

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

INFORME DE EVALUACIÓN

EIC-Lanamme-INF-0160-2025

**Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional
Pavimentada de Alta Capacidad de Costa Rica
Año 2024**

San José, Costa Rica
Marzo, 2025



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-0160-2025		2. Copia No.1	
3. Título Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Alta Capacidad de Costa Rica, Año 2024		4. Fecha del Informe Marzo del 2025	
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 <i>Bajo el marco de la Ley No. 8114, le corresponde al LanammeUCR realizar una evaluación cada dos años del estado de la red vial nacional pavimentada, la cual sirve como instrumento eficaz e imparcial de rendición de cuentas y de planificación técnica para la gestión vial y de la inversión pública realizada. Para la evaluación del periodo 2024-2025, la Red Vial se dividió en grupos para agilizar su evaluación, los cuales son el de Alta Capacidad, Distribuidores Regionales, Conectores de Integración Regional y Red Básica de Acceso. Los parámetros técnicos con los que se realizó la evaluación de la red de carreteras para cada grupo, están relacionados directamente con la vida útil o de servicio, con el costo de operación de la flota vehicular que circula y con la seguridad vial, al evaluar la fricción de la superficie en presencia de agua, generando condiciones críticas de frenado. Se utilizó el deflectómetro de impacto (FWD), para medir las deflexiones superficiales obtenidas al someter al pavimento a una fuerza que simula cargas de tránsito, lo que permite inferir la capacidad soportante de dicho pavimento, y con ello, la vida útil remanente en dicha estructura. Por otra parte, se utilizó el perfilómetro láser, el cual mide las irregularidades superficiales (IRI) de las vías, que se asocia tanto con el confort que siente el usuario que circula por dicho tramo, como principalmente con los costos de operación de los vehículos que usan las carreteras.</i>			
8. Palabras clave Evaluación, RVN, Alta Capacidad, IRI, FWD, Nota Q, Estrategias, Gestión.		9. Nivel de seguridad: Alto	10. Núm. de páginas 48
11. Preparado por: Ing. José Fco. Garro M.Sc, PMP® - UGERVN- PITRA			
Fecha: marzo -2025			
12. Coordinación, preparación y revisión: Ing. Roy Barrantes Jiménez M.Sc, PMP®, SMC® - UGERVN- PITRA		13. Revisado Legal: Lic. Giovanni Sancho Sanz – Unidad de Asesoría Legal	14. Revisado y aprobado: Ing. Ana L Elizondo Salas Coordinadora General PITRA
Fecha: Marzo-2025		Fecha: Marzo-2025	Fecha: Marzo-2025



CONTENIDO

	<i>Pag.</i>
Introducción	6
i. Potestades	6
ii. Objetivos de la Campaña de Evaluación de la Red Vial de Alta Capacidad, 2024	8
Capítulo 1 Condición de la Red Vial de Alta Capacidad, Campaña 2024	9
1.1 Presentación	9
1.2 Definiciones	9
1.3 Definición de las Unidades de Análisis	11
1.4 Capacidad Estructural de la Red Vial de Alta Capacidad	11
1.4.1 Criterios de Clasificación por deflectometría de Impacto	11
1.4.2 Resultados de la evaluación de la RAC con el ensayo de deflectometría	12
1.4.3 Resultados de deflectometría mediante SIG	13
1.5 Capacidad Funcional de la Red de Alta Capacidad	14
1.5.1 Criterios de clasificación del IRI	15
1.5.2 Resultados de IRI para la Red Vial de Alta Capacidad	15
1.5.3 Resultados de IRI mediante SIG	16
1.6 Condición de la Red Vial de Alta Capacidad según coeficiente de rozamiento	17
1.6.1 Resultados obtenidos de GRIP para la Red Vial de Alta Capacidad	18
1.6.2 Resultados de GRIP mediante SIG	19
Capítulo 2 Estrategias Generales de Intervención Recomendadas, Campaña 2024	21
2.1 Presentación	21
2.2 Definiciones	21
2.3 Notas de Calidad Q	22
2.3.1 Definición de las Notas de Calidad Q a nivel de red	22
2.3.2 Resultados generales de Notas Q obtenidos	25
2.3.3 Resultados de Notas Q mediante SIG	26
2.4 Estrategias de Intervención para la RAC considerando FWD e IRI	27
2.4.1 Definiciones	28
2.4.2 Resultados de Estrategias Generales de Intervención para la RAC	31
2.4.3 Resultados mediante SIG	32
2.5 Propuestas de Intervención para la RAC tomando en cuenta el GRIP	33
2.5.1 Definición	33
2.5.2 Propuestas de Intervención para la Red Vial de Alta Capacidad	34
Capítulo 3 Evolución del estado de la Red Vial de Alta Capacidad entre campañas	36
3.1 Presentación	36
3.2 Comparación de indicadores obtenidos entre campañas	36

3.2.1 Comparación de la capacidad estructural	37
3.2.2 Comparación de la capacidad funcional	39
3.2.3 Comparación de los resultados de agarre superficial	40
3.2.4 Comparación de las estrategias de mantenimiento	43
Capítulo 4 Análisis del proceso de resguardo y transmisión de información para pagos y avance de obra	46
4.1 Antecedentes	46
4.2 Estructura general de un sistema de manejo y resguardo de información	48
4.2.1. inventario de pavimentos	48
4.2.2 Evaluación del estado del pavimento	48
4.2.3 Modelos de deterioro y desempeño	48
4.2.4 Análisis y planificación de mantenimiento y rehabilitación	49
4.2.5 Análisis económico y financiero	49
4.2.6 Sistema de información geográfica (SIG)	49
4.3 Análisis de la actual estructura de control y manejo de información sobre las inversiones en proyectos de mantenimiento vial	49
Conclusiones	53
i. Conclusiones generales	53
ii. Conclusiones específicas	54
Recomendaciones	55

Índice de Figuras

	<i>Pag.</i>
Figura 1 Ubicación de la Red Vial de Alta Capacidad evaluada	7
Figura 2 Condición estructural de la RAC según deflexiones	13
Figura 3 Resultados de deflexiones representados en SIG	14
Figura 4 Condición funcional de la RAC según regularidad superficial	16
Figura 5 Resultados de regularidad superficial representados en SIG	17
Figura 6 Resultados obtenidos de la RAC según agarre superficial	19
Figura 7 Resultados de agarre superficial representados en SIG	20
Figura 8 Matriz de combinación para obtener las Notas de Calidad Q	22
Figura 9 Resultados de las Notas de Calidad Q y su porcentaje en la RAC	26
Figura 10 Resultados de las Notas Q de la RAC representados en SIG	27
Figura 11 Agrupación de las Notas Q para definir las Estrategias de Intervención	30
Figura 12 Esquema de Notas Q en función de las ventanas generales de operación	31
Figura 13 Resultados de las Estrategias de Intervención para la RAC	32
Figura 14 Mapa de distribución de las Estrategias de Intervención en SIG	33
Figura 15 Recomendaciones de intervención tomando en cuenta el GRIP	35
Figura 16 Resultados obtenidos de deflexiones, campañas 2022-2023 y 2024	37



Figura 17 Evolución del estado estructural en la Red Vial de Alta Capacidad	38
Figura 18 Resultados obtenidos de regularidad, campañas 2022-2023 y 2024	39
Figura 19 Evolución del estado funcional en la Red Vial de Alta Capacidad	40
Figura 20 Resultados obtenidos de agarre superficial, campañas 2022-2023 y 2024	41
Figura 21 Evolución del GRIP en la Red Vial de Alta Capacidad	42
Figura 22 Resultados obtenidos en estrategias de intervención, entre campañas	43
Figura 23 Evolución de las Estrategias de Intervención, Red Vial de Alta Capacidad	44

Índice de Tablas

	<i>Pag.</i>
Tabla 1 Longitud evaluada con cada equipo, Rede Vial de Alta Capacidad	7
Tabla 2 Rangos de deflexión según TPD, utilizados para clasificar el FWD	12
Tabla 3 Resultados obtenidos en el parámetro de deflexiones para la RAC	13
Tabla 4 Rangos de clasificación del IRI para pavimentos flexibles	15
Tabla 5 Resultados de la regularidad superficial de la Red Vial de Alta Capacidad	16
Tabla 6 Clasificación internacional de pavimentos según el GripNumber	18
Tabla 7 Resultados obtenidos mediante el ensayo del GripTester para la RAC	18
Tabla 8 Resultados de las Notas de Calidad para la Red Vial de Alta Capacidad	25
Tabla 9 Resultados de las Estrategias de Intervención para la RAC	32
Tabla 10 Recomendaciones de intervención tomando en cuenta los niveles de GRIP	34
Tabla 11 Resultados de deflexiones en la RAC, campañas 2022-2023 y 2024	37
Tabla 12 Evolución del estado estructural entre campañas, RAC	38
Tabla 13 Resultados de regularidad superficial en la RAC, campañas 2022-2023 y 2024	39
Tabla 14 Evolución del estado funcional entre campañas, RAC	40
Tabla 15 Resultados de agarre superficial en la RAC, campañas 2022-2023 y 2024	41
Tabla 16 Evolución del agarre superficial entre campañas, RAC	42
Tabla 17 Resultados de las Estrategias de Intervención en la RAC, entre campañas	43
Tabla 18 Evolución de las Estrategias de Intervención entre campañas, RAC	44
Tabla 19 Análisis del sistema de resguardo y traslado de información en contratos de conservación vial año 2025.	50

INTRODUCCIÓN

i. Potestades

Según se establece en el artículo 5 de la Ley No. 8114 sobre la Simplificación y Eficiencia Tributaria, “para garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública de reconstrucción y conservación óptima de la red vial costarricense...”, la Universidad de Costa Rica, a través del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (en adelante, LanammeUCR), deberá efectuar, entre otras tareas de fiscalización, una evaluación bienal del estado de la Red Vial Nacional pavimentada. De conformidad con lo señalado, el presente es un informe técnico que se enmarca en las funciones que la citada ley le confiere al LanammeUCR.

El estado de conservación o de deterioro de los pavimentos está relacionado directamente con la gestión vial implementada, y por tanto con el programa de inversiones e intervenciones que se ejecuta en la Red Vial Nacional en un período dado. Así, la evaluación bienal del estado de la red vial se convierte en una herramienta eficaz para la rendición de cuentas de la gestión de dicha infraestructura, y brinda a los ingenieros de caminos y planificadores viales una base técnica que facilita la toma de decisiones a nivel de red, con relación en dicha gestión.

Para esta campaña de evaluación, por primera vez se realizará una separación de la Red Vial Nacional a evaluar en distintos niveles, a saber, las rutas de Alta Capacidad, Distribuidores Regionales, Conectores de Integración Regional y por último, la Red Básica de Acceso; lo anterior enmarcado en el Plan Nacional de Transportes vigente. En este primer informe se presentan los resultados obtenidos para la red de Alta Capacidad, la cual se muestra en la Figura 1, y cuyas longitudes evaluadas se muestran en la Tabla 1. Lo anterior, para los equipos de evaluación de capacidad estructural (*Deflectómetro de Impacto*), capacidad funcional (*Perfilómetro Láser*) y de agarre superficial (*GripTester*): a diferencia de informes pasados, no se cuenta con datos completos y actualizados sobre la inversión realizada en el periodo evaluado, situación que será analizada en este mismo informe.



Figura 1 Red Vial de Alta Capacidad evaluada, con respecto al resto de la Red Vial Nacional.

Tabla 1 Longitud evaluada con cada equipo, Red Vial de Alta Capacidad.

Tipo de Medición	Longitud (km)
Deflectometría <i>FWD</i>	1.297,2 (1.351,7 evaluados en total)
Regularidad Superficial <i>IRI</i>	1.297,2 (1.351,7 evaluados en total)
Agarre Superficial <i>GRIP</i>	1.325,1 km evaluados en total

El total evaluado de 1.297 kilómetros es poco menos del total de la red de Alta Capacidad: en el momento de realizar esta evaluación, la Ruta Nacional 32 entre el cruce de Río Frío y la ciudad de Limón, se encuentra intervenida por la ejecución de obras de reconstrucción; por otra parte el tramo de la Carretera Interamericana Norte (Ruta Nacional 1) entre los poblados

de Limonal y Liberia presenta una superficie construida en concreto hidráulico, cuyos parámetros de evaluación son distintos a los que se tratan en este informe. Estas rutas de la Red Vial Nacional con este tipo de calzada, serán tratadas en un futuro con un informe específico.

La longitud mostrada en paréntesis, de poco menos de 1.352 km, corresponde al total evaluado de la red de Alta Capacidad, esto porque los ensayos en varias rutas fueron realizados en ambos sentidos de circulación. A saber, la Ruta Nacional 1 Carretera Interamericana Norte para los tramos correspondientes a las carreteras General Cañas y Bernardo Soto, Ruta Nacional 2 Carretera Florencio del Castillo y la Ruta Nacional 39 Carretera de Circunvalación.

ii. Objetivos de la campaña de evaluación de la Red Vial de Alta Capacidad, año 2024

OBJETIVO GENERAL

Conocer, evaluar y calificar la condición técnica general de la Red Vial de Alta Capacidad (RAC) en el año 2024, y determinar su evolución o cambio respecto a la campaña anterior.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la resistencia estructural de los pavimentos de la Red Vial de Alta Capacidad, con el Deflectómetro de Impacto y clasificarla según los rangos de estado.
- Evaluar el estado de la regularidad superficial de los pavimentos de la Red Vial de Alta Capacidad, con el Perfilómetro Láser, y clasificarla en rangos de estado.
- Evaluar la condición de Agarre Superficial de los pavimentos de dicha red, y clasificarla según los resultados en rangos de estado.
- Obtener a partir del análisis de los resultados de los indicadores anteriores, las Notas de Calidad Q y las recomendaciones generales de Estrategias de Intervención para las rutas que componen la Red Vial de Alta Capacidad.
- Comparar el estado de los pavimentos de la Red Vial de Alta Capacidad, contrastando los resultados de las evaluaciones efectuadas en los años 2022 – 2023 con la actual.
- Mantener una base de datos actualizada, por medio de los Sistemas de Información Geográfica, de los parámetros técnicos de las carreteras que sea útil para la planificación de proyectos destinados al mejoramiento de la red vial.



CAPÍTULO 1 CONDICIÓN DE LA RED VIAL DE ALTA CAPACIDAD, CAMPAÑA 2024

1.1 PRESENTACIÓN

Con base en la experiencia acumulada en campañas de evaluación anteriores y las mejores prácticas en la gestión de los proyectos, se desarrolló el proceso de planificación de las giras de levantamiento de datos para cada uno de los equipos utilizados. Tal es el caso de las evaluaciones en campo con el *Deflectómetro de Impacto*, en cuyo desarrollo se hace coincidir el periodo de toma de datos, con el final de la época lluviosa en cada una de las zonas del país. Lo anterior, con el objeto de evaluar las rutas en el momento en que los suelos presentan una condición de máxima saturación, lo cual arroja las deflexiones más críticas y que reflejan de una manera más real las condiciones de operación de los pavimentos de nuestro país.

Con estos elementos se definió el cronograma, y se procedió al levantamiento de información de las carreteras con los equipos de alto desempeño que se detallan en esta sección.

Los datos recopilados a nivel de red, se emplean como indicadores del comportamiento estructural, indicadores funcionales de la regularidad superficial y condición de la resistencia al deslizamiento superficial. Para unificar los diversos datos, se asignan los resultados de los distintos indicadores a las Secciones de Control definidas por la Administración, como unidad básica de análisis. Con esto, se pretende dar un insumo para definir las estrategias generales a nivel de red, y por tanto facilitar el desarrollo de las actividades de gestión correspondientes.

