



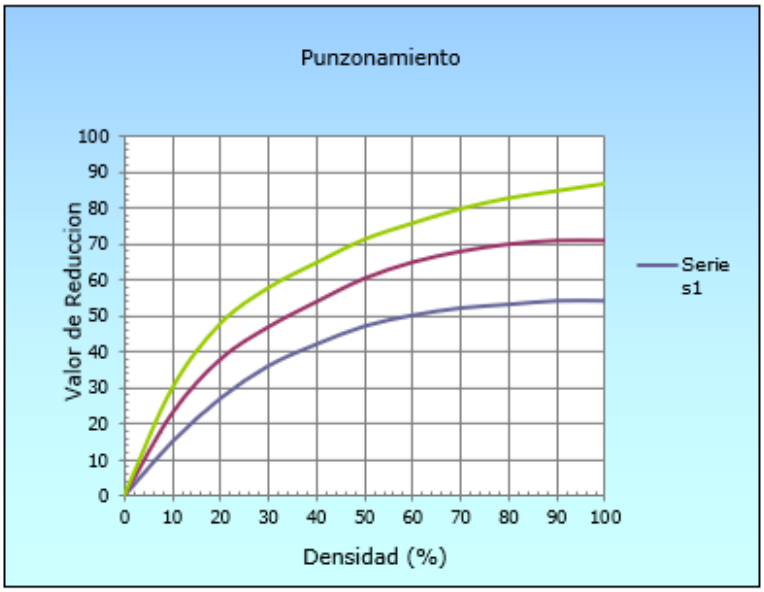
Severidad Baja	
Densidad (%) =	45.00
Valor de Reduccion =	**17.68**

GRAFICO N° 32 : Popouts



Densidad (%) =	5.00
Valor de Reduccion =	**0.72**

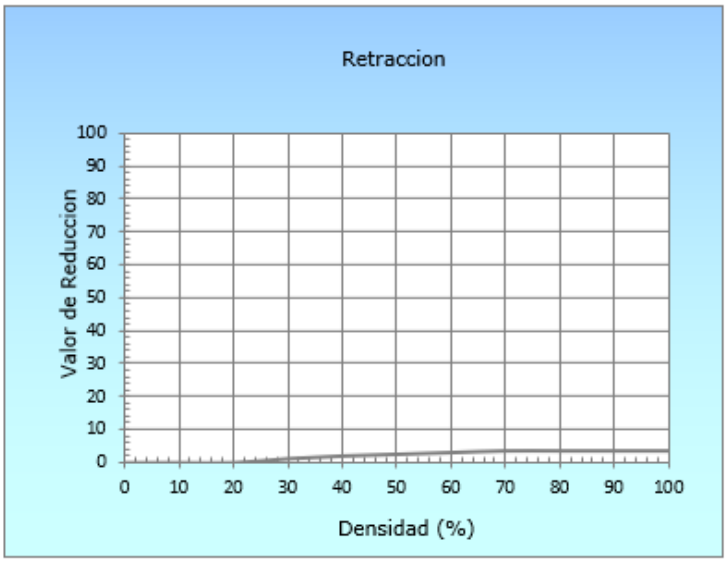
GRAFICO N° 34 : Punzonamiento



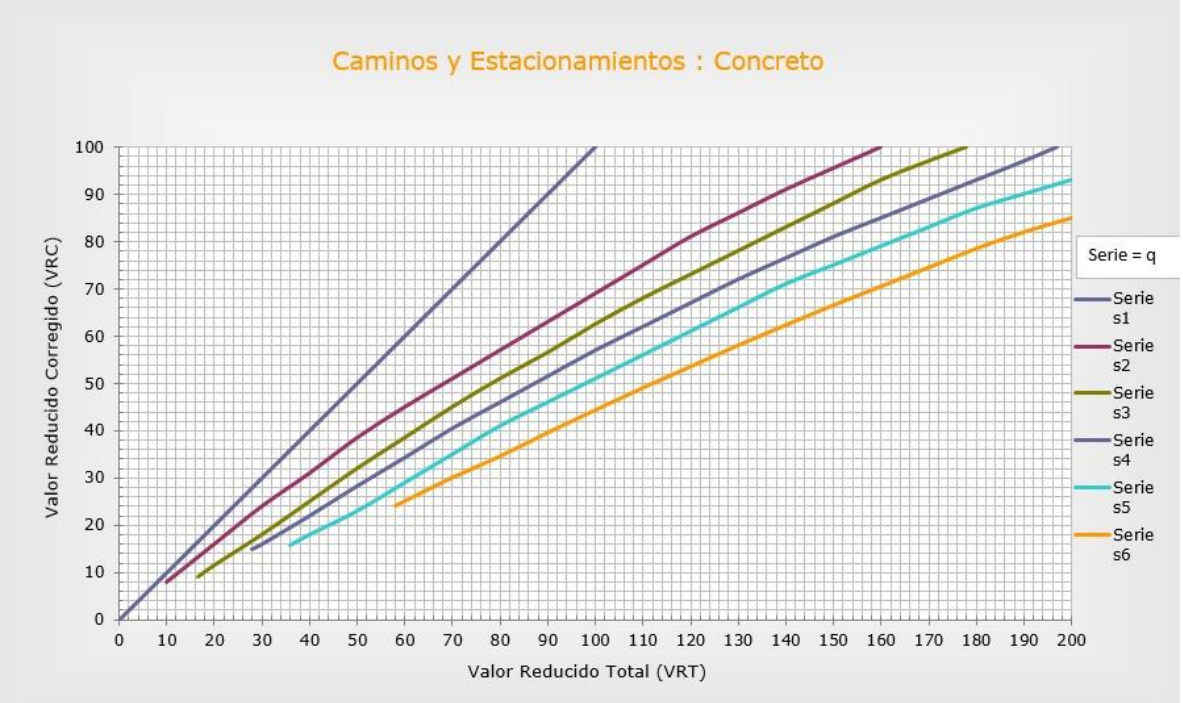
Severidad Media	
Densidad (%) =	10.00
Valor de Reduccion =	**23.28**

