

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

INFORME DE EVALUACIÓN

EIC-Lanamme-INF-1532-2023

**Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional
Pavimentada de Costa Rica
Años 2022 -2023**

San José, Costa Rica
Abril, 2024



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



1. Informe EIC-Lanamme-INF-1532-2023		2. Copia No.1	
3. Título Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, Años 2022 -2023		4. Fecha del Informe Abril de 2024	
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440			
6. Notas complementarias No aplica			
7. Resumen <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.</i> <i>Los parámetros técnicos con los que se realizó la evaluación de la red de carreteras en los años 2022 - 2023 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, y principalmente con los costos de operación de los vehículos que usan las carreteras.</i> <i>En el tema de seguridad vial, el equipo de fricción o agarre (GRIP) permitió medir el coeficiente de rozamiento existente entre el pavimento y las llantas, lo que determina su adherencia a la calzada y que se relaciona directamente con el índice de peligrosidad de una ruta. Adicionalmente, se realizó la evaluación de la inversión realizada entre enero del 2020 a diciembre del 2021, y su efecto en la condición final de la Red Vial Nacional, como un indicador de la eficiencia de la inversión, y una herramienta para la adecuada rendición de cuentas, promoviendo la transparencia y la gestión de la inversión en la Red Vial Nacional.</i>			
8. Palabras clave Evaluación, RVN, Pavimentada, IRI, FWD, GRIP, Nota Q, Estrategias, Inversión, Gestión.		9. Nivel de seguridad: Alto	10. Núm. de páginas 89
11. Preparado por:			
Líder: Ing. Diego Herrera Fallas - UGERVN	Especialista: Ing. José Fco. Garro Mora., M.Sc, PMP® - UGERVN	Especialista: Ing. Henry Hernández Vega - USVT	
Fecha: abril-24	Fecha: abril-24	Fecha: abril-24	
12. Coordinación: Ing. Roy Barrantes Jiménez M.Sc, PMP® - UGERVN	13. Revisado por: Ing. Javier Zamora - Coordinación USVT	14. Revisión Legal: Lic. Giovanni Sancho Sanz - Asesor Legal	15. Revisado y aprobado: Ing. Ana L Elizondo Salas MSc - Coordinadora General PITRA
Fecha: abril-24	Fecha: abril-24	Fecha: abril-24	Fecha: abril-24



CONTENIDO

POTESTADES	9
OBJETIVOS DE LA CAMPAÑA DE EVALUACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL 2022-2023	10
1. CAPÍTULO 1 CONDICIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL, CAMPAÑA 2022	11
1.1. INTRODUCCIÓN	11
1.2. DEFINICIONES	11
1.3. DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS PARA LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA	13
1.4. CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE LA RED VIAL NACIONAL	15
1.4.1. Criterios de clasificación por deflectometría de impacto (FWD)	15
1.4.2. Resultados de la evaluación de la RVN con el ensayo de Deflectometría	16
1.4.3. Resultados de deflectometría (FWD) por provincia	17
1.4.4. Resultados de deflectometría (FWD) por Zona CONAVI	18
1.4.5. Resultados de deflectometría (FWD) por medio de SIG	19
1.5. CAPACIDAD FUNCIONAL DE LA RED VIAL NACIONAL	20
1.5.1. Criterios de clasificación de la regularidad superficial (IRI)	20
1.5.2. Resultados de regularidad superficial (IRI) para la Red Vial nacional	21
1.5.3. Resultados de regularidad superficial (IRI) desglosados por provincia	21
1.5.4. Resultados de regularidad superficial (IRI) desglosados por zona de conservación vial	23
1.5.5. Resultados de regularidad superficial (IRI) mostrado por medio de los SIG	24
1.6. CONDICIÓN DE LA RED VIAL SEGÚN COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DE PAVIMENTOS (GRIP)	25
1.6.1. Criterios de clasificación del GripNumber	25
1.6.2. Resultados de coeficiente de rozamiento con el ensayo de GRIP	26
1.6.3. Resultados de agarre superficial GRIP desglosados por provincia	26
1.6.4. Resultados del ensayo de GRIP según la zona de conservación vial	27
1.6.5. Resultados del ensayo de GRIP mostrados por medio de los SIG	29
2. CAPÍTULO 2 ESTRATEGIAS GENERALES DE INTERVENCIÓN RECOMENDADAS – CAMPAÑA 2022	30
2.1. INTRODUCCIÓN	30
2.2. DEFINICIONES	30

2.3. NOTAS DE CALIDAD (NOTAS Q)	31
2.3.1. Definición de las Notas Calidad Q a Nivel De Red	31
2.3.2. Resultados generales de Notas Q obtenidos	34
2.3.3. Resultados de Notas Q desglosados por provincias	35
2.3.4. Resultados de Notas Q desglosados por zonas de conservación	36
2.3.5. Resultados de Notas Q mediante SIG	38
2.4. ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL NACIONAL	39
2.4.1. Definiciones	39
2.4.2. Resultados de Estrategias Generales de Intervención para la Red Vial Nacional	43
2.4.3. Resultados desglosados por provincia	44
2.4.4. Resultados desglosados por Zonas de Conservación	44
2.4.5. Resultados mediante SIG	46
2.5. PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN TOMANDO EN CUENTA LOS NIVELES DE AGARRE SUPERFICIAL DE LAS RUTAS	47
2.5.1. Definición	47
2.5.2. Propuestas de intervención para la Red Vial Nacional	48
3. CAPÍTULO 3 INVERSION EN MANTENIMIENTO	49
3.1. INTRODUCCIÓN	49
3.2. Definiciones	50
3.3. Actividades de procesamiento de las estimaciones de obra vial	50
3.4. RESULTADOS OBTENIDOS, ESTIMACIONES DE OBRA VIAL	52
3.4.1. Montos totales de inversión (sin reajustes)	52
3.4.2. Desglose de actividades de los contratos	54
3.4.3. Comparación de la inversión realizada, periodo 2018 – 2021	56
3.4.4. Visualización de la inversión, usando los Sistemas de Información Geográfica	57
4. CAPÍTULO 4 EVOLUCIÓN DEL ESTADO DE LA RED VIAL NACIONAL ENTRE CAMPAÑAS SUCESIVAS	58
4.1. INTRODUCCIÓN	58
4.2. COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES OBTENIDOS, ENTRE LAS CAMPAÑAS DE EVALUACIÓN 2020 – 2021 Y LA 2022 – 2023	59
4.2.1. Comparación de la capacidad estructural	59
4.2.2. Comparación de la capacidad funcional	61
4.2.3. Comparación de la condición de agarre superficial	63
4.2.4. Comparación de las estrategias de mantenimiento	65



5. CAPÍTULO 5 ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN VS EVOLUCIÓN DEL ESTADO DE LA RVN ENTRE CAMPAÑAS	69
5.1. INTRODUCCIÓN	69
5.1.1. Análisis de rutas en la categoría de mantenimiento	70
5.1.2. Análisis de rutas en la categoría de Rehabilitación	72
5.1.3. Análisis de rutas en la categoría de Reconstrucción	75
5.2. ANÁLISIS GENERAL DE LA EFICIENCIA DE LA INVERSIÓN	76
5.3. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA EVOLUCIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL	81
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXO: MONTOS INVERTIDOS EN ESTIMACIONES DE PAGO POR CADA REGLÓN – CAMPAÑA 2022	87

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Longitud evaluada en cada prueba, campaña de evaluación 2022 – 2023.....	9
Cuadro 2. División del territorio Nacional en las 22 Zonas de Conservación Vial.....	13
Cuadro 3. Rangos de deflexión según TPD, utilizados para clasificar resultados de FWD.....	15
Cuadro 4. Resultados obtenidos en el parámetro de deflexiones	16
Cuadro 5. Rangos de clasificación de regularidad superficial (IRI) para pavimentos flexibles	20
Cuadro 6. Resultados de la regularidad superficial (IRI) de la Red Vial	21
Cuadro 7. Clasificación internacional del pavimento según el GN	25
Cuadro 8. Resultados obtenidos mediante el ensayo de GripNumber	26
Cuadro 9. Resultados de las Notas de Calidad para la Red Vial.....	34
Cuadro 10. Resultados de las Estrategias Generales de Intervención para la Red Vial.	43
Cuadro 11. Recomendaciones de intervención para atender los distintos niveles de deslizamiento según su nota de calidad.....	47
Cuadro 12. Distribución de Contratistas por Zona de Conservación Vial y Licitación.....	49
Cuadro 13. Montos inversión por contrato, periodo 2020 – 2021.	52
Cuadro 14. Montos de inversión por Zona CONAVI.....	53
Cuadro 15. Resultados obtenidos en deflexiones, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023.....	59
Cuadro 16. Evolución del estado estructural, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023.	60
Cuadro 17. Resultados obtenidos en Regularidad Superficial, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023....	61
Cuadro 18. Evolución del estado funcional, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023.....	62
Cuadro 19. Resultados obtenidos en Agarre Superficial, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023.....	63
Cuadro 20. Evolución del componente de Agarre Superficial, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023. ...	64
Cuadro 21. Resultados obtenidos en Estrategias de Intervención, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023.	66
Cuadro 22. Evolución de las Estrategias de Intervención, entre campañas.	67
Cuadro 23. Evolución del estado entre campañas contra inversión en obras, rutas en mantenimiento. 70	
Cuadro 24. Estado de la campaña anterior contra inversión en obras, rutas en mantenimiento.	71
Cuadro 25. Evolución del estado entre campañas contra inversión en obras, rutas en rehabilitación. ...	73
Cuadro 26. Estado de la campaña anterior contra inversión en obras, rutas en rehabilitación.	74
Cuadro 27. Evolución del estado entre campañas contra inversión en obras, rutas en reconstrucción. .	75
Cuadro 28. Estado de la campaña anterior contra inversión en obras, rutas en reconstrucción.	76
Cuadro 29. Evolución del estado de la Red Vial Nacional vs. Inversión en obras	78
Cuadro 30. Inversión por reglón de pago del periodo 2020-2021	87



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. División del territorio nacional en las 22 zonas de Conservación Vial	14
Figura 2. Condición Estructural de la Red Vial, según las deflexiones	16
Figura 3. Condición Estructural por provincias según las deflexiones (FWD)	17
Figura 4. Condición Estructural por Zonas CONAVI según las deflexiones (FWD)	18
Figura 5. Representación SIG de las deflexiones (FWD) en la Red Vial, Campaña 2022.	19
Figura 6. Condición Funcional de la Red Vial según la regularidad superficial (IRI)	21
Figura 7. Condición Funcional por provincias según la regularidad superficial (IRI)	22
Figura 8. Condición Funcional por zonas CONAVI según la regularidad superficial (IRI)	23
Figura 9. Representación SIG de la regularidad superficial (IRI) en la Red Vial	24
Figura 10. Condición del agarre superficial según el ensayo de GRIP	26
Figura 11. Estado de la Red Vial por provincias según el ensayo de GRIP	27
Figura 12. Estado de la Red Vial por zona CONAVI según el ensayo de GRIP	28
Figura 13. Representación SIG del ensayo de GRIP en la Red Vial	29
Figura 14. Matriz de Combinación para la obtención de las Notas Q	31
Figura 15. Notas de calidad, longitud en kilómetros y porcentaje para la Red Vial	35
Figura 16. Notas Q por provincias para la Red Vial Nacional Pavimentada	36
Figura 17. Notas de calidad por Zona CONAVI	37
Figura 18. Mapa de distribución de las notas Q por Zona de Conservación Vial	38
Figura 19. Agrupación de las notas de calidad para definición de estrategias generales de intervención (LanammeUCR, 2011)	41
Figura 20. Esquema de Notas de Calidad distribuidas en función de las ventanas de generales de operación (LanammeUCR, 2013)	42
Figura 21. Estrategias de intervención para la Red Vial Nacional - ERVN2022	43
Figura 22. Estrategias de intervención para la Red Vial Nacional distribución por provincias	44
Figura 23. Distribución de estrategias por Zonas del CONAVI	45
Figura 24. Mapa de distribución de estrategias de intervención, campaña de evaluación 2022	46
Figura 25. Recomendaciones de intervención para atender los distintos niveles de deslizamiento de rutas nacionales, Notas de Calidad Q1 y Q2	48
Figura 26. Inversión Total por Zona de Conservación CONAVI en el periodo 2020-2021	53
Figura 27. Desglose de las actividades de conservación, periodo 2020-2021.	55
Figura 28. Totales invertidos en actividades de conservación, periodo 2018 – 2021.	56
Figura 29. Mapa de inversión por kilómetro, para la presente campaña de evaluación.	57
Figura 30. Resultados obtenidos en deflexiones, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023.	59
Figura 31. Evolución del estado estructural, entre campañas.	61
Figura 32. Resultados obtenidos en regularidad superficial, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023.	62
Figura 33. Evolución del estado funcional, entre campañas.	63

Figura 34. Resultados obtenidos en Agarre Superficial, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023.	64
Figura 35. Evolución del agarre superficial, entre campañas.	65
Figura 36. Resultados obtenidos en las Estrategias de Intervención a nivel de red, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023	66
Figura 37. Evolución de las Estrategias de Intervención, entre campañas.	68
Figura 38. Estrategias de Intervención y su relación con los componentes funcional, estructural y las Notas Q.	78
Figura 39. Distribución de la Inversión en obras, según la evolución del estado de la Red Vial Nacional entre campañas.	79
Figura 40. Evolución del estado de la Red Vial Nacional entre campañas.	81



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 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 para brindar a los ingenieros de caminos y planificadores viales una base técnica que facilita la toma de decisiones a nivel de red, en relación con dicha gestión.

El Cuadro 1 ilustra la longitud total evaluada en cada una de las mediciones realizadas en la campaña de evaluación de los años 2022 – 2023.

Cuadro 1. Longitud evaluada en cada prueba, campaña de evaluación 2022 – 2023

Tipo de Medición	Longitud (km)
Deflectometría <i>FWD</i>	4 241,4
Regularidad Superficial <i>IRI</i>	4 167,6
Coeficiente de Rozamiento <i>GRIP*</i>	2 373,6

* Longitud menor debido a la naturaleza del equipo, solo se evalúan rutas con valores de IRI de 4,0 o menor

Debido a un proceso de optimización realizado en el LanammeUCR, la Red Vial Nacional Pavimentada¹ fue evaluada por medio de la tecnología del radar de penetración o GPR, que permite determinar la presencia de distintas capas de los pavimentos, así como sus espesores, de forma *no destructiva*. Este análisis se realizó con el fin de distinguir cuáles rutas están compuestas por un paquete estructural completo, y cuáles corresponden con un tratamiento superficial o tratamiento de preservación. De esta manera, los distintos tramos se pueden evaluar con los equipos y los rangos adecuados según sus características físicas. De ahí que existan diferencias entre las longitudes evaluadas en esta campaña con los equipos señalados en el Cuadro 1, con respecto a campañas anteriores.

¹ En adelante, referida únicamente como Red Vial

OBJETIVOS DE LA CAMPAÑA DE EVALUACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL 2022-2023

OBJETIVO GENERAL

Conocer, evaluar y calificar la condición técnica general de la Red Vial Nacional Pavimentada en los años 2022 – 2023 y determinar su evolución o cambio respecto a la campaña anterior.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la resistencia estructural de los pavimentos de la red vial, 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, con el Perfilómetro Láser, y clasificarla en rangos de estado.
- Evaluar el coeficiente de rozamiento de la superficie de los pavimentos de la red vial, con el Medidor de Coeficiente de Rozamiento.
- Establecer para cada sección de control a partir de los resultados de condición estructural y funcional, las Nota de Calidad o Nota Q.
- Presentar los resultados del estado de la red vial mediante un Sistema de Información Geográfica.
- Comparar el estado de los pavimentos de la red vial contrastando los resultados de las evaluaciones efectuadas en los años 2020 – 2021.
- Implementar la metodología definida de calificación de secciones de control para la definición de estrategias de intervención.
- Incorporar el análisis de las inversiones realizadas entre el año 2021 y 2022 para evaluar la efectividad de dichas inversiones en la condición actual de la Red Vial Nacional.
- 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 NACIONAL, CAMPAÑA 2022

1.1. INTRODUCCIÓN

Con base en la experiencia acumulada de las campañas de evaluación anteriores, se procedió a la planificación de las giras de levantamiento de datos para cada uno de los equipos utilizados. Por ejemplo, en el caso de las giras con el *Deflectómetro de Impacto*, en la medida de lo posible 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, 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 entonces como indicadores del comportamiento estructural, indicadores funcionales de la regularidad superficial y condición de la resistencia al deslizamiento. Para unificar los diversos datos, se requiere de una unidad de análisis que sea conocida por la Administración y ubicable en forma geográfica, donde la combinación de los diversos indicadores genere la información requerida para definir estrategias generales a nivel de red, y constituyan un insumo para desarrollar las diversas actividades de gestión.

1.2. DEFINICIONES

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

- a. **Capacidad Estructural:** 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.
- b. **Capacidad Funcional:** Capacidad del pavimento 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.

- c. Costos de Operación Vehicular:** Costos en los que incurre el usuario de una carretera por el efecto de las características físicas y la condición de la superficie de ruedo, en 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 de operación.
- d. Deflectómetro de Impacto:** 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.
- e. ERVNXXXX:** Para definir las campañas de evaluación se emplea la sigla **ERVN** (Evaluación de la Red Vial Nacional), donde el término **XXXX** representa el año par de la campaña de evaluación (año donde se realizaron los ensayos de toma de datos). Por ejemplo, la anterior campaña de evaluación años 2020 – 2021, se emplean las siglas *ERVN2020*.
- f. Índice de Regularidad Internacional IRI:** índice aceptado internacionalmente, que permite cuantificar la regularidad superficial de una carretera, y que 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.
- g. 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 un equipo láser que permite medir con precisión milimétrica las variaciones en la superficie del terreno.
- h. Perfilómetro Láser:** 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*.



- i. Resistencia al deslizamiento:** Se interpreta como la capacidad de frenado de un vehículo sobre una superficie de ruedo, tanto para un pavimento asfáltico como uno hidráulico. Los detalles del equipo de Medición de Rozamiento Superficial o resistencia al deslizamiento, y la metodología seguida de evaluación aparecen en la Ficha Técnica FT-UGERVN-02-13, disponible en el sitio de Internet del LanammeUCR.
- j. Sistema de Gestión de Pavimentos:** Es el conjunto de operaciones que tienen como objetivo conservar por un período específico 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 la vía en cuestión. Todo lo anterior minimizando los costos monetarios, sociales y ecológicos (Solminihac, 1998).

1.3. DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS PARA LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA

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.

Adicionalmente, el MOPT – CONAVI ha dividido el territorio nacional en grandes zonas de conservación, que se han asignado a uno o varios contratistas para realizar labores de conservación vial por períodos definidos. La definición de estas zonas, se muestran en el Cuadro 2 y en la Figura 1.

Cuadro 2. División del territorio Nacional en las 22 Zonas de Conservación Vial.