1.2 DEFINICIONES

Las siguientes definiciones son requeridas para un adecuado entendimiento de los resultados y elementos presentes en este capítulo:

i. Capacidad Estructural: se define la capacidad estructural como la capacidad del pavimento para soportar las cargas de tránsito durante su período de vida útil. La capacidad estructural puede ser conocida mediante ensayos no destructivos (*NDT* por sus siglas en inglés). La ventaja de usar los *NDT* es que se pueden determinar deficiencias estructurales aún antes de que las mismas sean visibles.

ii. Capacidad Funcional: se define capacidad funcional de un pavimento como la capacidad que tiene de brindar un adecuado nivel de servicio al usuario. Una buena capacidad funcional está intrínsecamente relacionada con el confort, adecuadas velocidades de circulación, reducción de consumo de combustible, reducción costos de operación vehicular por deterioros, y mayor durabilidad de los pavimentos por menores cargas dinámicas de los vehículos. En este informe la capacidad funcional se cuantifica por medio del IRI.

iii. Costos de Operación Vehicular: son los costos en los que incurre el usuario de una carretera por el efecto de las características físicas y la condición de la superficie de rueda, sobre la velocidad de operación de su vehículo, consumo de combustible y lubricantes, y costos de mantenimiento. Lo anterior se relaciona directamente con los tiempos de demora de los usuarios, así como con la contaminación ambiental producto de los vehículos. A mayores valores de IRI, mayores son estos costos.

iv. Deflectómetro de Impacto: el Deflectómetro de Impacto es un equipo de alta tecnología que mide la respuesta de deflexión instantánea que experimenta el pavimento, debido al golpe de un peso lanzado desde un mecanismo diseñado específicamente con este propósito, de tal manera que produzca una fuerza de reacción en el pavimento de 40 kN (566 MPa). Esta carga cae sobre un plato circular cuya área de contacto es similar a la de una llanta de vehículo; las deflexiones obtenidas son registradas por 9 sensores, el primero directamente en el plato de carga, y los demás dispuestos en un arreglo lineal con una longitud máxima de 180 centímetros. Los detalles del Deflectómetro de Impacto empleado y la metodología seguida de evaluación, aparecen en la Ficha Técnica *FT-UGERVN-02-13*, disponible en el sitio web del LanammeUCR.

v. Índice de Regularidad Internacional IRI: es un índice aceptado internacionalmente, que permite cuantificar la regularidad superficial de una carretera, y se define como la suma de las irregularidades de la superficie por unidad de longitud, lo que es percibido por el usuario como el confort de marcha. Sin embargo, el aspecto más importante de la regularidad superficial es que se relaciona directamente con los costos de operación del vehículo que circula por dicha carretera, dado que afecta su consumo de combustible y sus costos de mantenimiento. Los detalles del equipo utilizado, denominado Perfilómetro Láser y la metodología seguida en la evaluación, aparecen en la Ficha Técnica *FT-UGERVN-02-13*, disponible en el sitio de Internet del LanammeUCR.

vi. Perfilómetro Láser: es un equipo avanzado que permite evaluar la condición de regularidad superficial de las carreteras, mediante un índice de estado estandarizado internacionalmente, denominado Índice de Regularidad Internacional o simplemente IRI.

vii. Perfil longitudinal: es la representación gráfica de las variaciones del terreno con relación en un plano vertical que contiene al eje longitudinal de nivelación, con esto se obtiene la forma altimétrica del terreno a la largo de la mencionada línea. En la evaluación de la Red Vial, el perfil longitudinal se obtiene directamente con Perfilómetro Láser que permite medir con precisión milimétrica las variaciones en la superficie del terreno.

viii. Sistema de Gestión de Pavimentos: es el conjunto de operaciones que tienen como objetivo conservar por un período específico en una ruta o red vial, las condiciones de seguridad, comodidad y capacidad estructural adecuadas para la circulación, soportando las condiciones climáticas y de entorno de la zona en que se ubica las vías en cuestión. Todo lo anterior minimizando los costos monetario, social y ecológico (Solminihac, 1998).



1.3 DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS

Para definir las estrategias de intervención a partir de los datos de las evaluaciones bienales que realiza el LanammeUCR, se emplean los tramos de la Red Vial Nacional pavimentada conocidas como “secciones de control”, las cuales están identificadas por un código y constituyen las unidades de análisis para este informe. Estas secciones de control fueron definidas por el MOPT, y son utilizadas para ubicar geográficamente las labores de intervención que se realizan sobre la Red Vial Nacional.

En Costa Rica se tiene como base un total de 1.385 secciones de control que abarcan la Red Vial Nacional Pavimentada (ya sea estructura completa de pavimento, o bien con tratamientos superficiales múltiples, superficie de grava / tierra y concreto hidráulico); para este informe se evaluaron 160 secciones que corresponden con la red de Alta Capacidad con calzada de mezcla asfáltica en caliente (MAC). Una vez establecida esta zonificación y definidas las unidades de análisis, se incorpora toda la información dentro de los Sistemas de Información Geográfica y se procede a caracterizar aquellas secciones de control evaluadas con los indicadores. A partir del informe de la Red Vial Nacional 2010-2011, esta caracterización final se realiza con las *Notas de Calidad Q*, basadas en los indicadores estructurales y funcionales, con el respectivo análisis de condición deslizante con superficie mojada (que es el caso crítico para las rutas). Con base en su nota final, cada sección de control es catalogada como candidato a un tipo generalizado de intervención, tales como mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción, con el fin de brindar a la Administración una herramienta de gestión fundamentada en información científica, que permita mejorar la toma de decisiones y aumente la eficiencia de la inversión en la Red Vial Nacional.

1.4 CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE LA RED VIAL DE ALTA CAPACIDAD

1.4.1 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN POR DEFLECTOMETRÍA DE IMPACTO (FWD)

Para establecer los rangos de estado de cada ruta en este parámetro, se hace necesario clasificar primero la ruta según su tránsito promedio diario TPD. Para esta clasificación, se usan los datos más actualizados del MOPT en este aspecto. Con base en esto, la misma se clasifica en uno de los siguientes 4 grupos: *TPD* menor a 5.000 vehículos, *TPD* entre los 5.000 y hasta los 15.000, *TPD* mayor de 15.000 y rutas con casos especiales por sus altos niveles de tránsito pesado.

La evaluación de la red vial con el deflectómetro de impacto abarcó un total de 1.351,6 km de carreteras pavimentadas. Al ser esta una medición puntual, la frecuencia de dicha medición se determina en función del *TPD* de la ruta: aquellas con *TPDs* altos se evalúan cada 200 metros, mientras que las que presentan *TPDs* bajos son a cada 500 metros. Para que la

muestra sea estadísticamente significativa, cada sección de control evaluada debe tener al menos 7 mediciones (*ASTM D4695-08* del 2015).

Con los datos procesados para cada sección de control evaluada, se emplean los rangos de deflexiones en función del TPD (Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porrás-Alvarado, 2008), los cuales se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 Rangos de deflexión según TPD, utilizados para clasificar resultados de FWD en pavimento flexible

TPD	menor de 5.000	5.000 a 15.000	mayor a 15.000	Casos Especiales
	<i>TPD Bajo</i>	<i>TPD Moderado</i>	<i>TPD Alto</i>	<i>Especiales</i>
Categorías de deflexión	Rangos (en mm x 10⁻²)			
■ Baja	menor a 76,5	menor a 70,8	menor a 59,2	menor a 48,5
■ Moderada	76,5 – 88,5	70,8 – 83,3	59,2 – 69,4	48,5 – 57,6
■ Alta	88,5 – 115,7	83,3 – 112,9	69,4 – 95,2	57,6 – 80,8
■ Muy Alta	mayor a 115,7	mayor a 112,9	mayor a 95,2	mayor a 80,8

Es importante recordar que las rutas de pavimento rígido (superficie en losas de concreto hidráulico) no se evalúan de igual manera que las de asfalto. Por tanto, los rangos presentados en la Tabla 2 no aplican para este tipo de rutas.

1.4.2 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA RAC CON EL ENSAYO DE DEFLECTOMETRÍA

El ensayo de deflectometría permite determinar de forma no destructiva la capacidad estructural de los pavimentos, es decir la capacidad de soportar cargas vehiculares sin fallar de forma prematura. Este análisis de capacidad estructural se ha realizado de forma sistemática desde el año 2010 en todas las evaluaciones, y ha permitido determinar que las respuestas estructurales de los pavimentos de la Red Vial Nacional han tenido un comportamiento muy estable y con poca variabilidad a lo largo del tiempo (desviaciones estándar muy bajas en el análisis estadístico).

La Tabla 3 y la *Figura 2* muestran los resultados en este parámetro, para la presente campaña de evaluación de las rutas de Alta Capacidad.

Tabla 3 Resultados obtenidos en el parámetro de deflexiones para la RAC en pavimento flexible.

Categoría de Deflexiones	Longitud (km)	Porcentajes (%)
■ Baja según rango del TPD	1.326,9	98,2
■ Moderada según rango del TPD	12,3	0,9
■ Alta según rango del TPD	12,5	0,9
■ Muy Alta según rango del TPD	0,0	0,0
Total	1.351,7	100,0



Figura 2 Condición estructural de la Red Vial de Alta Capacidad, según las deflexiones en pavimento flexible.

Según los resultados obtenidos, un 98 % de la Red Vial Nacional en pavimento flexible evaluada de Alta Capacidad, es decir, 1.327 kilómetros, presenta deflexiones en la categoría *Baja*, lo que se asocia con una buena capacidad estructural. Por su parte, poco menos del 1 % presenta deflexiones en la categoría *Moderada*, un dato similar a la longitud que presenta deflexiones *Altas*, es decir una condición estructural mala. Lo anterior concuerda con los datos históricos que se han venido obteniendo para esta red, tal y como se verá en el capítulo de comparaciones.

1.4.3 RESULTADOS DE DEFLECTOMETRÍA (FWD) POR MEDIO DE SIG

En la Figura 3 se presenta la distribución espacial de los resultados, superpuesta a la Red Vial Nacional en pavimento flexible.

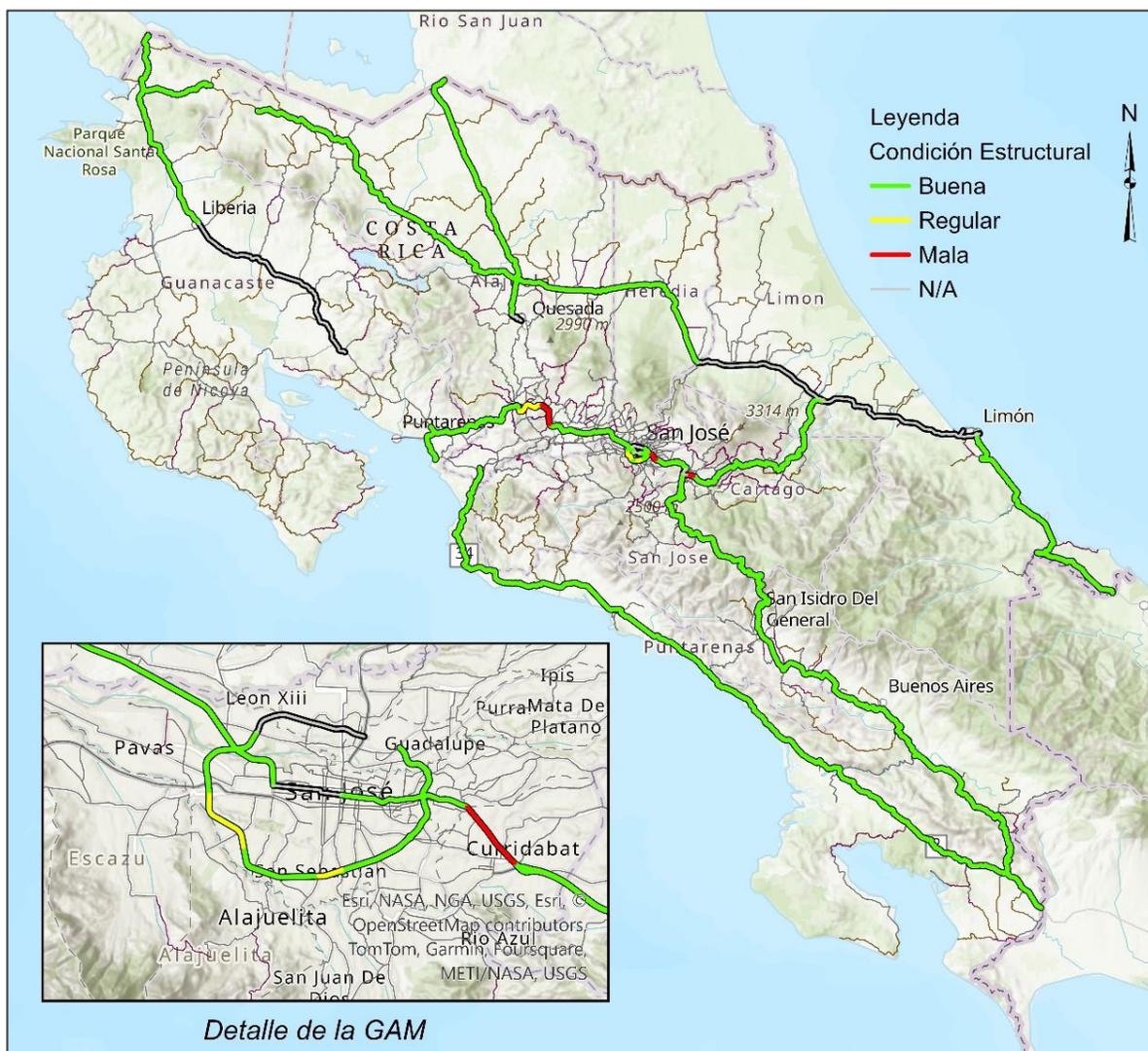


Figura 3 Representación SIG de las deflexiones (FWD) en la RAC en pavimentos flexibles, Campaña 2024 (en gris, rutas no evaluadas por las razones dadas en la introducción).

1.5 CAPACIDAD FUNCIONAL DE LA RED VIAL DE ALTA CAPACIDAD

El Índice de Regularidad Internacional (IRI) es uno de los indicadores más importantes de la calidad de una carretera. Se puede interpretar como la regularidad de una vía, es decir la desviación tiene la superficie de un camino a partir de un plano perfecto: una superficie teórica perfectamente plana, tendría un valor de IRI de 0 m/km . Mundialmente, existen estudios que relacionan los valores obtenidos en el parámetro de IRI de rutas, con los costos de operación y mantenimiento de la flota vehicular que por ellas circulan, así como con los niveles de contaminación locales y regionales.



Referencias sobre cómo se calcula el valor de IRI y cómo interpretar los resultados se encuentran en los siguientes documentos:

- "ASTM E950/E950M-09 *Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference*" (ASTM International, 2009).
- "ASTM E1926-08(2015) *Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements*" (ASTM International, 2015).
- "Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices Red Vial Nacional" (Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porras-Alvarado, 2008).
- "Determinación de la Regularidad Superficial de Pavimentos mediante el Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI): Aspectos y Consideraciones Importantes" (Badilla-Vargas, 2009).

1.5.1 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI)

La evaluación de la red vial con el perfilómetro láser abarcó una longitud de 1.351,7 km. Los rangos de regularidad superficial de pavimentos flexibles utilizados para la clasificación del estado se muestran en la Tabla 4, de acuerdo con lo propuesto por *Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porras-Alvarado*.

Tabla 4 Rangos de clasificación de regularidad superficial (IRI) para pavimentos flexibles.

Regularidad Superficial	Rango de IRI
■ Muy buena	menor a 1,0 m/km
■ Buena	entre 1,0 y 1,9 m/km
■ Regular	entre 1,9 y 3,6 m/km
■ Deficiente	entre 3,6 y 6,4 m/km
■ Muy deficiente	mayor a 6,4 m/km

Fuente: (Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porras-Alvarado, 2008)

Los datos del perfil longitudinal obtenidos con el *Perfilómetro Láser* en la presente campaña, se emplean en el cálculo del IRI para tramos de 100 metros de longitud según la norma *ASTM E1926-08(2015)*.

1.5.2 RESULTADOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) PARA LA RED VIAL DE ALTA CAPACIDAD

Los resultados obtenidos para esta campaña en el parámetro evaluado se muestran en la Tabla 5 y Figura 4.

Tabla 5 Resultados de la regularidad superficial (IRI) de la Red Vial de Alta Capacidad para pavimentos flexibles.

Regularidad Superficial	Rango de IRI	Longitud (km)	Porcentaje (%)
■ Muy buena	(0,0 - 1,0 ^m /km)	0,0	0,0
■ Buena	(1,0 - 1,9 ^m /km)	264,2	19,5
■ Regular	(1,9 - 3,6 ^m /km)	1.007,7	74,6
■ Deficiente	(3,6 - 6,4 ^m /km)	71,1	5,3
■ Muy deficiente	(mayor de 6,4 ^m /km)	8,6	0,6
Total		1.351,7 kilómetros	

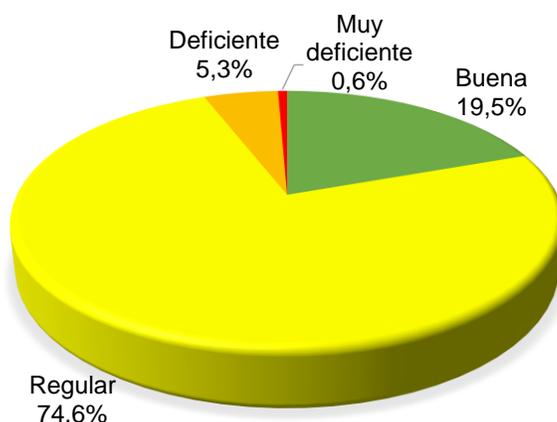


Figura 4 Condición Funcional de la Red Vial de Alta Capacidad según regularidad superficial (IRI).

Con base en los resultados obtenidos, poco menos del 20 % de la red de Alta Capacidad evaluada presenta una condición funcional *Buena*; ninguna sección de control evaluada presenta resultados en la categoría de *Muy Buena*. Por su parte, tres cuartas partes de esta red (75 %), equivalente a poco más de mil kilómetros, muestran una condición *Regular*. El restante 6% presenta condiciones *Deficientes* a *Muy Deficientes*. De nuevo, y por las mismas razones presentadas en la sección de Condición Estructural, no se tomaron en cuenta para este análisis, aquellas rutas que posean una superficie de rodadura en concreto hidráulico.

1.5.3 RESULTADOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) POR MEDIO DE LOS SIG

En la Figura 5 se presentan los datos totales de IRI en un mapa generado por medio de los sistemas de información geográfica, SIG.



Figura 5 Representación SIG de la regularidad superficial (IRI) en la RAC.