Severidad Alta	
Densidad (%) =	5.00
Valor de Reduccion =	**17.17**

GRAFICO N° 37 : Retraccion



Densidad (%) =	10.00
Valor de Reduccion =	**0.14**



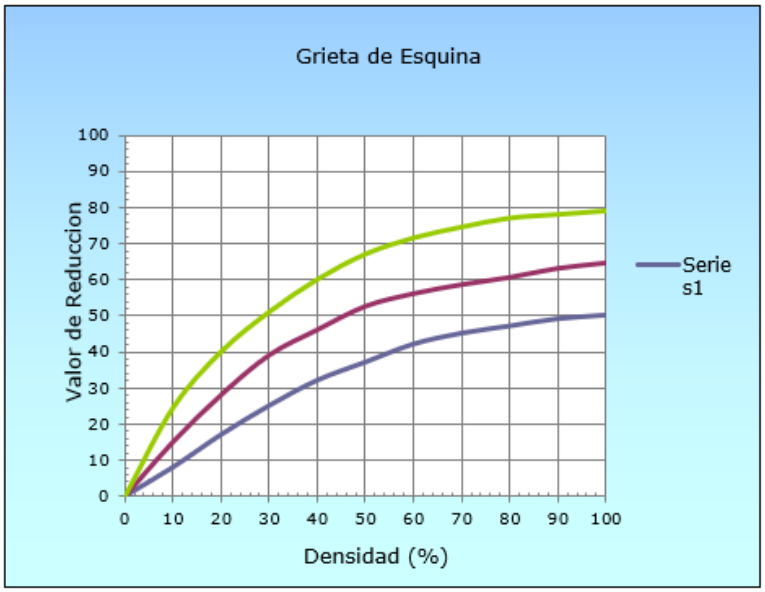
N°	VALORES DEDUCIDOS								TOTAL	q	VDC
1	23.28	18.50	17.68	17.17	13.98	11.74	4.80	4.25	111.40	8	52.04
2	23.28	18.50	17.68	17.17	13.98	11.74	4.80	2.00	109.15	7	53.98
3	23.28	18.50	17.68	17.17	13.98	11.74	2.00	2.00	106.35	6	54.40
4	23.28	18.50	17.68	17.17	13.98	2.00	2.00	2.00	96.61	5	54.00
5	23.28	18.50	17.68	17.17	2.00	2.00	2.00	2.00	84.63	4	48.65
6	23.28	18.50	17.68	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	69.46	3	44.58
7	23.28	18.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	53.78	2	40.85
8	23.28	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	37.28	1	37.28

VDCMAX= 54.40
PCI= 45.60 REGULAR

Anexo 6. Aspectos Metodológicos y Trazabilidad del PCI – Calle Colón (Nivel Crítico)

Exploracion de la condicion por unidad de muestreo								
Lugar			Abcisa inicial		Unidad de muestreo		Fecha	
CALLE COLON			0+011		11		13/2/2026	
Inspeccionado por			Abcisa final		Numero de losas			
MELKIN ALVARADO			0+012		20			
N°	Daño		N°	Daño		N°	Daño	
21	Blow up/ Buckling		27	Desnivel carril/Berma		33	Bombeo	
22	Grieta de esquina		28	Grieta lineal		34	Punzonamiento	
23	Losa dividida		29	Parcheo (grande)		35	Cruce de via Ferrea	
24	Grieta de durabilidad "D"		30	Parcheo (pequeño)		36	Desconchamiento	
25	Escala		31	Pulimento de agregados		37	Retraccion	
26	Sello de junta		32	Popouts		38	Descascaramiento de esquina	
						39	Descascaramiento de junta	
Daño	Severidad	N°.Losas	Desidad (%)	Valor deducid	Esquema			
22	M	3	15	21.82	°	°	°	°
22	H	12	60	71.62	°	°	°	°
23	L	1	5	4.80	°	°	°	°
23	M	1	5	12.13	°	°	°	°
23	H	4	20	50.33	°	°	°	°
26	M	15	75	4	°	°	°	°
27	L	1	5	1.24	°	°	°	°
28	L	1	5	2.47	°	°	°	°
28	M	2	10	8.13	°	°	°	°
28	H	2	10	18.50	°	°	°	°
29	L	1	5	0.28	°	°	°	°
29	M	2	10	4.76	°	°	°	°
29	H	6	30	38.95	°	°	°	°
34	L	1	5	7.96	°	°	°	°
34	M	3	15	31.21	°	°	°	°
38	H	2	10	6.89	°	°	°	°
39	M	1	5	1.88	°	°	°	°
39	H	1	5	8.30	°	°	°	°