Región	Provincia	Zona
Región I – Subregión San José	San José	1-1
		1-2
		1-3
Región I – Subregión Alajuela	Alajuela	1-4
		1-5
		1-6
Región I – Subregión Cartago	Cartago	1-7
		1-8
Región I - Subregión Heredia	Heredia	1-9
Región II- Chorotega	Guanacaste	2-1
		2-2
		2-3
		2-4
Región III- Pacífico Central	Puntarenas	3-1
		3-2

Región	Provincia	Zona
Región IV- Brunca	San José, Puntarenas	4-1
		4-2
		4-3
Región V- Huetar Atlántico	Limón	5-1
		5-2
Región VI- Huetar Norte	Alajuela	6-1
		6-2

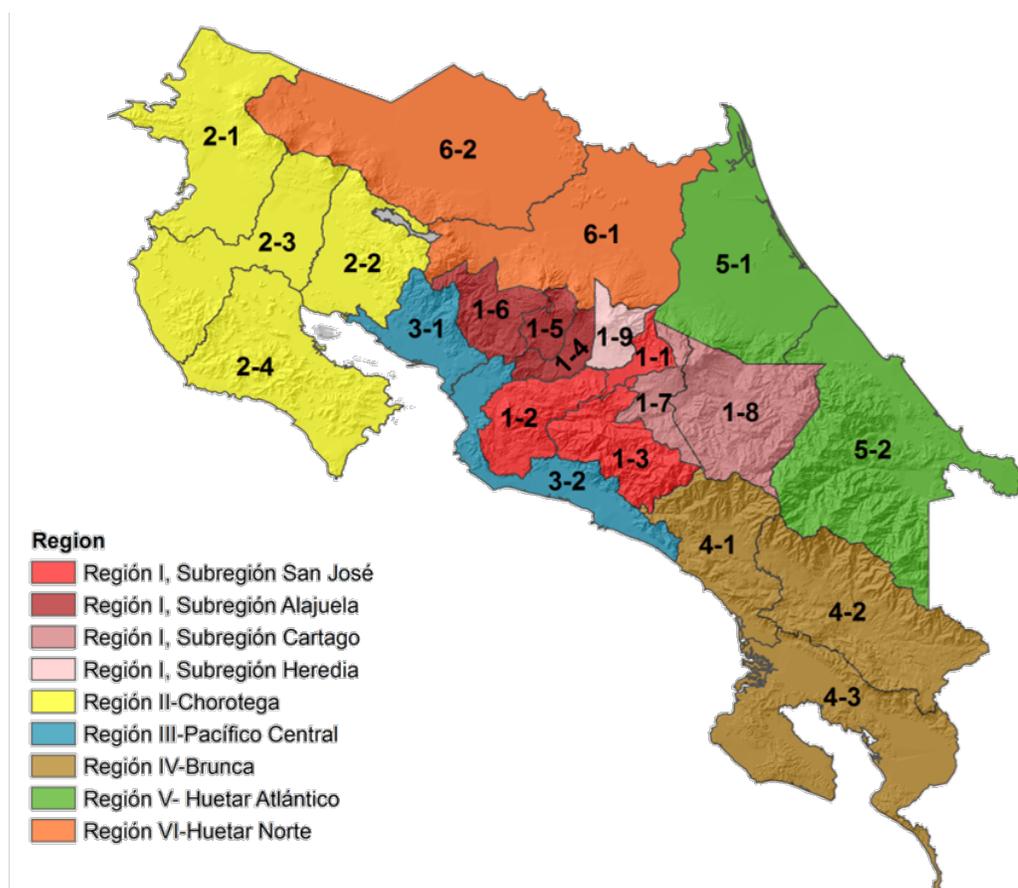


Figura 1. División del territorio nacional en las 22 zonas de Conservación Vial

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, tratamientos superficiales múltiples, superficie de lastre o en concreto hidráulico). 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 deslizando 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 general 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 NACIONAL

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 cuatro 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 4038,3 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*, los cuales se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Rangos de deflexión según *TPD*, utilizados para clasificar resultados de *FWD*.

TPD	Menor de 5 000	5 000 a 15 000	mayor a 15 000	Casos Especiales
	TPD Bajo	TPD Moderado	TPD Alto	Especiales
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

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

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 el Cuadro 3 no aplican para este tipo de rutas.

1.4.2. Resultados de la evaluación de la RVN 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, lo que 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). En esta evaluación, producto de la disminución presupuestaria y como parte de los procesos de optimización de los recursos y del correcto uso de los fondos públicos, se desarrolló una metodología que permitió determinar los valores de deflectometría de forma indirecta y se complementó con ensayos directos “in situ” para lograr evaluar la totalidad de la Red Vial Nacional Pavimentada.

El Cuadro 4 y la Figura 2 muestran los resultados en este parámetro, para la presente campaña de evaluación.

Cuadro 4. Resultados obtenidos en el parámetro de deflexiones

Categoría de Deflexiones	Longitud (km)	Porcentaje (%)
■ Baja según rango del TPD	3889,0	91,7%
■ Moderada según rango del TPD	186,2	4,4%
■ Alta según rango del TPD	103,2	2,4%
■ Muy Alta según rango del TPD	63,0	1,5%
Total	4241,4	kilómetros



Figura 2. Condición Estructural de la Red Vial, según las deflexiones



Según los resultados obtenidos, un 92 % de la Red Vial Nacional evaluada presenta deflexiones en la categoría *Baja*, lo que se asocia con una buena capacidad estructural. Por su parte, cerca de un 4 % con deflexiones moderadas y un 4 % aproximadamente, presenta deflexiones en las categorías de *Alta* a *Muy Alta*, es decir secciones con baja capacidad estructural.

1.4.3. Resultados de deflectometría (FWD) por provincia

Con base en los resultados obtenidos y la distribución de secciones de control por provincia, se obtienen los resultados mostrados en la Figura 3.

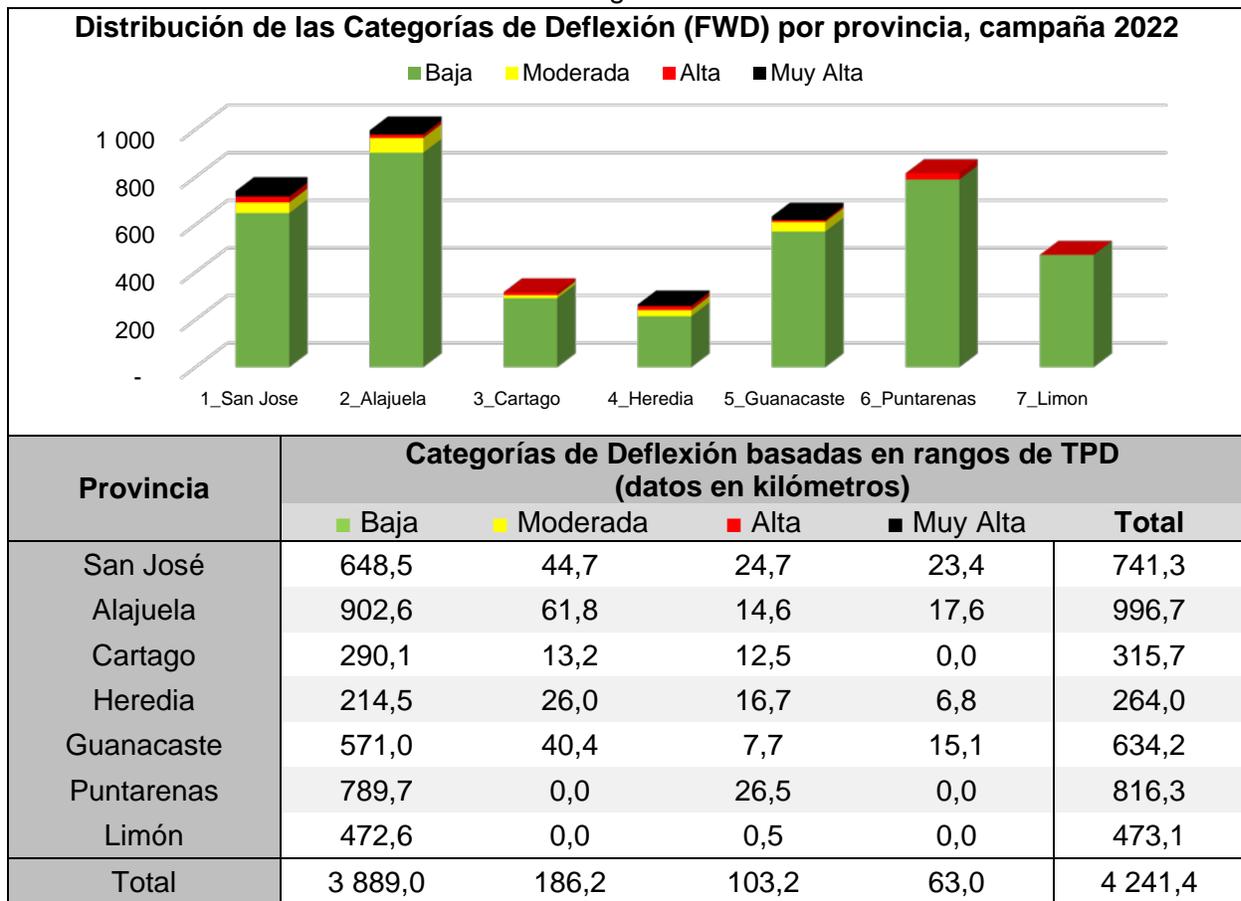


Figura 3. Condición Estructural por provincias según las deflexiones (FWD)

Si bien en términos generales las secciones de control con rangos de deflexiones en las categorías *Alta* y *Muy Alta* son relativamente pocas, las provincias donde se presentan en mayor medida son San José y Alajuela, seguidas por Puntarenas y Heredia. En general, en la mayoría de las provincias el porcentaje de rutas con buenas condiciones estructurales (categoría de deflexión *Baja*) ronda el 90 %, siendo la excepción Heredia, donde ese porcentaje es de poco más del 80 %.

1.4.4. Resultados de deflectometría (FWD) por Zona CONAVI

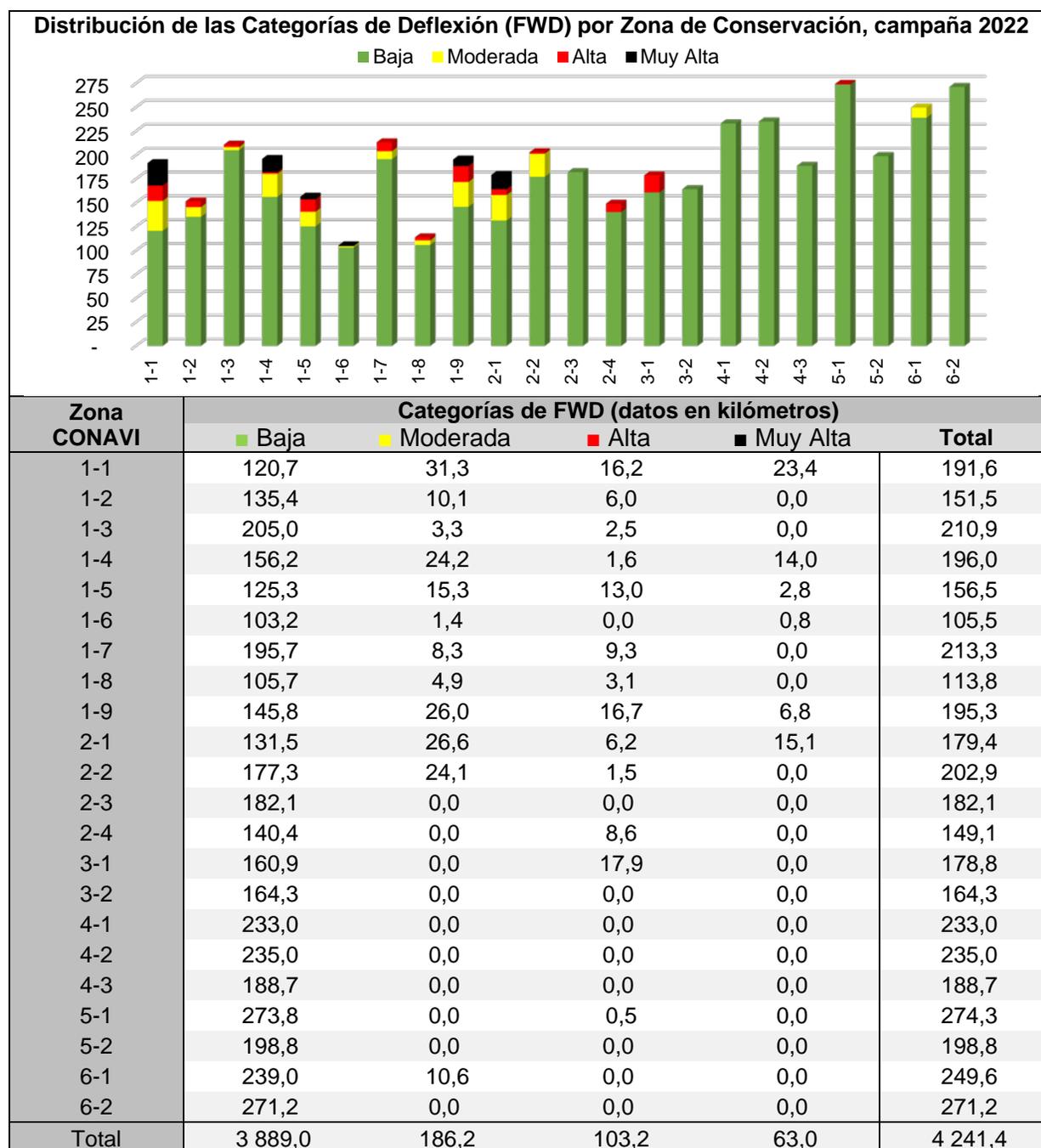


Figura 4. Condición Estructural por Zonas CONAVI según las deflexiones (FWD)

Como ha sucedido en campañas pasadas, varias zonas de la Gran Área Metropolitana (GAM) son las que presentan la mayor cantidad de secciones con deflexiones Altas y Muy Altas, seguido por las de Guanacaste. Esto es evidente especialmente en las zonas 1-1 (casco



central de San José), 1-4 (ciudad de Alajuela y alrededores), 1-9 (ciudad de Heredia y alrededores) y la 2-1 (Liberia y el noroeste de Guanacaste). En las demás zonas, el porcentaje de rutas con estas deflexiones es bajo, o incluso hay zonas donde no se presentan secciones de control con estos resultados.

1.4.5. Resultados de deflectometría (FWD) por medio de SIG

En la Figura 5 se presenta la distribución espacial de los resultados por medio de un sistema de información geográfica (SIG), superpuesta a la Red Vial Nacional Pavimentada.

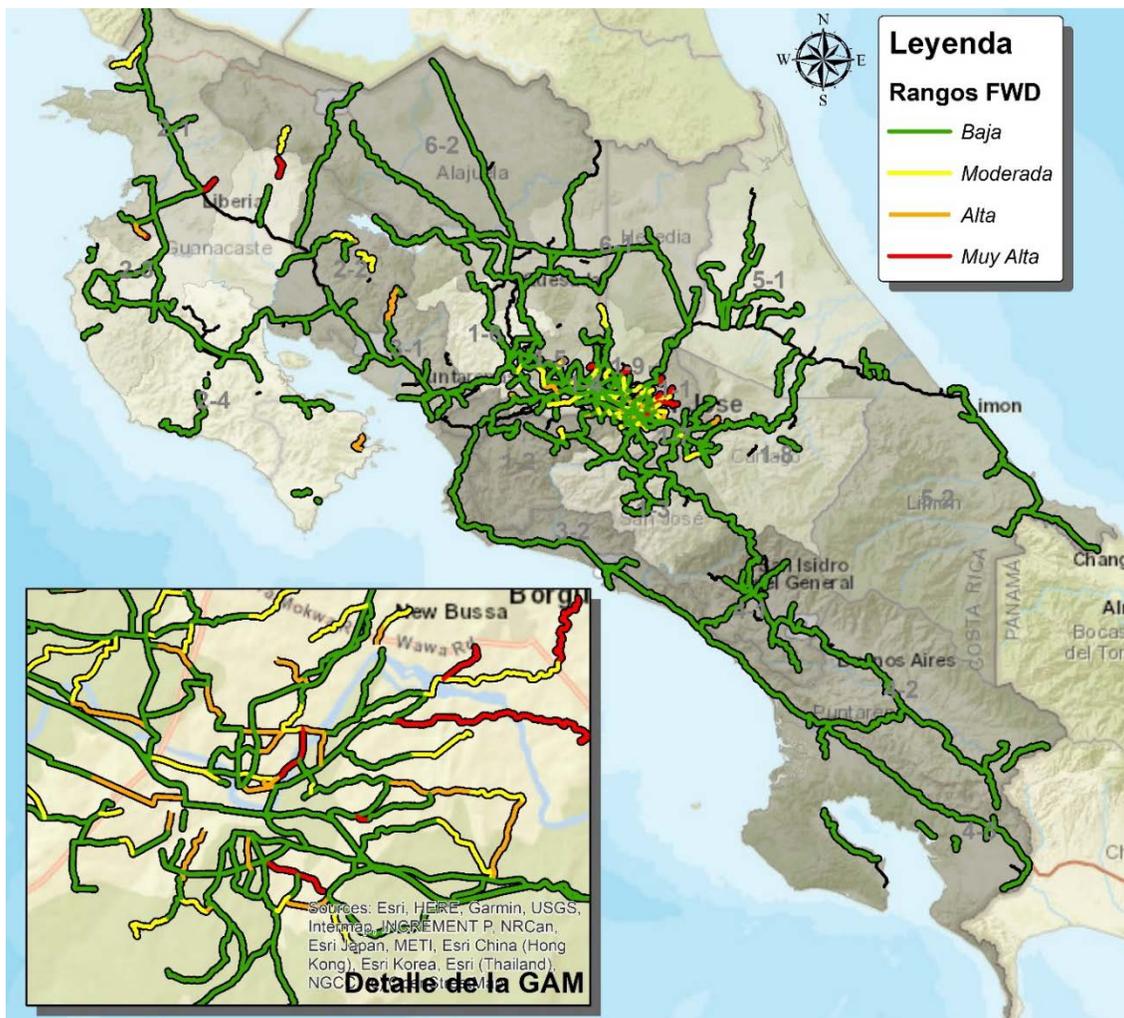


Figura 5. Representación SIG de las deflexiones (FWD) en la Red Vial, Campaña 2022.

1.5. CAPACIDAD FUNCIONAL DE LA RED VIAL NACIONAL

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, o sea la desviación que 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 valores altos 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.

