



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Programa de Infraestructura del Transporte
Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional
Unidad de Seguridad Vial y Transporte

INFORME DE EVALUACIÓN

EIC-Lanamme-INF-0413-2024

RUTA NACIONAL N°4, TRAMO BIRMANIA – SANTA CECILIA

San José, Costa Rica

Marzo, 2024



Documento generado con base en el Artículo 6, inciso c) de la Ley 8114 y lo señalado en el Capítulo II, Artículo 14 del Reglamento del Artículo 6 de la precitada ley, publicada mediante Decreto DE-37016-MOPT.



1. Informe EIC-Lanamme-INF-0413-2024		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE EVALUACIÓN RUTA NACIONAL N°4, TRAMO BIRMANIA – SANTA CECILIA		4. Fecha del Informe Marzo 2024
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
6. Notas complementarias: No aplica		
7. Resumen Se presenta en este informe el resultado de la evaluación realizada en el tramo Birmania – Santa Cecilia en la Ruta Nacional No.4. Se empleó la metodología PASER para caminos sin pavimentar con superficie en lastre o agregados, con la cual se evaluaron los deterioros superficiales que afectan el desempeño funcional de la vía. El cálculo del IRI se realizó mediante el uso del equipo Rugosímetro, el cual permite obtener datos georeferenciados sobre la regularidad de la superficie del camino, la cual está asociada al servicio que brinda la carretera. El presente informe muestra una serie de oportunidades de mejora en las áreas de movilidad y seguridad vial, identificadas a partir de la auscultación visual utilizando el equipo Imajing del LanammeUCR. Las posibilidades de mejora se resumen en los aspectos de movilidad, seguridad vial, márgenes de carretera y sistemas de contención vehicular, señalamiento vial, demarcación vial, diseño geométrico, condiciones de seguridad vial de los puentes existentes, mantenimiento del derecho de vía y en la conservación del pavimento que afecta la seguridad vial. Se presentan las conclusiones de la evaluación, así como las recomendaciones que se consideran pertinentes para salvaguardar la seguridad de los usuarios y la calidad de la infraestructura vial de nuestro país.		
8. Palabras clave Ruta Nacional No.4, Ruta el lastre, IRI, PASER, seguridad vial, infraestructura vial	9. Nivel de seguridad: Bajo	10. Núm. de páginas 43
11. Preparado por:		
Ing. Ronald Naranjo Ureña, PMP Ingeniero Civil UGERVN	Ing. Christian Valverde Cordero Ingeniero Civil UGERVN	Ing. Diego Herrera Fallas Ingeniero Civil UGERVN



<p>Ing. Sandra Solórzano Murillo Unidad de Seguridad Vial y Transporte PITRA-LanammeUCR</p>	
<p>12. Revisado por:</p> <p>Ing. Roy Barrantes Jiménez, MSc, PMP Coordinador Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional, PITRA-LanammeUCR</p>	<p>Lic. Giovanni Sancho Sanz Asesor Legal</p>
<p>Ing. Javier Zamora Rojas, MScE Coordinador Unidad de Seguridad Vial y Transporte PITRA-LanammeUCR</p>	
<p>13. Aprobado por:</p> <p>Ing. Ana Luisa Elizondo Salas, MSc Coordinadora General PITRA</p>	



Tabla de contenido

1. POTESTADES.....	5
2. OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN.....	5
2.2 Objetivos específicos.....	5
3. METODOLOGÍA Y ALCANCE DE LA EVALUACIÓN.....	6
3.1 Evaluación con PASER.....	7
3.2 Evaluación con rugosímetro.....	10
4. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	13
5. EVALUACIÓN DE LA CALZADA Y ACTIVOS DE DRENAJE.....	15
6. Evaluación de Movilidad y seguridad vial.....	22
6.1 Sobre la movilidad de usuarios vulnerables.....	22
6.2 Sobre márgenes de carretera.....	24
6.3 Sobre señalamiento vial.....	29
6.4 Sobre demarcación vial.....	30
6.5 Sobre diseño geométrico.....	31
6.6 Sobre la condición de seguridad vial de los puentes existentes.....	32
6.7 Sobre mantenimiento.....	35
6.8 Sobre conservación del pavimento que afectan la seguridad vial.....	37
7. CONCLUSIONES.....	39
8. RECOMENDACIONES.....	40
9. REFERENCIAS.....	42



1. POTESTADES

El presente informe se enmarca en las funciones de evaluación bienal de la red vial nacional, que los Artículos 5 y 6 de la Ley No. 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributaria encomienda a la Universidad de Costa Rica, a través del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LANAMMEUCR) “para garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública de reconstrucción y conservación óptima de la red vial costarricense”.

2. OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN

Evaluar la condición de la calzada y sus activos viales, de la Ruta Nacional No.4 para el tramo entre las localidades de Birmania en Upala, cantón de Alajuela y Santa Cecilia, en La Cruz de Guanacaste, con la finalidad de brindar de forma oportuna información relevante para la toma de decisiones por parte de la Administración.

2.2 Objetivos específicos

1. Realizar una evaluación de la condición de la superficie de ruedo y el sistema de drenaje superficial para establecer su condición a partir de dos formas: la metodología PASER y de IRI.
2. Realizar una evaluación integral que contemple el tema de movilidad y seguridad vial considerando a todos los posibles usuarios del tramo auscultado.
3. Revisar mediante una auscultación visual las condiciones existentes de los márgenes de carretera y los sistemas de contención vehicular.
4. Realizar una evaluación de la condición existente del señalamiento vial sobre el tramo auscultado.
5. Realizar una evaluación de la condición existente de la demarcación vial sobre el tramo auscultado.
6. Analizar la condición existente observada relacionada con el diseño geométrico vial.
7. Evaluar las condiciones existentes relacionadas con la seguridad vial de los puentes.
8. Evaluar las condiciones existentes que requieren mantenimiento en el tema de seguridad vial y movilidad integral.
9. Realizar una valoración sobre la conservación del pavimento que afectan la seguridad vial.
10. Proporcionar recomendaciones generales.



3. METODOLOGÍA Y ALCANCE DE LA EVALUACIÓN

A partir de la revisión de la información disponible sobre este tramo, tales como inventarios previos, descripciones, fotografías satelitales o videos; se verificó de manera preliminar la existencia de superficie de lastre mayoritariamente, así como otras superficies de ruedo que fueron identificadas. Se estableció la longitud inicial del tramo en 20 km, así como la posible longitud de las secciones en las cuales se dividiría el mismo en aproximadamente 2 km cada una. Estos datos fueron verificados posteriormente durante la gira de evaluación en el campo.

La evaluación de la condición de la ruta se realiza de dos formas:

- Rugosímetro, el cual permite determinar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) el equipo utilizado que permite georeferenciar los resultados obtenidos.
- Metodología PASER (*Pavement Surface Evaluation and Rating*) para carreteras con superficie de agregados, del *Transportation Information Center*, de la Universidad de Wisconsin.

Con el objetivo de generar un registro visual actualizado de la superficie de ruedo, los drenajes cercanos a la misma, así como otros elementos de interés, se definió el requerimiento de realizar un recorrido con el equipo de registro de información Imajing. Este equipo de imágenes digitales georreferenciadas, cuenta con cámaras fotogramétricas ubicadas en dos distintas posiciones sobre el vehículo, permitiendo tener una visión más general del proyecto. La información proveniente del software se almacena en una base de datos que permitirá evidenciar los cambios del tramo evaluado, a nivel de movilidad y seguridad vial.