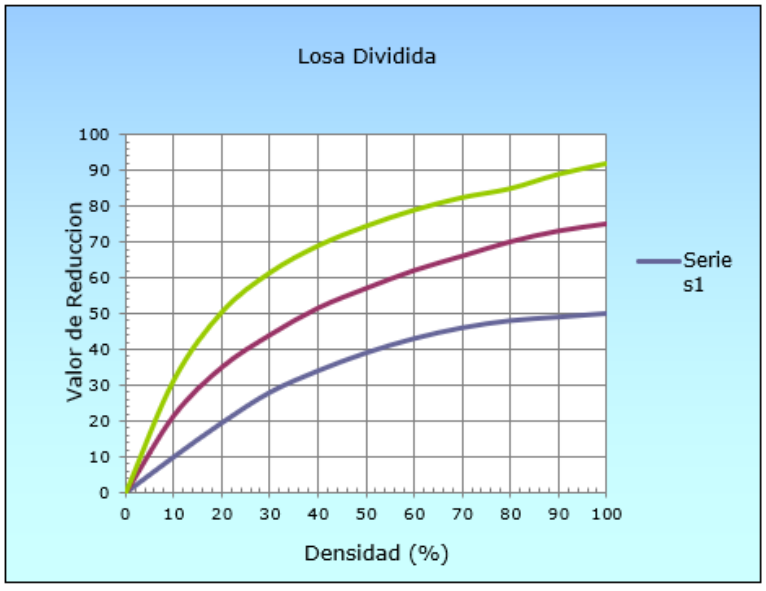
GRAFICO N° 22 : Grieta de Esquina



Severidad Media	
Densidad (%) =	15.00
Valor de Reduccion =	**21.82**

Severidad Alta	
Densidad (%) =	60.00
Valor de Reduccion =	**71.62**

GRAFICO N° 23 : Losa Dividida

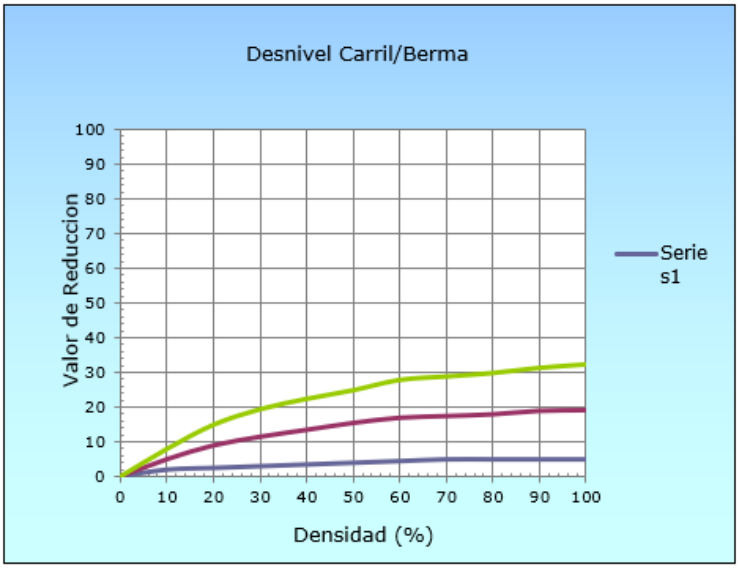


Severidad Baja	
Densidad (%) =	5.00
Valor de Reduccion =	**4.80**

Severidad Media	
Densidad (%) =	5.00
Valor de Reduccion =	**12.13**

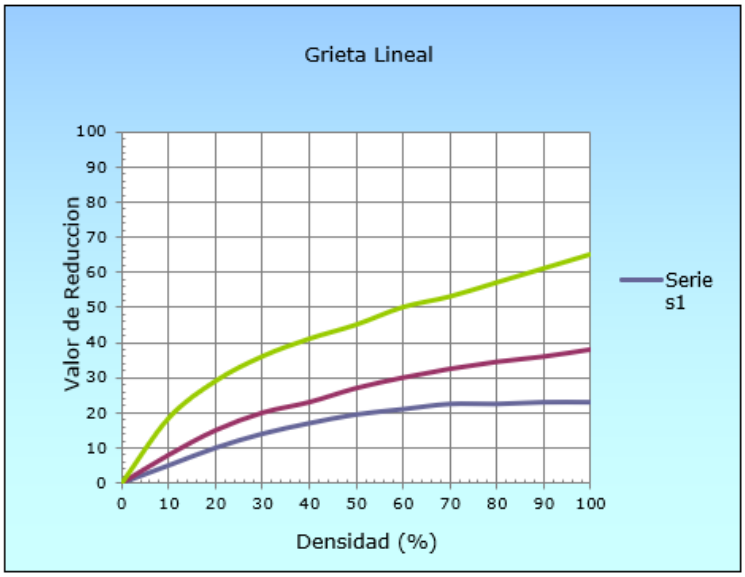
Severidad Alta	
Densidad (%) =	20.00
Valor de Reduccion =	**50.33**