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, & Porrás-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 4.150,1 km. Los rangos de regularidad superficial de pavimentos flexibles utilizados para la clasificación del estado se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. 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, & Porrás-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 nacional

Los resultados obtenidos para esta campaña en el parámetro evaluado se muestran en el Cuadro 6 y Figura 6

Cuadro 6. Resultados de la regularidad superficial (IRI) de la Red Vial

Regularidad Superficial	(Rango de IRI)	Longitud (km)	Porcentaje (%)
Muy buena	(0,0 - 1,0 m/km)	0,00	0,0%
Buena	(1,0 - 1,9 m/km)	386,5	9,3%
Regular	(1,9 - 3,6 m/km)	2 588,7	62,1%
Deficiente	(3,6 - 6,4 m/km)	1 001,7	24,0%
Muy deficiente	(mayor de 6,4 m/km)	190,6	4,6%
Total		4 167,6	kilómetros

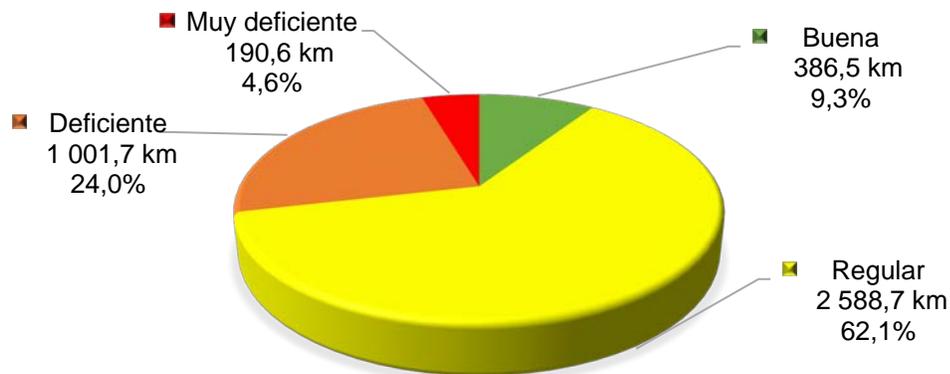


Figura 6. Condición Funcional de la Red Vial según la regularidad superficial (IRI)

Con base en los resultados obtenidos, unos 386 km de la RVN presentan una condición funcional *Buena*; ninguna ruta evaluada presenta resultados en la categoría de *Muy Buena*. Un porcentaje importante, en este caso 62 % o 2 571 km, se encuentran en condición *Regular*, mientras que los restantes 1 192 km se encuentran en 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 presentan tratamientos superficiales.

1.5.3. Resultados de regularidad superficial (IRI) desglosados por provincia

En la Figura 7 se presentan los datos de IRI desglosados por provincia, donde se muestra el gráfico y los datos asociados.

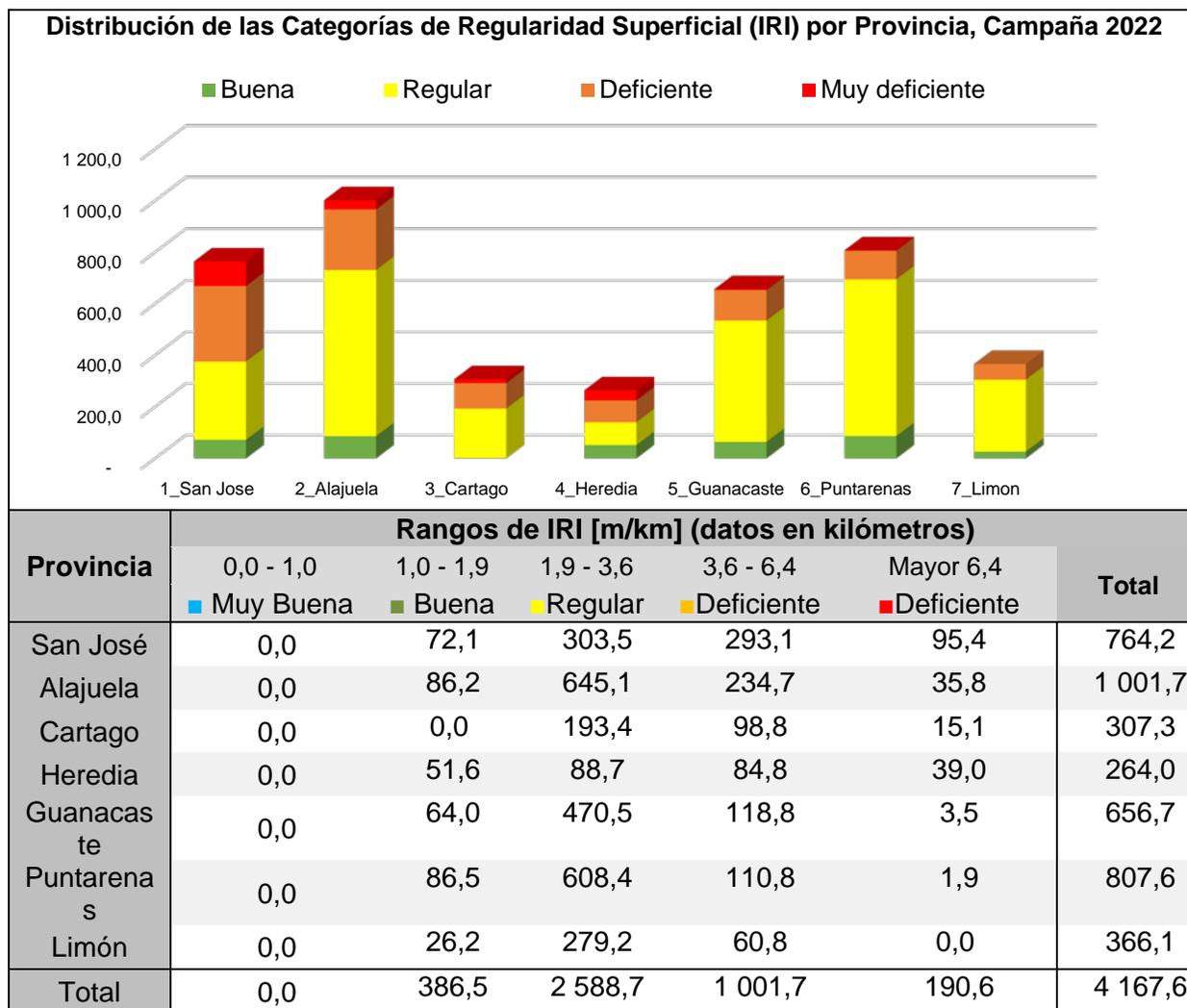


Figura 7. Condición Funcional por provincias según la regularidad superficial (IRI)

Por longitud, las provincias de San José y Alajuela presentan la mayor cantidad de rutas con condiciones deficientes a muy deficientes en IRI. En este aspecto, llama también la atención que tanto la provincia de Cartago, como la de Limón, son las que tienen la menor cantidad de rutas con condiciones buenas desde el punto de vista funcional. La condición *Regular* es la que más porcentaje representa en todas las provincias, lo cual indica una estrategia de gestión en mantenimiento aproximadamente similar en todas ellas.



1.5.4. Resultados de regularidad superficial (IRI) desglosados por zona de conservación vial

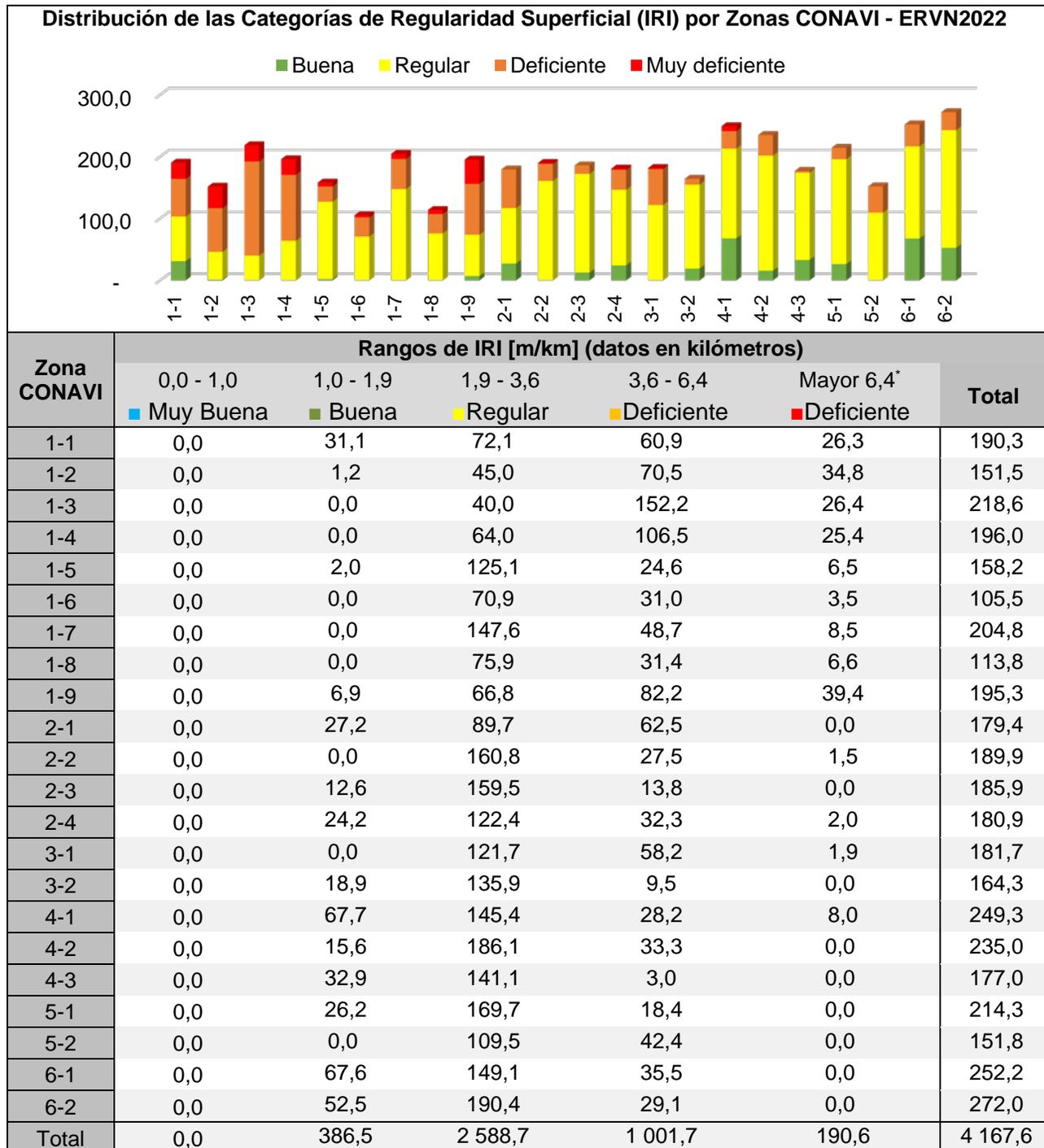


Figura 8. Condición Funcional por zonas CONAVI según la regularidad superficial (IRI)

De nuevo, las zonas de la GAM son las que presentan la mayor cantidad de rutas en las categorías *Deficiente a Muy Deficiente*. Por otra parte, las zonas del Pacífico Sur, Limón y Zona Norte son las que presentan la mayor cantidad de rutas en buen estado funcional, en comparación con el resto del país.

1.5.5. Resultados de regularidad superficial (IRI) mostrado por medio de los SIG

En la Figura 9 se presentan los datos totales de IRI en un mapa generado por medio de los sistemas de información geográfica, SIG.

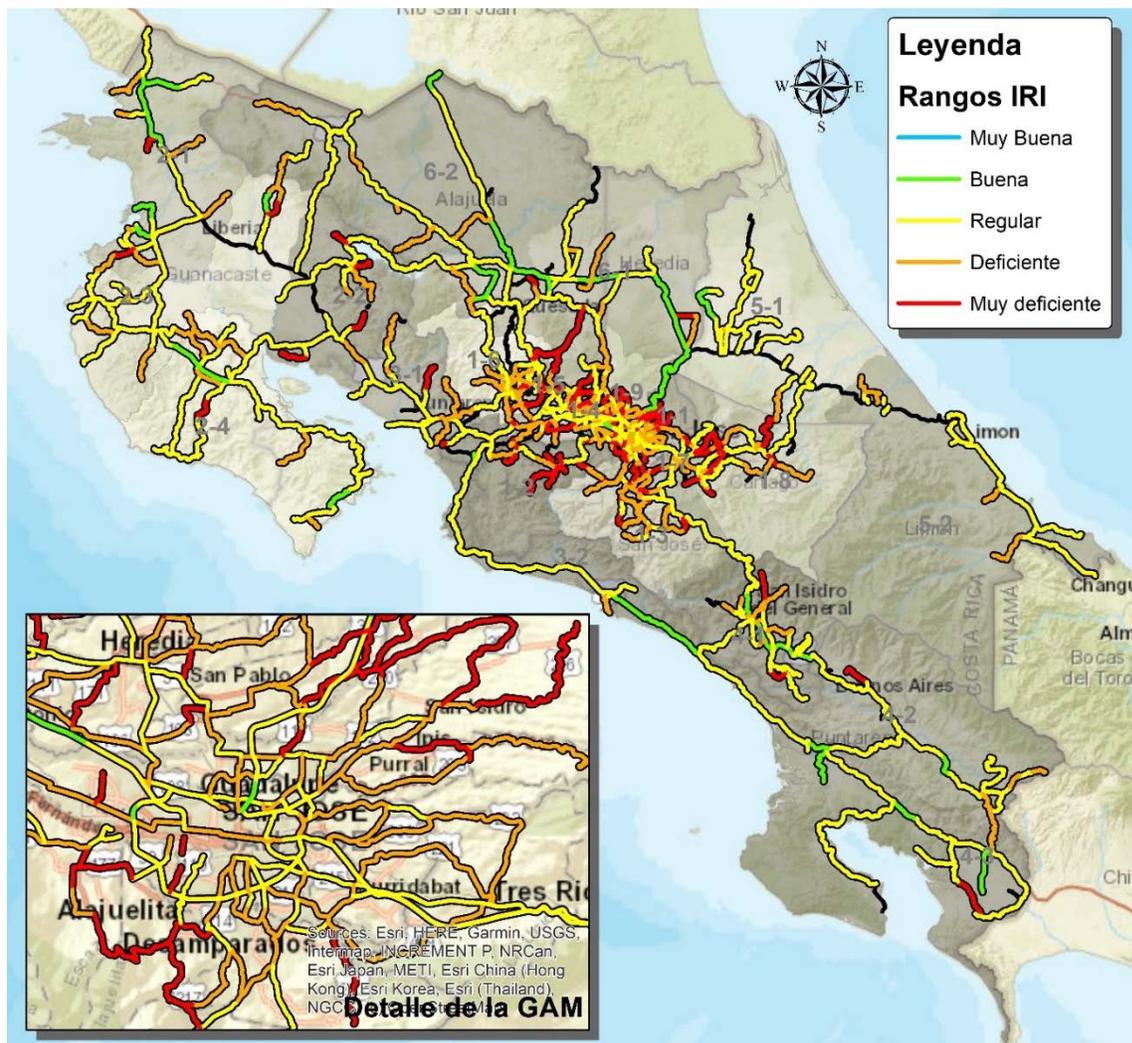


Figura 9. Representación SIG de la regularidad superficial (IRI) en la Red Vial



1.6. CONDICIÓN DE LA RED VIAL SEGÚN COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DE PAVIMENTOS (GRIP)

1.6.1. Criterios de clasificación del GripNumber

La evaluación de la red vial con el GRIP *Tester* para determinar el coeficiente de rozamiento superficial, abarcó una longitud de 2 373,6 km de carreteras pavimentadas: la disminución de los kilómetros evaluados con respecto a los otros indicadores se relaciona con las restricciones del equipo, donde el procedimiento de uso de éste se restringe para aquellos tramos que presenten un valor de IRI menor de 4,0 m/km, de lo contrario el equipo se podría dañar o perdería su calibración rápidamente. Todas las mediciones se realizan a una velocidad promedio de 50 km/h.

Para medir la condición de rozamiento en la Red Vial, se utilizó un rango de clasificación, validado a nivel internacional, que relaciona los valores del coeficiente de fricción transversal (CFT) con el valor *GripNumber* (GN) que arroja la prueba; éste es ilustrado en el Cuadro 7

Cuadro 7. Clasificación internacional del pavimento según el GN

Condición de Agarre	Rango de GN	Nivel			Tipo de Pavimento característico
		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. Cuadro modificado LanammeUCR 2017.

El presente informe define la condición del agarre superficial del pavimento en un momento específico del tiempo. Para expresar los resultados de este parámetro y debido a la gran cantidad de factores involucrados, se hace imposible una correlación directa entre el valor encontrado y las tasas de accidentes en carretera, por lo tanto, los resultados del GripNumber se expresan en términos de probabilidad.

1.6.2. Resultados de coeficiente de rozamiento con el ensayo de GRIP

El Cuadro 8 muestra los resultados obtenidos en la evaluación del coeficiente de rozamiento; la Figura 10 muestra en forma gráfica dicho estado.

Cuadro 8. Resultados obtenidos mediante el ensayo de GripNumber

Condición*	Rango	Longitud (km)	Porcentaje
■ Muy bueno (No deslizante)	> 0,78	1,6	0,1
■ Bueno (Poco deslizante)	0,6 – 0,78	472,9	19,9
■ Regular (Deslizante)	0,5 – 0,6	1 077,4	45,4
■ Malo (Muy deslizante)	< 0,5	821,6	34,6
Total		2 373,6	

* Según clasificación internacional

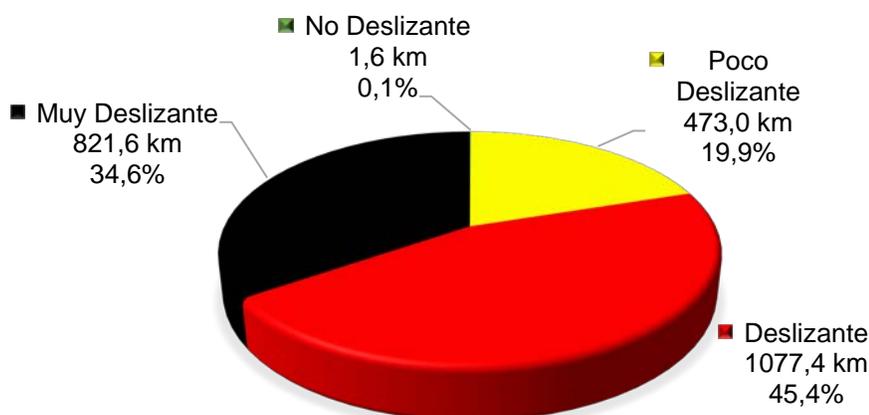


Figura 10. Condición del agarre superficial según el ensayo de GRIP

Las condiciones *No Deslizante* a *Poco Deslizante*, representan un 20 % del total de la red vial evaluada con este parámetro (poco menos de 475 km). Esto indica que el restante 80% (casi 1 900 km) presenta condiciones inadecuadas para el tránsito vehicular, esto porque de presentarse condiciones adversas (especialmente agua superficial, común en época lluviosa), se eleva la probabilidad de accidentes debido a distancias de frenado mayores.

1.6.3. Resultados de agarre superficial GRIP desglosados por provincia

En la Figura 11 se presentan la distribución del parámetro GRIP desglosados por provincia, para los kilómetros donde el parámetro de IRI justificaba su medición.