A este laboratorio se le generó una solicitud de ensayo con las características necesarias para que se realice el levantamiento de información, tales como: configuración de la ubicación de las cámaras, frecuencia, horario recomendado, condiciones climáticas, longitud del tramo, ubicación del tramo y cantidad de sentidos de circulación a evaluar. Se estableció hacer una evaluación superficial de pavimento con las cámaras ubicadas en la



parte trasera del vehículo y analizar aspectos de seguridad vial, ubicando las cámaras en la parte frontal del vehículo.

Una vez realizado el ensayo se obtuvieron las secuencias, se realizó un control de calidad de las imágenes y los archivos que forman parte del proyecto. Posteriormente se empleó el programa de computo que realiza el postproceso de los datos para la extracción de la información. En este programa se definen las entidades y las características de los elementos que se desean registrar, por ejemplo, los sistemas de drenaje paralelos a la superficie de ruedo. Finalmente, esta información se exportó en formato shape (shp: almacena datos espaciales como ubicación geográfica e información de sus atributos) para ser usado, junto con otras entidades (o capas) en sistemas de información geográfica.

El presente informe se limita a una evaluación integral de movilidad y seguridad vial desde la información aportada por el equipo Imajing del LanammeUCR.

La toma de imágenes que respaldan la evaluación se realizó el día 17 de enero del 2024, por lo que, la evaluación realizada se limita a la fecha indicada y las condiciones registradas.

3.1 Evaluación con PASER

La metodología empleada es la conocida como PASER (Pavement Surface Evaluation and Rating) para carreteras con superficie de agregados, del Transportation Information Center, de la Universidad de Wisconsin.

Esta metodología evalúa la condición de varios elementos o deterioros que afectan el desempeño de las carreteras sin pavimentar, los cuales se describen a continuación.

Corona

Corresponde al bombeo o pendiente transversal desde el centro hasta el borde del camino. Normalmente, un camino de grava tiene de 10,16 cm a 15,24 cm de pendiente desde el centro hasta el borde.

Las coronas deben tener forma de “A recta”, no parabólica (redondeada).



Drenaje superficial

Se evalúan las cunetas y alcantarillas a lo largo de las carreteras que deben captar y conducir el flujo de agua superficial. Se considera que la corona de la carretera es la primera línea de defensa para garantizar un buen drenaje.

El criterio empleado considera que las cunetas al borde de la carretera deben ser funcionales y estar libres de obstáculos para mantener la vida útil prevista de la carretera.

Capa de agregados

Las cargas de tráfico requieren de una capa adecuada de agregados para transportar y distribuir las cargas al subsuelo. El espesor de esta capa depende de las cargas del vehículo y de la resistencia del suelo (normalmente 15,24 cm - 25,4).

Deformación superficial

Se puede presentar de varias formas:

- Corrugaciones: Deformaciones a lo largo de la carretera, perpendiculares al tráfico.
- Baches: Depresiones causadas cuando la grava se desgasta o hay puntos blandos en los suelos subyacentes.
- Surcos: Deformaciones que el tráfico provocó formando depresiones en la trayectoria de las ruedas.

Defectos superficiales

Considera dos elementos para su evaluación:

- Polvo: A menudo causado por el tráfico en caminos de grava demasiado secos.
- Agregado suelto: Causado por la pérdida de finos por acción del polvo o erosión (de una mezcla de grava inadecuada)

En los siguientes cuadros se detallan los criterios empleados por esta metodología para la evaluación de la condición superficial y de drenajes en caminos no pavimentados.



Metodología PASER		
Resumen de Calificaciones para Vías de Grava		
Puntaje	Defectos Visibles	Generalidades
5 Excelente	<ul style="list-style-type: none"> - No posee defectos - Posee control de polvo - Excelentes condiciones de superficie y ruedo - El polvo bajo condiciones secas 	<ul style="list-style-type: none"> - Es una construcción nueva o posee una reconstrucción total - Excelente drenaje - Requiere muy poco o nada de mantenimiento
4 Buena	<ul style="list-style-type: none"> - Desprendimiento de agregado moderado - Ligeras ondulaciones 	<ul style="list-style-type: none"> - Carretera recientemente restaurada - Buen drenaje y corona, con adecuada grava para el tráfico - Se puede requerir mantenimiento rutinario
3 Aceptable	<ul style="list-style-type: none"> - Buena corona (7.6 cm – 15.2 cm) - Cunetas presentes en más del 50 % de la carretera - La capa de grava es adecuada en su mayoría pero puede requerir la adición de agregado en algunas zonas para ayudar a corregir ondulaciones o baches y depresiones aislados - Requiere de laguna limpieza de alcantarillas - Ondulaciones moderadas en la superficie (2.5 cm – 5 cm de profundidad), más del 10 % - 25 % del área - Polvo moderado y obstrucción parcial de la visión - Poco o ninguna depresión (menos de 2.5 cm de profundidad) - Pequeños baches aislados (menos de 5 cm de profundidad) - Algún desprendimiento de agregados (5 cm de profundidad) 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesita algunas mejoras en cunetas y mantenimiento de alcantarillas - Se requieren restauraciones para el mantenimiento - Algunas áreas pueden requerir de grava adicional - Muestra efectos de tráfico
2 Pobre	<ul style="list-style-type: none"> - La carretera posee muy poca corona (menos de 7.6 cm) o del todo no posee - Cunetas adecuadas en menos del 50 % de la carretera. Posiciones de las cunetas pueden estar llenas, cubiertas y/o con evidencia de erosión - Algunas áreas (25 %) con poco o sin agregados - Alcantarillas parcialmente llenas de escombros - Ondulaciones en la superficie moderada a severa (más de 7.5 cm de profundidad) en más del 25 % del área - Depresiones moderadas (2.5 cm – 7.5 cm) en más de 10 % - 20 % del área - Baches moderados (5 cm – 10 cm) en más del 10 % - 20 % del área - Grave desprendimiento de agregados (más de 10 cm) 	<ul style="list-style-type: none"> - Se requiere viajar a velocidades bajas (menos de 40 km/h) - Necesita la adición de nuevos agregados - Requiere una importante construcción de cunetas y mantenimiento de alcantarillas
1 Deficiente	<ul style="list-style-type: none"> - Sin coronas en las carreteras o con hundimientos que generan encharcamientos - Con muy pocas o sin cunetas del todo - Alcantarillas llenas o dañadas - Grandes depresiones (más de 7.5 cm de profundidad), en más de 25 % de área - Gran cantidad de baches (más de 10 cm de profundidad), en más del 25 % de área - Muchas áreas (más del 25 %) con poco o nada de agregado 	<ul style="list-style-type: none"> - Es difícil el viaje en la carretera y en ocasiones se debe cerrar - Necesita reconstrucción total y/o nuevas alcantarillas

Cuadro 1. Metodología PASER. Criterios para la calificación de caminos con superficie de agregados.