GRAFICO N° 27 : Desnivel Carril/Berma



Severidad Baja	
Densidad (%) =	5.00
Valor de Reduccion =	**1.24**

GRAFICO N° 28 : Grieta Lineal

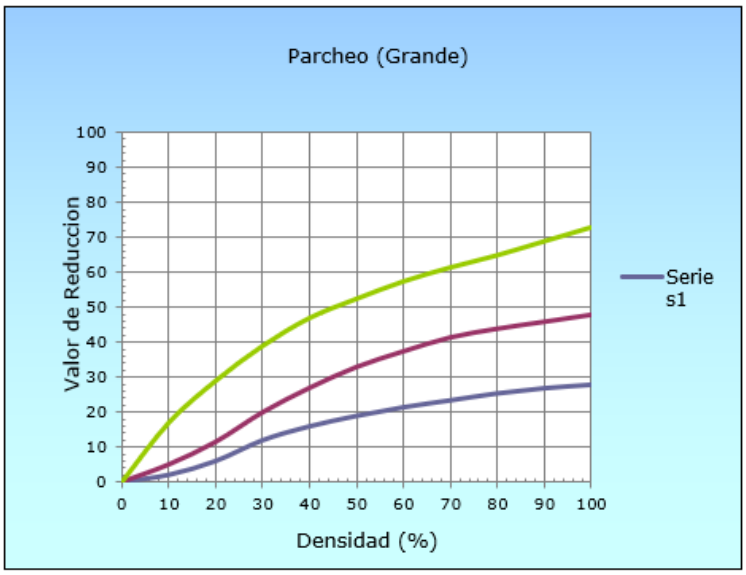


Severidad Baja	
Densidad (%) =	5.00
Valor de Reduccion =	**2.47**

Severidad Media	
Densidad (%) =	10.00
Valor de Reduccion =	**8.13**

Severidad Alta	
Densidad (%) =	10.00
Valor de Reduccion =	**18.50**

GRAFICO N° 29 : Parcheo (Grande)