1.6 CONDICIÓN DE LA RED VIAL DE ALTA CAPACIDAD SEGÚN COEFICIENTE DE ROZAMIENTO (GRIP)

La evaluación de esta red con el equipo *GRIP Tester* para definir el coeficiente de rozamiento, abarcó 1.325,1 km, es decir, prácticamente la totalidad de la Red de Alta Capacidad evaluada en este informe (98,0 % de los 1.351,7 km de dicha red evaluados en este informe). Lo anterior, dado que la mayor parte de secciones de control presentan valores de IRI de 4,0 o menores, el cual es un requisito para poderlas estudiar con el citado equipo. Los criterios de clasificación utilizados corresponden con la clasificación internacional de pavimentos según GripNumber (o simplemente *GN*), la cual se muestra en la Tabla 6 a continuación.

Tabla 6 Clasificación internacional de pavimentos según el *GripNumber*.

Condición de Agarre Superficial	Rango de GN	Nivel Deslizamiento Superficial vs Accidentabilidad			Tipo de Pavimento característico
		Nivel Resistencia al Deslizamiento	Probabilidad de accidentes	Riesgo medio de accidentabilidad*	
■ Malo	< 0,50	■ Muy deslizante	Muy alta probabilidad	mayor a 20	Pavimento flexible compuesto de agregado pulimentable ej.: calizo
■ Regular	0,50 – 0,60	■ Deslizante	Alta probabilidad	16 a 20	Pavimento flexible con alto grado de exudación y pérdida de textura
■ Bueno	0,60 – 0,78	■ Poco deslizante	Moderada probabilidad	10 a 16	Pavimento rígido y flexible con buena textura
■ Muy Bueno	> 0,78	■ No deslizante	Poca probabilidad	menor a 10	Pavimento nuevo o sobre capas

* Número de accidentes por cada millón de vehículos / kilómetro, en función del coeficiente de fricción, obtenidos en Gran Bretaña, según memorias del 5to Simposio de Características Superficiales de Pavimentos, Toronto, Canadá, 2004. Tabla modificada LanammeUCR 2017.

1.6.1 RESULTADOS OBTENIDOS DE GRIP PARA LA RED VIAL DE ALTA CAPACIDAD

La Tabla 7 muestra los resultados obtenidos en este parámetro para la Red Vial de Alta Capacidad, mientras que la Figura 6 muestra en forma gráfica dichos resultados.

Tabla 7 Resultados obtenidos mediante el ensayo del *GripTester* para la Red Vial de Alta Capacidad en pavimentos flexibles.

Condición de agarre (deslizamiento)*	Rango GN	Longitud (km)	Porcentaje (%)
■ Muy bueno (No deslizante)	> 0,78	0,0	0,0
■ Aceptable (Poco deslizante)	0,6 – 0,78	417,7	31,5
■ Regular (Deslizante)	0,5 – 0,6	590,0	44,5
■ Malo (Muy deslizante)	< 0,5	317,4	24,0
Total		1.325,1	100,0

* Según clasificación internacional

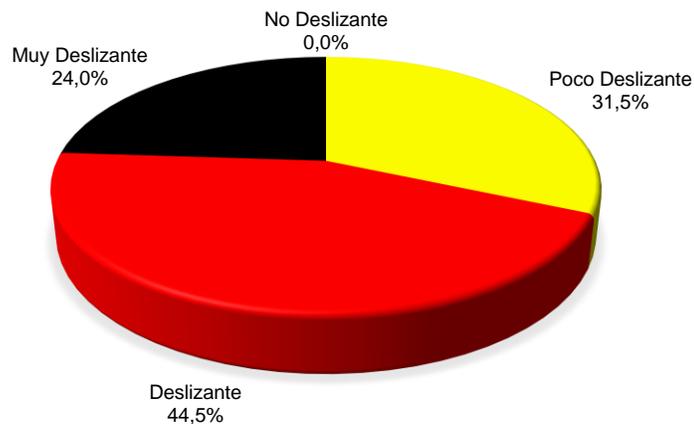


Figura 6 Resultados obtenidos de GRIP en la Red Vial de Alta Capacidad en pavimentos flexibles.

Poco menos de una tercera parte de la longitud evaluada, presenta una superficie poco deslizante para el equipo utilizado; no hubo sección de control dentro de la Red de Alta Capacidad, con un resultado en el rango de No Deslizante (el mejor resultado posible). Esto indica que la mayor parte de esta red con superficie en pavimento flexible presenta condiciones no adecuadas para el tránsito vehicular cuando se presentan las condiciones adversas como la presencia de agua superficial en la calzada (situación común en la época lluviosa), lo cual expone a los usuarios a una mayor probabilidad de accidentes debido especialmente a distancias de frenado mayores.

1.6.2 RESULTADOS DE GRIP VISUALIZADOS EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La Figura 7 se muestran los resultados del parámetro de GRIP, obtenidos para la Red Vial de Alta Capacidad mediante los Sistemas de Información Geográfica.

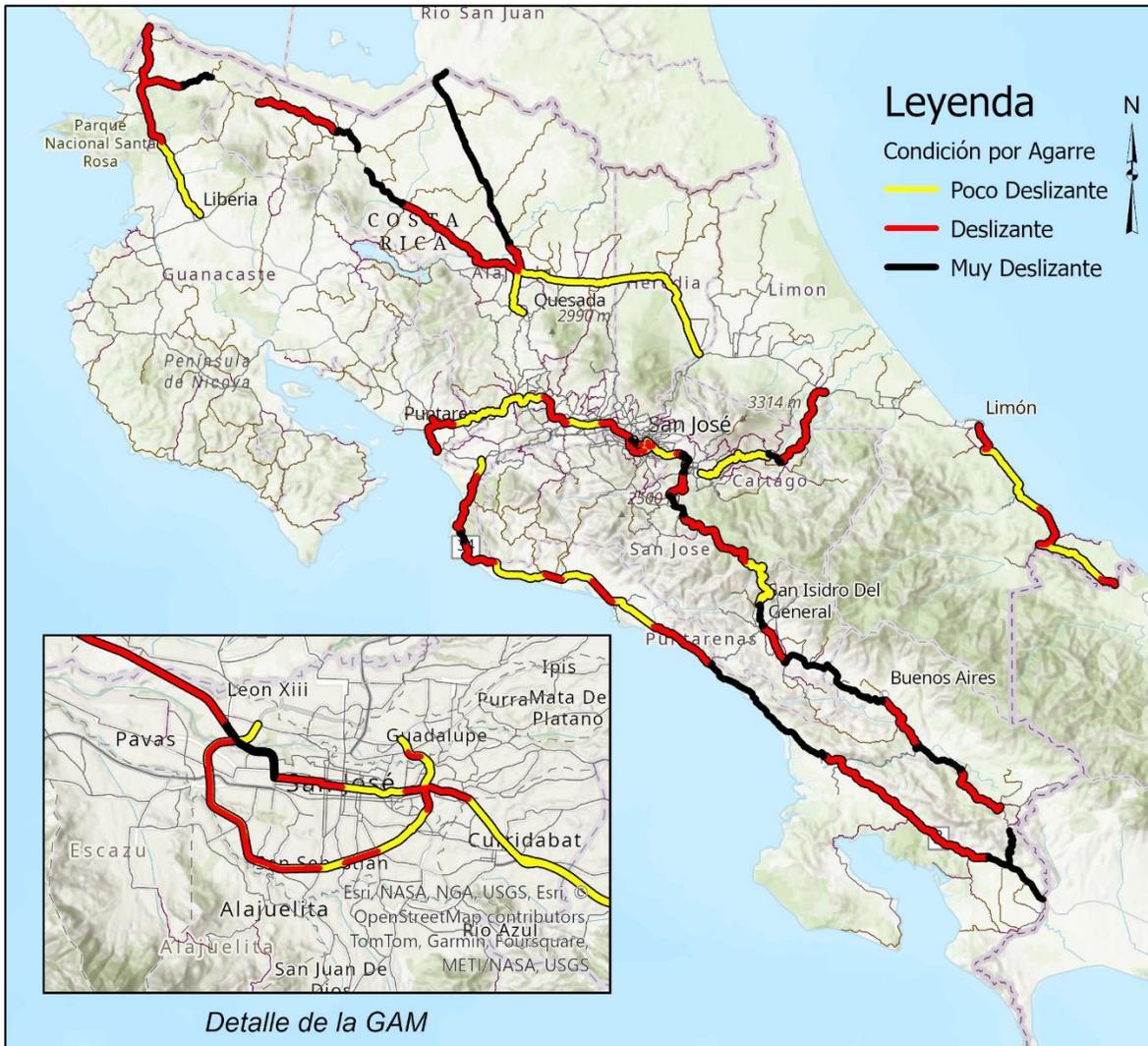


Figura 7 Resultados obtenidos del GRIP en la RAC con superficie de pavimento flexible.



CAPÍTULO 2 ESTRATEGIAS GENERALES DE INTERVENCIÓN RECOMENDADAS – CAMPAÑA 2024

2.1 PRESENTACIÓN

Es en el documento titulado "*Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices Red Vial Nacional*" (Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porras-Alvarado, 2008) donde se define el uso de las Notas de Calidad Q o simplemente Notas Q (Q de *quality* o calidad en inglés). El primer uso de estas notas, así como de las Estrategias Generales de Intervención a nivel de red, se dio en la Campaña de Evaluación de los años 2010 – 2011. Con base en los resultados obtenidos para cada tramo de ruta, en capacidad funcional, estructural y de deslizamiento superficial (este último indicador si aplica), la asignación de la Nota Q a cada sección de control se realiza en SIG: con base en esto, cada una es catalogada como candidata a un tipo generalizado de intervención, que incluyen estrategias de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción. De esta manera, la campaña de evaluación se convierte en una herramienta de gestión fundamentada, que permite mejorar la toma de decisiones, aumentando la eficiencia de inversión en la Red Vial Nacional.

Es importante recalcar que posteriormente a un análisis a nivel de red como el que se presenta en este informe, la toma de decisiones para intervenir una ruta específica, por parte de la Administración, debe responder a una evaluación a nivel de proyecto. De esta manera, se puede definir la mejor estrategia técnica de intervención, que optimice el uso de los recursos disponibles según la realidad y el estado de cada ruta.

2.2 DEFINICIONES

Las siguientes definiciones son requeridas para un adecuado entendimiento de los resultados presentes en este capítulo:

- i. Evaluación a nivel de proyecto:** es el proceso de análisis u observación de un proyecto o pavimento en particular, con el propósito de determinar el momento en que se debe realizar el mantenimiento y/o rehabilitación. Usa datos específicos de cada proyecto y otorga varias opciones de acuerdo con los objetivos; los modelos usados a este nivel requieren de información detallada en secciones individuales de un camino.
- ii Evaluación a nivel de red:** incluye fundamentalmente un proceso de observación de un conjunto de pavimentos que conforman una red de caminos, para planificar decisiones para grandes grupos de proyectos o una red de caminos completa, a fin de optimizar la asignación de recursos, por ejemplo, la Red Vial Nacional.

iii. **Vida estructural remanente:** es la capacidad remanente de una carretera de resistir las cargas de los vehículos. Al inicio de la vida útil de un pavimento la vida remanente es del 100%, conforme el clima y las cargas de los vehículos van afectando el pavimento, se va disminuyendo esa “vida remanente”, hasta que se definen acciones de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción, según corresponda.

2.3 NOTAS DE CALIDAD (NOTAS Q)

2.3.1 DEFINICIÓN DE LAS NOTAS CALIDAD Q A NIVEL DE RED

Con los resultados de condición estructural, funcional y de resistencia al deslizamiento superficial para cada sección de control, los valores se combinan para obtener la Nota de Calidad o Nota Q, según la matriz de combinación que se muestra en la Figura 8 a continuación.

Rangos de TPD	Límites de los valores de deflexión (10^{-3} mm)			
0 - 5.000	← 7,65	8,85	11,57	→
	Bajas	Moderada	Altas	Muy altas
5.000 - 15.000	← 7,08	8,33	11,29	→
	Bajas	Moderada	Altas	Muy altas
15.000 - 40.000	← 5,92	6,94	9,52	→
	Bajas	Moderada	Altas	Muy altas
Casos Especiales	← 4,85	5,76	8,08	→
	Bajas	Moderada	Altas	Muy altas

INDICADOR ESTRUCTURAL		Categorías de Deflexión					
		■ Bajas	■ Moderadas	■ Altas	■ Muy Altas		
INDICADOR FUNCIONAL	Rangos de IRI (m/Km)	< 1,9	↓	↓	↓	↓	
		■ Bueno	→	Q1	Q3	Q6	R-1
		1,9 – 3,6	→	Q2	Q5	Q8	R-2
		■ Regular	→	Q4	Q7	Q9	R-3
		3,6 – 6,4	→	Q4	Q7	Q9	R-3
■ Deficiente	→	M-RF	RH-RF	R-3	NP		
> 6,4	→	M-RF	RH-RF	R-3	NP		
■ Muy deficiente	→	M-RF	RH-RF	R-3	NP		

Figura 8 Matriz de Combinación para obtener las Notas de Calidad Q.

Los rangos de Tránsito Promedio Diario TPD se obtienen de la base de datos más reciente disponible en el MOPT. A partir de la categoría de TPD, es que se define el indicador de estado estructural; los indicadores funcionales y de la resistencia al deslizamiento superficial (este último se retomará más adelante), no dependen del TPD. Con base en esto, la definición de las notas de calidad es la siguiente:



■ **Q1:** esta es la condición ideal de un pavimento desde el punto de vista estructural y funcional. Son pavimentos que se encuentran en un estado temprano de su vida útil y que brindan un buen servicio al usuario, mantienen altos niveles de servicio y bajos costos de operación vehicular. A pesar de esta condición, estos pavimentos deben ser evaluados para identificar la presencia de deterioros que puedan afectar la seguridad vial, tales como desprendimientos, desnudamiento o exudaciones, los cuales no constituyen deterioros estructurales o de regularidad que puedan ser percibidos por el Perfilómetro Láser (IRI) o por el Deflectómetro de Impacto en campo. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de tipo mantenimiento de preservación de bajo costo.

■ **Q2:** en estos pavimentos la capacidad estructural sigue siendo muy buena, sin embargo, el nivel de regularidad superficial se ha desplazado a una condición regular donde la calidad del manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos, y se pueden presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir deformaciones en la mezcla asfáltica, baches reparados y agrietamientos de severidad baja. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de tipo mantenimiento de preservación de bajo costo, enfocadas en corregir la pérdida de capacidad funcional.

■ **Q3:** en estos pavimentos se presenta una pérdida de la capacidad estructural (20 – 60 % de vida estructural remanente), aunque la capacidad funcional (IRI) se mantiene de buena a muy buena. En estos casos, la presencia de deterioros tales como desprendimientos, desnudamiento o exudaciones, los cuales no constituyen deterioros que puedan ser percibidos por el Perfilómetro Láser (IRI) o por la deflectometría de campo, pueden tener un mayor nivel de severidad o extensión. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones del tipo mantenimiento de preservación de bajo costo, enfocadas a atender la pérdida de capacidad estructural y detener o retardar su avance.

■ **Q4:** en estos pavimentos la calidad de la superficie asfáltica se ha deteriorado hasta un punto donde puede afectarse la velocidad de tránsito, aún en condiciones de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de agregados, agrietamientos y ahuellamientos y ocurre en un 50 % o más de la superficie. Aunque la capacidad estructural es buena (se mantiene una buena condición de las capas de subyacentes) la condición de deterioro funcional es de tal severidad que la durabilidad de los pavimentos se disminuye, aumentando la tasa de deterioro estructural de forma elevada. Debido al deterioro de la capa de rueda estos pavimentos pasarán a las categorías M-RF o Q7 en el mediano plazo (categorías que se explican más adelante). Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de tipo mantenimiento de mediano costo, que deberían estar enfocadas a atender la pérdida de capacidad funcional en el corto plazo.

■ **M-RF:** los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro funcional. Los caminos se pueden pasar a velocidades muy reducidas y con considerables

problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas en la carpeta asfáltica. El deterioro ocurre en un 75 % o más de la superficie, comprometiendo la capacidad estructural del pavimento, la cual se concentra en las capas subyacentes. Debido al deterioro de la capa de ruedo, estos pavimentos pasarán a la categoría RH-RF en el corto plazo. Estos pavimentos presentan tramos candidatos a intervenciones de tipo mantenimiento de alto costo, que deberían estar enfocadas en recuperar la pérdida de capacidad funcional en el corto plazo para evitar mayor deterioro.

■ **Q5:** Estos pavimentos deben ser sujetos de análisis más detallado a nivel de proyecto, por encontrarse en una condición de capacidad estructural y funcional intermedia.

■ **Q7:** Los pavimentos en esta categoría tienen una condición de ruedo similar a los descritos para la categoría Q4, sin embargo presentan una peor condición estructural (cercana al 60 % de vida estructural remanente del pavimento), con una mayor presencia de deterioros tipo ahuellamientos, agrietamiento por fatiga o agrietamientos transversales y longitudinales. En estos pavimentos, la velocidad del deterioro estructural y funcional se intensifica, por lo que están propensos a pasar a las categorías RH-RF o Q9 en el mediano plazo. Estos pavimentos presentan tramos candidatos a intervenciones de tipo “rehabilitación menor”, que deberían estar enfocadas en recuperar la pérdida de capacidad funcional en el mediano plazo, con el fin de evitar o retardar un mayor deterioro de la capacidad estructural.