Metodología PASER					
Resumen de Calificaciones según deterioros					
Deterioro	Calificación				
	1	2	3	4	5
Corona Bombeo	Inexistente o con forma de cazuela con empoza-miento extensivo	Pequeña o inexistente, menor a 7,5 cm de diferencia de nivel.	Bueno 7,5 a 15 cm de diferencia de nivel.	Buena conformación y drenaje superficial. No hay acumulaciones de agua	Conformación nueva o reciente Bombeo de 4-6%
Drenaje	Pocas cunetas o inexistentes. Alcantarillas obstruidas o dañadas.	En menos del 50% de la vía hay cunetas adecuadas. Secciones de cunetas obstruidas o sedimentadas	En más del 50% de la vía hay cunetas. Se requiere limpieza de alcantarillas	Drenaje bueno (puede requerir mantenimiento rutinario)	Excelente drenaje cunetas amplias y profundas y pasos de alcantarilla adecuados
Ondulaciones	Ondulaciones severas en más del 25% del área que producen encharcamientos	Moderado a severo, más de 7,5 cm de profundidad en el 25% del área.	Profundidad de ondulaciones de 2,5 a 5 cm sobre 10 a 25% del área.	-	Superficie de ruedo sin ondulaciones
Polvo	Polvo severo provoca problemas de visibilidad graves y pérdida de finos	-	Polvo moderado, Obstrucción parcial de visibilidad	Polvo en condiciones secas que no provoca problemas de visibilidad	Polvo Controlado No hay polvo
Huecos	Severos (más de 10 cm) en el 25% del área.	Moderados (5 a 10 cm) sobre el 10 a 25% del área.	Huecos pequeños ocasionales (menos de 5 cm de hondo).	-	Sin daño No se observan huecos
Roderas	Severo, más de 7,5 cm en el 25% del área.	Moderado, de 2,5 a 7,5 cm entre el 10 y el 25% del área.	Inexistentes o leves, menores que 2,5 cm	-	Sin daño No se observan roderas
Agregado suelto	-	Mucho agregado suelto (más de 10 cm)	Algún agregado suelto (Aproximadamente 5 cm).	Moderado (menor a 5cm)	Sin daño No se observa agregado suelto
Capa de agregado Espesor	Más del 25% con poco o ningún agregado	Algunas áreas (25%) con poco o ningún agregado	Algunas áreas pueden requerir relastrado por espesor <10cm	Capa de agregado adecuada para el tránsito en algunas áreas 10-15cm	Capa de agregado recientemente colocada >15cm
Condición general	El paso es difícil y la vía puede cerrarse a veces.	Velocidad menor a 40 km/h.	Reconformación necesaria.	Reconformado recientemente.	Construcción nueva o reconstrucción

Cuadro 2. Metodología PASER. Criterios para la calificación individual de deterioros.

3.2 Evaluación con rugosímetro

En 1982, el Banco Mundial patrocinó el experimento “International Road Roughness Experiments (IRRE)”, el cual buscaba establecer correlaciones y calibraciones de los diferentes equipos de medición del perfil de la superficie de ruedo.

Producto de ese trabajo experimental se clasificaron los métodos de medición en cuatro categorías con las siguientes características:



Clase I

Alto nivel de exactitud, mediciones del perfil de la superficie del pavimento cada 250 mm y con precisión de elevación de 0,5 mm para pavimentos muy lisos.

Equipos: Rugosímetro Merlin, Dipstick, SurPRO, Viga TRRL y el Perfilómetro Láser de Alta Velocidad.

Clase II

Se mide el perfil de la carretera directamente calculando el IRI, pero no cumplen con el nivel de precisión de la Clase I.

Equipos: Los equipos utilizados en este tipo de mediciones pueden ser similares a los de la Clase I pero sin cumplir con los criterios de frecuencia y precisión.

Clase III

Son equipos de menor precisión que permiten obtener el IRI por medio de correlaciones. Deben ser calibrados respecto a equipos Clase I o II.

Equipos de respuesta, (Response Type Road Roughness Measuring System, "RTRRMS"), que dependen de características dinámicas del vehículo, son pequeños, de bajo costo y de fácil utilización. Su uso es más frecuente en caminos rurales, con velocidades bajas y relieve ondulado y montañoso.

Equipos: Integrador de baches móvil (Vehicle Bump Integrator), Contador de irregularidades automático (Automatic Road Unevenness Recorder) y Rugosímetro Tipo III.

Clase IV

Esta clase incluye las evaluaciones visuales (subjetivas), y mediciones de regularidad no calibradas con cualquier equipo.



El equipo utilizado en el LanammeUCR es el denominado Rugosímetro III, el cual pertenece al sistema de evaluación Clase III. Este equipo puede ser usado en vías pavimentadas y no pavimentadas, además de contar con GPS y DMI integrado.

Tiene una capacidad interna para recolectar 2 GB de datos, equivalentes a aproximadamente 13 000 km, según indicaciones del fabricante.

Para realizar las evaluaciones se sugiere mantener una velocidad constante entre 40-60 km/h. Además, realizar la prueba a menos de 25 km/h puede implicar errores significativos en los resultados.

En la siguiente fotografía se ilustran los principales elementos del equipo empleado.

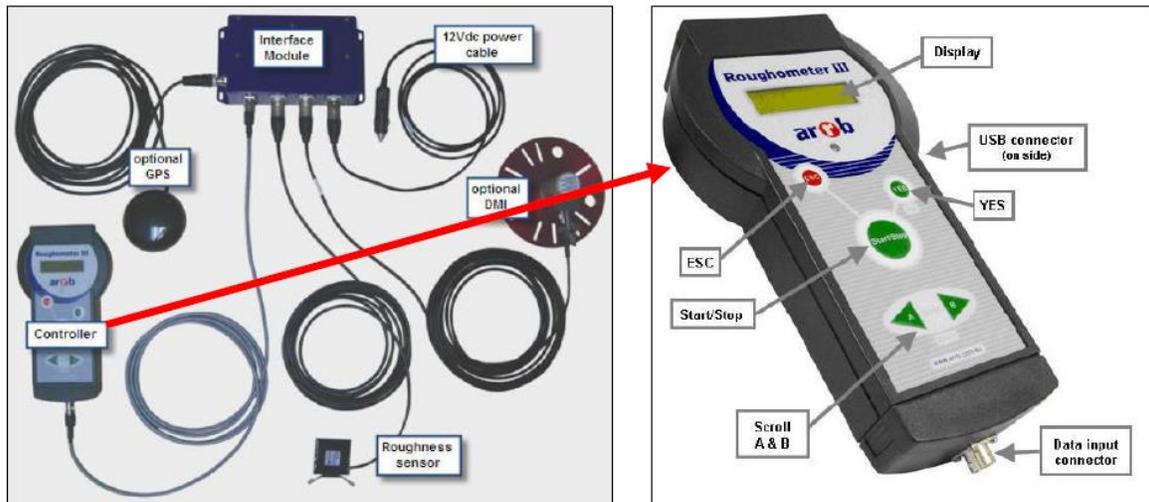


Figura 1. Principales componentes del Rugosímetro III.

El equipo permite registrar eventos o puntos de referencia que facilitan la identificación de los tramos en el proceso posterior de procesamiento. Con esta información se extraen los datos empleando el programa Roughometer III del equipo.

El programa detecta situaciones inevitables que obligan a reducir la velocidad (intersecciones, etc), y al procesar los datos puede hacer compensaciones para asegurar



que esa baja velocidad no afecte los resultados válidos cercanos. Se recomienda marcar los eventos para revisar estos datos, y posiblemente descartarlos, ya que no cumplen con los requerimientos del ensayo.

4. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El tramo de carretera evaluado en la Ruta Nacional N°4 se localiza entre las localidades de Birmania en Upala de la provincia de Alajuela y Santa Cecilia, en La Cruz de Guanacaste (Figura 2).

El centro urbano de Santa Cecilia es un pueblo con características rurales, se reconoce una actividad económica, donde se observa circulación de diferentes tipos de usuarios, peatones, ciclistas, motociclistas y otros vehículos automotores de diferentes dimensiones.

En cuanto a la infraestructura se identificó la ausencia de aceras, cruces de peatones, demarcación vial, además no se observa una canalización del agua superficial que brinde seguridad y la utilización del derecho de vía de una manera óptima.



Figura 2. Mapa de localización del sector de la Ruta Nacional No.4 evaluado. Tramo Birmania – Santa Cecilia.

En cuanto al corredor entre Birmania y Santa Cecilia se observaron tramos de lastre, barro y un aparente tratamiento superficial sin demarcación, se detectaron pocas señales de tránsito que además requieren mantenimiento, no hay sistemas de contención vehiculares, faltan señales de información general sobre la ubicación de centros educativos, de salud, iglesias y otros servicios.

Adicionalmente, se observó la interacción entre vehículos pesados y usuarios vulnerables sin infraestructura adecuada, además no hay iluminación artificial, circulación de ciclistas y motociclistas sin casco y chaleco. A lo largo del tramo se observaron otros usuarios viajando en caballo, presencia de ganado vacuno, caprino, además de otros animales domésticos y silvestres.



5. EVALUACIÓN DE LA CALZADA Y ACTIVOS DE DRENAJE

A continuación, se presentan las condiciones determinadas a partir de la metodología PASER y de la determinación del IRI. En el Cuadro 3, se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología PASER. Tal como se observa para cada uno de los 14 tramos individuales se definió la calificación correspondiente de cada criterio de evaluación.

En esa calificación los deterioros de bombeo, drenaje, ondulaciones y huecos, aunque están presentes en todos los tramos, reciben una calificación de “Aceptable”, es decir requieren de una atención pronta para prevenir el aumento de estos deterioros.

# Tramo	PASER										PASER		
	Est. Inicial	Est. Final	Corona/Bombeo	Drenaje	Ondulaciones	Polvo	Huecos	Roderas	Agr. Suelto	Espesor agr.	Condición General		
1	0+000	2+000	3	2	3	-	2	4	4	3	3	Aceptable	
2	2+000	4+000	2	2	3	-	3	4	4	4	3	Aceptable	
3	4+000	6+000	2	2	2	-	3	3	3	4	3	Aceptable	
4	6+000	8+000	3	2	2	-	3	3	4	3	3	Aceptable	
5	8+000	10+200	*Tramo en intervención										
6	10+200	12+000	2	2	3	-	1	2	2	3	2	Pobre	
7	12+000	14+100	3	3	3	-	1	3	3	3	2	Pobre	
8	14+100	14+900	3	2	3	-	1	4	3	3	2	Pobre	
9	14+900	15+600	*Tramo con TS										
10	15+600	16+300	3	4	4	-	3	4	4	4	3	Aceptable	
11	16+300	16+600	*Tramo con TS										
12	16+600	18+000	2	3	3	-	2	4	3	4	3	Aceptable	
13	18+000	18+800	*Tramo con TS										
14	18+800	20+300	3	3	4	-	2	4	3	1	2	Pobre	
			Aceptable	Aceptable	Aceptable	-	Aceptable	Buena	Buena	Buena	Aceptable		

Cuadro 3. Resultados de la evaluación del sector de la Ruta 4 evaluado con la metodología PASER. Se presentan los resultados para cada tramo individual y para cada uno de los criterios de evaluación.

Por su parte los deterioros relativos al agregado suelto, las roderas y el espesor del agregado se encuentran en una categoría de “Buena”, intermedia entre “Aceptable” y “Excelente”.

De forma general se puede concluir que, según los resultados de esta metodología, los 14 tramos evaluados presentan una condición “Aceptable”, la cual puede fácilmente



evolucionar a una condición “Pobre” si no se realizan intervenciones importantes en el corto plazo para la mejora de la superficie de ruedo y los drenajes de esta Ruta Nacional.

A continuación, en el Cuadro 4 se observa el resumen de los resultados obtenidos mediante el uso del Rugosímetro para el cálculo del IRI de cada uno de los tramos individuales evaluados.

# Tramo	Est. Inicial	Est. Final	IRI promedio	
1	0+000	2+000	8,5	Aceptable
2	2+000	4+000	8,8	Aceptable
3	4+000	6+000	7,4	Aceptable
4	6+000	8+000	7,3	Aceptable
5	8+000	10+200		
6	10+200	12+000	10,1	Pobre
7	12+000	14+100	12,5	Pobre
8	14+100	14+900	15,6	Mala
9	14+900	15+600		
10	15+600	16+300	11,7	Pobre
11	16+300	16+600		
12	16+600	18+000	13,4	Pobre
13	18+000	18+800		
14	18+800	20+300	13,6	Pobre

Cuadro 4. Resultados de IRI en la evaluación del sector de la Ruta 4. La mayoría de los tramos presentan un Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en condición “Pobre”, incluso un tramo presenta condición “Mala” por este criterio.

De este resultado se concluye que los primeros cuatro tramos, de la estación 0+000 a la estación 8+000, presentan un IRI categoría “Aceptable”, es decir con valores entre 5 y 10, según los criterios empleados en la evaluación. Esta categoría se encuentra en el punto medio de las posibles categorías que se consideran en esta metodología.

A partir de la estación 10+200, la condición determinada para el IRI es “Pobre” o “Mala” para un tramo de aproximadamente 800 m. Los valores obtenidos indican una condición de rugosidad superficial con un alto deterioro, lo que provoca inseguridad y falta de confort para los usuarios.



En la Figura 3, 4 y 5 se presenta la evaluación del IRI de forma georeferenciada.