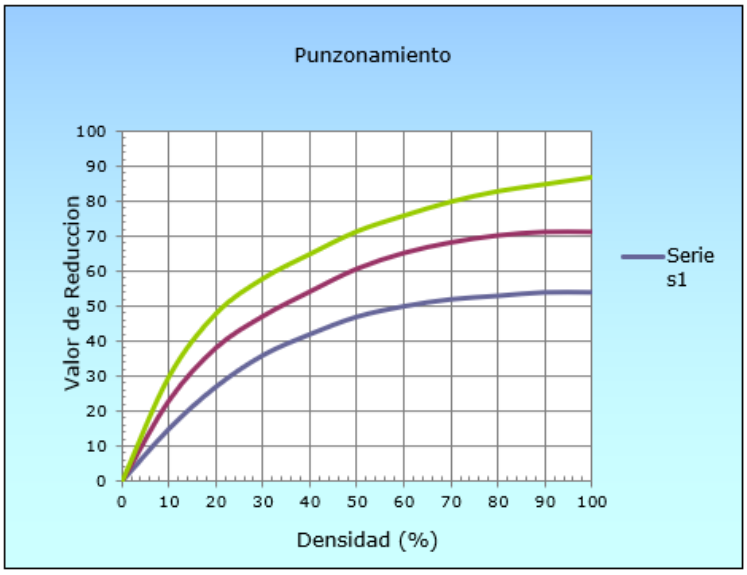


Severidad Baja	
Densidad (%) =	5.00
Valor de Reduccion =	**0.28**

Severidad Media	
Densidad (%) =	10.00
Valor de Reduccion =	**4.76**

Severidad Alta	
Densidad (%) =	30.00
Valor de Reduccion =	**38.95**

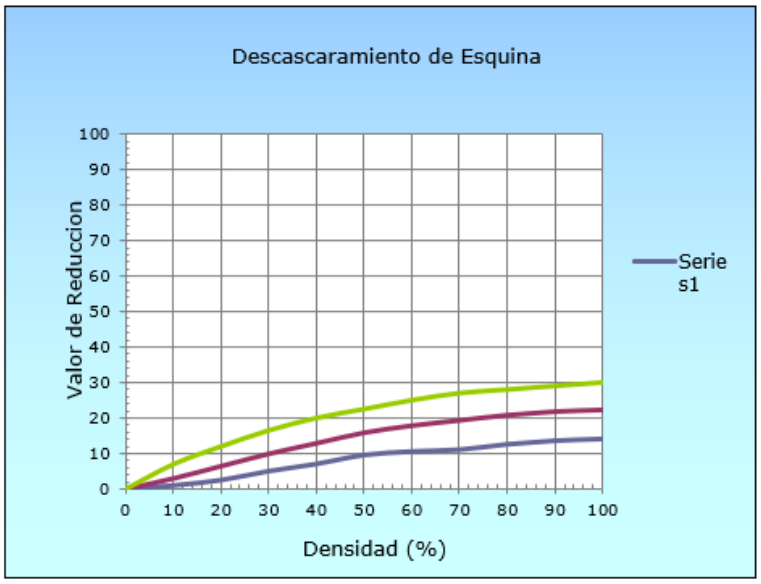
GRAFICO N° 34 : Punzonamiento



Severidad Baja	
Densidad (%) =	5.00
Valor de Reduccion =	**7.96**

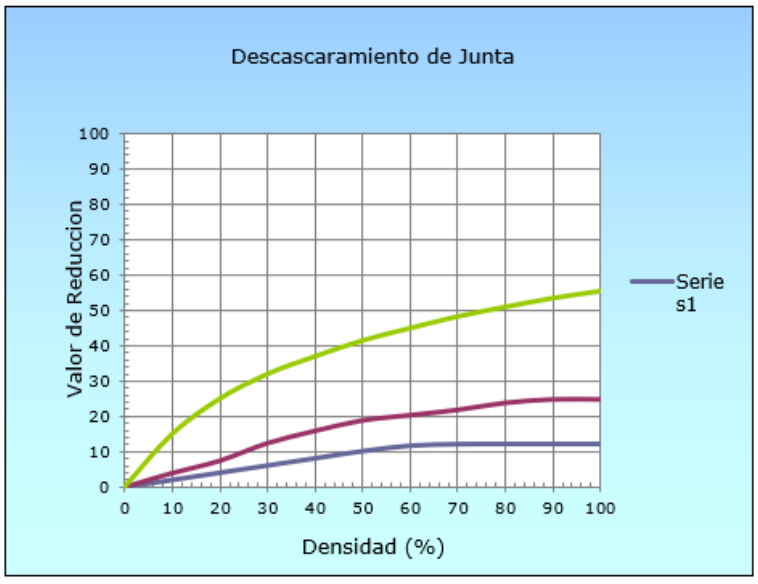
Severidad Media	
Densidad (%) =	15.00
Valor de Reduccion =	**31.21**

GRAFICO N° 38 : Descascaramiento de Esquina



Severidad Alta	
Densidad (%) =	10.00
Valor de Reduccion =	**6.89**

GRAFICO N° 39 : Descascaramiento de Junta



Severidad Media	
Densidad (%) =	5.00
Valor de Reduccion =	**1.88**

Severidad Alta	
Densidad (%) =	5.00
Valor de Reduccion =	**8.30**

#	VALORES DEDUCIDOS				TOTAL	q	VDC
1	71.62	50.33	38.95	18.92	179.82	4	92.87
2	71.62	50.33	38.95	2.00	162.90	3	94.10
3	71.62	50.33	2.00	2.00	125.95	2	84.01
4	71.62	2.00	2.00	2.00	77.62	1	77.62

VDCMAX= 94.10

PCI= 5.90 FALLADO

Anexo 7. Matriz técnica de intervención por unidad de muestra

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T1-U01	Tramo 1	45.60	Regular	103.74	Punzonamiento	M	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Reparación de espesor completo y evaluación del soporte	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T1-U02	Tramo 1	19.30	Muy malo	103.74	Punzonamiento	H	Rehabilitación mayor y sustitución de losas críticas	Rehabilitación mayor	Reparación de espesor completo y evaluación del soporte	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T1-U03	Tramo 1	24.72	Muy malo	103.74	Punzonamiento	H	Rehabilitación mayor y sustitución de losas críticas	Rehabilitación mayor	Reparación de espesor completo y evaluación del soporte	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T1-U04	Tramo 1	25.76	Malo	103.74	Grieta de esquina	H	Rehabilitación localizada y reparación de espesor completo donde corresponda	Rehabilitación localizada	Sellar o reparar la esquina; sustituir la losa cuando el daño sea alto	Alta	Fase 2 - corto plazo	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T1-U05	Tramo 1	23.81	Muy malo	103.74	Losa dividida	H	Rehabilitación mayor y sustitución de losas críticas	Rehabilitación mayor	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T1-U06	Tramo 1	44.99	Regular	103.74	Grieta lineal	H	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Sellar o reparar grietas; sustituir paños cuando el daño sea alto	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Revisar compatibilidad PCI-daño H