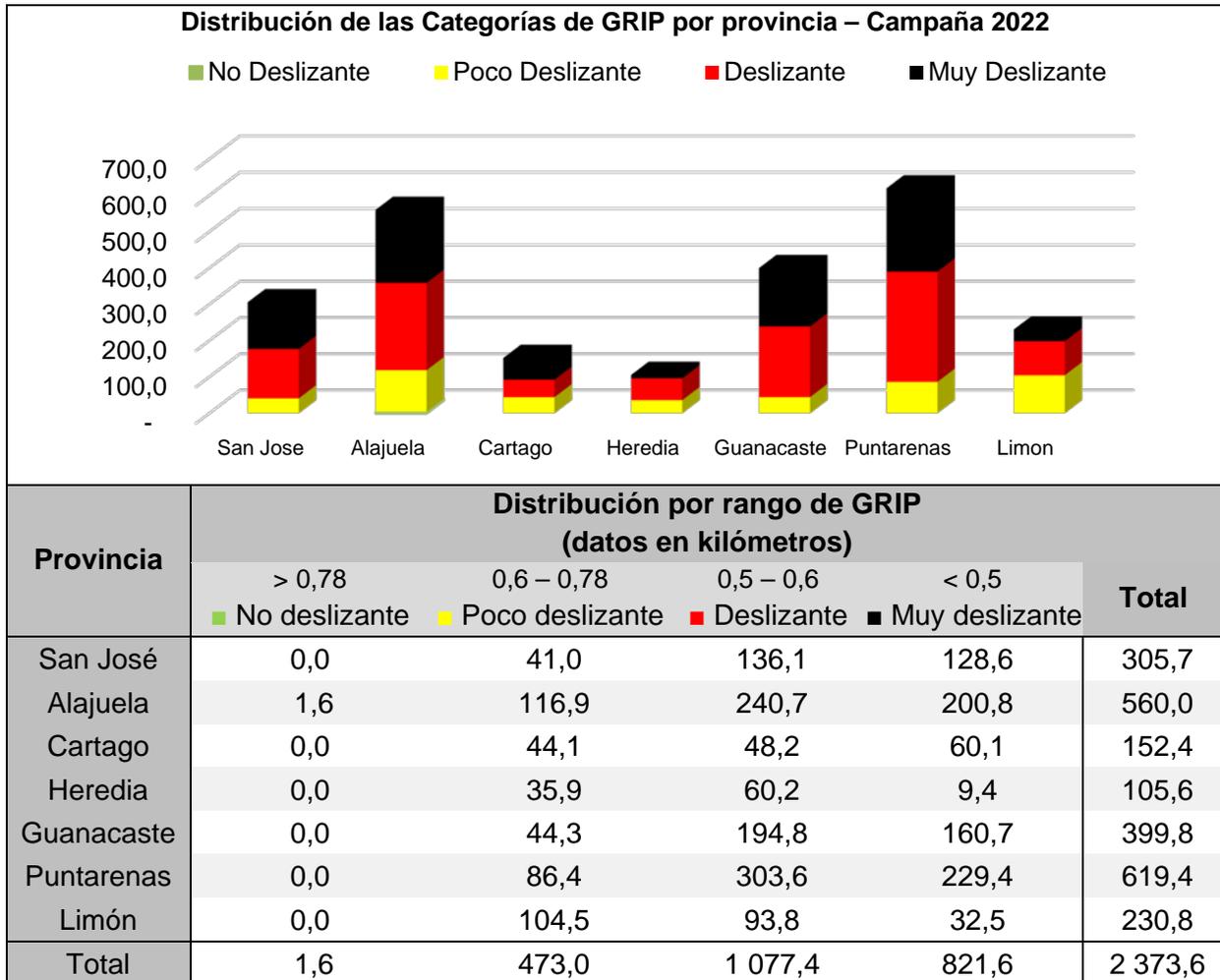


Figura 11. Estado de la Red Vial por provincias según el ensayo de GRIP

Tal y como ha venido sucediendo en las campañas anteriores, las provincias de Cartago y Heredia son las que presentan la menor cantidad de rutas evaluadas con este parámetro. Sin embargo, el análisis de los resultados por provincias revela que en general, la distribución de rutas en las categorías *Deslizante* a *Muy Deslizante*, es similar entre ellas, representando poco más de tres cuartas partes de las rutas evaluadas. Esto es importante para definir las recomendaciones de estrategias de intervención a realizar en estas rutas.

1.6.4. Resultados del ensayo de GRIP según la zona de conservación vial

En la Figura 12 se presentan los datos de GRIP *Number* desglosados por zona de conservación vial.

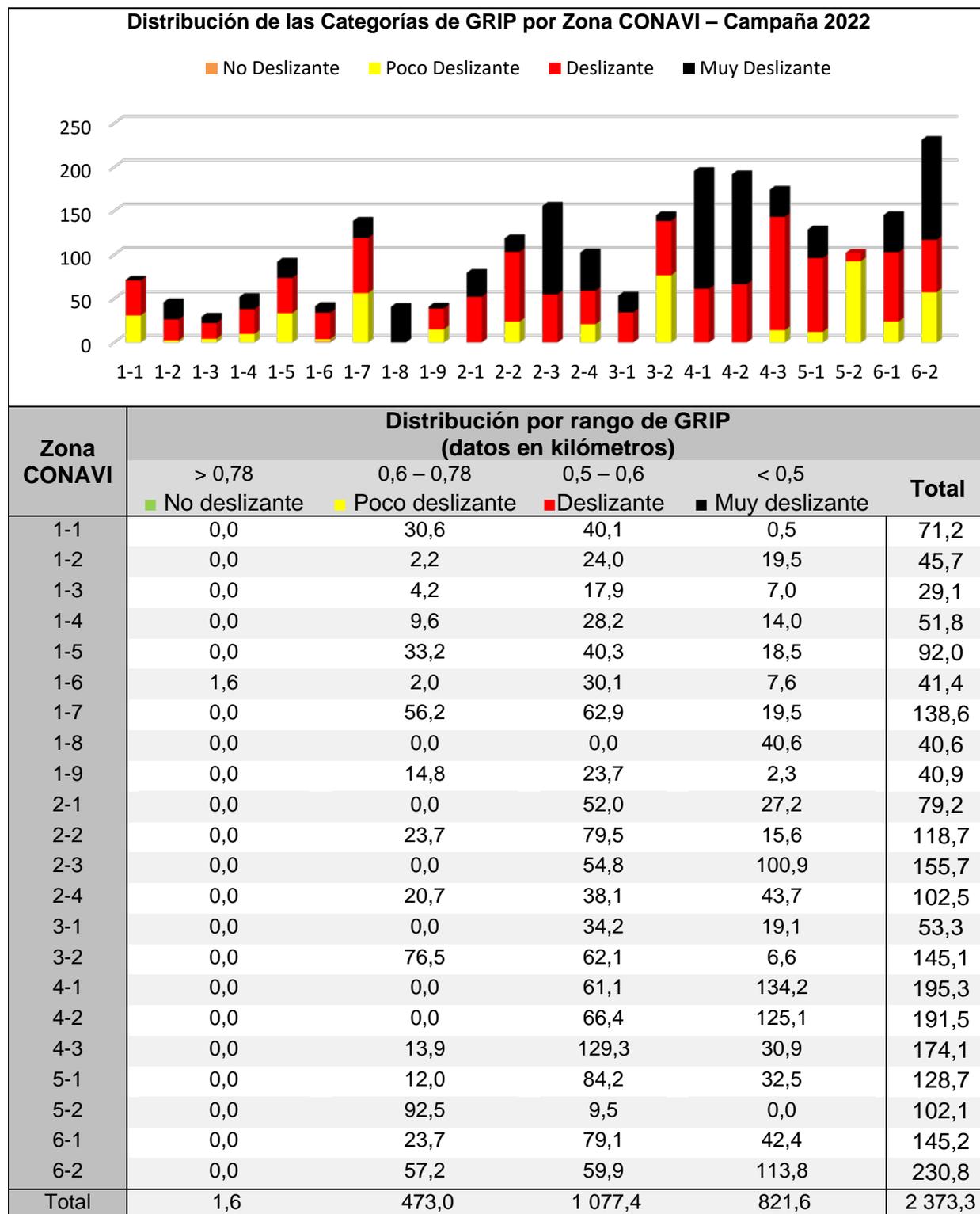


Figura 12. Estado de la Red Vial por zona CONAVI según el ensayo de GRIP



En general, todas las zonas del país presentan resultados deficientes en el parámetro evaluado. Llama la atención las zonas 3-1, 4-1 y 4-2, donde no se dieron resultados en la categoría Poco Deslizante.

1.6.5. Resultados del ensayo de GRIP mostrados por medio de los SIG

En la Figura 13 se presentan los datos totales en un mapa generado por medio de los sistemas de información geográfica, SIG.

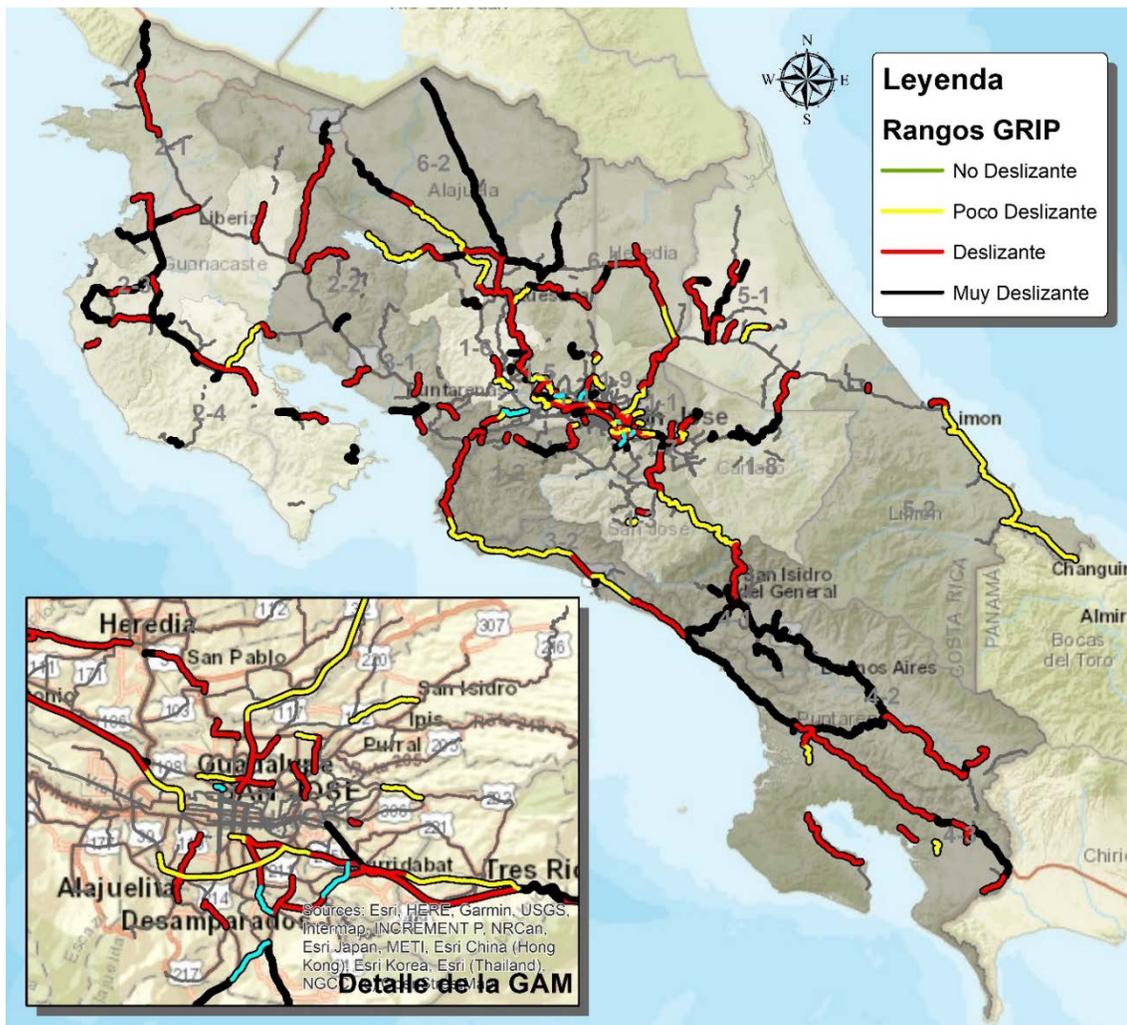


Figura 13. Representación SIG del ensayo de GRIP en la Red Vial

CAPÍTULO 2 ESTRATEGIAS GENERALES DE INTERVENCIÓN RECOMENDADAS – CAMPAÑA 2022

2.1. INTRODUCCIÓN

Es en el documento titulado "Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices Red Vial Nacional"²,, donde se define el uso de las Notas de Calidad Q o simplemente Notas Q (Q de *quality* o calidad en inglés). 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 por medio del SIG. Con base en esto, cada nota es catalogada como candidata a un tipo generalizado de intervención, que incluyen estrategias de mantenimiento, rehabilitación y/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 debe responder a una evaluación a nivel de proyecto. De esta manera, se puede definir la mejor estrategia 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:

- 1. 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.
- 2. 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.

² (Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porras-Alvarado, 2008)



3. 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 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 14 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 ■ Regular	→	Q2	Q5	Q8	R-2
	3,6 – 6,4 ■ Deficiente	→	Q4	Q7	Q9	R-3
	> 6,4 ■ Muy deficiente	→	M-RF	RH-RF	R-3	NP

Figura 14. Matriz de Combinación para la obtención de las Notas 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 definen el indicador de estado estructural; los indicadores funcionales y de agarre (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 (IRI) o por el Deflectómetro 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 entre buena y 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 (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 ruedo estos pavimentos pasarán a las categorías ■ **M-RF** o ■ **Q7** en el mediano plazo. 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 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 del pavimento. 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 (Figura 14). Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 9, así como el respectivo gráfico de Notas de Calidad Q para la evaluación 2022-2023 en la Figura 15.

Cuadro 9. Resultados de las Notas de Calidad para la Red Vial.

Nota de Calidad	Longitud (km)	Porcentaje (%)	Cantidad de secciones de control
■ Q1	385,3	9,6%	39
■ Q2	2 477,7	61,5%	342
■ Q4	769,3	19,1%	178
■ Q5	38,2	1,0%	11
■ Q7	82,0	2,0%	19
■ Q8	29,7	0,7%	13
■ Q9	54,5	1,4%	20
■ M-RF	79,7	2,0%	26
■ RH-RF	54,6	1,4%	19
■ R-3	34,2	0,8%	15
■ NP	20,7	0,5%	6
Total	4 026,0 kilómetros		688 secciones

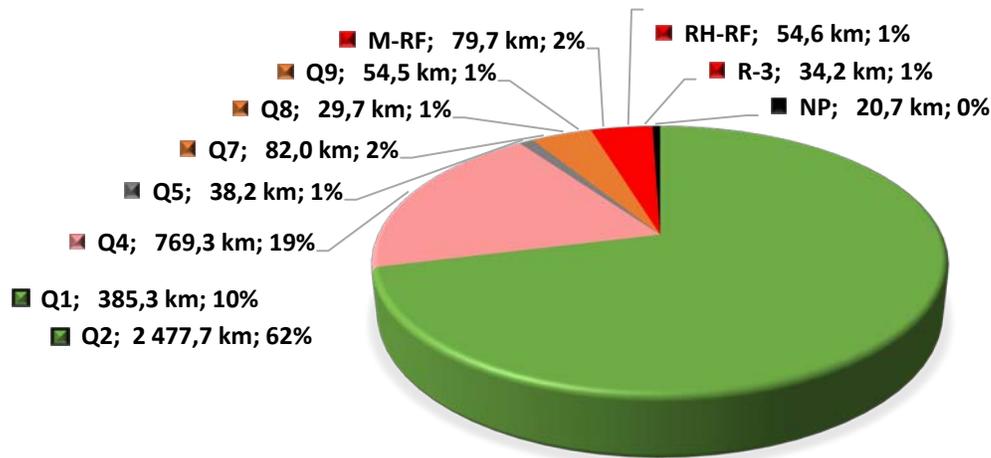


Figura 15. Notas de calidad, longitud en kilómetros y porcentaje para la Red Vial

La clasificación de la red vial por las notas de calidad revela que el 72 % presenta notas en las categorías ■ Q1y ■ Q2, es decir rutas con muy buena capacidad estructural, pero que en el caso de las que presentan nota ■ Q2 (62 % aprox.) muestran una condición funcional regular. Por tanto, solo un 10 % de la red vial evaluada, presenta condiciones ideales de servicio, y en las que la inversión de mantenimiento es solo para preservar sus buenas condiciones generales. La última categoría con un porcentaje importante, en este caso un 19 %, lo representa las rutas con nota ■ Q4, i.e. rutas con buena condición estructural, pero con deterioros funcionales importantes. Estas 3 categorías presentadas engloban poco más del 90 % de la longitud de la Red Vial, ocupando las demás el restante 10 %. Aproximadamente 190 km (menos del 5 % evaluado) son candidatas a intervenciones importantes (categorías ■ M-RF, ■ RH-RF, ■ R3 y ■ NP). Por lo tanto, en general la Red Vial Nacional presenta condiciones aceptables de servicio para los usuarios, y que con actividades específicas que no tienen alto impacto económico, puede mejorar su condición.

2.3.3. Resultados de Notas Q desglosados por provincias

En la Figura 16, se presentan los resultados de las Notas de Calidad Q desglosados por provincia para la campaña de evaluación 2022.