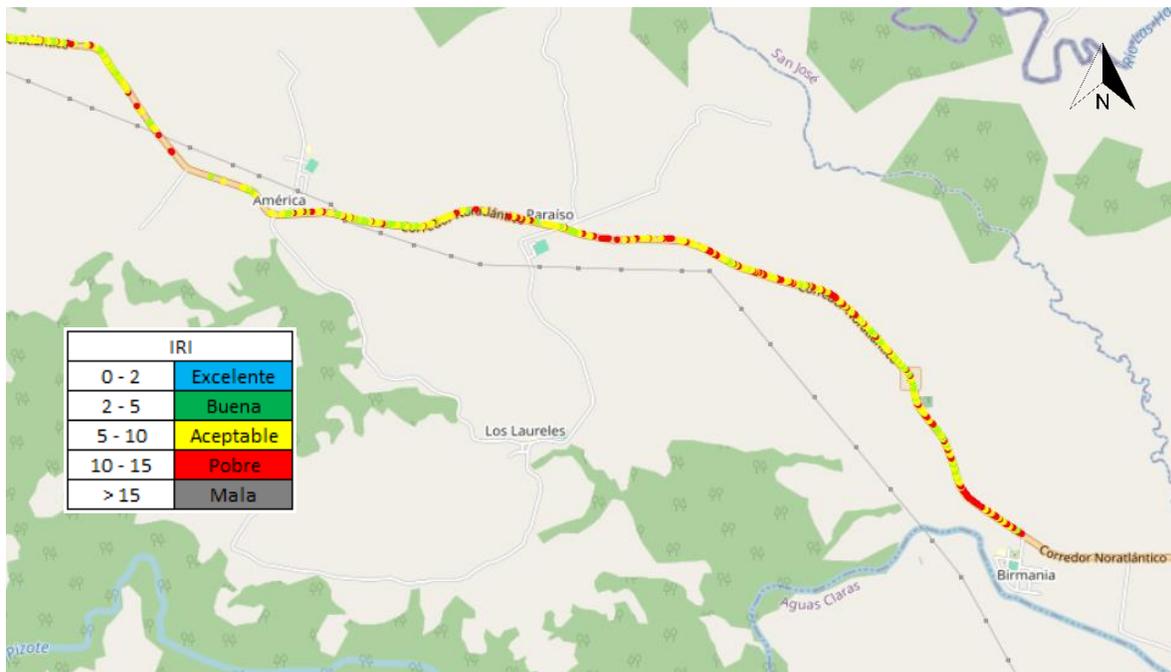


Figura 3. Resultados de la evaluación del IRI en el tramo de la Ruta Nacional No.4. Tramo 0+000 - 6+000.

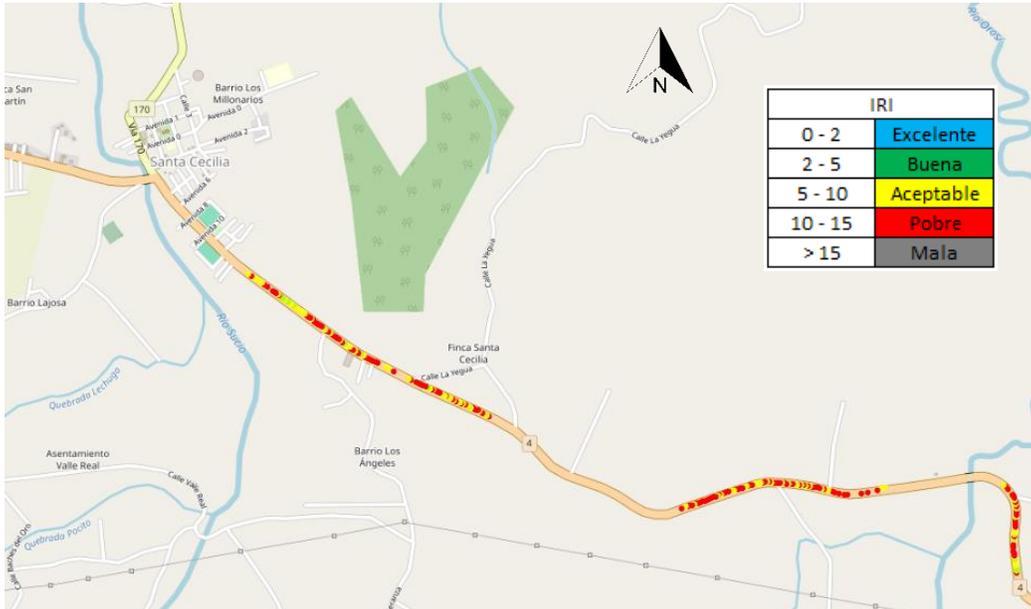


Figura 4. Resultados de la evaluación del IRI en el tramo de la Ruta Nacional No.4. Tramo 6+000 - 14+900.

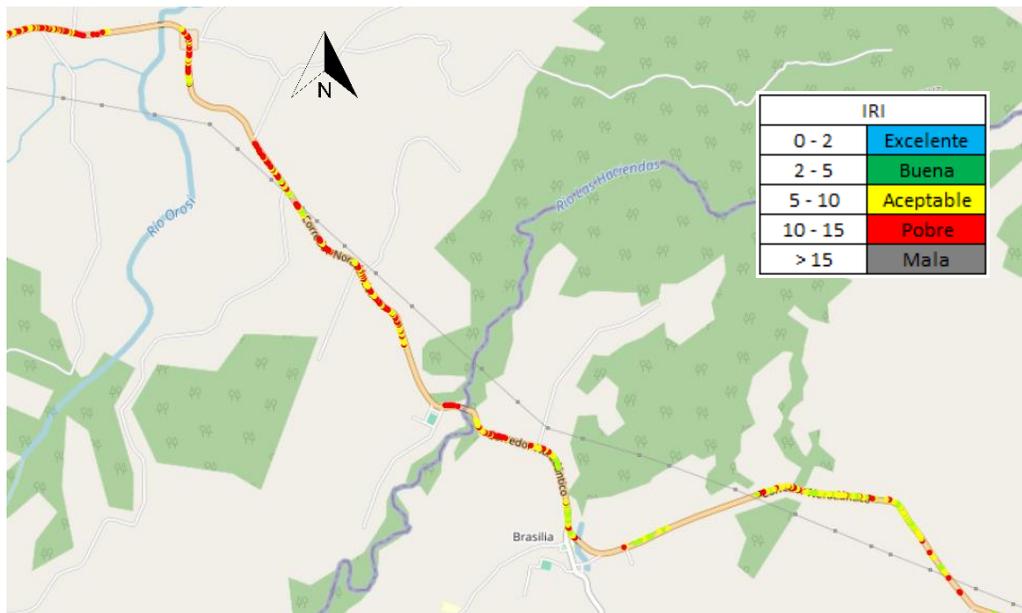


Figura 5. Resultados de la evaluación del IRI en el tramo de la Ruta Nacional No.4. Tramo 15+600 - 20+300.



Al comparar los resultados de ambas metodologías se observan algunas concordancias en los resultados, según se muestra en el Cuadro 5.

# Tramo	Est. Inicial	Est. Final	PASER		IRI promedio	
			Condición General			
1	0+000	2+000	3	Aceptable	8,5	Aceptable
2	2+000	4+000	3	Aceptable	8,8	Aceptable
3	4+000	6+000	3	Aceptable	7,4	Aceptable
4	6+000	8+000	3	Aceptable	7,3	Aceptable
5	8+000	10+200				
6	10+200	12+000	2	Pobre	10,1	Pobre
7	12+000	14+100	2	Pobre	12,5	Pobre
8	14+100	14+900	2	Pobre	15,6	Mala
9	14+900	15+600				
10	15+600	16+300	3	Aceptable	11,7	Pobre
11	16+300	16+600				
12	16+600	18+000	3	Aceptable	13,4	Pobre
13	18+000	18+800				
14	18+800	20+300	2	Pobre	13,6	Pobre

Cuadro 5. Comparación de los resultados de la metodología PASER con el cálculo del IRI en la evaluación del sector de la Ruta 4.

Según se observa, los primeros cuatro tramos evaluados presentan una condición “Aceptable” tanto con el PASER como en el valor del IRI. En el resto de los tramos la condición en términos generales empeora, tanto para los criterios de deterioros de PASER como en el índice de rugosidad del IRI, coincidiendo en la mayoría en una categoría “Pobre”.

Las categorías obtenidas para estos dos parámetros de evaluación son un reflejo de la condición deteriorada que presenta este tramo de la Ruta Nacional No.4, lo cual afecta de manera directa su desempeño y el servicio que brinda a los usuarios.

Mediante el uso del equipo IMAJING se realizó un inventario de los drenajes laterales de la carretera, identificando aquellos tramos en los cuales se observa una geometría en la sección transversal asociada al sistema de conducción del agua de escorrentía.