■ **RH-RF:** los pavimentos en esta categoría tienen una condición de ruedo similar a los descritos para la categoría M-RF, sin embargo, presentan una peor condición estructural (cercana al 20 % de vida estructural remanente), por lo que la presencia de deterioros como ahuellamientos, agrietamiento por fatiga o agrietamientos transversales y longitudinales es mayor. En estos pavimentos, la velocidad del deterioro estructural y funcional se intensifica aún más, por lo que están propensos a pasar a la categoría R3 en el corto plazo. Estos pavimentos presentan tramos candidatos a intervenciones de tipo “rehabilitación menor”, que deberían estar enfocadas en recuperar la pérdida de capacidad funcional y estructural en el corto plazo, con el fin de evitar o retardar un mayor deterioro en el pavimento.

■ **Q6,** ■ **Q8** y ■ **Q9:** estos pavimentos presentan una condición estructural muy deficiente (vida estructural remanente menor de 20 %). En este grupo de rutas, en el caso de los tramos calificados por ejemplo con nota Q6, la calidad del ruedo es buena por la presencia de sobrecapas o tratamientos superficiales recientes que no contribuyen a dar aporte estructural significativo, y que además representan trabajos de poca durabilidad, con una alta probabilidad de migración rápida a notas como las Q8 y Q9 donde la capacidad funcional es peor. La condición de pérdida acelerada de la capacidad estructural y funcional en estos pavimentos los convierte en candidatos a intervenciones de tipo rehabilitación mayor, que debería ser atendida en el corto plazo.



■ **R-1**, ■ **R-3**: estos pavimentos presentan una condición estructural muy deficiente (vida estructural remanente 0 %). En los tramos clasificados dentro de este grupo, cuando se presenta una buena calidad de ruedo es por la presencia de sobrecapas o tratamientos superficiales recientes, que como ya fue mencionado no contribuyen con un aporte estructural significativo y son trabajos de poca durabilidad, con una rápida migración a notas como R-3 o NP, donde la única alternativa de intervención es la reconstrucción total de la estructura. La condición de pérdida acelerada de la capacidad estructural y funcional en estos pavimentos, los convierte en candidatos a intervenciones de tipo rehabilitación mayor que debería ser atendida de forma inmediata.

■ **R-3**, ■ **NP**: estos pavimentos presentan un altísimo nivel de deterioro: la transitabilidad y la capacidad estructural son inferiores a los niveles aceptables para una carretera pavimentada. La única alternativa de intervención posible es la de reconstrucción total del pavimento, y por tratarse de rutas nacionales deben ser intervenidas urgentemente con soluciones que restituyan un nivel mínimo de seguridad vial, minimizando la posibilidad de accidentes por deterioros, y planificando dentro de un esquema de gestión de redes la recuperación de la vía en un plazo razonable. Las intervenciones en estos tramos son las más costosas dentro de un sistema de gestión de pavimentos.

2.3.2 RESULTADOS GENERALES DE NOTAS Q OBTENIDOS

Una vez establecidos los criterios técnicos para evaluar los distintos tramos de la Red Vial, se procede a caracterizar las distintas secciones de control, de acuerdo con lo definido en la matriz para definición de notas de calidad presentada en la Figura 7. Los resultados obtenidos se muestran en Tabla 8, así como el respectivo gráfico de Notas de Calidad Q para la campaña de evaluación 2024, en la Figura 9.

Tabla 8 Resultados de las Notas de Calidad para la Red Vial de Alta Capacidad con superficie de pavimento flexible.

Nota de Calidad	Longitud (km)	Porcentaje (%)	Cantidad de secciones de control
■ Q1	264,2	19,5	29
■ Q2	985,1	72,9	109
■ Q4	69,0	5,1	13
■ Q5	12,3	0,9	5
■ Q6	10,4	0,8	2
■ Q9	2,1	0,2	1
■ M-RF	8,6	0,6	1
Total	1.351,7	100,0	160

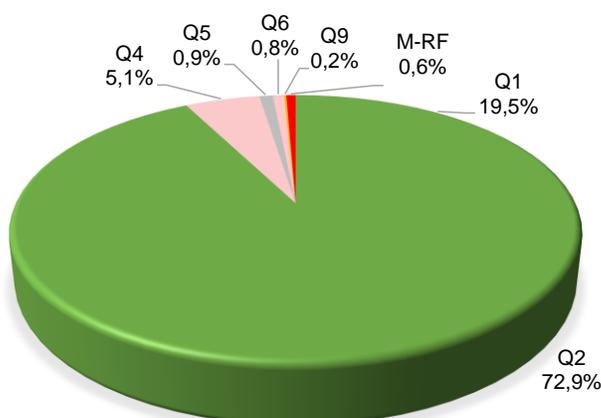


Figura 9 Resultados de las Notas de Calidad Q, y su porcentaje en la RAC con superficie de pavimento flexible.

La clasificación de la red vial por las notas de calidad revela que más de un 90 % de las secciones evaluadas de la Red Vial de Alta Capacidad (aproximadamente 1.250 km), presentan notas en las categorías de Q1 y Q2, lo cual les da una muy buena capacidad estructural, pero que en el caso de casi 3 cuartas partes de esta red que obtuvo la nota Q2, presentan una condición funcional regular. La nota Q1 es la nota que identifica secciones con condiciones ideales de servicio, y donde la inversión a realizar es sólo para el preservar sus buenas condiciones generales.

De la restante longitud, 5 % (69 km) presentan nota Q4, lo cual similar al Q2, son rutas con buena capacidad estructural, pero en este caso deterioros importantes en la parte funcional. El porcentaje restante de secciones, que equivale a unos 33 km de la red de Alta Capacidad, presenta deterioros importantes tanto en su condición estructural, como en la funcional, requiriendo de intervenciones más profundas para devolver los índices de condición normales.

2.3.3 RESULTADOS DE NOTAS Q MEDIANTE SIG

La Figura 10 muestra los resultados obtenidos de Notas Q, de forma gráfica.

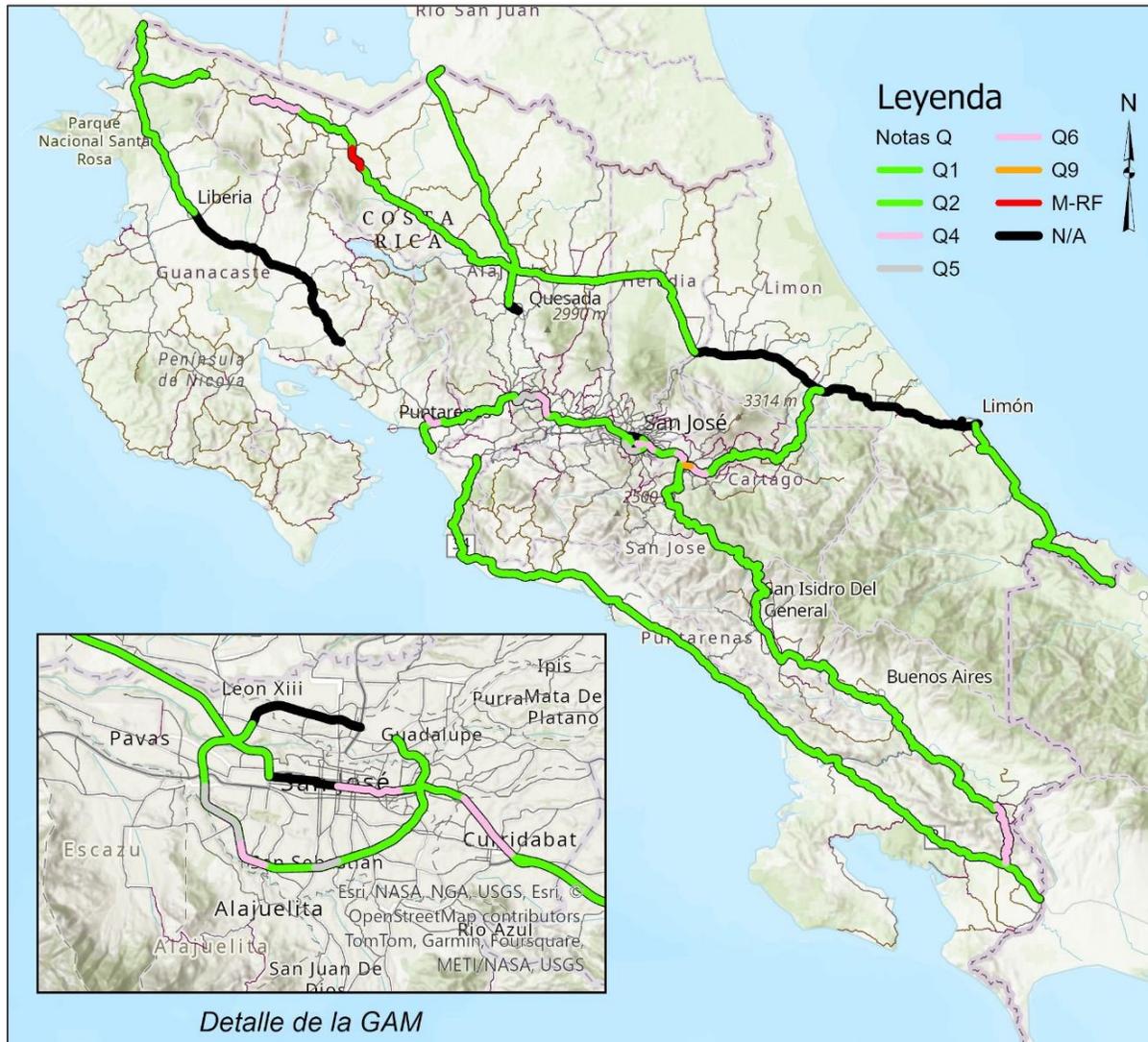


Figura 10 Mapa de distribución de las Notas de Calidad Q Red Vial de Alta Capacidad con superficie de pavimento flexible.

2.4 ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL DE ALTA CAPACIDAD CONSIDERANDO CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y EL ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL

La definición de las notas de calidad en la sección anterior permite establecer estrategias de intervención generales a nivel de red. Estas estrategias de intervención constituyen la parte más importante de la evaluación de la Red Vial Nacional que realiza el LanammeUCR, dado que constituyen recomendaciones en la generación de estrategias de mantenimiento y/o recuperación a nivel de red, para la Red Vial Nacional pavimentada.

Las estrategias de intervención presentes en este informe de estado, deben ser ajustadas a nivel táctico-operativo por parte de la Administración, con el objeto de definir los planes de trabajo y los alcances de los contratos de conservación vial o reconstrucción de vías.

2.4.1 DEFINICIONES

Desde la campaña de evaluación de los años 2010 – 2011 y su respectivo informe, las estrategias de intervención definidas son:

- Mantenimiento de preservación
- Mantenimiento de recuperación funcional
- Análisis a nivel de proyecto
- Rehabilitación menor
- Rehabilitación mayor
- Reconstrucción

De forma general se definen de la siguiente forma:

■ **Mantenimiento de preservación:** son intervenciones de bajo costo relativo y constituyen principalmente intervenciones para conservar las rutas en buen estado, tanto en su parte funcional como estructural. Dentro de este tipo de intervenciones califican los sellos de preservación tipo *sand seal*, sellados de grietas, *slurry seals*, *fog seals* y micropavimentos, entre otros. Este tipo de actividades buscan aumentar la vida útil de las rutas en buen estado, manteniendo su integridad estructural y funcional, corrigiendo a su vez deterioros funcionales de ocurrencia temprana, como desprendimientos de agregados, desnudamiento, exudación o agrietamientos superficiales leves.

■ **Mantenimiento de recuperación funcional:** son intervenciones que buscan recuperar la capacidad funcional (rutas con valores de IRI >3,6) sin adicionar a la capacidad estructural de la estructura del pavimento. En estos casos se pueden considerar labores de sustitución de las superficies de ruedo, recuperando los espesores existentes con material nuevo. Estas labores se pueden acompañar con la colocación de geosintéticos para retardar el reflejo de grietas, y una labor de perfilado o recuperación de la calzada. Debido al alto deterioro de la regularidad de las vías, las intervenciones deberían ser ejecutadas con una prioridad alta, con el fin de evitar un posterior daño en la capacidad estructural.

■ **Análisis a nivel de proyecto:** este tipo de estrategia sugiere realizar una evaluación a nivel de proyecto y auscultación complementaria, con el fin de definir la estrategia adecuada de intervención para el tramo específico.

■ **Rehabilitación menor:** este tipo de estrategias sugieren intervenciones que permitan recuperar la capacidad estructural en niveles intermedios, así como la capacidad funcional en niveles críticos. Debido con que la capacidad estructural remanente es aún entre 20 – 60%, las labores pueden concentrarse en intervenciones a nivel de la superficie de ruedo, de



perfilado y colocación de una nueva sobrecapa con un aporte estructural significativo, todo esto de acuerdo a un diseño estructural que tome en consideración la capacidad estructural remanente de la sección intervenida, así como un nuevo período de diseño. Lo anterior representa apenas un ejemplo de este tipo de estrategia de intervención.

■ **Rehabilitación mayor:** en este caso es necesario realizar una importante recuperación de la capacidad estructural, por lo que el tipo de intervención abarca, por ejemplo, labores a nivel de la capa de base existente, labores de sustitución o estabilización de la base existente, en combinación con la colocación de nuevas sobrecapas con períodos de diseño apropiados. Se pueden realizar labores de sustitución de la base o su estabilización, en combinación con la colocación de una nueva capa asfáltica cuyos espesores provean el aporte estructural requerido, de acuerdo con estudios técnicos asociados, mismos que deberán considerar la capacidad remanente de la sección intervenida, así como el nuevo período de diseño. En el caso de las rehabilitaciones, es recomendable una auscultación previa de los espesores existentes, para posteriormente justificar la demolición parcial requerida, con el objeto de ajustar la capacidad estructural y la calidad de ruedo de acuerdo con las solicitudes de carga actuales.

■ **Reconstrucción:** es la renovación completa de la estructura de la ruta, con previa demolición total de la estructura del pavimento. Por tratarse de rutas nacionales, deben ser intervenidas urgentemente con soluciones que restituyan el nivel mínimo de seguridad vial, minimizando la posibilidad de accidentes por deterioros, y planificando dentro de un esquema de gestión de redes la recuperación de la vía en un plazo razonable. Las intervenciones en estos tramos son las de más alto costo dentro de un sistema de gestión de pavimentos.

Para definir las estrategias de intervención, las notas de calidad Q se agrupan de acuerdo al esquema de la Figura 11, con el fin de identificar aquellas secciones de control que sean candidatas a los distintos tipos de intervención.

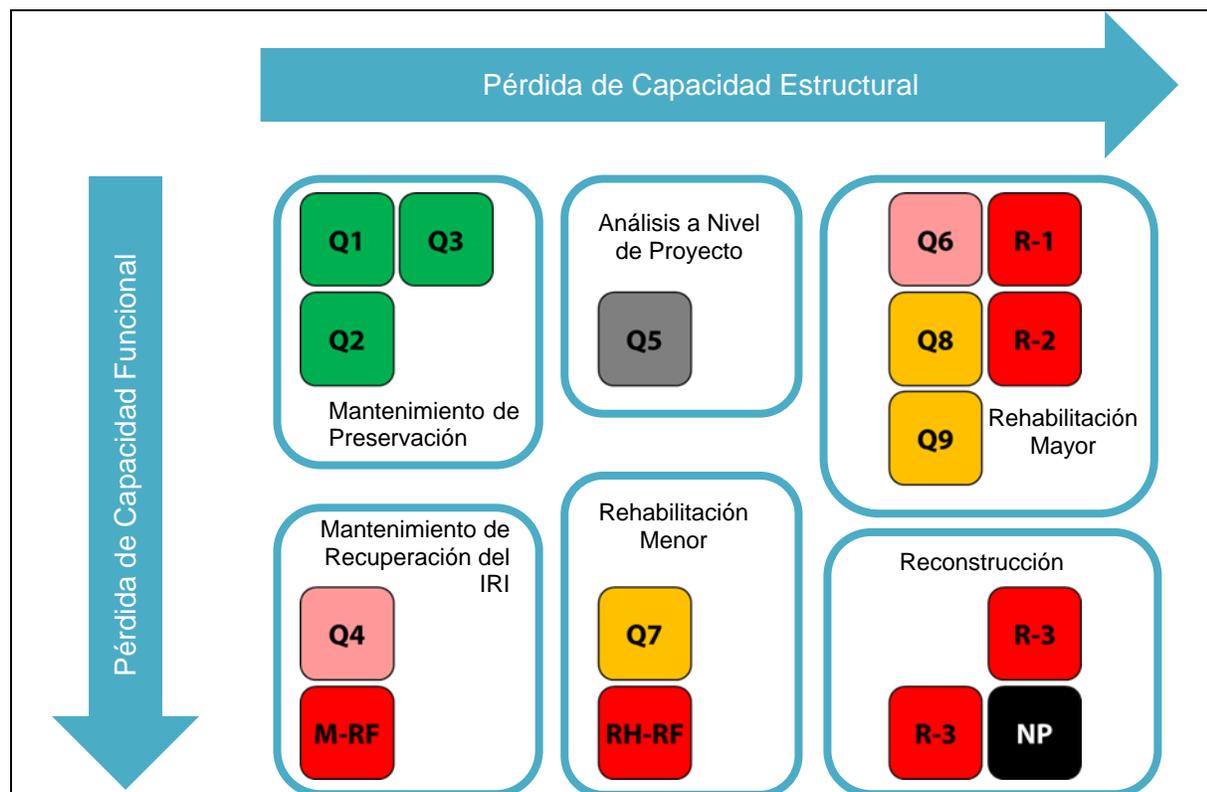


Figura 11 Agrupación de las notas de calidad para definir las Estrategias generales de Intervención (LanammeUCR, 2011).