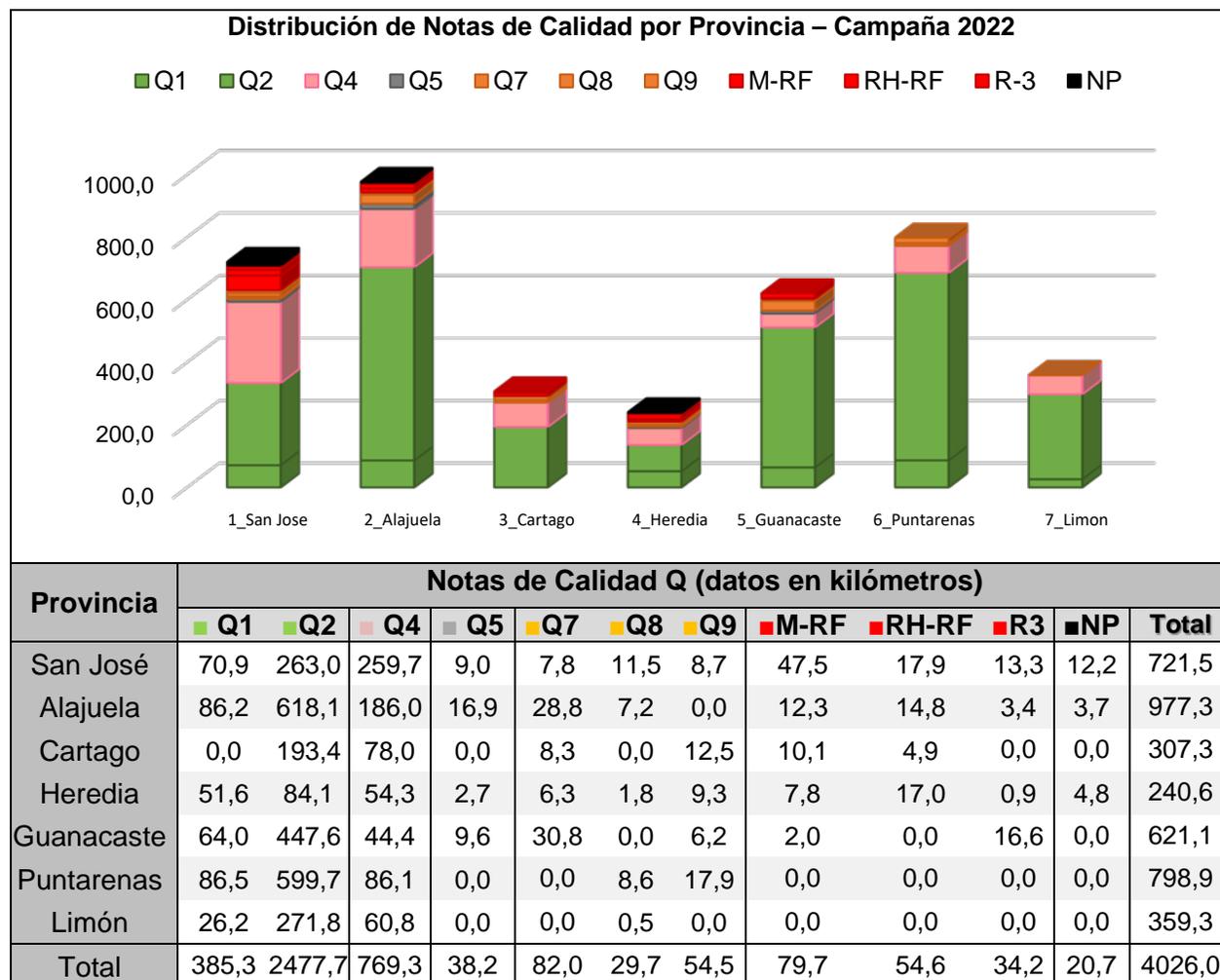


Figura 16. Notas Q por provincias para la Red Vial Nacional Pavimentada

Si bien la extensión de la red varía de provincia en provincia, porcentualmente San José presenta la menor cantidad de extensión con notas **Q1** y **Q2**, y la mayor en las demás notas. Por otra parte, Guanacaste seguido de Puntarenas y Alajuela, son las que presentan el mayor porcentaje de su extensión de rutas, en las categorías bajas.

2.3.4. Resultados de Notas Q desglosados por zonas de conservación

La Figura 17 a continuación, muestra la distribución de rutas y sus respectivas Notas Q, en las zonas de conservación.

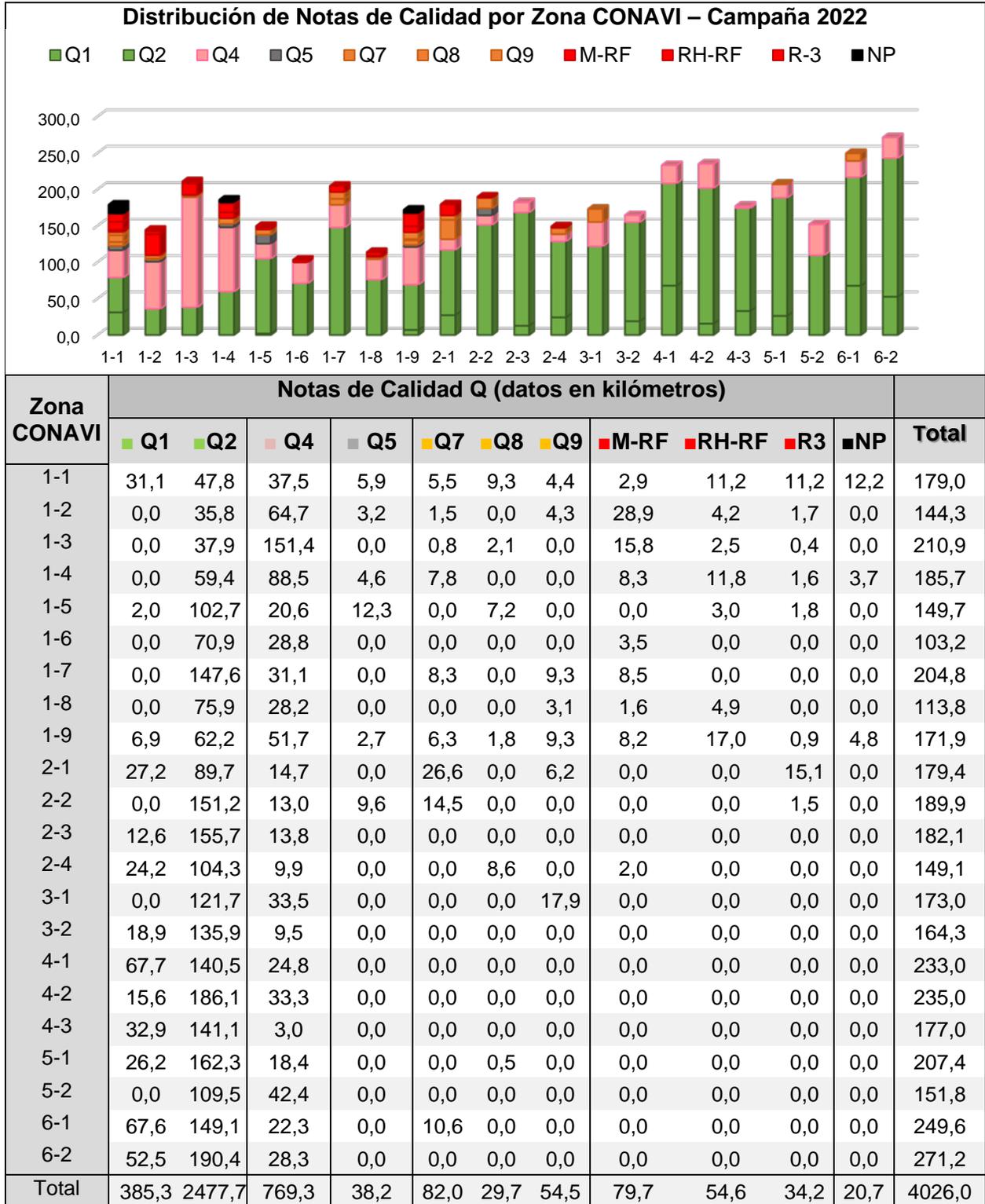


Figura 17. Notas de calidad por Zona CONAVI



Al analizar estos datos, son las zonas de conservación de la GAM las que presentan los mayores porcentajes de rutas con las notas en las categorías altas. Por otra parte, las zonas del Pacífico Central (Zonas 3-1 y 3-2), Pacífico Sur (4-1, 4-2 y 4-3), Caribe (5-1 y 5-2) y Zona Norte (6-1 y 6-2) son las que porcentualmente presentan la mayor cantidad de rutas con notas en las categorías bajas.

2.3.5. Resultados de Notas Q mediante SIG

La Figura 18 muestra los resultados obtenidos de Notas Q, de forma gráfica.

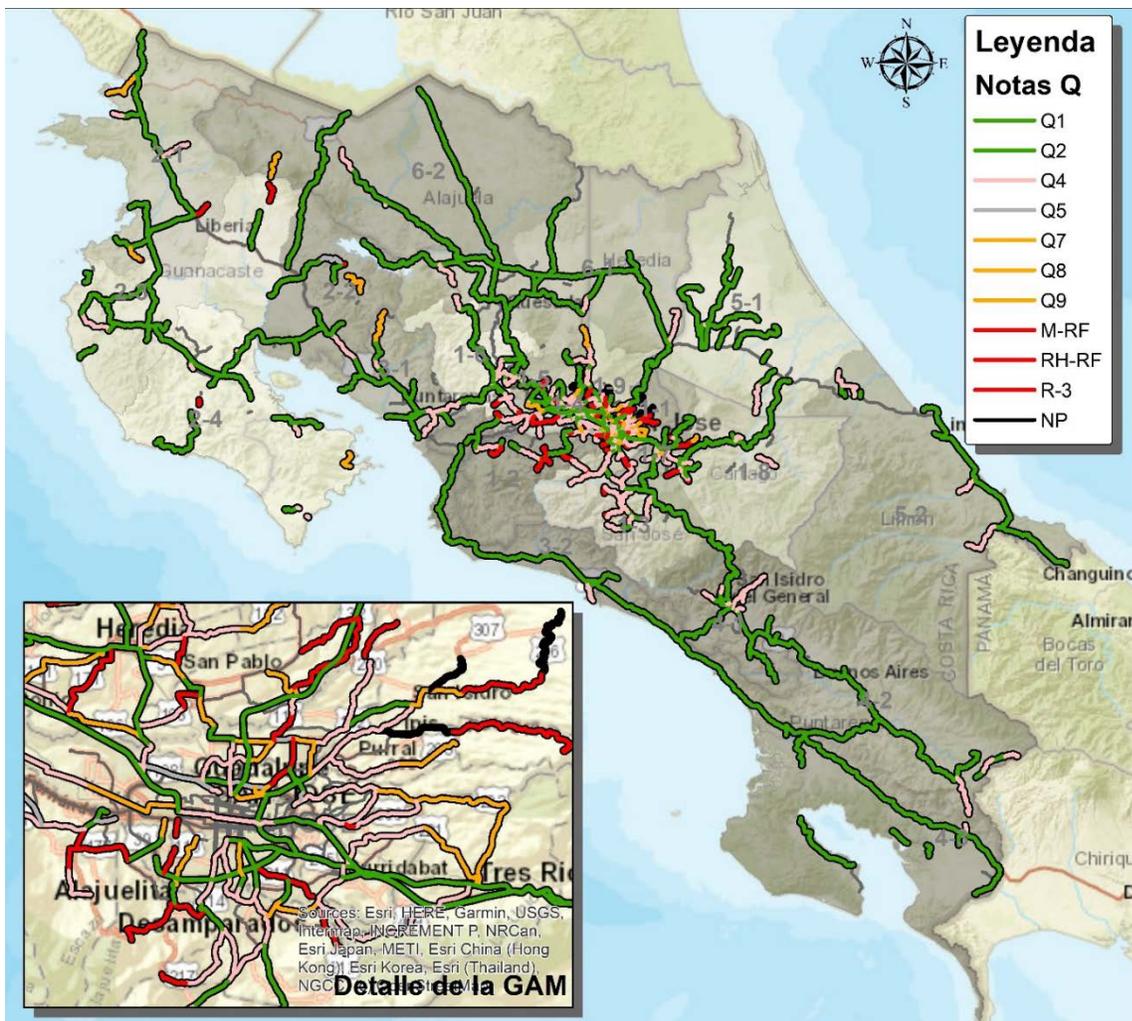


Figura 18. Mapa de distribución de las notas Q por Zona de Conservación Vial



2.4. ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL NACIONAL

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 / recuperación a nivel de red, para la Red Vial Nacional pavimentada.

Las estrategias de intervención presentes en este informe de evaluación deben ser ajustadas a nivel táctico-operativo por parte de la Administración, esto 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 de 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, un perfilado y la colocación de una nueva sobrecapa con un aporte estructural significativo, de acuerdo con un diseño estructural que tome en consideración la capacidad estructural remanente de la sección existente, así como un nuevo período de diseño, puede ser 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 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, son ejemplos de este tipo de estrategia de intervención. 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 existente, 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 solicitaciones de carga actuales.

■ **Reconstrucción:** 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 19, con el fin de identificar aquellas secciones de control que sean candidatas a los distintos tipos de intervención.

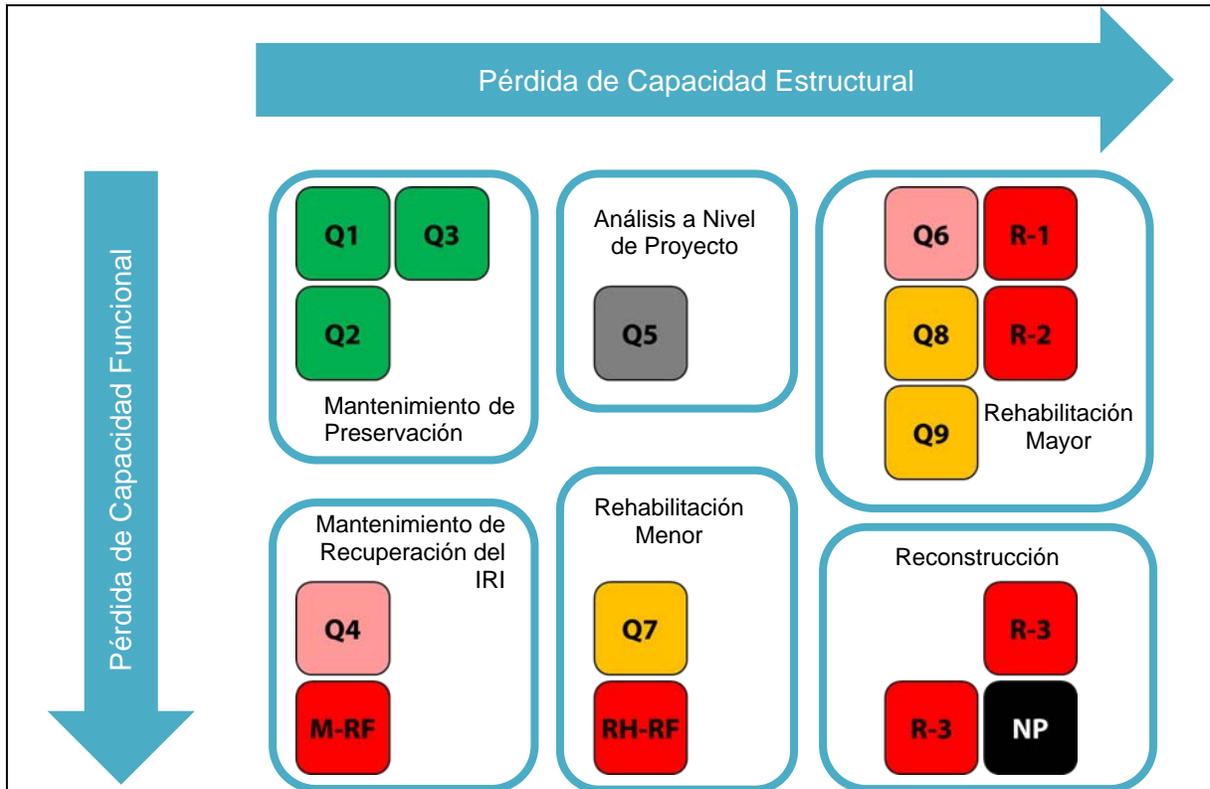


Figura 19. Agrupación de las notas de calidad para definición de estrategias generales de intervención (LanammeUCR, 2011)

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, ■ Q8, ■ Q9, ■ RH-RF, ■ R-1, ■ 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 de evitar enmarcar este tipo de intervención dentro del alcance de los proyectos de conservación vial, ya que este tipo de intervenciones solo 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 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* debido a la diferencia de alcances, costos y actividades permitidas por el contrato.

En la Figura 20 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).

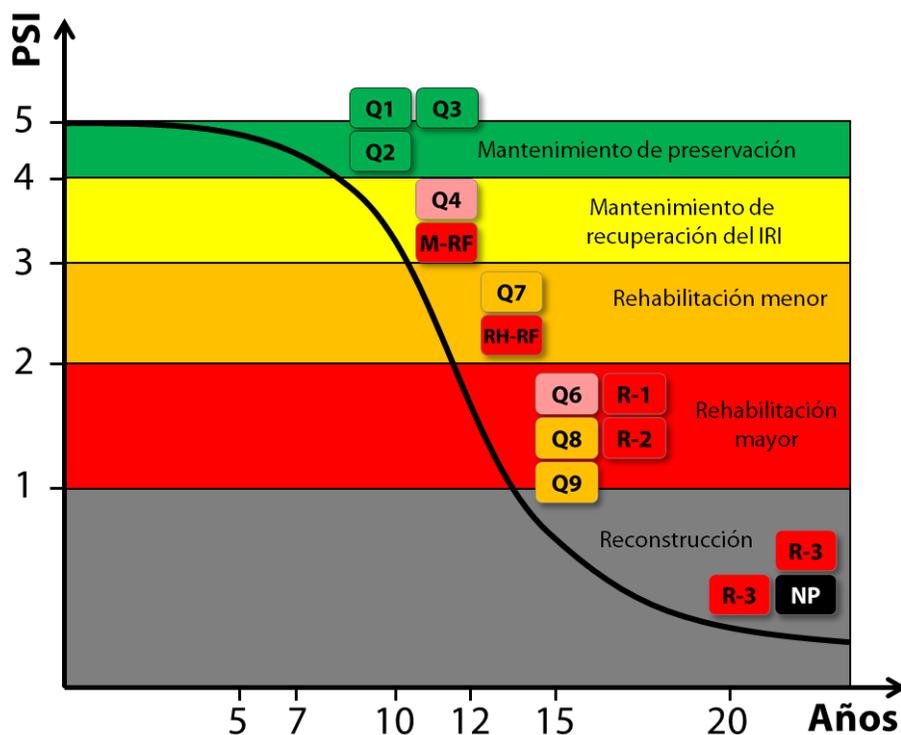


Figura 20. Esquema de Notas de Calidad distribuidas en función de las ventanas de generales de operación (LanammeUCR, 2013)



2.4.2. Resultados de Estrategias Generales de Intervención para la Red Vial Nacional

Una vez agrupadas las notas de calidad, se procesa la información para las secciones de control evaluadas, en el Cuadro 10. se muestran los resultados para la Red Vial Nacional Pavimentada.

Cuadro 10. Resultados de las Estrategias Generales de Intervención para la Red Vial.