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T1-U07	Tramo 1	64.18	Bueno	103.74	Parcheo (grande)	L	Mantenimiento localizado y conservación preventiva	Conservación localizada	Retirar y reponer parches fallados con preparación adecuada	Baja	Fase 4 - conservación	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T1-U08	Tramo 1	81.42	Muy bueno	103.74	Grieta lineal	L	Mantenimiento preventivo y sellado de juntas	Preventivo	Sellar o reparar grietas; sustituir paños cuando el daño sea alto	Baja	Fase 4 - conservación	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T1-U09	Tramo 1	67.84	Bueno	103.74	Parcheo (grande)	L	Mantenimiento localizado y conservación preventiva	Conservación localizada	Retirar y reponer parches fallados con preparación adecuada	Baja	Fase 4 - conservación	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T1-U10	Tramo 1	56.71	Bueno	103.74	Parcheo (grande)	L	Mantenimiento localizado y conservación preventiva	Conservación localizada	Retirar y reponer parches fallados con preparación adecuada	Baja	Fase 4 - conservación	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T1-U11	Tramo 1	56.42	Bueno	103.74	Grieta lineal	H	Mantenimiento localizado y conservación preventiva	Conservación localizada	Sellar o reparar grietas; sustituir paños cuando el daño sea alto	Baja	Fase 4 - conservación	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Revisar compatibilidad PCI-daño H
T1-U12	Tramo 1	54.06	Regular	103.74	Grieta lineal	H	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Sellar o reparar grietas; sustituir paños cuando el daño sea alto	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Revisar compatibilidad PCI-daño H

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T1-U13	Tramo 1	53.55	Regular	103.74	Grieta lineal	H	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Sellar o reparar grietas; sustituir paños cuando el daño sea alto	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Revisar compatibilidad PCI-daño H
T1-U14	Tramo 1	54.76	Regular	103.74	Parcheo (grande)	L	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Retirar y reponer parches fallados con preparación adecuada	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T1-U15	Tramo 1	59.16	Bueno	103.74	Parcheo (grande)	L	Mantenimiento localizado y conservación preventiva	Conservación localizada	Retirar y reponer parches fallados con preparación adecuada	Baja	Fase 4 - conservación	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T1-U16	Tramo 1	36.37	Malo	103.74	Grieta lineal	H	Rehabilitación localizada y reparación de espesor completo donde corresponda	Rehabilitación localizada	Sellar o reparar grietas; sustituir paños cuando el daño sea alto	Alta	Fase 2 - corto plazo	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T1-U17	Tramo 1	43.49	Regular	103.74	Grieta lineal	H	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Sellar o reparar grietas; sustituir paños cuando el daño sea alto	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Revisar compatibilidad PCI-daño H
T1-U18	Tramo 1	47.25	Regular	103.74	Parcheo (grande)	L	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Retirar y reponer parches fallados con preparación adecuada	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T1-U19	Tramo 1	27.38	Malo	103.74	Parcheo (grande)	H	Rehabilitación localizada y reparación de espesor completo donde corresponda	Rehabilitación localizada	Retirar y reponer parches fallados con preparación adecuada	Alta	Fase 2 - corto plazo	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T1-U20	Tramo 1	51.97	Regular	103.74	Losa dividida	H	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Revisar compatibilidad PCI-daño H
T1-U21	Tramo 1	57.36	Bueno	103.74	Losa dividida	M	Mantenimiento localizado y conservación preventiva	Conservación localizada	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Baja	Fase 4 - conservación	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T1-U22	Tramo 1	67.72	Bueno	103.74	Grieta lineal	L	Mantenimiento localizado y conservación preventiva	Conservación localizada	Sellar o reparar grietas; sustituir paños cuando el daño sea alto	Baja	Fase 4 - conservación	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T1-U23	Tramo 1	52.31	Regular	103.74	Grieta lineal	M	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Sellar o reparar grietas; sustituir paños cuando el daño sea alto	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T1-U24	Tramo 1	70.26	Muy bueno	103.74	Grieta lineal	L	Mantenimiento preventivo y sellado de juntas	Preventivo	Sellar o reparar grietas; sustituir paños cuando el daño sea alto	Baja	Fase 4 - conservación	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T1-U25	Tramo 1	70.25	Muy bueno	103.74	Grieta lineal	L	Mantenimiento preventivo y sellado de juntas	Preventivo	Sellar o reparar grietas; sustituir paños cuando el daño sea alto	Baja	Fase 4 - conservación	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T1-U26	Tramo 1	52.07	Regular	103.74	Grieta lineal	L	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Sellar o reparar grietas; sustituir paños cuando el daño sea alto	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T1-U27	Tramo 1	67.57	Bueno	103.74	Grieta lineal	M	Mantenimiento localizado y conservación preventiva	Conservación localizada	Sellar o reparar grietas; sustituir paños cuando el daño sea alto	Baja	Fase 4 - conservación	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T1-U28	Tramo 1	46.75	Regular	103.74	Grieta lineal	M	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Sellar o reparar grietas; sustituir paños cuando el daño sea alto	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T1-U29	Tramo 1	44.24	Regular	134.86	Losa dividida	M	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T1-U30	Tramo 1	25.89	Malo	134.86	Losa dividida	H	Rehabilitación localizada y reparación de espesor completo donde corresponda	Rehabilitación localizada	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Alta	Fase 2 - corto plazo	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T2-U01	Tramo 2	48.50	Regular	100.29	Parcheo (grande)	H	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Retirar y reponer parches fallados con preparación adecuada	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Revisar compatibilidad PCI-daño H
T2-U02	Tramo 2	52.16	Regular	100.29	Losa dividida	H	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Revisar compatibilidad PCI-daño H
T2-U03	Tramo 2	68.27	Bueno	100.29	Punzonamiento	H	Mantenimiento localizado y conservación preventiva	Conservación localizada	Reparación de espesor completo y evaluación del soporte	Baja	Fase 4 - conservación	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Revisar compatibilidad PCI-daño H