En la Figura 6, 7 y 8 se presenta el inventario realizado para los drenajes laterales.

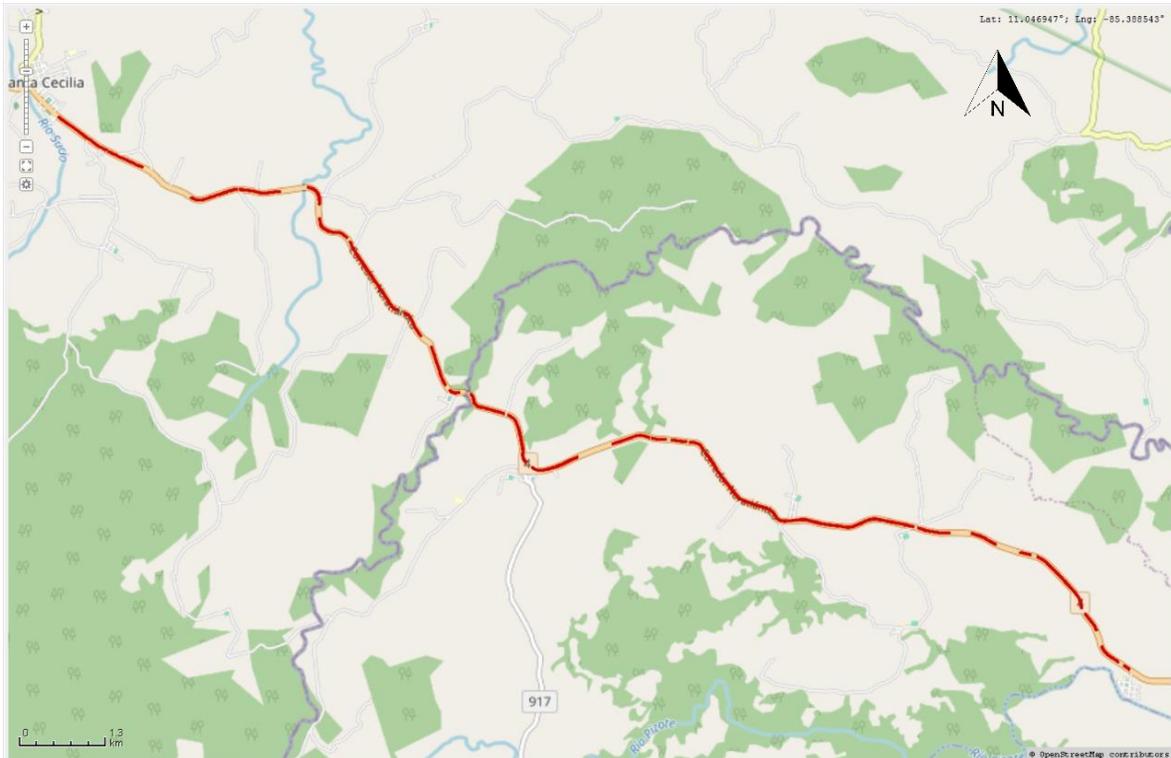


Figura 6. Inventario de sitios con drenaje lateral identificados en este tramo de la Ruta Nacional No.4. Se muestran en color rojo las secciones con drenaje al menos en uno de los costados de la vía.

En total se identificaron 22.5 km de drenaje lateral funcional, siendo la suma de los tramos identificados a cada lado de la carretera.

En las siguientes dos figuras se muestran ejemplos de los drenajes encontrados en este tramo de la Ruta Nacional.



Figura 7. Imagen obtenida con el equipo IMAJING para el inventario de drenajes laterales. En la fotografía se muestra un sitio que no cuenta con drenajes laterales funcionales.



Figura 8. Imagen obtenida con el equipo IMAJING para el inventario de drenajes laterales. En la fotografía se muestra un sitio que cuenta con drenajes laterales funcionales.



En razón de los resultados, se recomienda implementar a la brevedad posible un mantenimiento rutinario y periódico donde se programen un conjunto de actividades tendientes a mejorar las condiciones del pavimento para garantizar un bien nivel de servicio, según las demandas de tránsito actuales.

6. EVALUACIÓN DE MOVILIDAD Y SEGURIDAD VIAL

A continuación, se presentan las condiciones existentes en cuanto a la movilidad de usuarios vulnerables y la seguridad vial de todos los posibles usuarios del tramo entre las localidades de Santa Cecilia y Birmania sobre la Ruta Nacional 4:

6.1 Sobre la movilidad de usuarios vulnerables

Se identifican tramos a lo largo de la ruta auscultada visualmente, tanto en la zona más urbana de Santa Cecilia como hacia Birmania, donde se evidenció la presencia de usuarios vulnerables sobre la calzada debido a la falta de infraestructura adecuada. A continuación, se presenta un diagnóstico a nivel de red sobre las falencias en infraestructura existente:

1. No se identificaron tramos de aceras. Los diferentes usuarios comparten la calzada. Algunos peatones caminan sobre la calzada con carga.
2. No se identificaron tramos de ciclovía. Se observan ciclistas haciendo uso de la calzada.
3. Los puentes y alcantarillas existentes carecen de pasarelas peatonales.
4. Las paradas de autobús existentes carecen de infraestructura universalmente accesible, no cuentan con iluminación, ni donde sentarse, se requiere de mantenimiento de la vegetación circundante.

En las fotografías de la Figura 9 se presentan a manera de ejemplo algunas de las condiciones que evidencian la ausencia de facilidades e infraestructura para los usuarios vulnerables en la Ruta Nacional 4 en el tramo de estudio:



a) Niños caminando sobre la calzada debido a que no existen aceras



b) Mujer caminando sobre la calzada debido a que no existen aceras



c) Jóvenes en bicicleta circulando sobre la calzada



d) Puente sin facilidades peatonales



e) Condición de una de las paradas de autobús



f) Condición de una de las paradas de autobús

Figura 9. Ausencia de infraestructura para usuarios vulnerables



Estas condiciones ponen en riesgo a los usuarios ante eventuales situaciones de conflicto con el tránsito vehicular, las inclemencias del clima y la inseguridad, por ejemplo:

1. Al no disponer de una acera o una ciclovía aumenta el riesgo de un atropello.
2. Al no disponer de una parada de autobús con las condiciones mínimas se pone en riesgo la integridad de las personas usuarias.
3. Los puentes y pasos de alcantarilla sin pasarelas ni barandas peatonales y con un ancho de carril reducido aumentan el riesgo de atropello o de caídas al cuerpo de agua.

Se recomienda valorar la construcción de aceras, ciclovías y pasarelas peatonales en puentes o alcantarillas que permitan la circulación separada de los diferentes flujos de usuarios para disminuir el riesgo de accidentes, de acuerdo con un estudio integral de movilidad que permita reconocer los sectores donde se requiera la implementación de infraestructura, considerando el uso de suelo y las respectivas demandas de movilidad. Además, se recomienda construir infraestructura adecuada para las paradas de los autobuses. Se insta a hacer uso de la normativa y manuales nacionales para el diseño y construcción de estos elementos que complementan el sistema seguro.