Recomendación de Estrategia de Intervención General Campaña de Evaluación de la Red Vial Nacional años 2022-2023	Longitud (km)	Porcentajes (%)
■ Mantenimiento de preservación	2 863,1	71,1
■ Mantenimiento de recuperación del IRI	849,0	21,1
■ Análisis a nivel de proyecto	38,2	1,0
■ Rehabilitación menor	136,6	3,4
■ Rehabilitación mayor	84,2	2,1
■ Reconstrucción	54,9	1,4
TOTALES	4 026,0 km	

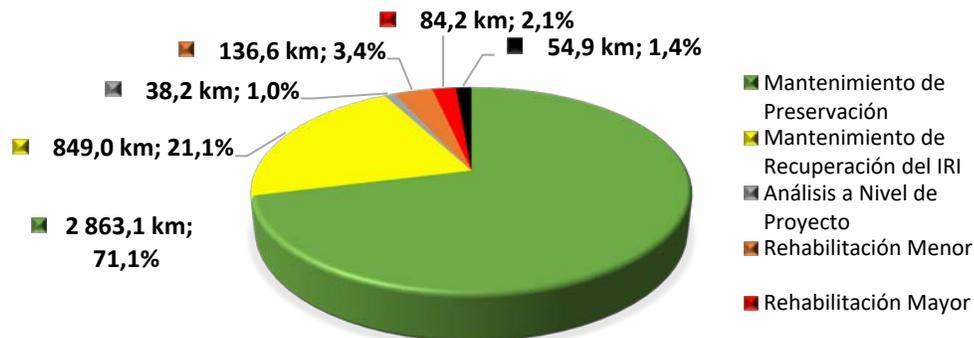


Figura 21. Estrategias de intervención para la Red Vial Nacional - ERVN2022

Para la ERVN2022, los resultados revelan que el 71 % de las secciones que componen la red vial pavimentada son candidatas a intervenciones de *Mantenimiento de Preservación*, es decir actividades de bajo impacto en recursos, que ayudan a mantenerlas en dicho estado. Por otra parte, 21 % de las secciones evaluadas entran en la categoría de *Mantenimiento de Recuperación del IRI*, que trata de obras destinadas a mejorar el confort, disminuir el impacto en los costos de operación vehicular para el usuario, mejorar las condiciones de ruedo para seguridad vial y las velocidades de circulación, así como en la disminución de contaminación por gases, congestión y por exceso de ruido. Las demás categorías (rehabilitación y reconstrucción) representan un 7 % de la Red Vial, lo cual son rutas en las que se deben invertir mayor cantidad de recursos para recuperar sus índices de servicio normales.

2.4.3. Resultados desglosados por provincia

La información de las estrategias de intervención, representadas por provincia, se muestran en la Figura 22.

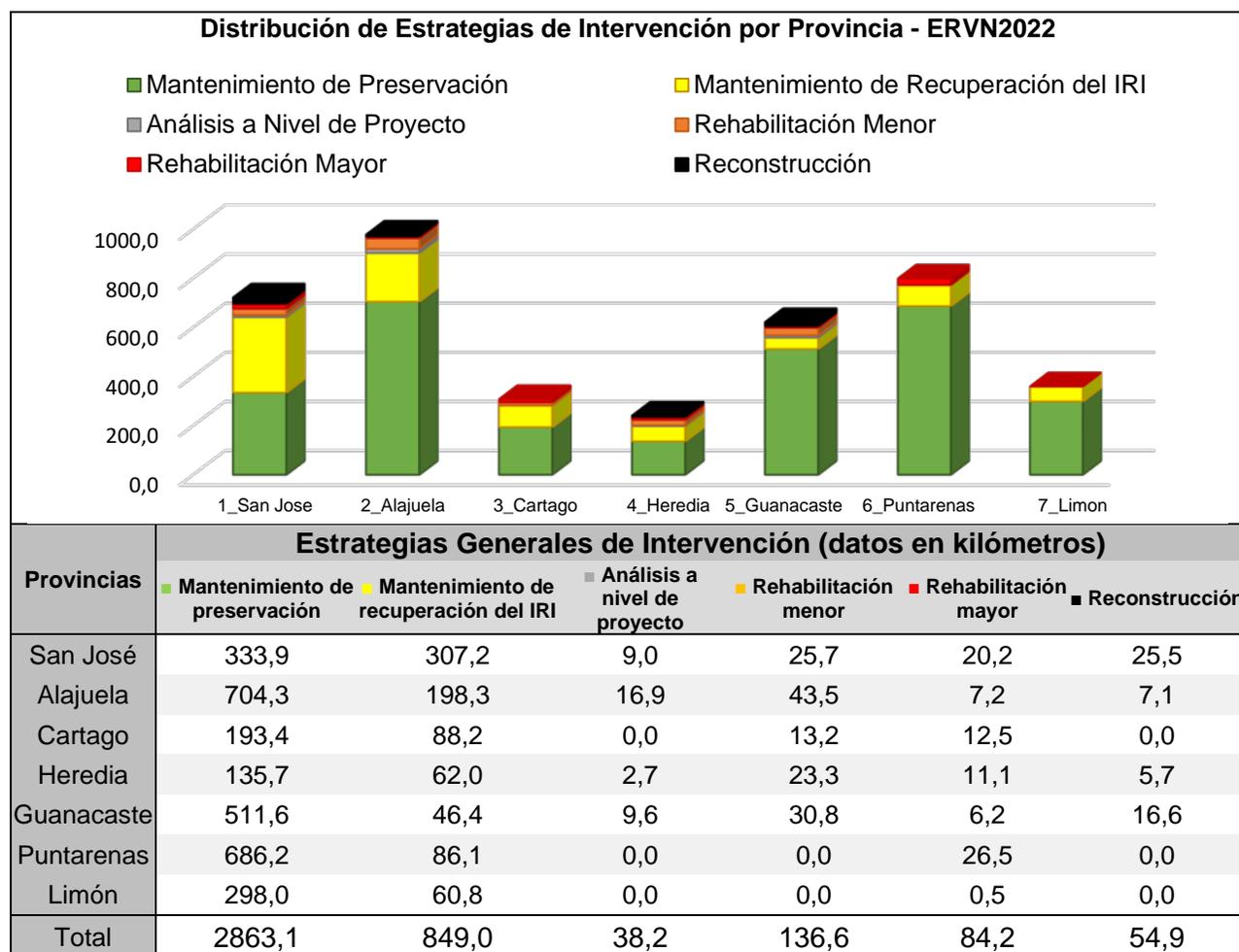


Figura 22. Estrategias de intervención para la Red Vial Nacional distribución por provincias

Analizando los datos, las provincias de Limón y Puntarenas son las que tienen, por porcentaje de su respectiva red, la menor cantidad de secciones que requieren de estrategias de rehabilitación / reconstrucción. Caso contrario pasa con el resto de las provincias, aunque hay que señalar que, por porcentaje, es muy pequeño en comparación con la extensión de sus respectivas redes. Por su parte, San José y Alajuela son las que presentan la mayor cantidad de secciones requiriendo actividades de *Mantenimiento de Recuperación de IRI*.

2.4.4. Resultados desglosados por Zonas de Conservación

En la Figura 23, se presenta esta distribución, pero con respecto a las Zonas de Conservación.

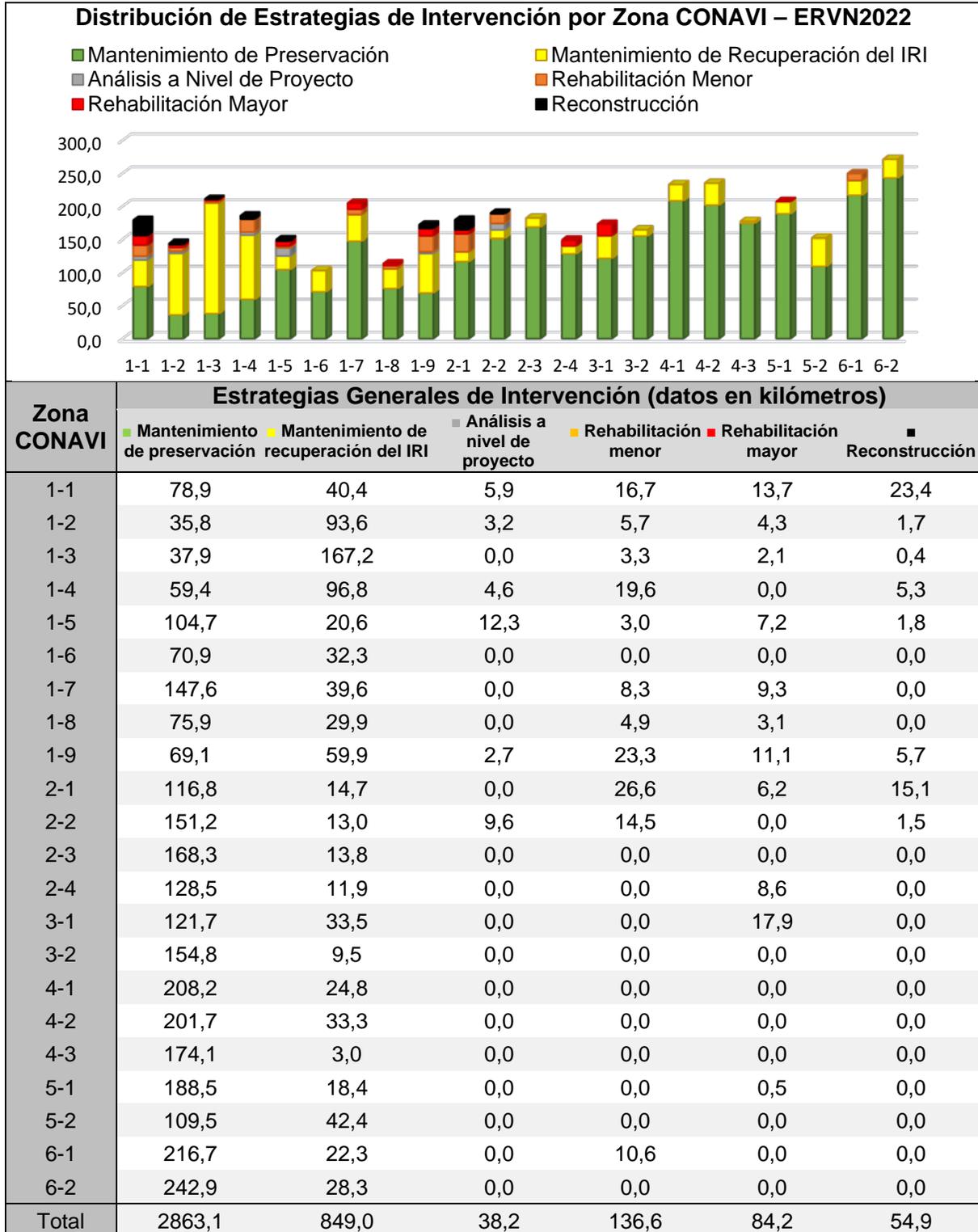


Figura 23. Distribución de estrategias por Zonas del CONAVI

De nuevo, son las zonas que pertenecen a la GAM, las que presentan la mayor variabilidad de estrategias, y las que presentan rutas que requieren de *rehabilitación mayor* y *reconstrucción*. Por su parte, las rutas de las zonas del Pacífico Sur, el Caribe y la Zona Norte son las que presentan mayor uniformidad en los resultados, y en la mayoría se aplican estrategias de *preservación* y *recuperación de IRI*.

Es importante resaltar que las estrategias de intervención mostradas en este informe no deben ser usadas para justificar labores de intervención a *Nivel de Proyecto*. Cada una de las rutas que componen la Red Vial Nacional presentan realidades distintas, como condiciones estructurales, topográficas, climáticas y de tránsito por nombrar algunas; por lo que los tipos de obras a realizar deben responder a un estudio específico, para determinar el mejor tipo de intervención acorde al presupuesto disponible.

2.4.5. Resultados mediante SIG

Los resultados obtenidos, se muestran en forma gráfica en la Figura 24.

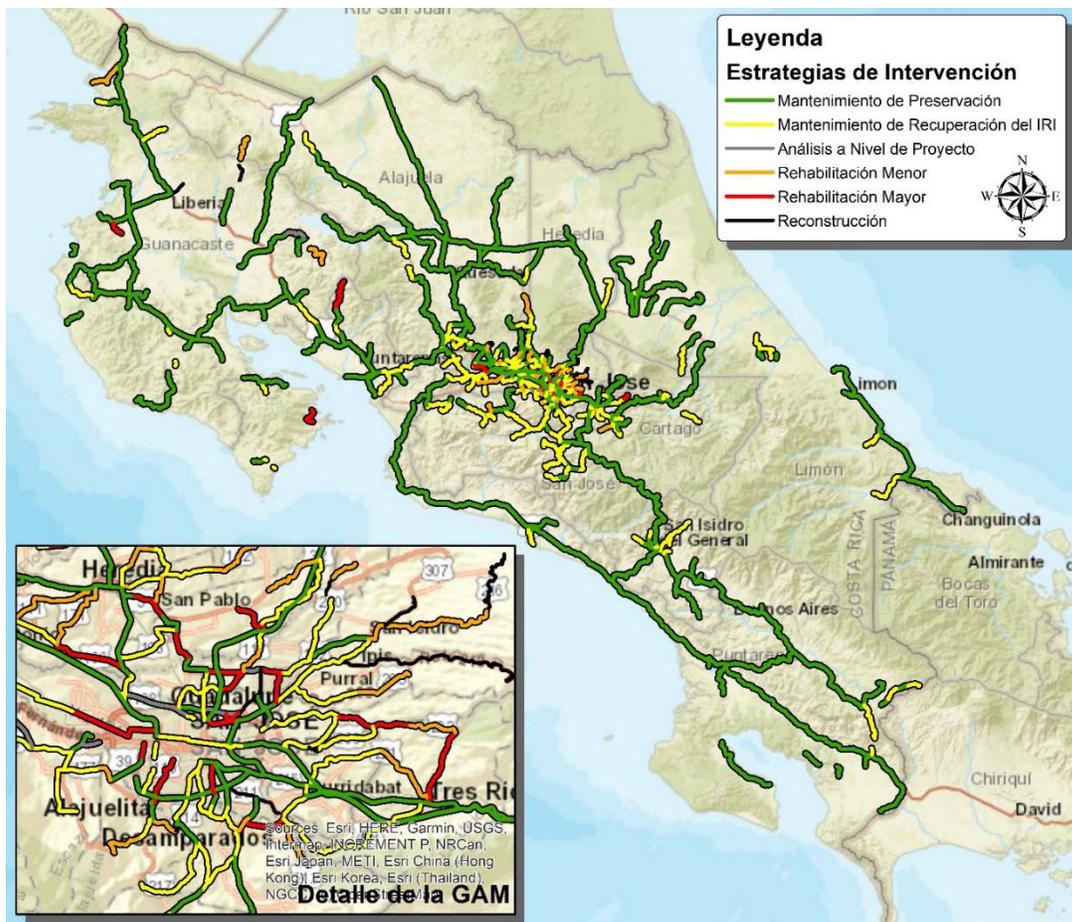


Figura 24. Mapa de distribución de estrategias de intervención, campaña de evaluación 2022



2.5. PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN TOMANDO EN CUENTA LOS NIVELES DE AGARRE SUPERFICIAL DE LAS RUTAS

2.5.1. 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. Este parámetro solo puede ser evaluado en aquellas rutas que presentan una condición funcional de buena a regular, esto porque para valores de IRI mayores a 4 m/km , el equipo conocido como *Grip Tester* usado en el LanammeUCR puede perder su calibración, y sufrir daños permanentes.

En general, los distintos niveles de resistencia al deslizamiento presentes en rutas pavimentadas se asocian con deterioros superficiales de tipo funcional, tales como exudación y desnudamiento de agregados. En estos casos, las estrategias de intervención deben tomar en cuenta este parámetro, en aras de corregir el problema: por ejemplo, en rutas que califican para *Mantenimiento de preservación* pero que presentan estos deterioros, pueden 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 en las rutas nacionales se muestran en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Recomendaciones de intervención para atender los distintos niveles de deslizamiento según su nota de calidad.

Condición por Agarre Superficial 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), <u>Slurry Seal</u>
■ Muy deslizante < 0,5	Tratamiento superficial doble o triple (TS2 o TS3), <u>Slurry Seal</u>	Tratamiento superficial doble o triple (TS2 o TS3), <u>Slurry Seal</u>	Tratamiento superficial doble o triple (TS2 o TS3), <u>Slurry Seal</u> , <u>Microcapas</u>

2.5.2. Propuestas de intervención para la Red Vial Nacional

Del total de rutas de la Red Vial Nacional pavimentada que se evaluó en esta campaña, 2 374 km presentaron las condiciones de tener un paquete estructural competente, y un nivel de IRI tal que pudieron ser evaluadas con el medidor de agarre que posee el LanammeUCR (denominado Grip Tester), lo que representa poco menos del 59% del total de la RVN. Con base en las Notas de Calidad Q, específicamente aquellas rutas con notas Q1 y Q2 (candidatas a intervenciones simples), así como los resultados del GripTester para las mismas, en la Figura 25 se muestran Recomendaciones Generales de Intervención que tienen por objeto mejorar la condición de agarre superficial de estas rutas.

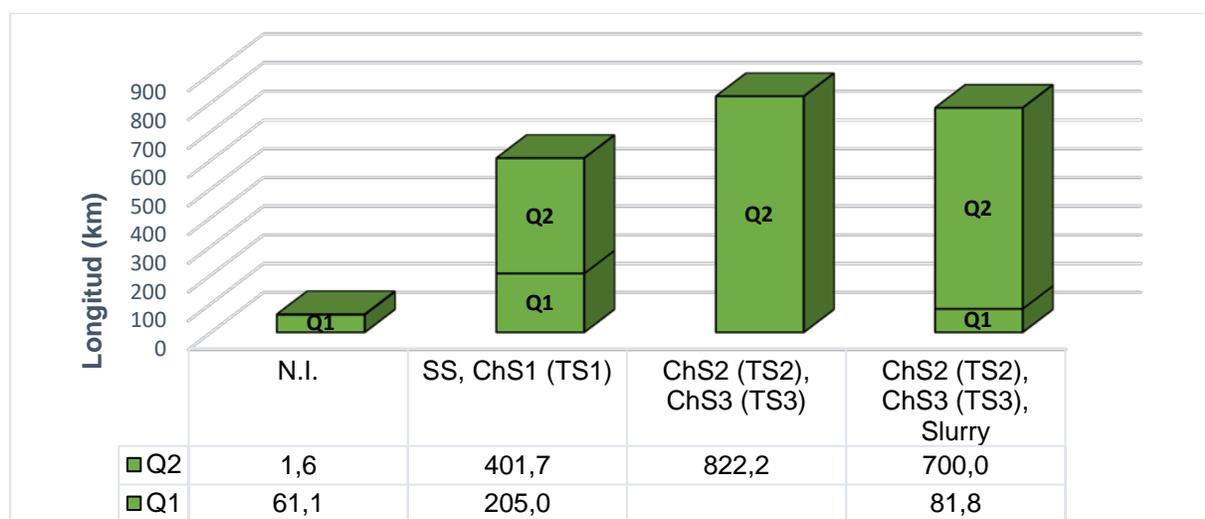


Figura 25. Recomendaciones de intervención para atender los distintos niveles de deslizamiento de rutas nacionales, Notas de Calidad Q1 y Q2

Del total de 2 374 km de rutas evaluadas con el *GripTester*, 2 273 km representan aquellas con notas de calidad Q1 y Q2. De estas últimas, aproximadamente 63 km no requieren intervención dado que los niveles superficiales que muestran son buenos, mientras que los restantes 2 210 km requieren de tratamientos superficiales para mejorar su condición de agarre, tal y como se muestra en la Figura 25, esto en conjunto con las actividades de mantenimiento o preservación ya presentadas en las secciones anteriores. De nuevo, estas 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 INVERSION EN MANTENIMIENTO

3.1. INTRODUCCIÓN

Para llevar a cabo las labores de mantenimiento de vías, como ya se mencionó el CONAVI emplea una división administrativa de 22 zonas que abarcan la Red Vial Nacional pavimentada. Mediante licitación pública, empresas constructoras nacionales participan y son asignadas a cada zona, para realizar dichas labores de mantenimiento. La conservación vial se basa en la asignación presupuestaria, así como en el inventario de vías a cubrir.