Se reconocen en esta distribución tres grandes “ventanas de operación”:

La ventana de operación de *Conservación Vial* (notas Q1, Q3, Q3, Q4 y M-RF) se asignan a tramos de carretera que pueden atenderse por medio de labores como “mantenimiento rutinario” o “mantenimiento periódico” (Definición presente en la *Ley 7798 de Creación del Consejo Nacional de Vialidad*).

La segunda ventana de operación definida como *Rehabilitación* (notas Q6, Q7, Q9, RH-RF, R-1 y R-2), corresponde con actividades de “rehabilitación menor” y “rehabilitación mayor”. Las acciones de mantenimiento en esta ventana deben enfocarse a mantener la seguridad de los usuarios y la transitabilidad, pero la mejora de estas secciones debe incorporarse dentro de un esquema contractual relacionado con las actividades de conservación vial, que permita atender las necesidades reales de estas secciones de control de forma eficiente. Esto, a la vez evita enmarcar este tipo de intervención dentro del alcance de los proyectos de conservación vial, ya que este tipo de intervenciones sólo son justificadas cuando se trata de “intervenciones selectivas”.



La tercera ventana de operación abarca la *Reconstrucción* (notas R-1 y NP). Toda sección de la Red Vial Nacional que califique dentro de esta ventana de operación, debe ser intervenida con actividades propias de este tipo de labor, tomando en consideración que toda labor de reconstrucción es sumamente costosa, con magnitudes que podría incluso llegar hasta el orden de 10 veces mayores que aquellas de *mantenimiento rutinario* o *mantenimiento periódico*. No se deben llevar a cabo reconstrucciones dentro de un marco contractual de mantenimiento, esto debido a la diferencia de alcances, costos y actividades permitidas por el contrato.

En la Figura 12 se muestra la distribución esquemática de las distintas notas de calidad dentro de una representación del modelo de deterioro de una carretera, en función del Índice de Serviciabilidad Presente (*PSI* por sus siglas en inglés).

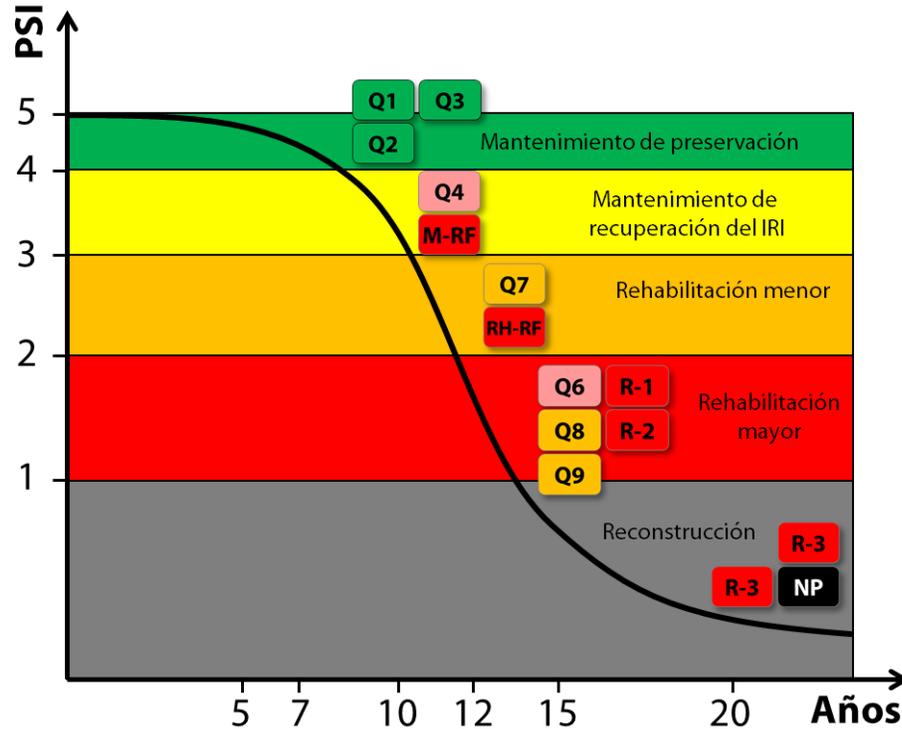


Figura 12 Esquema de Notas de Calidad distribuidas en función de las ventanas de generales de operación (LanammeUCR, 2013)

2.4.2 RESULTADOS DE ESTRATEGIAS GENERALES DE INTERVENCIÓN PARA LA RAC

Una vez agrupadas las notas de calidad, se procesa la información para las secciones de control evaluadas en un SIG, mostrándose en la Tabla 9 y la Figura 13 los resultados obtenidos para la Red Vial de Alta Capacidad.

Tabla 9 Resultados de las Estrategias Generales de Intervención para la Red Vial Alta Capacidad con superficie de pavimento flexible.

Recomendación de Estrategia de Intervención General Campaña de Evaluación de la Red Vial Nacional años 2022-2023	Longitud (km)	Porcentaje (%)
■ Mantenimiento de preservación	1.249,3	92,4
■ Mantenimiento de recuperación del IRI	77,6	5,7
■ Análisis a nivel de proyecto	12,3	0,9
■ Rehabilitación menor	0,0	0,0
■ Rehabilitación mayor	12,5	0,9
■ Reconstrucción	0,0	0,0
Total	1.351,7	100,0

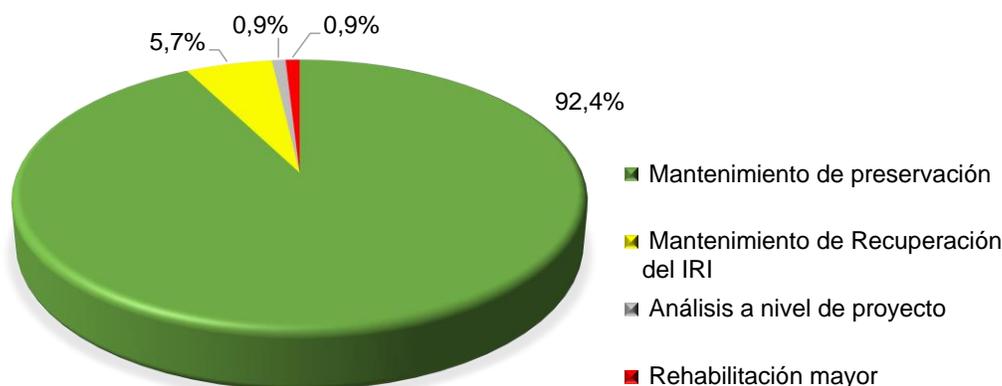


Figura 13 Resultados de las Estrategias de Intervención para la Red Vial de Alta Capacidad con superficie de pavimento flexible.

Para la campaña actual, un 92 % de las secciones de la red de Alta Capacidad con superficie de pavimento flexible evaluada son candidatas a intervenciones de *Mantenimiento de Preservación*, es decir actividades de bajo impacto en recursos que ayudarán a conservarlas en dicho estado. Poco menos del 6 % están en la categoría de *Mantenimiento de Recuperación del IRI*, que trata de obras destinadas a mejorar la capacidad funcional, y que además mejoran el confort para los usuarios, seguridad vial, los costos de operación de la flota vehicular que por estas secciones circula, entre otros. El porcentaje restante corresponde a secciones que necesitan estudios especiales, para definir las mejores estrategias y obras, en aras de recuperar sus índices de servicio requeridos.

2.4.3 RESULTADOS MEDIANTE SIG

Los resultados obtenidos, se muestran en forma gráfica en la Figura 14.

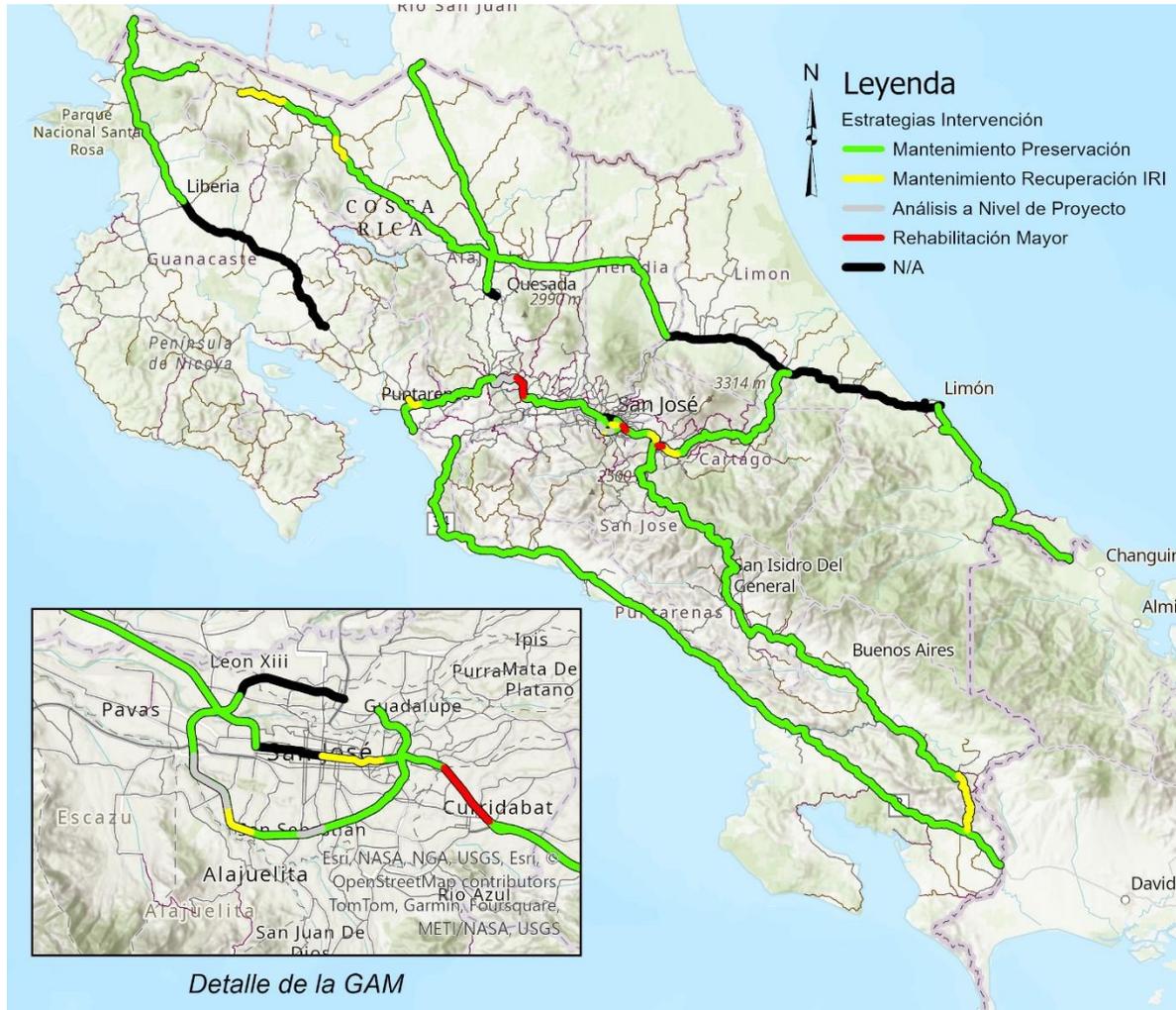


Figura 14 Mapa de distribución de estrategias de intervención, campaña de evaluación 2024 RAC.

2.5 PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL DE ALTA CAPACIDAD, TOMANDO EN CUENTA LOS RESULTADOS DE CONDICIÓN DE DESLIZAMIENTO Y AGARRE SUPERFICIAL

2.5A DEFINICIÓN

Junto con los resultados ya mostrados, en esta campaña de evaluación se incorporó también la condición relacionada con la resistencia al deslizamiento de las rutas, la cual se relaciona directamente con uno de los factores de seguridad vial que brindan las carreteras para los usuarios. En general, los distintos niveles de resistencia al deslizamiento superficial presentes en rutas pavimentadas se asocian a deterioros superficiales de tipo funcional, tales como exudación y desnudamiento de agregados. En estos casos, las estrategias de intervención

deben tomar en cuenta eso, en aras de corregir el problema. Por ejemplo, en rutas que califican para *Mantenimiento de preservación* pero que presentan estos deterioros, se puede recurrir a la colocación de tratamientos superficiales o de preservación tales como *fog seals*, *slurry seals*, *chip seals* o *micro-pavimentos*. Definiciones de estas técnicas de mantenimiento y sus usos, se pueden encontrar en el CR-2020, secciones 412 y 413.

Recomendaciones generales para corregir los distintos niveles de deslizamiento superficial en las rutas nacionales, se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10 Recomendaciones de intervención para atender los distintos niveles de deslizamiento según su nota de calidad.

Nivel Deslizamiento y Agarre según el GripNumber	Posibilidades de Intervención en función de la Nota Q		
	■ Q1	■ Q2	■ Q3
■ No deslizante > 0,78	N.I.	N.I.	Tratamiento superficial simple (TS1)
■ Poco deslizante 0,6 - 0,78	N.I.	Tratamiento superficial simple (TS1)	Tratamiento superficial doble o triple (TS2 o TS3)
■ Deslizante 0,5 - 0,6	Tratamiento superficial simple (TS1))	Tratamiento superficial doble o triple (TS2 o TS3)	Tratamiento superficial doble o triple (TS2 o TS3), Slurry <u>Seal</u>
■ Muy deslizante < 0,5	Tratamiento superficial doble o triple (TS2 o TS3), Slurry <u>Seal</u>	Tratamiento superficial doble o triple (TS2 o TS3), Slurry <u>Seal</u>	Tratamiento superficial doble o triple (TS2 o TS3), Slurry <u>Seal</u> , Microcapas

2.5B PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL DE ALTA CAPACIDAD

Del total de la longitud de la Red Vial de Alta Capacidad con superficie de pavimento flexible evaluada en este informe (1.351,7 km), 1.249,3 km presentan las notas de calidad adecuadas para realizar este análisis, lo que representa un 92,4 %. Estas notas de calidad son Q1, Q2 y Q3 (esta última no presente en los resultados obtenidos para la RAC), que hace a sus respectivas secciones de control candidatas a intervenciones simples. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 15.

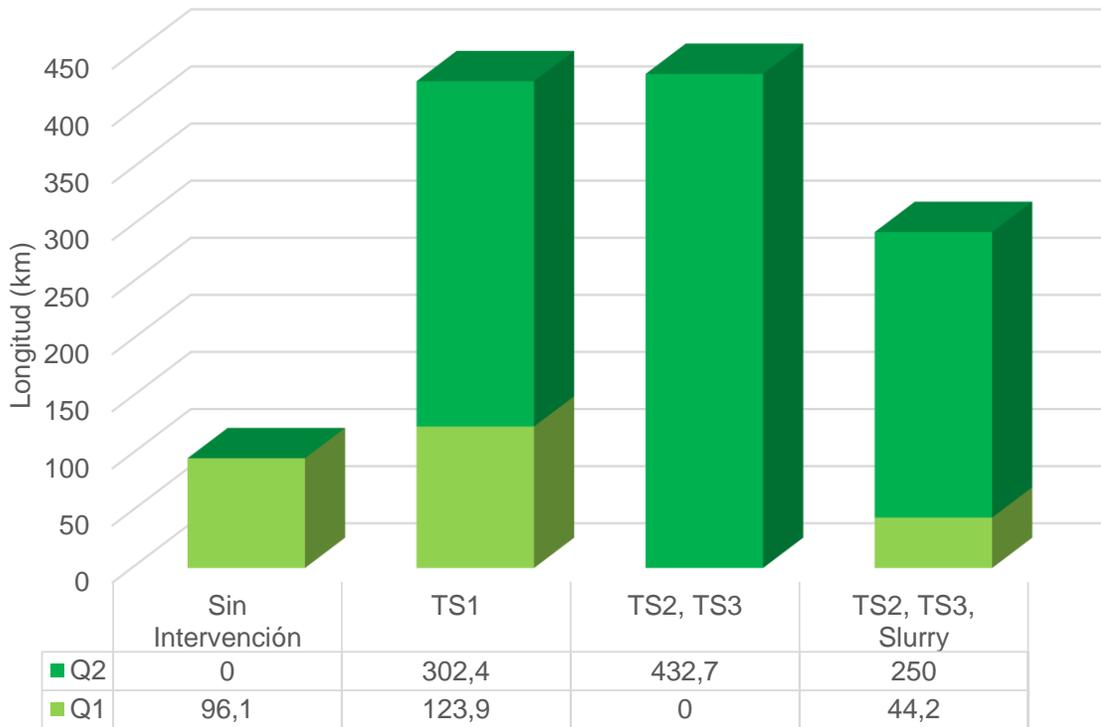


Figura 15 Recomendaciones de intervención para atender distintos niveles de deslizamiento superficial en rutas de la Red Vial de Alta Capacidad con pavimento flexible.

Del total evaluado que obtuvo notas de calidad Q1 y Q2, sólo 96 km (7,7 %) no requieren intervención debido a niveles buenos de agarre superficial (categoría de *No Deslizante*). De la longitud restante, en 426 km (34,1 %) se sugieren tratamientos superficiales simples para mejorar dichos niveles de agarre; para aproximadamente 433 km (34,6 %) se recomiendan tratamientos dobles o triples, y para los restantes 294 km (23,6 %) se pueden aplicar además tratamientos con *slurry*. De nuevo, se hace énfasis en que lo presentado en este informe son recomendaciones de intervención a nivel de red: para cada ruta en específico, se debe realizar un análisis a nivel de proyecto, para establecer con base en múltiples factores, el mejor tipo de intervención a realizar.