6.2 Sobre márgenes de carretera

En el tramo evaluado se identificaron los siguientes peligros potenciales ubicados en los márgenes de la vía:

1. Árboles con diámetros mayores a 10 cm.
2. Postes de cableado.
3. Cunetas sin revestimiento profundas, en algunos casos cubiertas por vegetación.
4. Tramos con agua acumulada y otros sedimentos que impiden la circulación del agua superficial.
5. Accesos a viviendas con protuberancias expuestas de losas o tuberías en los márgenes de la vía que podrían representar un peligro en algunos casos donde no son traspasables.



6. Taludes no traspasables y pendientes profundas en los márgenes próximos a las vías.
7. Se observaron árboles caídos muy cercanos a la vía no traspasables.
8. Alcantarillas transversales desprotegidas y cubiertas con vegetación que cubren su existencia.

En las siguientes fotografías de las Figuras 10, 11 y 12 se muestran ejemplos de los potenciales peligros mencionados anteriormente.



Figura 10. Riesgos observados en los márgenes de la carretera



Figura 11. Riesgos observados en los márgenes de la carretera.



Figura 12. Riesgos observados en los márgenes de la carretera.



Figura 13. Riesgos observados en los márgenes de la carretera.

Se recomienda realizar un análisis de los márgenes de carretera, así como los respectivos diseños de los sistemas de contención vehicular donde se requiera instalar. Se insta a hacer uso de la normativa y manuales nacionales como el *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras* (Valverde, 2011).



6.3 Sobre señalamiento vial

Se identificaron intersecciones que carecen de señalamiento que permitan ordenar la circulación vial y evitar incidentes viales como por ejemplo la que se observa en las siguientes fotografías de la Figura 14.



Figura 14. Oportunidades de mejora en señalamiento vial.



Es recomendable instalar señalamiento vertical, así como otros elementos complementarios, tal como postes abatibles retrorreflectivos; esto para mejorar la seguridad vial en las intersecciones en el tramo auscultado, aplicando el *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2014)*.

6.4 Sobre demarcación vial

A lo largo del tramo auscultado se observó una superficie de ruedo la cual no es apta para ser demarcada, sin embargo, de mejorarse la superficie se deberá realizar la demarcación vial que complemente el señalamiento vertical y regule la circulación vial de los diferentes posibles usuarios.

En la siguiente Figura 15 se muestra una imagen representativa de la superficie de la calzada que no cuenta con las condiciones para ser demarcada.



Figura 15. Condición de la calzada impide demarcación vial

Bajo la condición actual de la superficie de rodamiento, se reitera la necesidad de instalar delineadores en los márgenes de la vía, especialmente en curvas horizontales y verticales que permitan orientar a los conductores, ante la ausencia de demarcación horizontal. En caso que la vía se pavimente, se insta a realizar con inmediatez la demarcación vial horizontal de la vía, apegado al *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2014)*, el *CR-2020* y la *Guía para la colocación de captaluces de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito (DGIT,2013)*.



6.5 Sobre diseño geométrico

En el tramo auscultado se observaron curvas horizontales con superelevación casi imperceptible como se muestra en la siguiente Figura 16. Esta condición de diseño geométrico podría provocar la salida de la vía, máxime debido a la condición de la superficie en la actualidad en la que se observa material suelto.



Figura 16. Ejemplo de una superelevación disminuida en curva horizontal

Además, se observó en tramos rectos un porcentaje de bombeo reducido que provoca la acumulación de agua en la superficie. En la Figura 17 se muestra un ejemplo de una recta que presenta el porcentaje de bombeo reducido.



Figura 17. Bombeo irregular impide el drenaje del agua superficial de manera adecuada

Ante los elementos geométricos afectados debido a una falta de mantenimiento de la vía se hace necesaria la reconfirmación de la superficie atendiendo tanto los porcentajes de bombeos como la super elevación de las curvas horizontales para disminuir el riesgo de salida de las vías, acumulación de agua superficial y asegurar la condición adecuada de la ruta.

6.6 Sobre la condición de seguridad vial de los puentes existentes

A lo largo del tramo evaluado se identificaron 3 puentes. A continuación, se describe la condición de seguridad vial sobre los puentes existentes.



1. Superficies con arcilla y agua acumulada, disminuyen la resistencia al deslizamiento ante el frenado.
2. Losas con deterioros que permiten ver a través de ellas.
3. Carencia de señalamiento vertical y horizontal, no se tiene claro la regulación del paso.
4. Los sistemas de contención vehicular no son adecuados y se encuentran además colisionados.
5. Ausencia de condiciones seguras en los márgenes de la vía en las aproximaciones a los puentes.

En la siguientes Fotografías de las Figuras 18 y 19 se evidencian las condiciones de los diferentes puentes.



Figura 18. Condición de seguridad vial de los puentes existentes



Figura 19. Condición de seguridad vial de los puentes existentes



Se recomienda realizar el análisis de los márgenes y diseñar los sistemas de contención vehicular de acuerdo con el *Manual SCV, Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras* (Valverde, 2011) donde se indica que en el caso de puentes corresponde el diseño y colocación de pretilas. Para evitar salidas de la vía en las aproximaciones a los puentes, que son puntos de alto riesgo, se recomienda el diseño adecuado de sistema de contención vehicular certificados, incluyendo sus transiciones y terminales.

Adicionalmente, es recomendable hacer uso de la normativa nacional relacionada con puentes e implementar un mantenimiento periódico de los puentes que incluye limpieza, pintura y reparación o cambio de elementos estructurales dañados o de protección de acuerdo con el Manual de especificaciones generales para la conservación de caminos, carreteras y puentes, MCV-2015.

6.7 Sobre mantenimiento

Se observó a lo largo del tramo auscultado la necesidad de chapea de los márgenes del derecho de vía, debido a esta condición se desconoce por completo sobre las profundidades de las cunetas. Adicionalmente en el caso de los árboles se observaron ramas que obstaculizan señales verticales por lo que, no cumplen su función adecuada y oportunamente.

Adicionalmente las señales verticales requieren una limpieza y evaluación de la capacidad retrorreflectiva de los materiales que la conforman. Como se puede apreciar en la Figura 20.



Figura 20. Condiciones requeridas de mantenimiento de la vía.



Es recomendable realizar una chapea y descuaje de árboles como parte de las labores de mantenimiento rutinario de manera que se asegure la condición operativa, el nivel de servicio y la seguridad de las vías de acuerdo con el Manual de especificaciones generales para la conservación de caminos, carreteras y puentes, MCV-2015 que incluya la chapea, el descuaje de árboles, limpieza de señales verticales, cunetas y otros elementos de la vía necesarios para una circulación segura de todos los posibles usuarios.

6.8 Sobre conservación del pavimento que afectan la seguridad vial

La condición de la superficie del tramo auscultado es mixta, se observaron tramos con material suelto, tramos con huecos, otros tramos con superficie arcillosa, agua empozada tanto en la superficie de ruedo como en los espaldones y los márgenes, en todas las condiciones preocupa la resistencia al deslizamiento en caso de requerir frenar. En las siguientes dos fotografías de la Figura 21 se muestran las condiciones descritas.



Figura 1. Condición generalizada del pavimento afecta la seguridad vial.

Se recomienda implementar un mantenimiento periódico donde se programen un conjunto de actividades tendientes a renovar la condición original del pavimento de acuerdo con el



Manual de especificaciones generales para la conservación de caminos, carreteras y puentes, MCV-2015.