Este informe analiza los trabajos realizados entre enero del año 2020, y diciembre del 2021. Esto, porque los ensayos se realizaron durante el año 2022, y por tanto evalúan los resultados de las actividades del periodo 2020 – 2021. En este periodo, se presentaron las licitaciones 2014LN-000016-0CV00, 2014LN-000017-0CV00 y 2014LN-000018-0CV00; las empresas asignadas a cada zona de conservación por licitación se muestran en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Distribución de Contratistas por Zona de Conservación Vial y Licitación

Zona	Contratos de Conservación		
	2014LN-000016-0CV00	2014LN-000017-0CV00	2014LN-000018-0CV00
1-1	Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A.	Hernán Solís S.R.L	MECO
1-2	3-101-553488 Sociedad Anónima	MECO	MECO
1-3	Inversiones Solano y Camacho S.A.	Hernán Solís S.R.L	Hernán Solís S.R.L
1-4	Juan Carlos Cubero Arias	Hernán Solís S.R.L	Hernán Solís S.R.L
1-5	ALSO FRUTALES S.A.	Hernán Solís S.R.L	Hernán Solís S.R.L
1-6	ALSO FRUTALES S.A.	Hernán Solís S.R.L	Hernán Solís S.R.L
1-7	CONTRAOLASA S.A.	MECO	Hernán Solís S.R.L
1-8	Albin Gerardo Thames Rojas	Hernán Solís S.R.L	Hernán Solís S.R.L
1-9	ALSO FRUTALES S.A.	MECO	MECO
2-1	ALSO FRUTALES S.A.	Hernán Solís S.R.L	Hernán Solís S.R.L
2-2	ALSO FRUTALES S.A.	Hernán Solís S.R.L	Hernán Solís S.R.L
2-3	FRESA FRESCA S.A.	Hernán Solís S.R.L	MECO
2-4	FRESA FRESCA S.A.	MECO	MECO
3-1	SR. Olivier Cubero Arias	Hernán Solís S.R.L	Hernán Solís S.R.L
3-2	Cesar Jiménez Cubero	Hernán Solís S.R.L	Hernán Solís S.R.L
4-1	Trabajos y Mantenimiento Trejos S.A	MECO	Quebradores del Sur
4-2	Ana Lorena Chaves Rivera	MECO	Quebradores del Sur

Zona	Contratos de Conservación		
	2014LN-000016-OCV00	2014LN-000017-OCV00	2014LN-000018-OCV00
4-3	Trabajos y Mantenimiento Trejos S.A	MECO	MECO
5-1	Constructora Mary José S.A.	MECO	MECO
5-2	Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A.	MECO	MECO
6-1	Adrián Solano Rodríguez	MECO	MECO
6-2	Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A.	Constructora Herrera S.A.	MECO

3.2. Definiciones

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

- 1. Estimaciones de pago:** Conjunto de documentos que sirven de respaldo para la Administración, en los trámites de control y pago de las labores y obras ejecutadas de conservación vial del CONAVI. Las estimaciones de pago pueden contener, pero sin limitarse a ello, la siguiente información: a) facturas de pago presentadas por los contratistas de cada una de las zonas de conservación vial, b) ubicación de las labores, c) controles de calidad realizados y d) notas, memoranda u oficios de relevancia.
- 2. Ítem de pago:** También conocido como renglón de pago. Corresponde con las especificaciones de las distintas actividades definidas en los carteles de licitación de los contratos de mantenimiento y conservación vial. En estos ítems de pago se establecen especificaciones básicas sobre el tipo de labor, materiales, responsabilidades y forma de pago. Existen un total de 120 renglones de pago para estas contrataciones, y con base en estos renglones de pago los contratistas presentan sus ofertas de servicio al CONAVI.
- 3. Eficiencia de la inversión:** Para efectos de este informe la eficiencia se define como el logro de las metas con la menor cantidad de recursos posibles, dentro de la ventana de operación de mantenimiento. Una “mejora” o “mejora parcial” en la condición de una vía se considera eficiente si la inversión realizada la conserva dentro de la ventana de mantenimiento con una baja inversión. El efecto de intervenir rutas que requieren reconstrucción o rehabilitación con labores de mantenimiento no representan una inversión eficaz ni eficiente, pues no se logra la mejora esperada o se logra con una altísima inversión.

3.3. Actividades de procesamiento de las estimaciones de obra vial

Para la obtención de datos de inversión en las actividades de conservación vial, se recurrió a la base de datos de estimaciones de pago del CONAVI. La información derivada de cada estimación de obra vial es de carácter público y se encuentra asociada a una zona de conservación específica, agrupando las actividades realizadas en un mes, es decir, los ítems



definidos en el cartel de licitación, que han sido ejecutados por la empresa en las rutas de su zona asignada. Cada estimación consta de documentación impresa, copias de facturas comerciales, impresiones de los cuadros de estimación descriptivos, así como elementos de correspondencia y notas de aclaración que requieren las empresas constructoras, para justificar las facturas de cobro.

Empleando la herramienta informática denominada Sistema de Gestión de Proyecto SIGEPRO, utilizada por el CONAVI a fin de mejorar los elementos contables y de gestión, se logra un mayor acceso a la información y mejor control de los procesos relacionados con las estimaciones; sin embargo, al momento de haber realizado esta evaluación, no se ha implementado un sistema integrado y automatizado de control y registro de pago de las labores de conservación vial, que permita asociar datos de inversión con elementos físicos o geoespaciales, es decir, que permita identificar cuáles labores se han realizado, dónde fueron realizadas y en qué fecha y la cantidad de dinero invertido. Esto se ha identificado como una importante oportunidad de mejora ante la necesidad de implementación de un Sistema de Gestión de Activos Viales que incluya módulos de inversión y desempeño, con el fin de garantizar la integración de información completa y actualizada, que permita desarrollar estos análisis con mayor certeza y trazabilidad.

A continuación, se indican las principales actividades ejecutadas para el procesamiento de las estimaciones, y obtención de resultados para el periodo de análisis:

- Acceso y descarga de datos del SIGEPRO.
- La información en el cartel de licitación determina los diversos ítems de pago, así como las unidades de medición asociadas.
- La asignación de las secciones de control, rutas y zonas de conservación, conforman los elementos necesarios para ubicar de forma geográfica toda la información procesada, con lo cual se deriva el análisis espacial 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 permite el rastreo eficiente de la información original utilizada para la obtención de resultados.

Tal y como ha pasado en informes finales de campañas pasadas, el procesamiento de las facturas por reajustes de precios u obras complementarias que no hayan sido reportadas en el SIGEPRO queda fuera del alcance de los análisis realizados en este informe.

Para el presente informe se procesaron 568 estimaciones de pago para las 3 licitaciones que cubren las actividades realizadas entre enero del año 2020, y diciembre del año 2021. Es necesario indicar que, en este mismo periodo, se presentó la pandemia mundial por el COVID-

19, lo cual en nuestro país paralizó las actividades de conservación por varios meses; adicionalmente en junio del año 2021 se presentaron diversos casos asociados a posibles actos de corrupción, cuyas implicaciones retrasaron significativamente la asignación de obras y contratos para la Red Vial Nacional.

3.4. RESULTADOS OBTENIDOS, ESTIMACIONES DE OBRA VIAL

3.4.1. Montos totales de inversión (sin reajustes)

Se analizan las inversiones totales y su distribución por zona de conservación, así como una revisión del porcentaje invertido por ítem de conservación, y comparación con los indicadores de estado obtenidos en el capítulo anterior. El análisis determina si la inversión realizada produce una mejoría en las condiciones de las rutas de la Red Vial Nacional, por lo cual este informe se convierte en una herramienta de gestión para evaluar los recursos empleados, y su eficacia.

Los resultados obtenidos para el periodo de estudio de esta campaña (enero del 2020 a diciembre del 2021), se muestran en el Cuadro 13

Cuadro 13. Montos inversión por contrato, periodo 2020 – 2021.

Contrato	Fondo	Mes Inicial	Mes Final	Monto Inversión
2014LN-000016-0CV00	Peaje	Enero 2020	Junio 2021	₡149 470 042
	Vial	Enero 2020	Diciembre 2021	₡5 263 226 979
2014LN-000017-0CV00	Peaje	Enero 2020	Febrero 2021	₡461 213 220
	Vial	Enero 2020	Setiembre 2021	₡22 232 987 162
2014LN-000018-0CV00	Peaje	Enero 2020	Enero 2021	₡1 890 530 211
	Vial	Enero 2020	Marzo 2021	₡28 260 298 032
Monto Total de Inversión				₡ 58 257 725 645

Fuente: Base de Datos del LanammeUCR modificado del SIGEPRO

El total de inversión para el periodo analizado corresponde a cerca de 58 258 millones de colones, de los cuales unos 2 500 millones provienen del fondo de peajes, un 4,3 % del total invertido. Como se verá más adelante, este monto de 58.258 millones de colones corresponde aproximadamente a un 27,5 % del monto invertido, para el período de enero del 2018 a diciembre del 2019, que corresponde con el total de inversión evaluado en la Campaña de los años 2020 – 2021. En el Cuadro 14 y Figura 26, se desglosan los montos por zona de conservación.



Cuadro 14. Montos de inversión por Zona CONAVI.

Zona	Inicio periodo	Final periodo	Monto inversión
1-1	Enero 2020	Junio 2021	¢6 421 520 982
1-2	Enero 2020	Abril 2021	¢1 863 140 298
1-3	Enero 2020	Diciembre 2020	¢1 556 590 567
1-4	Enero 2020	Marzo 2021	¢1 050 505 821
1-5	Enero 2020	Junio 2021	¢2 243 399 560
1-6	Enero 2020	Agosto 2021	¢654 858 027
1-7	Enero 2020	Enero 2021	¢4 095 622 802
1-8	Enero 2020	Marzo 2021	¢2 992 369 828
1-9	Enero 2020	Febrero 2021	¢3 332 252 459
2-1	Enero 2020	Abril 2021	¢2 253 304 872
2-2	Enero 2020	Mayo 2021	¢3 132 850 838
2-3	Enero 2020	Enero 2021	¢1 845 283 166
2-4	Enero 2020	Abril 2021	¢3 201 509 519
3-1	Enero 2020	Abril 2021	¢1 388 426 670
3-2	Enero 2020	Diciembre 2021	¢2 741 932 929
4-1	Enero 2020	Setiembre 2021	¢3 991 679 184
4-2	Enero 2020	Noviembre 2021	¢3 259 484 017
4-3	Enero 2020	Febrero 2021	¢6 011 621 335
5-1	Enero 2020	Octubre 2021	¢1 043 613 811
5-2	Enero 2020	Noviembre 2020	¢776 162 021
6-1	Enero 2020	Diciembre 2020	¢3 560 786 839
6-2	Enero 2020	Setiembre 2021	¢840 810 100
Monto total de la inversión			¢58 257 725 645

Fuente: Base de Datos del LanammeUCR extraída del SIGEPRO

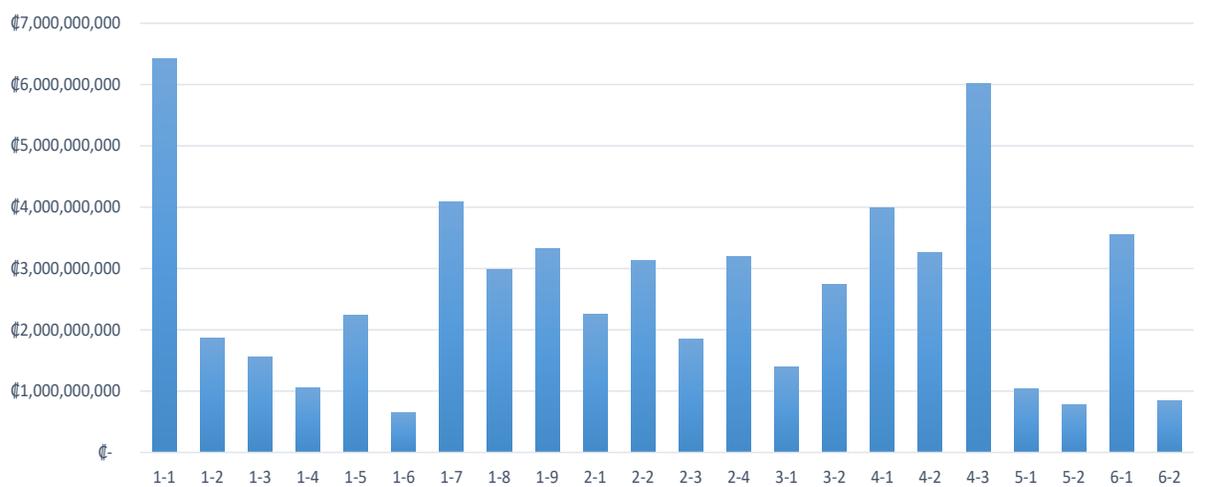


Figura 26. Inversión Total por Zona de Conservación CONAVI en el periodo 2020-2021

De la distribución mostrada, se puede observar variabilidad en los montos invertidos, agrupándose varias en un rango de aproximadamente 2 mil millones de colones o menos, tales como muchas de la GAM (1-2 a la 1-6), así como del Pacífico Norte (2-3), Pacífico Central (3-1), las del Caribe (5-1 y 5-2) y Zona Norte (6-2). En otro grupo se pueden ubicar aquellas que rondan los 4 mil millones de colones o menos de inversión, tales como varias zonas de la GAM (1-7 a la 1-9), del Pacífico Norte (2-1, 2-2 y 2-4), Pacífico Central (3-2), Pacífico Sur (4-1 y 4-2), y Zona Norte (6-1). Por último, destacan 2 zonas de conservación cuyos montos son cercanos a los 6 mil millones de colones, como son la 1-1 del GAM y la 4-3 del Pacífico Sur.

3.4.2. Desglose de actividades de los contratos

Durante los años 2020 y 2021, como en años anteriores se dividió las actividades de mantenimiento en tres grupos principales, que abarcan cada uno de los tres contratos activos en este periodo, y que son:

- 2014LN-000016-0CV000: MR-I Mantenimiento Rutinario sin Maquinaria Especializada de la Red Vial Nacional Pavimentada.
- 2014LN-000017-0CV000: MR-II Mantenimiento rutinario con maquinaria especializada, contingencias y rehabilitación del sistema de evacuación pluvial de la Red Vial Nacional Pavimentada.
- 2014LN-000018-0CV000: MP & R Mantenimiento Periódico y Rehabilitación del Pavimento de la Red Vial Nacional Pavimentada”.

Con base en las bases de datos del SIGEPRO procesadas en el LanammeUCR, se puede desglosar las actividades realizadas en estos tres contratos, para establecer un orden de mayor a menor porcentaje de inversión, el cual se muestra en la Figura 27.

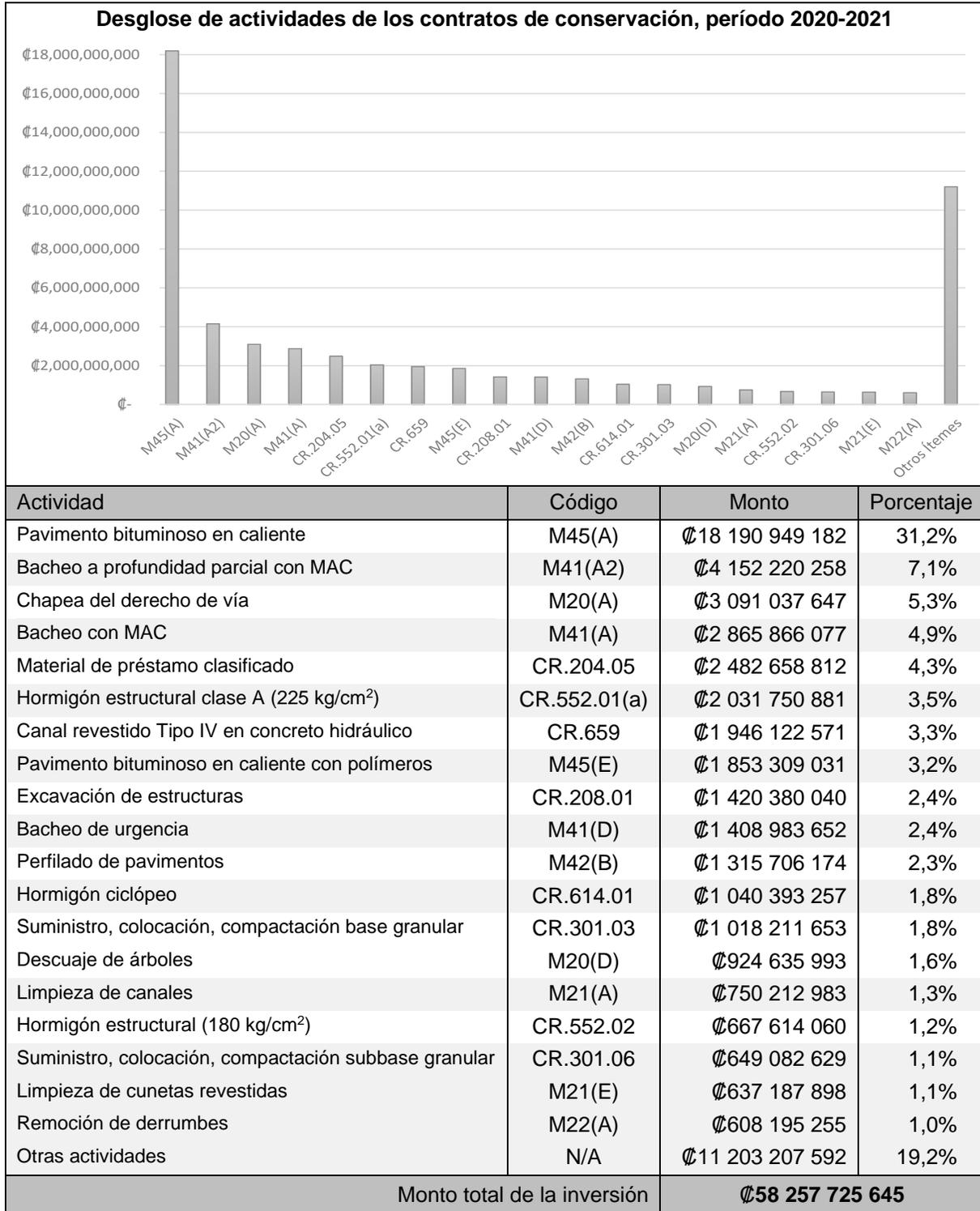


Figura 27. Desglose de las actividades de conservación, periodo 2020-2021.

El ítem de pago en el cual se realizó la mayor inversión es en la colocación de Pavimento bituminoso en caliente para sobrecapas, el cual recibió cerca de la tercera parte de los recursos para el periodo estudiado. A esto le siguen los bacheos con mezcla asfáltica en caliente (MAC), chapea del derecho de vía, colocación de material de préstamo y construcción de obras en concreto. En la Figura 27, el reglón denominado Otras Actividades, abarca actividades menores pero que en conjunto representan cerca de la quinta parte de la inversión para el periodo 2020-2021, y que corresponden con, por ejemplo, excavación en rutas, instalación de tuberías, construcción de muros de gaviones, demarcación vial, entre otros. En el Anexo 1, se muestra la totalidad de actividades con sus respectivos montos.