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T2-U04	Tramo 2	19.57	Muy malo	100.29	Losa dividida	H	Rehabilitación mayor y sustitución de losas críticas	Rehabilitación mayor	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T2-U05	Tramo 2	79.83	Muy bueno	100.29	Losa dividida	M	Mantenimiento preventivo y sellado de juntas	Preventivo	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Baja	Fase 4 - conservación	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T2-U06	Tramo 2	59.18	Bueno	100.29	Losa dividida	M	Mantenimiento localizado y conservación preventiva	Conservación localizada	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Baja	Fase 4 - conservación	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T2-U07	Tramo 2	69.09	Bueno	100.29	Punzonamiento	H	Mantenimiento localizado y conservación preventiva	Conservación localizada	Reparación de espesor completo y evaluación del soporte	Baja	Fase 4 - conservación	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Revisar compatibilidad PCI-daño H
T2-U08	Tramo 2	57.79	Bueno	100.29	Parcheo (grande)	H	Mantenimiento localizado y conservación preventiva	Conservación localizada	Retirar y reponer parches fallados con preparación adecuada	Baja	Fase 4 - conservación	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Revisar compatibilidad PCI-daño H
T2-U09	Tramo 2	39.13	Malo	100.29	Losa dividida	H	Rehabilitación localizada y reparación de espesor completo donde corresponda	Rehabilitación localizada	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Alta	Fase 2 - corto plazo	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T2-U10	Tramo 2	53.89	Regular	100.29	Parcheo (grande)	H	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Retirar y reponer parches fallados con preparación adecuada	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Revisar compatibilidad PCI-daño H
T2-U11	Tramo 2	5.90	Fallado	100.29	Grieta de esquina	H	Reconstrucción, previa evaluación estructural, de drenaje y tránsito	Reconstrucción	Sellar o reparar la esquina; sustituir la losa cuando el daño sea alto	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T2-U12	Tramo 2	12.58	Muy malo	130.38	Grieta de esquina	H	Rehabilitación mayor y sustitución de losas críticas	Rehabilitación mayor	Sellar o reparar la esquina; sustituir la losa cuando el daño sea alto	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T2-U13	Tramo 2	14.95	Muy malo	130.38	Grieta de esquina	H	Rehabilitación mayor y sustitución de losas críticas	Rehabilitación mayor	Sellar o reparar la esquina; sustituir la losa cuando el daño sea alto	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T3-U01	Tramo 3	17.31	Muy malo	119.74	Losa dividida	H	Rehabilitación mayor y sustitución de losas críticas	Rehabilitación mayor	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T3-U02	Tramo 3	13.57	Muy malo	119.74	Losa dividida	H	Rehabilitación mayor y sustitución de losas críticas	Rehabilitación mayor	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T3-U03	Tramo 3	15.20	Muy malo	119.74	Losa dividida	H	Rehabilitación mayor y sustitución de losas críticas	Rehabilitación mayor	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T3-U04	Tramo 3	8.95	Fallado	119.74	Losa dividida	H	Reconstrucción, previa evaluación estructural, de drenaje y tránsito	Reconstrucción	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T3-U05	Tramo 3	10.41	Muy malo	119.74	Losa dividida	H	Rehabilitación mayor y sustitución de losas críticas	Rehabilitación mayor	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T3-U06	Tramo 3	30.29	Malo	119.74	Losa dividida	H	Rehabilitación localizada y reparación de espesor completo donde corresponda	Rehabilitación localizada	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Alta	Fase 2 - corto plazo	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T3-U07	Tramo 3	24.72	Muy malo	119.74	Losa dividida	H	Rehabilitación mayor y sustitución de losas críticas	Rehabilitación mayor	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T3-U08	Tramo 3	40.96	Regular	119.74	Parcheo (grande)	M	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Retirar y reponer parches fallados con preparación adecuada	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T3-U09	Tramo 3	27.07	Malo	119.74	Losa dividida	H	Rehabilitación localizada y reparación de espesor completo donde corresponda	Rehabilitación localizada	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Alta	Fase 2 - corto plazo	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T3-U10	Tramo 3	45.11	Regular	119.74	Parcheo (grande)	H	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Retirar y reponer parches fallados con preparación adecuada	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Revisar compatibilidad PCI-daño H