Adicionalmente, en un tramo se observó un proceso de reconformación de la superficie con maquinaria en movimiento, el proceso se considera un frente de obra en movimiento, del cual, no se observó ningún dispositivo de control de obra, la maquinaria tampoco contaba con dispositivos o señales que mostraran la presencia de obras en la vía, en la Figura 22 se muestra la maquinaria presente. Lo cual representa un incumplimiento de la Sección 3 sobre trabajos en frentes móviles del Decreto 38799-MOPT, que oficializa el Reglamento de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la ejecución de trabajos en las vías.



Figura 2. Maquinaria y frente de trabajo sin dispositivos de control de obra.

Debido a lo anterior se recomienda implementar en cada intervención de la vía el Reglamento de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la ejecución de trabajos en las vías de acuerdo con el Decreto 38799-MOPT.



7. CONCLUSIONES

Producto de la evaluación realizada al tramo de la Ruta Nacional No.4, comprendido entre las localidades de Birmania y Santa Cecilia se obtienen las siguientes conclusiones enumeradas en relación con los objetivos de esta evaluación (apartado 2).

1. Se evidenció que la mayoría de los tramos evaluados presentan una condición "Aceptable" según la metodología PASER, lo que significa que requieren atención pronta para evitar un deterioro mayor. Sin embargo, desde la estación 10+200, la condición determinada para el IRI es "Pobre", o incluso "Mala" para un tramo de aproximadamente 800 m, lo que sugiere un alto deterioro de la rugosidad superficial, afectando la seguridad y el confort de los usuarios.

Si bien es cierto que la mayoría de los tramos evaluados presentan alguna infraestructura para manejo de agua pluvial, se trata de elementos con una alta vulnerabilidad y poca capacidad hidráulica, son conformaciones en tierra o lastre, con pendientes pronunciadas y expuestas a acumulación de sedimentos o presencia de vegetación que puede obstruir su funcionamiento, por lo que se requiere de atención inmediata para prevenir un mayor deterioro y de labores de mantenimiento permanente hasta eventualmente la posibilidad de construcción de infraestructura de manejo de agua con un mayor estándar y desempeño como lo son cunetas revestidas.

2. Se evidenció la necesidad de construir infraestructura que requieren los diferentes usuarios, desde tramos de aceras, ciclovías y paradas de autobús que les permita movilizarse de manera segura.

3. Se identificó la carencia en sistemas de contención vehicular a lo largo del tramo auscultado, de acuerdo con un análisis de los márgenes de la vía que prevenga o disminuya la severidad de un accidente ante una salida de la vía contra los riesgos



identificados como: árboles con diámetros mayores a 10 cm, postes próximos a la vía, cunetas profundas, taludes o pendientes no traspasables, entre otros.

4. Se logró evidenciar la necesidad de instalación de señalamiento vial que permita el control y la circulación vial de una manera segura, principalmente en intersecciones donde confluyen diversos flujos de usuarios viales.

5. Como se observó en las imágenes aportadas, la superficie existente no cuenta con las condiciones adecuadas para aplicar una demarcación vial, sin embargo, de mejorarse la superficie, se debe considerar la demarcación inmediata.

6. A nivel de diseño geométrico, ante la auscultación visual realizada se identificaron posibles problemas de superelevación en curvas horizontales, que podrían elevarse la expectativa de salidas de la vía.

7. Se logró evidenciar la condición de los puentes, la necesidad de mantenimiento, así como de facilidades para usuarios vulnerables que permitan la movilidad segura para todos los posibles usuarios.

8. Se evidenció la necesidad de implementar un mantenimiento rutinario de acuerdo con la normativa nacional para asegurar las condiciones mínimas de los diferentes activos viales que comprende el tramo auscultado.

9. Con relación a la conservación vial del pavimento, las fotografías evidenciaron la necesidad de un mantenimiento periódico que permita asegurar la transitabilidad del tramo auscultado.

8. RECOMENDACIONES GENERALES

Se recomienda a la Administración del Estado costarricense, considerar las siguientes recomendaciones para la atención de los temas tratados en este informe técnico:



- Aunque la mayoría de los tramos evaluados están en una condición aceptable, intervenciones importantes son necesarias en el corto plazo para mejorar la superficie de ruedo y los sistemas de drenaje, dado que se prevé una rápida evolución hacia una condición "Pobre", comprometiendo la eficiencia y seguridad de la ruta.
- La atención inmediata de los drenajes (cunetas) para prevenir un mayor deterioro y ejecutar labores de mantenimiento permanente y eventualmente evaluar la posibilidad de construcción de infraestructura de manejo de agua con un mayor estándar y desempeño como lo son cunetas revestidas.
- Para una movilidad integral es necesario disponer de infraestructura segura para todos los posibles usuarios de la vía peatones, ciclistas, motociclistas, transporte público, vehículos particulares y pesados, así como la consideración de la fauna silvestre que habita en esa locación. Por lo que, se recomienda realizar un análisis que considere tanto las demandas por necesidad de movilidad en coherencia con el uso de suelo de la zona y la vocación del sector que brinde las posibilidades de desarrollo y bienestar para la población que reside y transita la Ruta Nacional 4.

En general se recomienda realizar las intervenciones considerando para ello, al menos, la siguiente normativa y los estudios suficientes y pertinentes que ello implica.

- Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos, y Puentes (CR-2020).
- Manual Técnico de dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la ejecución de Trabajos en las Vías, según Decreto Ejecutivo Número 38799-MOPT.
- Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes (MCV-2015) y sus actualizaciones oficializadas según Decreto



Ejecutivo No. 39429-MOPT publicado el 29 de febrero de 2016 en el Alcance No. 28.

- Manual de Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica MC-83 o su versión homóloga vigente oficializada.
- Decreto Ejecutivo No. 31363-Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) del 02 de junio de 2003 (Reglamento de circulación por carreteras con base en el peso y las dimensiones de los vehículos de carga) modificado mediante Decreto No. 35208-MOPT-J-MEIC de 23 de setiembre de 2003.
- Manual de Auscultación visual de Pavimentos de Costa Rica (MAV-2016)
- Especificaciones de Diseño de Pavimentos, norma "AASHTO Guide for desing of pavement structure", 1993 o su versión homóloga vigente oficializada.
- Guía para la colocación de captaluces de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- Ley No. 7600. Ley de igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad. Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.
- Aceras deben cumplir Ley 7600, norma INTE W85:2020/Enm 1:2021 y norma INTE W17:2017.

9. REFERENCIAS

- Decreto N° 38799 de 2014 [Ministerio de Obras Públicas y Transportes]. *Reglamento de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la Ejecución de Trabajos en las vías*. Costa Rica.
- Dirección General de Ingeniería de Tránsito, (2013). *Guía para la colocación de captaluces*. San José, Costa Rica.
- Jiménez, D., Guzmán, J. (2023). *Manual para la evaluación de paradas de autobús para el indicador 32 SITGAM*. San José, Costa Rica.



- Ministerio de Obras Públicas y Transporte. (2015). *Manual de especificaciones generales para la conservación de caminos, carreteras y puentes, MCV-2015*. San José, Costa Rica.
- Ministerio de Transporte. (2015). *Manual de señalización vial: Dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia*. Colombia.
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). (2014). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito*. Ciudad de Guatemala. Guatemala.
- Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison. (2002). *Pavement Surface Evaluation and Rating, PASER Gravel Roads Manual*. Madison, WI, EE.UU.
- Valverde, G. (2011). *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras*. San José, Costa Rica.