CAPÍTULO 3 EVOLUCIÓN DEL ESTADO DE LA RED VIAL DE ALTA CAPACIDAD ENTRE CAMPAÑAS SUCESIVAS

3.1 PRESENTACIÓN

Un aspecto importante de las campañas de evaluación que realiza el LanammeUCR, es la posibilidad de realizar comparaciones de resultados entre campañas, para establecer la evolución del estado de las rutas que conforman la Red Vial Nacional pavimentada, y también evaluar la eficiencia de la inversión realizada en ella.

En los capítulos 1 y 2 se presentaron los datos obtenidos con los equipos usados en la presente campaña, y que permiten establecer la condición estructural y funcional que presentan las rutas de la Red de Alta Capacidad; así como un índice o nota de calidad con su respectiva (posible) estrategia de intervención. Esta información se tiene además para la práctica totalidad de las rutas, de campañas de evaluación pasadas, por lo que es posible establecer un histórico de evolución del estado de las distintas secciones de control que componen la Red Vial Nacional. Para motivos de este informe, y establecer si hubo algún cambio en la condición de la Red de Alta Capacidad, se usarán únicamente los resultados de la campaña anterior, años 2022 – 2023. Cabe aclarar que debido a labores que realiza la Administración sobre diversas secciones y rutas de la Red Vial Nacional a lo largo del tiempo, se puede dar el escenario en el cual en un tramo de ruta no se pudiera realizar alguna de las evaluaciones tanto en esta como en la campaña anterior, por lo que no siempre es posible comparar la evolución del estado del 100% de las secciones evaluadas entre campañas.

Establecido el punto anterior, cuando se compara la evolución del estado de una sección de control o ruta entre campañas sucesivas, puede ocurrir uno de varios escenarios. Dependiendo del tipo de intervención realizada (si la hubo), una ruta o sección puede conservar su estado, o cambiar su estado a uno mejor o peor, según los resultados de los indicadores obtenidos por el *LanammeUCR*. En este capítulo, se establece dicha evolución, esto para las secciones que componen la Red de Alta Capacidad.

3.2 COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES OBTENIDOS, ENTRE LAS CAMPAÑAS DE EVALUACIÓN 2022 – 2023 Y LA 2024

En esta sección, se presentan los resultados de los indicadores obtenidos con los equipos de evaluación en la Red Vial Nacional, comparando aquellos obtenidos en la campaña anterior de los años 2022 – 2023, y los de la presente 2024; esto para aquellos tramos de rutas de la Red de Alta Capacidad con superficie de pavimento flexible que fueron evaluados en ambas campañas.

3.2.1 COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL

En la Tabla 11 se muestran los resultados obtenidos con el Deflectómetro de Impacto para la red de Alta Capacidad, en campañas sucesivas. Lo mismo se muestra de forma gráfica en la Figura 16.

Tabla 11 Resultados obtenidos en deflexiones, campañas 2022 – 2023 y 2024, RAC en pavimento flexible.

Rango de Deflexiones	Campaña 2022 - 2023		Campaña 2024	
	Longitud (km)	Porcentaje (%)	Longitud (km)	Porcentaje (%)
■ Baja	1.318,9	97,6	1.326,9	98,2
■ Moderada	21,1	1,6	12,3	0,9
■ Alta	11,7	0,9	12,5	0,9
■ Muy Alta	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	1.351,7	100,0	1.351,7	100,0

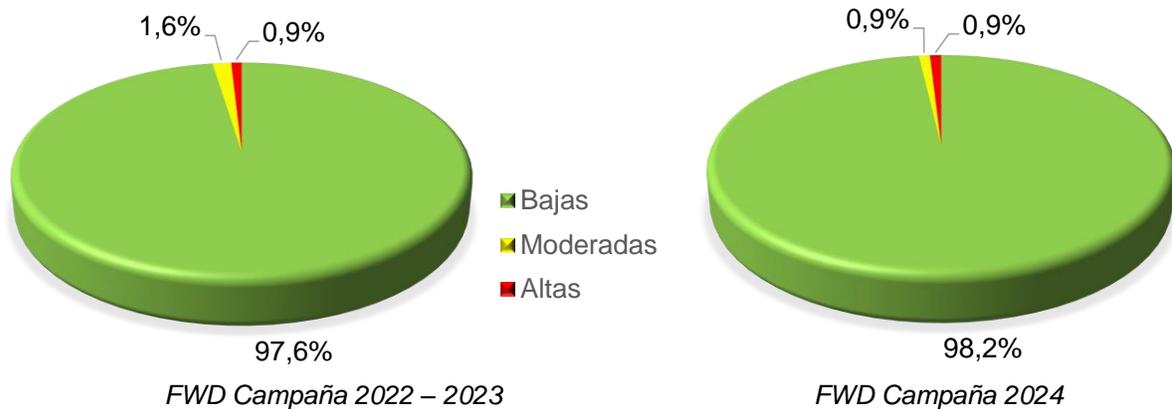


Figura 16 Resultados obtenidos en deflexiones, campañas 2022 – 2023 y 2024.

Los resultados entre ambas campañas para este parámetro son muy similares. En la categoría *Baja*, la presente campaña muestra una leve mejoría, con 8 km más en dicho rango, respaldado por una disminución de la longitud en la categoría *Moderada*, de unos 9 km.

La comparación entre ambas campañas se completa cuando se analiza la evolución de los tramos en cada rango; es decir el total de longitud de rutas que conservaron su condición, o la variaron en el periodo estudiado. Para ello, se presenta la Tabla 12 y la Figura 17.

Tabla 12 Evolución del estado estructural entre campañas, RAC en pavimento flexible.

Categoría 2022 – 2023	Categoría 2024	Evolución entre campañas	Longitud (km)	Porcentaje (%)
■ Baja	■ Baja	Mantiene la condición Baja	1.310,7	97,1
	■ Moderada	Empeora la condición	5,9	0,4
	■ Alta	Empeora la condición	2,3	0,2
■ Moderada	■ Baja	Mejora a condición Baja	6,6	0,5
	■ Moderada	Mantiene la condición	6,4	0,4
	■ Alta	Empeora la condición	8,1	0,6
■ Alta	■ Baja	Mejora a condición Baja	9,6	0,7
	■ Alta	Mantiene la condición	2,1	0,2
Total			1.351,7	100,0

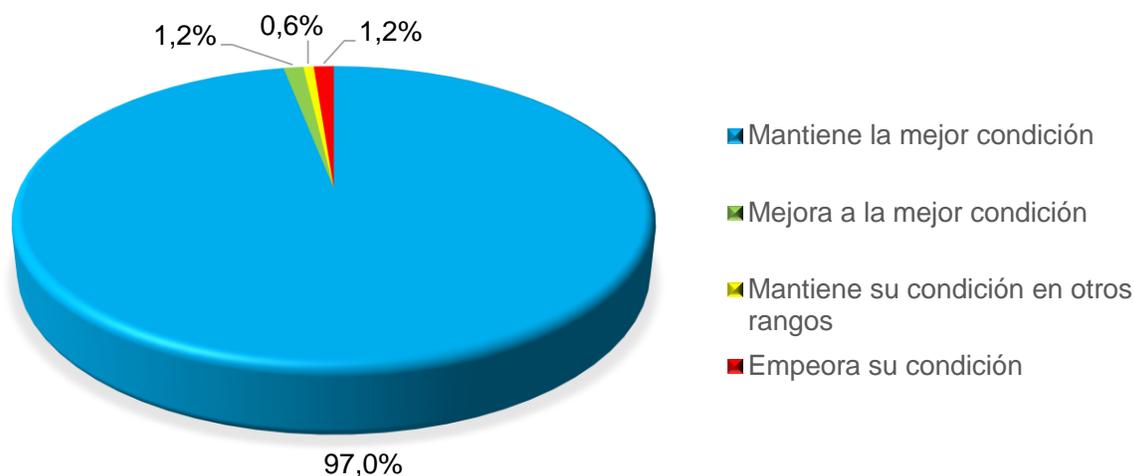


Figura 17 Evolución del estado estructural entre campañas, para la Red Vial de Alta Capacidad en pavimento flexible.

El principal resultado que se obtiene de este análisis, es que 97 % de las rutas que componen la red de Alta Capacidad en pavimento flexible, mantienen la mejor condición estructural entre campañas. Además, poco más de 16 km (para un 1,2 % de la longitud evaluada), pasaron a mejor categoría en capacidad estructural, mientras que 8,5 km mantuvieron su condición en



otros rangos. Por último, 14 km (1 % de la longitud evaluada), empeoraron su condición entre campañas.

Por tanto, se puede concluir que en este parámetro, un porcentaje importante de la red de Alta Capacidad ha mantenido su condición estructural buena, mostrando deflexiones en el rango de *Bajo*.

3.2.2 COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD FUNCIONAL

En la Tabla 13 y la Figura 18 se muestran los resultados obtenidos con el Perfilómetro Láser, para las rutas evaluadas en ambas campañas sucesivas.

Tabla 13 Resultados obtenidos en Regularidad Superficial, campañas 2022 – 2023 y 2024, RAC en pavimento flexible.

Rango de IRI	Campaña 2022 - 2023		Campaña 2024	
	Longitud (km)	Porcentaje (%)	Longitud (km)	Porcentaje (%)
■ Bueno	251,5	18,9	264,2	19,8
■ Regular	995,1	74,5	990,3	74,2
■ Deficiente	87,6	6,6	71,1	5,4
■ Muy Deficiente	0,0	0,0	8,6	0,6
Total	1.334,2	100,0	1.334,2 km	100,0

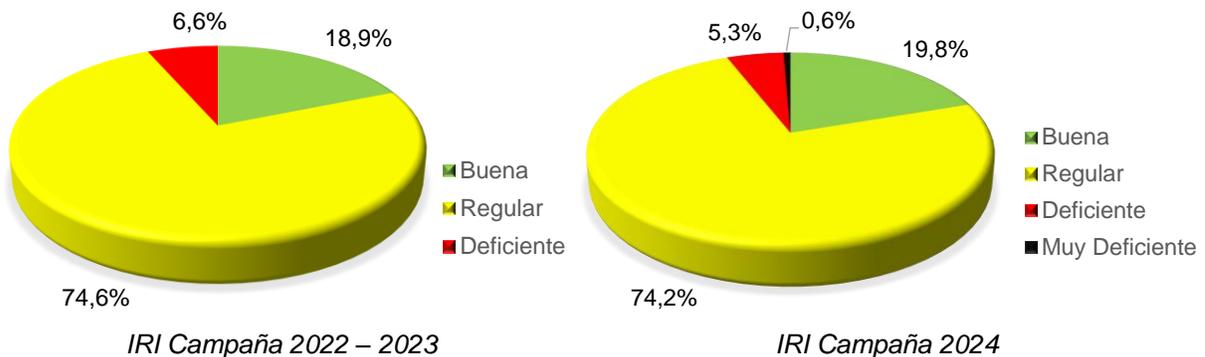


Figura 18 Resultados obtenidos en regularidad superficial, campañas 2022 – 2023 y 2024, RAC.

Para el caso de la prueba de *Regularidad Superficial*, la longitud evaluada de la red de Alta Capacidad común en ambas campañas, es un poco menor que aquella evaluada con el *Deflectómetro de Impacto*, en 17,5 kilómetros, para un total de 1.334,2 kilómetros evaluados con este parámetro. En general, la condición funcional es aproximadamente la misma, con una leve mejora para la condición *Buena*, pero con la aparición en la evaluación del año 2024 de rutas en condición *Muy Deficiente*.

De nuevo, para tener un panorama más claro de la evolución de los tramos, se debe realizar un análisis entre campañas; lo anterior se muestra en la Tabla 14 y Figura 19.

Tabla 14 Evolución del estado funcional, campañas 2022 – 2023 y 2024, RAC en pavimento flexible.

Categoría 2022 – 2023	Categoría 2024	Evolución de la condición	Longitud (km)	Porcentaje (%)
■ Bueno	■ Bueno	Mantiene la condición Buena	199,8	15,0
	■ Regular	Empeora la condición	51,7	3,9
■ Regular	■ Bueno	Mejora el rango	64,5	4,8
	■ Regular	Mantiene la condición	920,1	69,0
	■ Deficiente	Empeora la condición	10,5	0,8
■ Deficiente	■ Regular	Mejora la condición	18,4	1,4
	■ Deficiente	Mantiene la condición	60,6	4,5
	■ Muy Deficiente	Empeora la condición	8,6	0,6
Total			1.334,2	100,0

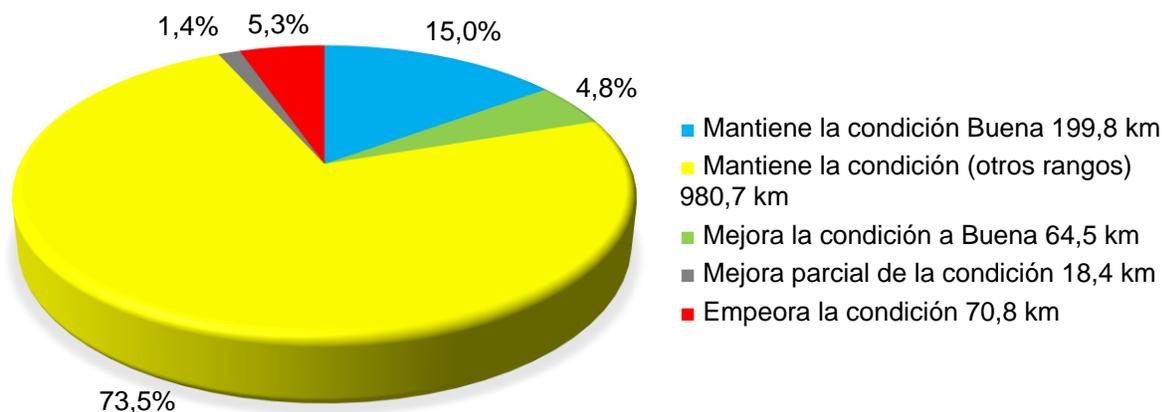


Figura 19 Evolución del estado funcional, entre campañas, RAC en pavimento flexible.

Como se observa, poco más del 88 % de la red de Alta Capacidad en pavimento flexible mantiene su condición funcional entre campañas, con 15 % conservando la condición *Buena* (regularidades bajas). Analizando el resto de los datos, se deriva una leve tendencia hacia el deterioro, dado que el porcentaje de longitud que empeoró su estado, es superior a aquellas que pasaron a la mejor condición (70,8 km contra 64,5 km). Por último, 18,4 km de rutas vieron una mejoría parcial de su condición, a una categoría distinta a *Buena*.

3.2.3 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE AGARRE SUPERFICIAL

De los 1.325 km evaluados en este parámetro, sólo 982 km (74 %) son comparables entre campañas para la Red Vial de Alta Capacidad en pavimento flexible. Esto porque varias secciones evaluadas en el año 2024 no fueron evaluadas en la campaña anterior, y viceversa: es necesario recordar que las rutas candidatas para la evaluación con el medidor de agarre superficial, son aquellas que presentan un IRI de $4,0 \text{ m}/\text{km}$, valor que puede variar a lo largo del tiempo, ya sea por deterioro o por intervenciones que se le hagan a la ruta. La Figura 20 y Tabla 15 muestra los resultados de dicha comparación.

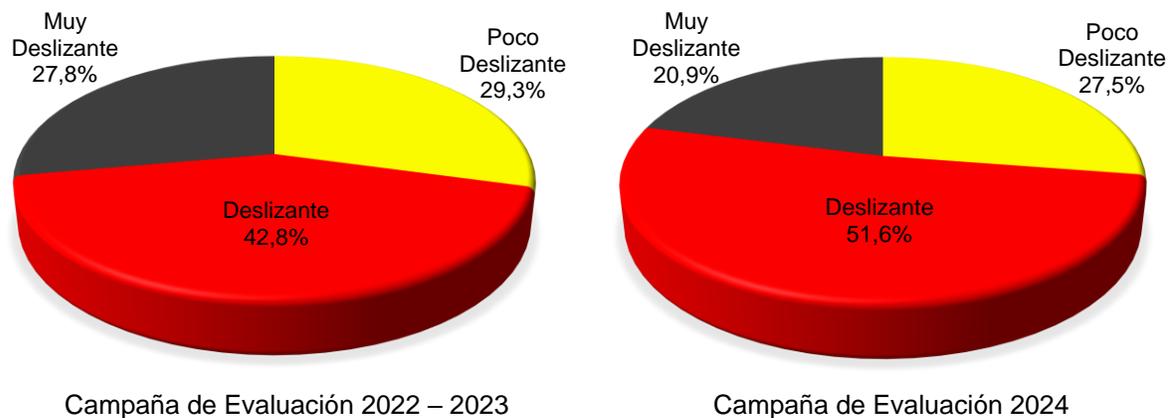


Figura 20 Comparación de los resultados obtenidos en el parámetro de agarre superficial de las rutas de la Red Vial de Alta Capacidad en pavimento flexible.