T3-U11	Tramo 3	45.35	Regular	119.74	Parcheo (grande)	M	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Retirar y reponer parches fallados con preparación adecuada	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T3-U12	Tramo 3	24.78	Muy malo	119.74	Parcheo (grande)	H	Rehabilitación mayor y sustitución de losas críticas	Rehabilitación mayor	Retirar y reponer parches fallados con preparación adecuada	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T3-U13	Tramo 3	24.46	Muy malo	119.74	Grieta de esquina	H	Rehabilitación mayor y sustitución de losas críticas	Rehabilitación mayor	Sellar o reparar la esquina; sustituir la losa cuando el daño sea alto	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T3-U14	Tramo 3	22.93	Muy malo	119.74	Parcheo (grande)	H	Rehabilitación mayor y sustitución de losas críticas	Rehabilitación mayor	Retirar y reponer parches fallados con preparación adecuada	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T3-U15	Tramo 3	27.22	Malo	119.74	Grieta de esquina	H	Rehabilitación localizada y reparación de espesor completo donde corresponda	Rehabilitación localizada	Sellar o reparar la esquina; sustituir la losa cuando el daño sea alto	Alta	Fase 2 - corto plazo	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T3-U16	Tramo 3	34.13	Malo	119.74	Losa dividida	M	Rehabilitación localizada y reparación de espesor completo donde corresponda	Rehabilitación localizada	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Alta	Fase 2 - corto plazo	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T3-U17	Tramo 3	27.10	Malo	119.74	Grieta de esquina	M	Rehabilitación localizada y reparación de espesor completo	Rehabilitación localizada	Sellar o reparar la esquina; sustituir la losa cuando el	Alta	Fase 2 - corto plazo	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
							donde corresponda		daño sea alto					
T3-U18	Tramo 3	42.58	Regular	119.74	Parcheo (grande)	H	Mantenimiento correctivo localizado	Correctivo localizado	Retirar y reponer parches fallados con preparación adecuada	Media	Fase 3 - programada	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Revisar compatibilidad PCI-daño H
T3-U19	Tramo 3	33.35	Malo	119.74	Grieta de esquina	M	Rehabilitación localizada y reparación de espesor completo donde corresponda	Rehabilitación localizada	Sellar o reparar la esquina; sustituir la losa cuando el daño sea alto	Alta	Fase 2 - corto plazo	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T3-U20	Tramo 3	24.92	Muy malo	119.74	Losa dividida	H	Rehabilitación mayor y sustitución	Rehabilitación mayor	Reparación de espesor completo	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
							de losas críticas		sustitución de la losa			del segmento lo indique		
T3-U21	Tramo 3	30.24	Malo	119.74	Losa dividida	H	Rehabilitación localizada y reparación de espesor completo donde corresponda	Rehabilitación localizada	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Alta	Fase 2 - corto plazo	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T3-U22	Tramo 3	25.15	Malo	119.74	Losa dividida	H	Rehabilitación localizada y reparación de espesor completo donde corresponda	Rehabilitación localizada	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Alta	Fase 2 - corto plazo	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
T3-U23	Tramo 3	22.82	Muy malo	119.74	Losa dividida	H	Rehabilitación mayor y sustitución de losas críticas	Rehabilitación mayor	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T3-U24	Tramo 3	25.31	Malo	119.74	Losa dividida	H	Rehabilitación localizada y reparación de espesor completo donde correspond a	Rehabilitación localizada	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Alta	Fase 2 - corto plazo	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T3-U25	Tramo 3	32.28	Malo	119.74	Losa dividida	M	Rehabilitación localizada y reparación de espesor completo donde	Rehabilitación localizada	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Alta	Fase 2 - corto plazo	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	Tramo	PCI reportado	Condición	Área evaluada asociada (m²)	Deterioro dominante	Severidad	Intervención general	Nivel de intervención	Tratamiento técnico preliminar	Prioridad PCI	Fase	Obras complementarias	Estado de costeo	Alerta de revisión
							corresponda							
T3-U26	Tramo 3	22.14	Muy malo	119.74	Losa dividida	H	Rehabilitación mayor y sustitución de losas críticas	Rehabilitación mayor	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Muy alta	Fase 1 - inmediata	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T3-U27	Tramo 3	34.26	Malo	119.74	Losa dividida	H	Rehabilitación localizada y reparación de espesor completo donde corresponda	Rehabilitación localizada	Reparación de espesor completo o sustitución de la losa	Alta	Fase 2 - corto plazo	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico del segmento lo indique	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática
T3-U28	Tramo 3	33.49	Malo	119.74	Losa dividida	H	Rehabilitación localizada y reparación	Rehabilitación localizada	Reparación de espesor completo o	Alta	Fase 2 - corto plazo	Corregir drenaje y señalización cuando el diagnóstico	Pendiente de metrados y precios	Sin alerta automática

Matriz técnica de intervención por unidad de muestra														
ID unidad	**Tramo**	**PCI reportado**	**Condición**	**Área evaluada asociada (m²)**	**Deterioro dominante**	**Severidad**	**Intervención general**	**Nivel de intervención**	**Tratamiento técnico preliminar**	**Prioridad PCI**	**Fase**	**Obras complementarias**	**Estado de costeo**	**Alerta de revisión**
							de espesor completo donde corresponda		sustitución de la losa			del segmento lo indique		

BLUEFIELDS INDIAN & CARIBBEAN UNIVERSITY

BICU

“La educación es la mejor opción para el desarrollo de los pueblos.”

www.bicu.edu.ni