Tabla 15 Resultados obtenidos, comparación del parámetro de agarre superficial para la Red Vial de Alta Capacidad en pavimento flexible, en las 2 últimas evaluaciones

Rango	Campaña de Evaluación 2022-2023		Campaña de Evaluación 2024	
	Longitud (km)	Porcentaje (%)	Longitud (km)	Porcentaje (%)
Poco Deslizante	287,8	29,3	269,6	27,5
Deslizante	420,6	42,8	506,7	51,6
Muy Deslizante	273,4	27,8	205,6	20,9
Total	981,8	100,0	981,8	100,0

Los resultados indican que se dio un incremento sustancial en la categoría de *Deslizante*, con una diferencia de cerca de 90 km. La mejor categoría de esta comparación, *Poco Deslizante*, disminuyó su longitud en poco menos de 20 km entre campañas: se debe recordar que no se presentan secciones con la mejor categoría, la de No Deslizante, en ambas campañas para las rutas evaluadas en común. Al realizar el análisis de la evolución de este parámetro en las

rutas evaluadas en ambas campañas, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 16 y Figura 21.

Tabla 16 Análisis de la evolución del GRIP en la Red Vial de Alta Capacidad en pavimento flexible, entre campañas.

Categoría 2022-2023	Categoría 2024	Evolución de la condición	Longitud (km)	Porcentaje (%)
Poco Deslizante	Poco Deslizante	Mantiene condición	140,7	14,3
	Deslizante	Empeora condición	144,6	14,7
	Muy Deslizante	Empeora condición	2,5	0,3
Deslizante	Poco Deslizante	Mejora parcial de condición	101,4	10,3
	Deslizante	Mantiene condición	266,0	27,1
	Muy Deslizante	Empeora condición	53,2	5,4
Muy Deslizante	Poco Deslizante	Mejora parcial de condición	27,4	2,8
	Deslizante	Mejora parcial de condición	96,1	9,8
	Muy Deslizante	Mantiene condición	149,9	15,3
Total			981,8	100,0

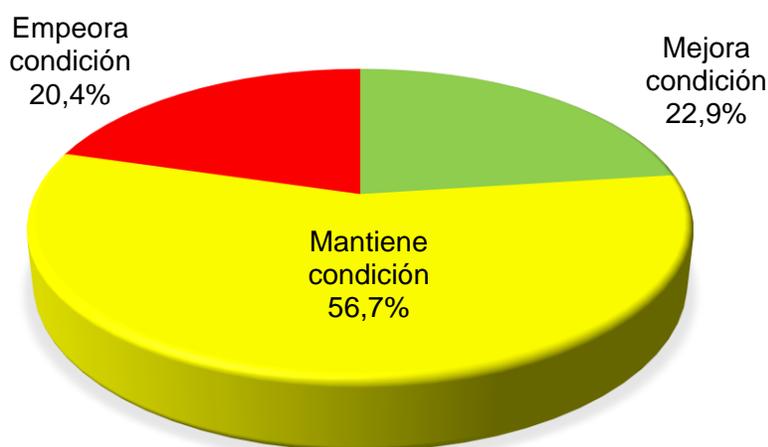


Figura 21 Análisis de la evolución del GRIP en la Red Vial de Alta Capacidad en pavimento flexible, entre campañas.

Del análisis de estos resultados, la Red Vial de Alta Capacidad en pavimento flexible se denota una leve tendencia a la mejora en este indicador, en comparación con la campaña anterior, dado que la cantidad de rutas que recuperaron de manera parcial su condición es superior a la que empeoraron, por casi 25 km (2,5 % del total comparable). Sin embargo, es necesario



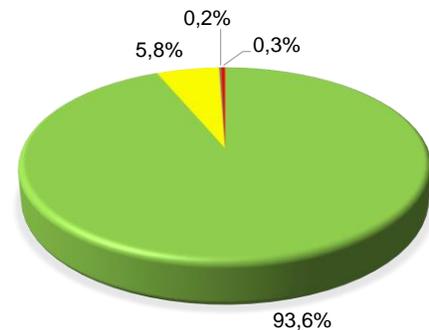
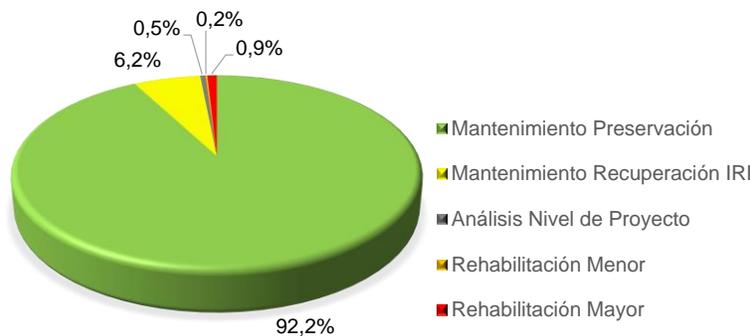
recordar que esta mejora puede ser relativa, dado que muchos deterioros (como agrietamientos y cuero de lagarto) dan resultados mejores en la prueba con el equipo GRIP, que cuando se realiza la misma prueba en rutas que no presentan dichos deterioros.

3.2.4 COMPARACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO

Siguiendo con los análisis presentados anteriormente, en la Tabla 17 y Figura 22 se muestra la comparación entre campañas, para los resultados obtenidos el parámetro de Estrategias de Intervención a nivel de red.

Tabla 17 Resultados obtenidos en Estrategias de Intervención, campañas 2022 – 2023 y 2024, RAC, para pavimentos flexibles.

Estrategia	Campaña 2022 – 2023		Campaña 2024	
	Longitud (km)	Porcentaje (%)	Longitud (km)	Porcentaje (%)
■ Mantenimiento de Preservación	1.230,4	92,2	1.249,3	93,6
■ Mantenimiento de Recuperación IRI	83,3	6,2	77,6	5,8
■ Análisis Nivel Proyecto	6,5	0,5	2,9	0,2
■ Rehabilitación Menor	2,3	0,2	0,0	0,0
■ Rehabilitación Mayor	11,7	0,9	4,4	0,3
Total	1.334,2	100,0	1.334,2	100,0



Estrategias Intervención, Campaña 2022 – 2023

Estrategias Intervención, Campaña 2024

Figura 22 Comparación de los resultados obtenidos en las Estrategias de Intervención a nivel de red, campañas 2022 – 2023 y 2024, RAC.

Al igual que con los indicadores del estado estructural y funcional, los resultados para ambas campañas son muy parecidos, con una ligera tendencia hacia la mejoría: para la campaña 2024, existen casi 20 km más en la categoría de *Mantenimiento de Preservación* (la mejor nota

posible en este parámetro) con respecto a la campaña anterior, además de una disminución correspondiente en las demás categorías. La Tabla 18 y la Figura 23 muestran los resultados del estudio del comportamiento de cada una de las estrategias de mantenimiento para establecer su evolución, entre las campañas sucesivas.

Tabla 18 Evolución de las Estrategias de Intervención para pavimentos flexibles, entre campañas.

Categoría 2022 – 2023	Categoría 2024	Evolución de la condición	Longitud (km)	Porcentaje (%)
■ Mantenimiento de Preservación	■ Mant. Preservación	Mantiene condición óptima	1.217,0	91,2
	■ Mant. Recuper. IRI	Empeora condición	10,5	0,8
	■ Análisis Nivel Proyecto	Empeora condición	0,8	0,1
	■ Rehabilitación Mayor	Empeora condición	2,3	0,2
■ Mantenimiento Recuperación IRI	■ Mant. Preservación	Mejora condición óptima	16,1	1,2
	■ Mant. Recuper. IRI	Mantiene condición	67,1	5,0
■ Análisis nivel proyecto	■ Mant. Preservación	Mejora condición óptima	4,3	0,3
	■ Análisis Nivel Proyecto	Mantiene condición	2,1	0,2
■ Rehabilitación Menor	■ Mant. Preservación	Mejora condición óptima	2,3	0,2
■ Rehabilitación Mayor	■ Mant. Preservación	Mejora condición óptima	9,6	0,7
	■ Rehabilitación Mayor	Mantiene condición	2,1	0,2
Total			1.334,2	100,0

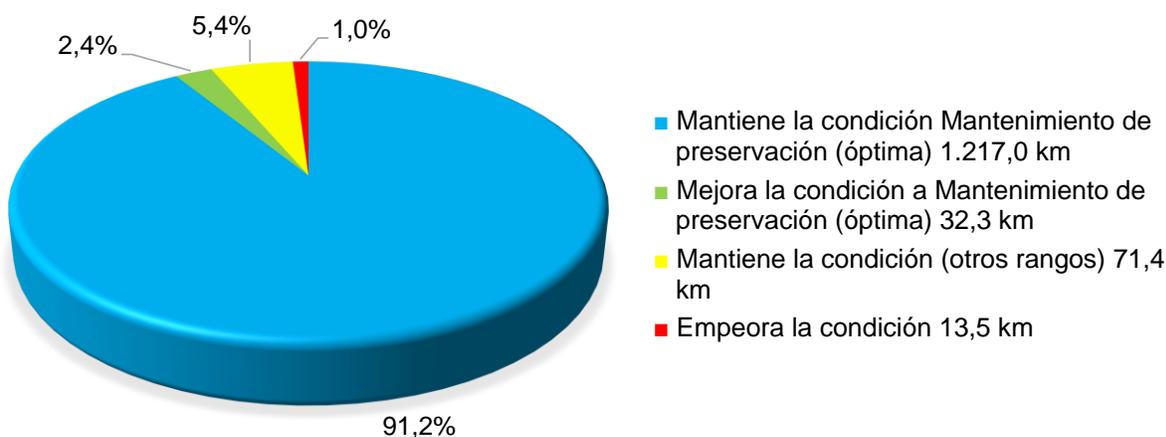


Figura 23 Evolución de las Estrategias de Intervención, entre campañas.



Un 91 % de la Red de Alta Capacidad en pavimento flexible, en este caso 1.217 km, mantiene la mejor categoría a la que puede optar una ruta en este parámetro, como lo es *Mantenimiento de Preservación*. A esto se le unen 32 km que obtuvieron otras categorías en la campaña de evaluación anterior, pero que mejoraron a la categoría de *Mantenimiento de Preservación* para esta campaña. Por otra parte, poco más del 5 % o 71 km mantuvieron su condición en otras categorías, mientras que 13 km empeoraron su condición.

Con base en estos resultados, se puede afirmar que en la Red de Alta Capacidad existe una tendencia hacia la mejoría, dado que más del 90 % presenta la mejor condición posible, y la cantidad de secciones que evolucionaron a dicha condición fue mayor que las que sufrieron deterioro para esta campaña de evaluación.

CAPÍTULO 4 ANÁLISIS DEL PROCESO DE RESGUARDO Y TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN PARA PAGOS Y AVANCE DE OBRA

4.1 ANTECEDENTES

Como parte de las funciones de evaluación que ejecuta el LanammeUCR, se ha venido realizando desde el año 2014, un análisis de los distintos procesos y de las distintas herramientas que ha implementado el CONAVI para registrar y, de alguna forma, controlar las inversiones que ejecuta en las distintas labores de conservación y mantenimiento de la Red Vial Nacional Pavimentada. Para realizar dicho análisis ha sido necesario desarrollar mecanismos de acceso y procesamiento de la información que respalda los montos de inversión ejecutados.

Debido a la histórica falta de un sistema de gestión de activos viales que cuente con un módulo de ordenamiento y trazabilidad de las inversiones y que correlacione dichas inversiones con las labores efectivamente ejecutadas y ubicadas geo-espacialmente, el LanammeUCR ha tenido que desarrollar un procedimiento complejo y lento para poder analizar la eficiencia de las inversiones, el proceso mencionado se describe en los siguientes pasos:

- Acceso y descarga de datos del SIGEPRO.
- En el cartel de licitación se determinan, con los diversos ítems de pago, las unidades de medición asociadas, se emplea como el documento de referencia.
- El tema de facturas de reajustes de precios se encuentra fuera del alcance del análisis actual de estimaciones.
- La asignación de las secciones de control, rutas y zonas de conservación, conforman los elementos necesarios para ubicar de forma geográfica la información “alfanumérica” derivada del procesamiento básico y análisis espaciales de los datos.
- Los renglones de pago conforman la información detallada de las actividades de conservación realizadas por las empresas; detallando cantidades, precios unitarios, costos totales, rutas, fechas de intervención y otros.
- Ordenamiento del material analizado mediante la asignación uniforme de nombres o códigos con un mismo formato, que además permite el rastreo eficiente de los archivos originales utilizados para la obtención inicial de información.

Sin embargo, desde junio y julio del año 2021, la herramienta SIGEPRO, deja de ser actualizada por parte del CONAVI y se hace imposible para el LanammeUCR mantener un



análisis de la eficiencia de la inversión realizada en las labores de conservación vial por este medio (ver oficio EIC-Lanamme-547-2023 del 5 de julio del año 2023).

El 9 de mayo del año 2024 por medio del oficio EIC-Lanamme-466-2024 y ante la imposibilidad de tener acceso a la información de la inversión en los contratos de Conservación Vial el LanammeUCR solicita nuevamente acceso a las herramientas SIGEPRO y SE-SUITE y se propone al CONAVI una serie de alternativas para poder continuar con las labores de fiscalización, dichas alternativas fueron las siguientes:

- Actualizar la información en la plataforma SIGEDO y mantener el acceso previamente definido como herramienta oficial de control de las inversiones realizadas por el CONAVI.
- Habilitar el acceso al LanammeUCR a la plataforma SE-SUITE o a cualquier plataforma reciente que se utilice para control y seguimiento de las inversiones y demás información solicitada.
- Remitir al LanammeUCR copias oficiales de forma mensual de toda la información generada al respecto.
- Habilitar al LanammeUCR un espacio en la nube de acceso controlado y oficialmente designado por el CONAVI, como garante de que la información ahí respaldada es copia fiel de la original, para que el Lanamme pueda tener acceso para obtener la información requerida.
- Otra alternativa de acceso a la información que sea oficial definida por el CONAVI.

El 24 de junio del año 2024 por medio del oficio EIC-Lanamme-640-2024 se reitera la necesidad de tener acceso a la información relacionada con la inversión en las labores de conservación pues no se ha tenido aun una respuesta concreta.

El 2 de julio del año 2024 se recibe el oficio GCTR-10-2024-1848 (0199) de parte del ingeniero Pablo Camacho Salazar, en ese entonces Gerente de Construcción de Vías y Puentes, donde se reitera el compromiso de esa gerencia de mantener actualizado el SIGEPRO, sin embargo, las revisiones realizadas por el LanammeUCR no detectan actualizaciones a dicha plataforma. Así mismo, en oficio GCSV-09-2024-0381 (0199), remitido por la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes se brinda la opción de tener acceso a carpetas en la nube (GoogleDrive), las cuales serían alimentadas por las ingenierías de las distintas zonas con información sobre los proyectos en ejecución, este último oficio es respondido por medio del oficio EIC-Lanamme-732-2024 el 4 de julio donde se remiten 3 correos electrónicos oficiales para brindar acceso a estas carpetas.

Posterior a lo anterior se inicia un proceso de búsqueda de acceso a distintas carpetas divididas por zona de conservación y contratos de conservación activos, este proceso toma cerca de 140 correos electrónicos adicionales para solicitar acceso y de la implementación de

personal adicional para analizar la información que es guardada en estas carpetas, la estructura de estos archivos y el resultado de los análisis de la información y de los procedimientos necesarios para acesar dicha información serán detallados más adelante en este capítulo.

4.2 ESTRUCTURA GENERAL DE UN SISTEMA DE GESTION DE ACTIVOS VIALES

En términos generales un Sistema de Gestión de Activos Viales debería estar estructurado por una serie de módulos que permitan un adecuado control, uso, manejo, trazabilidad y adaptabilidad en la información y en los procesos que lo componen.

Se pueden mencionar los siguientes módulos como una estructura base:

4.2.1 INVENTARIO DE PAVIMENTOS

Este módulo recopila y gestiona información sobre la infraestructura vial, como tipo de pavimento, edad, estructura, tráfico y condiciones climáticas. Un inventario preciso es la base para una gestión efectiva. La experiencia señala que la recopilación de datos en este módulo es fundamental para establecer estrategias de mantenimiento y rehabilitación.

4.2.2 EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO

Aquí se registran las condiciones actuales del pavimento mediante indicadores como el Índice de Condición del Pavimento (PCI), el Índice de Regularidad Internacional (IRI) y la Deflexión de la Superficie.

Según Shahin (2005), este módulo permite identificar deterioros y establecer prioridades de intervención con base en datos objetivos.

4.2.3 MODELOS DE DETERIORO Y DESEMPEÑO

Los modelos predictivos permiten estimar la evolución del deterioro del pavimento a lo largo del tiempo, considerando factores como carga vehicular, clima y mantenimiento aplicado.

Estos modelos ayudan a predecir la vida útil del pavimento y a optimizar estrategias de conservación.



4.2.4 ANÁLISIS Y PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN

Este módulo establece estrategias de intervención (mantenimiento rutinario, preventivo y correctivo) con base en costos, recursos y nivel de servicio requerido. La planificación adecuada del mantenimiento reduce costos y mejorar la seguridad vial.

4.2.5 ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

Permite evaluar la relación costo-beneficio de diferentes estrategias de intervención para determinar las opciones más costo-efectivas. Se utilizan técnicas como el Valor Presente Neto (VPN) y el Análisis de Costo del Ciclo de Vida (LCCA). Este módulo es clave para la toma de decisiones sostenibles en la gestión de pavimentos.

4.2.6 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

La integración de datos georreferenciados en un SIG facilita la visualización y el análisis espacial de las condiciones del pavimento, mejorando la toma de decisiones.

El uso de SIG en un SGP mejora la eficiencia en la gestión y asignación de recursos.

4.3 ANÁLISIS DE LA ACTUAL ESTRUCTURA DE CONTROL Y MANEJO DE INFORMACIÓN SOBRE LAS INVERSIONES EN PROYECTOS DE MANTENIMIENTO VIAL.

Con base en la experiencia y conocimiento adquirido sobre los tipos de estructuras de control y manejo de información de las inversiones en sistemas de gestión de activos viales y sus módulos de manejo de información y control de inversiones, se realizó un análisis de la actual estructura implementada por el CONAVI y a la cual el LanammeUCR ha tenido acceso.

El actual sistema utilizado por el CONAVI para acceso y transferencia de información consiste en una serie de archivos compartidos por medio del servicio Google Drive que es un servicio de almacenamiento en la nube que permite crear, editar, organizar, y compartir archivos. Este espacio de almacenamiento cuenta con una serie de carpetas divididas por zona de

conservación y dentro de estas carpetas se han creado otras carpetas donde se almacena distintos tipos de archivos relacionados con procesos de pago y control de calidad, entre otras.

En el análisis realizado al sistema, descrito anteriormente, se detectan las siguientes limitaciones, que implican algunos riesgos potenciales para la administración, la transparencia, la sostenibilidad y el resguardo de la información ahí contenida

Tabla 19 Análisis del sistema de resguardo y traslado de información en contratos de conservación vial año 2025.

Elemento o aspecto analizado	Descripción del análisis realizado	Riesgo detectado
Estructura de las carpetas de almacenamiento de información	En el drive compartido, la estructura de organización de las carpetas consiste en una carpeta para cada región, en cada una de estas hay subcarpetas por zona o contrato. En las carpetas de zonas, se encuentran subcarpetas de contratos. En las carpetas de contratos, están los documentos de estimaciones que pueden estar dentro de otras subcarpetas por estimación o en documentos sueltos (excel o pdf), por lo que la estructura de la carpeta de estimaciones varía entre cada contrato, zona y región.	Riesgo de pérdida de información sobre pago en fondos públicos. No hay una estructura homogénea en el sistema lo que impide un adecuado análisis y trazabilidad de la información
Estructura de las carpetas de estimaciones	Cada carpeta de estimaciones de pago varía en su estructura. Algunas se dividen en carpeta de Obra y Reajustes. Algunas tienen una carpeta por cada estimación, algunas tienen carpetas por cada año con las estimaciones que pertenecen a ese año en particular. Algunas traen las estimaciones en Excel y otras en .pdf. Los nombres de los documentos pueden variar, pueden ser "Estimación #" o algunos documentos con extensión .pdf traen como título "Portada y cuadros" o "Cuadros descriptivos Estimación N°#". Además, algunas solo traen la factura electrónica de las estimaciones. Por lo que, en general, la estructura de las carpetas de estimaciones de pago y los nombres de los documentos son diferentes para cada carpeta.	Riesgo de pérdida de información sobre pago en fondos públicos. No hay una estructura homogénea en el sistema lo que impide un adecuado análisis y trazabilidad de la información
Carpetas actualizadas	A partir de la revisión realizada el 8 de enero de 2025, se obtuvo que las carpetas que presentaron una actualización en su contenido fueron las de la Región Brunca, Huetar Norte y Huetar Atlántico. Las carpetas de las regiones Central y Chorotega no se puede determinar si hubo actualización debido a que el acceso se brindó de forma tardía.	Riesgo de pérdida de información sobre pago en fondos públicos. El sistema no permite identificar actualizaciones o modificaciones por lo que no es posible verificar la veracidad



y actualización de la
información

<p>Carpetas Región Central y Chorotega</p>	<p>Se obtuvo completo acceso a las carpetas hasta el 20 de enero del 2025, se tuvo que solicitar por correo a Jeison Fonseca. Las veces que se solicitó acceso a través de las carpetas compartidas no se obtuvo. El acceso se le otorgó a la cuenta del ingeniero José Garro pero solo se le dio acceso a las carpetas de estimaciones, no a las carpetas de la Región, por lo que la carpeta no indica directamente de qué zona, contrato o región pertenecen las estimaciones, por lo que hay que revisar los documentos para determinarlo. Hay una carpeta vacía por lo que no se puede saber a dónde pertenece. Además, no permite descargar toda la carpeta compartida directamente, sino que hay que descargar los documentos uno por uno. Al revisar el 27 de enero de 2025 el drive de carpetas compartidas con la cuenta del ingeniero Roy Barrantes, sí se tiene acceso a más de estas carpetas, pero no a todas.</p>	<p>Riesgo de pérdida de información sobre pago en fondos públicos. El acceso a la información es incompleto y entorpece la posibilidad de un adecuado seguimiento y fiscalización de los fondos públicos.</p>
<p>Carpetas vacías</p>	<p>Hay algunas carpetas vacías o que no poseen estimaciones. Al consultarle a Jeison Fonseca confirmó que están vacías y no que están desactualizadas. Estas carpetas están en la Región Brunca, Central y Chorotega. La carpeta del contrato 2012LA-000076-OCV00 de la zona 4-1 de la Región Brunca tiene solo informes diarios, no tiene ninguna estimación. La carpeta del contrato 2020LA-000005-0006000001 de la zona 4-3 de la Región Brunca tiene una carpeta de Perfil de rendimiento, pero no tiene ninguna estimación.</p>	<p>Riesgo de pérdida de información sobre pago de fondos públicos. Impide realizar un análisis de eficiencia de la inversión.</p>
<p>Carpetas solo con la factura electrónica</p>	<p>En la Región Brunca, en la zona 4-1, en el contrato 2022CD-000145-0006000001 y zona 4-3, en el contrato 2022CD-000063-0006000001 y contrato 2022CD-000145-0006000001, hay carpetas de estimaciones que solo tienen la factura electrónica y esta solo trae el monto total de la estimación, no vienen los cuadros ni los ítems de las estimaciones. En el de la zona 4-3, contrato 2022CD-000063-0006000001, los documentos son de reajustes. Las estimaciones 16 hasta la 16.3 del contrato 2014LN-000017-OCV00 de la zona 4-1 de la Región Brunca no tiene las estimaciones, sino que hay un oficio con los montos totales de las facturas.</p>	<p>Riesgo de pérdida de información sobre pago de fondos públicos. Impide realizar un análisis de eficiencia de la inversión.</p>
<p>Estimaciones faltantes</p>	<p>En la Región Brunca, para la zona 4-1 y 4-3, hay estimaciones faltantes, para algunas zonas existe la carpeta, pero no tienen documentos de estimaciones o los documentos no coincide con el número de estimación. En la Región Central, zona 1-2, contrato 2022CD-000145-0006000001 Santa Fe, solo trae las estimaciones 7 y 7.1. Hay algunas estimaciones que no están, pero sí están sus reajustes como por ejemplo la estimación 5 y 6 del contrato</p>	<p>Riesgo de pérdida de información sobre pago de fondos públicos. Impide realizar un análisis de eficiencia de la inversión.</p>

2020LA-000001-0006000001 de la zona 4-1 de la Región Brunca.

Inconsistencias	Al revisar los subtotales de los cuadros de resumen y cuadros generales, algunas de las estimaciones difieren entre estos dos cuadros. Además, algunas estimaciones tienen dos documentos de estimación con valores que no coinciden entre sí.	Riesgo de pago indebido por labores de conservación.
Inversiones por ítems	Para los contratos que solo tienen documentos de factura electrónica no se tiene información sobre los ítems de las estimaciones debido a que la factura electrónica solo presenta el monto total y el monto del IVA.	Riesgo de pérdida de información sobre pago de fondos públicos. Impide realizar un análisis de eficiencia de la inversión.
Fechas de estimaciones	Las carpetas compartidas tienen estimaciones desde el 2011 hasta las más recientes en 2024. Las estimaciones más recientes son hasta Noviembre del 2024 pero no todos los contratos llegan hasta esa fecha. Por ejemplo, en el Pacífico Central, la zona 3-1, contrato 2022CD-000001-0006000001-LAUHER las estimaciones abarcan un periodo entre 2022 y 2023. Además, en la región Huetar Norte, zona 6-1, contrato 2022CD-000145-0006000001 las estimaciones abarcan un periodo entre 2023 y febrero del 2024. En estos casos, no se sabe si las carpetas están desactualizadas o si las estimaciones sí están completas.	Riesgo de pérdida de información sobre pago de fondos públicos. Información incompleta. Impide realizar un análisis de eficiencia de la inversión.

En términos generales el actual sistema de resguardo, traslado y manejo de la información relacionada con la inversión de fondos públicos presenta una serie de debilidades que ponen el riesgo el adecuado control de estos recursos. El sistema es vulnerable a manipulaciones indebidas pues no permite detectar cambios en la información, ni trazabilidad de la información, es susceptible a pérdida de información sensible sobre el pago de fondos públicos, incompleto y desordenado y plantea dudas razonables sobre su estabilidad en el tiempo bajo escenarios de mayor inversión o complejidad en las labores de conservación a futuro.

Dado lo anterior, impide la realización de acciones de fiscalización externas como las que realiza el LanammeUCR en el cumplimiento de la Ley 8114 y de un análisis que permita



determinar si las inversiones han sido eficientes y bajo un esquema de un Sistema de Gestión de Pavimentos.

CONCLUSIONES

i. CONCLUSIONES GENERALES DE LA CAMPAÑA DE EVALUACIÓN DE LA RED VIAL DE ALTA CAPACIDAD DEL AÑO 2024

En el aspecto estructural la mayor parte de rutas se encuentran en buenas condiciones; sin embargo, no se debe dejar de lado que en el aspecto funcional y especialmente en el de agarre superficial, la Red de Alta Capacidad con superficie de pavimento flexible presenta resultados en las categorías *Regular* (tres cuartas partes de las secciones presentan esta nota en el parámetro de IRI) a *Malo* (poco más de dos terceras partes de esta red presentan valores de agarre superficial en las categorías de *Deslizante* a *Muy Deslizante*).

Debido a que las *Notas de Calidad* y especialmente las *Recomendaciones de Estrategias de Intervención a Nivel de Red* dan mucho peso al aspecto estructural, en estos indicadores la Red Vial de Alta Capacidad con superficie de pavimento flexible saca una buena calificación general, con un 92% que necesita de actividades de mantenimiento de preservación. Esto porque las intervenciones para mejorar o reparar la condición funcional, son menos complejas y costosas que aquellas destinadas a remozar la condición estructural, que por lo general requiere de una intervención profunda a nivel de las capas que componen el pavimento afectado.

Si bien pareciera que las prácticas de mantenimiento utilizadas a la fecha han dado resultados buenos, aún existe la necesidad de implementar un Sistema de Gestión de Activos Viales (SGAV) moderno, que permita integrar los datos de los indicadores de la condición de la red vial con las decisiones de inversión a nivel de red, y así optimizar estas inversiones en escenarios de corto, mediano y largo plazo.

Sobre el actual mecanismo implementado por el CONAVI por medio del uso del servicio Google Drive para resguardo, traslado y manejo de la información relacionada con la inversión de fondos públicos se concluye que presenta una serie de debilidades que ponen el riesgo el adecuado control de estos recursos. El sistema es vulnerable a manipulaciones indebidas pues no permite detectar cambios en la información, ni una adecuada trazabilidad de la información, es susceptible a pérdida de información sensible sobre el pago de fondos públicos, incompleto y desordenado y plantea dudas razonables sobre su estabilidad en el tiempo, bajo escenarios de mayor inversión o complejidad en las labores de conservación a futuro.

Dado lo anterior, se impide la realización de acciones de fiscalización externas como las que realiza el LanammeUCR en relación con la inversión realizada, como parte de las labores en el cumplimiento de la Ley 8114 y además impide la realización de un análisis que permita



determinar si las inversiones han sido eficientes y bajo un esquema de un Sistema de Gestión de Pavimentos tal como indica la ley 7798, ley de creación del CONAVI en su artículo 24.

ii. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS DE LA CAMPAÑA DE EVALUACIÓN DE LA RED VIAL DE ALTA CAPACIDAD DEL AÑO 2024

La condición estructural de la Red de Alta Capacidad con superficie de pavimento flexible, medida con el *Deflectómetro de Impacto*, arroja que 98% o 1.327 km (de los 1.352 medidos) presenta deflexiones bajas, lo cual significa que dichos pavimentos presentan buenas condiciones estructurales. Las pocas secciones que no se encuentran en esta categoría, se encuentran en la GAM, distribuidas en San José, Alajuela y Cartago. Al comparar estos resultados con la campaña anterior para las mismas rutas, la condición es muy similar.

En cuanto a la condición funcional, medida con el *Perfilómetro Láser*, tres cuartas partes de la red (1.007 km) presentan condiciones regulares, y sólo 264 km (menos del 20%) presentan condiciones buenas (IRI menor a 1,9 m/km). Dado que este parámetro se asocia con los costos de operación tanto de la infraestructura como de la flota vehicular que por ella transita, estos resultados llaman a un cambio de estrategias de gestión para esta red.

En el parámetro de Agarre Superficial, medido con el *Grip Tester*, sólo 32% de esta red, unos 418 km, presentan una condición aceptable dado que se encuentran en el rango de *Poco Deslizante*; ninguna sección arrojó resultados en la mejor condición, la de *No Deslizante*. Lo anterior indica que dos terceras partes de rutas presentan condiciones de *Deslizantes a Muy Deslizantes*, lo cual aumenta la probabilidad de accidentes, cuando las condiciones inciden en ello, como agua superficial en la calzada, caso común en temporada lluviosa.

En el indicador de Notas de Calidad Q, debido a la buena condición estructural en general de las secciones, poco más del 92% de la longitud presenta notas Q1 y Q2, las mejores notas que se pueden obtener. La nota Q4, relacionada con valores de IRI deficientes, ocupa el tercer puesto con poco más del 5% de longitud. Las demás notas presentan porcentajes muy bajos, menos del 1% cada una.

Debido a lo anterior, las recomendaciones de Estrategias Generales de Intervención a Nivel de Red, arrojan que un 92% de la Red de Alta Capacidad en pavimento flexible (1.250 km) sea candidata a actividades de mantenimiento de preservación, que representan actividades de bajo impacto económico y de tiempo, destinadas a conservar el estado actual de la calzada. Poco menos del 6% (78 km) requieren de actividades de recuperación de la regularidad superficial IRI, y el restante requiere tanto análisis a nivel de proyecto, como rehabilitación mayor. Al comparar estos resultados, con aquellos para la campaña anterior, existe una leve mejoría, dado que se presentan para el 2024 unos 20 km más de rutas en la categoría de *Mantenimiento de Preservación*, con una disminución leve en el resto de las categorías.



RECOMENDACIONES

La principal recomendación que se deriva de este informe, al igual que la de informes anteriores, es la necesidad de establecer un sistema eficiente y moderno de *Gestión de Activos Viales*. Los resultados obtenidos en esta campaña de evaluación de la Red Vial de Alta Capacidad, así como los resultados de campañas anteriores, permitirían consolidar y fortalecer un SGAV, lo cual implicaría una mejora en el proceso de toma de decisiones con respecto a las actividades a realizar sobre las rutas de la Red Vial Nacional. Además, un SGAV permitiría la definición de políticas de gestión en infraestructura vial de largo plazo, que trasciendan los periodos de gobierno de 4 años.

Por otra parte, es necesario modernizar la plataforma de control de pago como lo es el SIGEPRO del CONAVI, esto para llevar un mejor control del tipo y ubicación de las obras que se realizan en cada tramo, así como la inversión realizada, lo que daría una mejor trazabilidad al uso de los recursos destinados a la Red Vial Nacional.

Se recomienda verificar que las estrategias de intervención empleadas para atender la Red Vial a nivel de proyecto tomen en consideración tanto la condición estructural como la funcional de los pavimentos. Esto porque realizar intervenciones destinadas a mejorar la condición estructural (por ejemplo, bacheos) sin verificar la condición funcional al finalizar la intervención, o viceversa (mejorar la condición funcional sin tomar en cuenta la estructural), es una estrategia que puede generar deterioros prematuros, y con ello nuevas intervenciones a corto y mediano plazo. Se debe recordar que las Estrategias de Intervención presentadas en este informe, son estrategias a nivel de red: antes de intervenir una ruta, se deben evaluar las condiciones a nivel de proyecto, para definir la mejor intervención a realizar.

Dado que el 94% de la Red Vial de Alta Capacidad evaluada calificó en esta campaña en la categoría de *Mantenimiento de Preservación*, se recomienda aplicar tecnologías modernas de mejoramiento y conservación, tales como las lechadas asfálticas, o sellos de preservación, esto para alargar la vida útil de los pavimentos con intervenciones de menor costo y además brindar a los usuarios mejores condiciones, tanto en la calidad de ruedo, como en la seguridad por frenado y estabilidad en el paso por curvas.

Para finalizar, como la información suministrada en este informe constituye el pilar fundamental del proceso de una planificación estratégica a nivel de red, la misma se encuentra disponible para su consulta por parte de los tomadores de decisión de la Administración. Se recomienda incorporarla dentro del proceso formal de administración y toma de decisiones a nivel de red, con el fin de lograr la eficiencia en la inversión de los fondos públicos.