3.4.3. Comparación de la inversión realizada, periodo 2018 – 2021

Como se mencionó ya, son 3 los contratos de conservación analizados en este informe, los cuales también estaban vigentes para el Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional para los años 2020 – 2021. Por tanto, es posible comparar los montos mensuales entre campañas, para establecer una tendencia que pueda asociarse con el estado de la Red Vial pavimentada, aspecto que se tomará en el siguiente capítulo.

Los resultados de este análisis se muestran en la Figura 28.

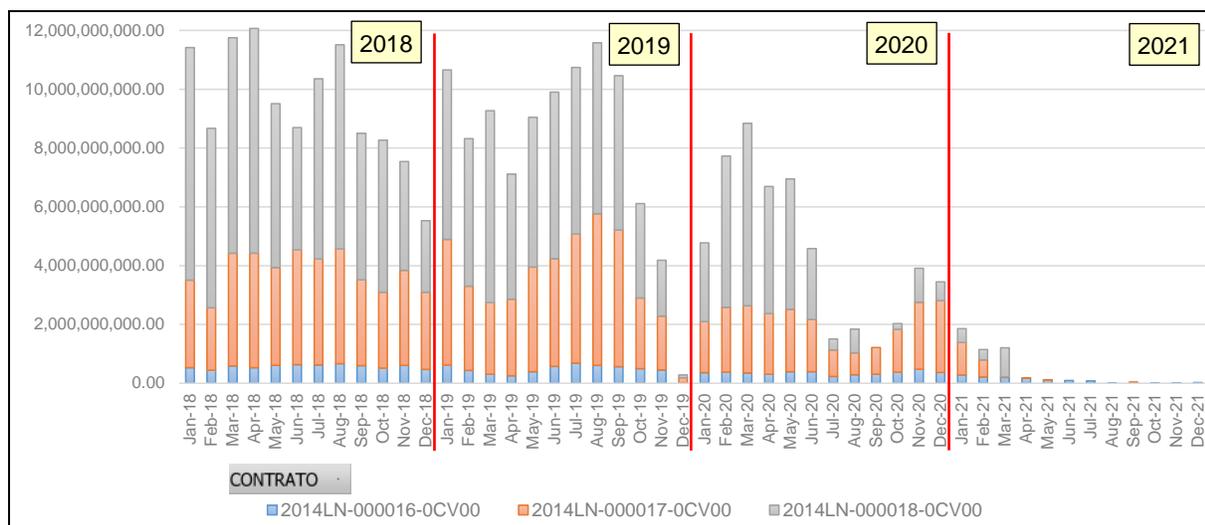


Figura 28. Totales invertidos en actividades de conservación, periodo 2018 – 2021.

Como se muestra, la inversión realizada en los años 2018 y 2019 presenta un comportamiento similar, siendo los tres primeros trimestres aquellos donde se presenta la mayor ejecución en actividades de mantenimiento, con una disminución notable en el último trimestre del año; en comparación, el año 2020 muestra solo un nivel de ejecución estable para el primer semestre, si bien con totales menores a aquellos de los dos años anteriores. Es importante mencionar que fue durante este año que se dio la pandemia por el COVID-19, con sus implicaciones de confinamiento para salvaguardar la población.



Por último, durante el año 2021 la ejecución en actividades de mantenimiento de la Red Vial Pavimentada alcanzó niveles mínimos: el monto invertido durante los años 2020 – 2021 fue de 58 258 millones de colones, es un 27,5% (aproximadamente una cuarta parte) del monto ejecutado durante el período 2018 – 2019, que fue de 211 510 millones de colones.

3.4.4. Visualización de la inversión, usando los Sistemas de Información Geográfica

La información generada cuenta con datos de sección de control y ruta que permiten generar mapas que resuman la inversión realizada en el país, así como la valoración de inversión relativa. Figura 29 muestra la relación entre la inversión total por sección de control y se divide entre el respectivo valor de longitud de cada sección para establecer la inversión relativa por kilómetro, llevada a cabo en cada sección de control. Este tipo de análisis se puede llevar a cabo para cada ítem o elemento de interés.

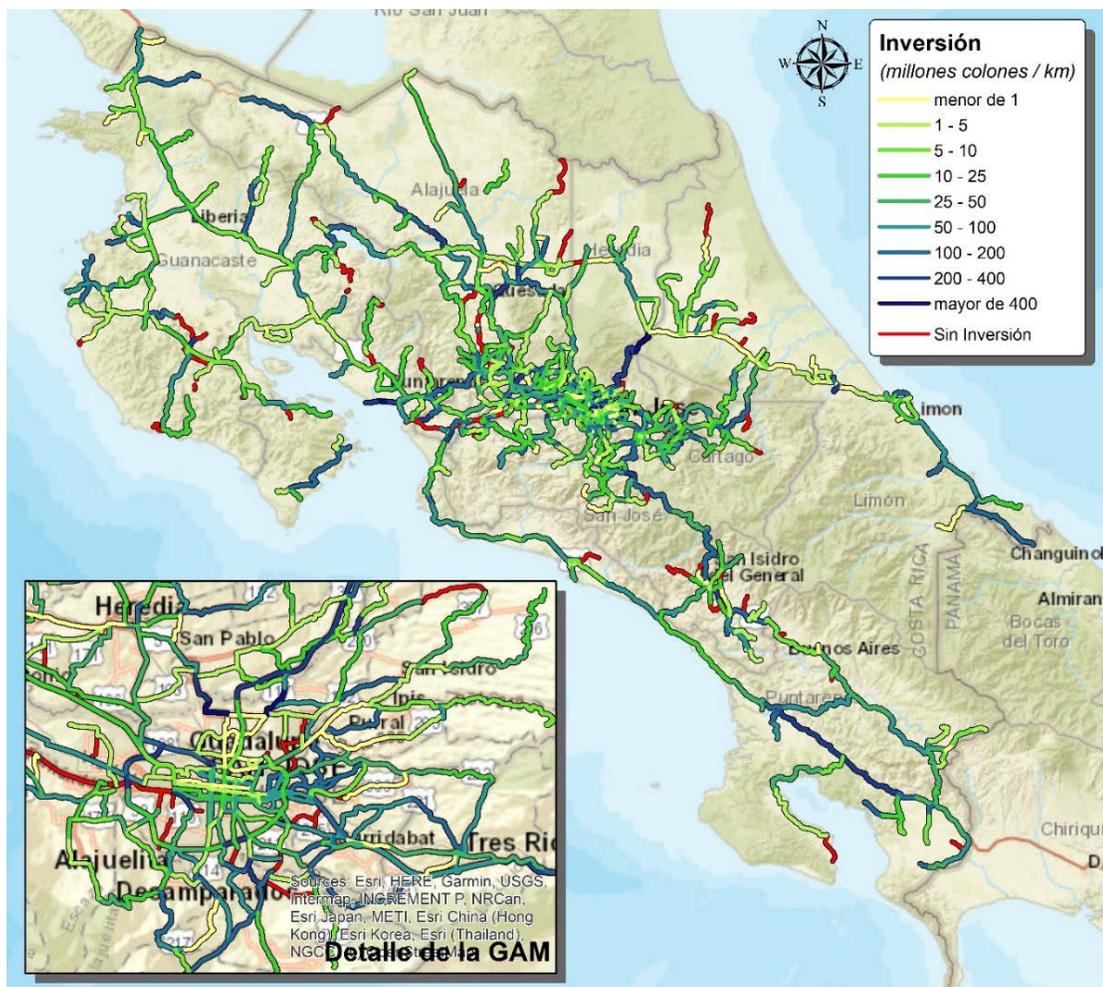


Figura 29. Mapa de inversión por kilómetro, para la presente campaña de evaluación.

CAPÍTULO 4 EVOLUCIÓN DEL ESTADO DE LA RED VIAL NACIONAL ENTRE CAMPAÑAS SUCESIVAS

4.1. INTRODUCCIÓN

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, funcional y de seguridad que presentan las rutas; así como un índice o nota de calidad. Sin embargo, debido primero a la falta de datos actualizados en la Administración, y segundo, a las labores realizadas sobre diversas rutas y la evolución misma de ellas a lo largo del tiempo, es de esperarse que la cantidad total de secciones evaluadas entre una campaña y otra, varíen. Por ejemplo, para esta evaluación, se cuenta con los datos actualizados de la estructura de las rutas que componen la Red Vial Nacional (Informe *EIC-Lanamme-INF-0308-2023-UGERVN*, disponible para su consulta en el portal web del LanammeUCR), que gracias al estudio que se realizó con imágenes satelitales, análisis de inversiones realizadas, equipo de imágenes *Imaging* y el *Radar de Penetración*, se pudo establecer que un porcentaje importante de rutas a simple vista pavimentadas, no presentan una estructura formal de pavimento, y por tanto, se determinó su composición como “tratamientos superficiales”, que implica otra serie de ensayos y metodologías no abarcados en esta campaña de evaluación. Por esta razón, estas rutas fueron eliminadas de los análisis presentados en este informe.

Dado este escenario, es necesario contar con una base de datos eficiente, dinámica y actualizada, de tal manera que sea posible comparar el estado de solo aquellas rutas y tramos evaluados entre campañas consecutivas, esto para tener una idea clara de la evolución del estado de la red vial. Y con base en esto, se presenta el segundo escenario: un tramo de ruta, el cual pudo haber tenido o no una intervención en un periodo definido, puede evolucionar ya sea: conservando su estado, variando hacia un mejor estado, o terminando en uno peor³. De

³ Una ruta, como toda obra civil, presenta una tendencia normal al deterioro. Dependiendo de varios factores, dicho deterioro puede ser leve, o muy marcado, provocando que de una campaña a otra, una ruta desmejore uno o varios niveles, en uno o varios indicadores de evaluación abarcados en este informe. Las intervenciones deben buscar revertir, minimizar o retrasar dicho deterioro, de tal manera que presente los mejores indicadores de servicio: en este contexto, una mejora debe buscar que la ruta presente siempre los mejores niveles de cada indicador; si esta mejora no logra la mejor categoría, se considera entonces una mejora parcial.



ahí la importancia del indicador de Nota de Calidad Q, el cual permite establecer para una determinada campaña, la cantidad exacta de tramos que permanecieron estables, o cambiaron su condición desde la campaña anterior. Y dado que para cada categoría de la Nota Q se asocia una recomendación de estrategia de intervención, es posible con base en la información obtenida del SIGEPRO, evaluar si las actividades realizadas en un tramo se asocian a sus necesidades reales; y con base en el cambio de condición de una evaluación a otra (o si permaneció estable), valorar la eficiencia de dichas intervenciones.

4.2. COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES OBTENIDOS, ENTRE LAS CAMPAÑAS DE EVALUACIÓN 2020 – 2021 Y LA 2022 – 2023

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 2020 – 2021, y los de la presente 2022 – 2023; esto para aquellos tramos de rutas que fueron evaluados en ambas campañas.

4.2.1. Comparación de la capacidad estructural

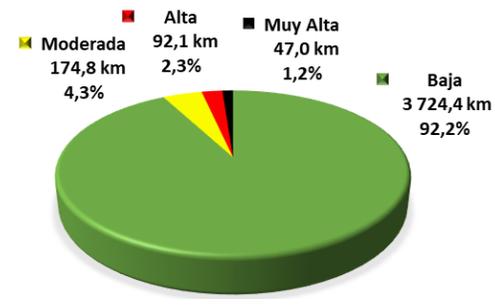
En el Cuadro 15, se muestran los resultados obtenidos con el Deflectómetro de Impacto, para ambas campañas sucesivas. Esto mismo, se muestra de forma gráfica en la Figura 30

Cuadro 15. Resultados obtenidos en deflexiones, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023.

Rango de Deflexiones	Campaña 2020 - 2021		Campaña 2022 – 2023	
	Longitud (km)	Porcentaje (%)	Longitud (km)	Porcentaje (%)
■ Baja	3 693,7	91,5	3 724,4	92,2
■ Moderada	165,5	4,1	174,8	4,3
■ Alta	162,5	4,0	92,1	2,3
■ Muy Alta	16,6	0,4	47,0	1,2
Total	4 038,3 km		4 038,3 km	



FWD Campaña 2020 – 2021



FWD Campaña 2022 – 2023

Figura 30. Resultados obtenidos en deflexiones, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023.

Los resultados entre ambas campañas para este parámetro son muy similares. En la categoría *Baja*, la presente campaña muestra una leve mejoría, con 30 km más en dicho rango, respaldado por una disminución de la longitud en la categoría *Alta*, de unos 70 km. Sin embargo, la presente campaña presenta 30 km más de rutas en la categoría *Muy Alta*, lo cual son rutas con una condición estructural muy mala.

La comparación entre ambas campañas se completa cuando se analiza la evolución de los tramos en cada rango, entre la del 2020 – 2021 y la 2022 – 2023; es decir, el total de longitud de rutas que conservaron su condición, o la variaron en el periodo estudiado. Para ello, se presenta el Cuadro 16 y la Figura 31.

Cuadro 16. Evolución del estado estructural, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023.

Categoría 2020 – 2021	Categoría 2022 – 2023	Evolución entre campañas	Longitud (km)	Porcentaje (%)
■ Baja 3.693,7 km	■ Baja	Mantiene la condición Buena	3 622,1	89,7%
	■ Moderada	Empeora la condición	48,5	1,2%
	■ Alta	Empeora la condición	23,1	0,6%
■ Moderada 165,5 km	■ Baja	Mejora la condición	66,0	1,6%
	■ Moderada	Mantiene la condición	78,1	1,9%
	■ Alta	Empeora la condición	21,5	0,5%
■ Alta 162,5 km	■ Baja	Mejora la condición	36,3	0,9%
	■ Moderada	Mejora parcial la condición	48,3	1,2%
	■ Alta	Mantiene la condición	46,6	1,2%
	■ Muy Alta	Empeora la condición	31,3	0,8%
■ Muy Alta 16,6 km	■ Alta	Mejora parcial la condición	0,8	0,0%
	■ Muy Alta	Mantiene la condición	15,7	0,4%
Totales			4 038,3	100%



Figura 31. Evolución del estado estructural, entre campañas.

Así se obtiene que de los 3 693,7 km que en la campaña 2020 – 2021 obtuvieron deflexiones en la categoría de *Baja*, lo cual representa una buena condición estructural, 3 622 km (poco menos del 90 %) mantuvieron esa buena condición, mientras que la longitud restante empeoró su estado en la actual campaña de evaluación. Totalizando con los demás rangos, aproximadamente 140 km (3,5 % de la longitud) mantuvieron su condición en las otras categorías de deflexiones (*Moderado*, *Alto* y *Muy Alto*); 102 (2,5 %) km optimizaron la condición (categoría *Baja*), 49 km (1,2 %) tuvieron una mejora parcial de su condición y los restantes 124 km (3,1 %) empeoraron su categoría.

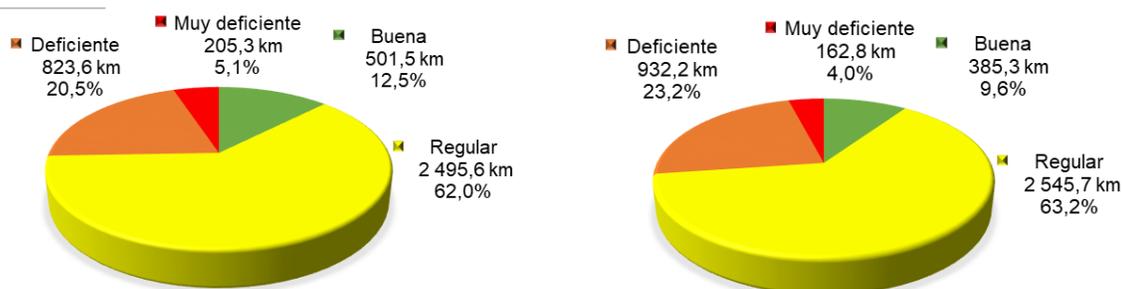
A partir del análisis anterior, desde el punto de vista de la condición estructural, la Red Vial Nacional presenta un 92 % de su longitud evaluada en buenas condiciones, con un pequeño porcentaje con tendencias al deterioro, en comparación con los resultados de la campaña anterior.

4.2.2. Comparación de la capacidad funcional

En el Cuadro 17 y la Figura 32 se muestran los resultados obtenidos con el Perfilómetro Láser, para las rutas evaluadas en ambas campañas sucesivas.

Cuadro 17. Resultados obtenidos en Regularidad Superficial, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023.

Rango de IRI	Campaña 2020 - 2021		Campaña 2022 – 2023	
	Longitud (km)	Porcentaje (%)	Longitud (km)	Porcentaje (%)
■ Bueno	501,5	12,5%	385,3	9,6%
■ Regular	2 495,6	61,9%	2 545,7	63,2%
■ Deficiente	823,6	20,5%	932,2	23,2%
■ Muy Deficiente	205,3	5,1%	162,8	4,0%
Total	4 026,0 km		4 026,0 km	



IRI Campaña 2020 – 2021

IRI Campaña 2022 – 2023

Figura 32. Resultados obtenidos en regularidad superficial, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023.

Al igual que con los resultados de la condición estructural, los resultados de la condición funcional son aproximadamente similares, con una ligera tendencia al deterioro, dado que existen 116 km menos en la categoría de *IRI Bueno* (poco menos del 3 % de la longitud evaluada), mientras que las categorías *Regular* y *Deficiente*, aumentaron respectivamente 50 km y 108 km (1,2 % y 2,7 % respectivamente). De nuevo, para tener un panorama más claro de la evolución de los tramos, se debe realizar un análisis para establecer la evolución de la condición de estos entre campañas; dicho análisis se muestra en el Cuadro 18 y Figura 33.

Cuadro 18. Evolución del estado funcional, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023.

Categoría 2020 – 2021	Categoría 2022 – 2023	Evolución de la condición	Longitud (km)	Porcentaje (%)
■ Bueno 501,5 km	■ Bueno	Mantiene la condición Buena	356,4	8,9%
	■ Regular	Empeora la condición	145,1	3,6%
■ Regular 2.495,6 km	■ Bueno	Mejora el rango	28,9	0,7%
	■ Regular	Mantiene la condición	2 312,9	57,4%
	■ Deficiente	Empeora la condición	153,8	3,8%
■ Deficiente 823,6 km	■ Regular	Mejora la condición	63,9	1,6%
	■ Deficiente	Mantiene la condición	733,4	18,2%
	■ Muy Deficiente	Empeora la condición	26,3	0,7%
■ Muy Deficiente 205,3 km	■ Regular	Mejora la condición	23,8	0,6%
	■ Deficiente	Mejora parcial la condición	45,0	1,1%
	■ Muy Deficiente	Mantiene la condición	136,5	3,4%
Totales			4 026,0	100%

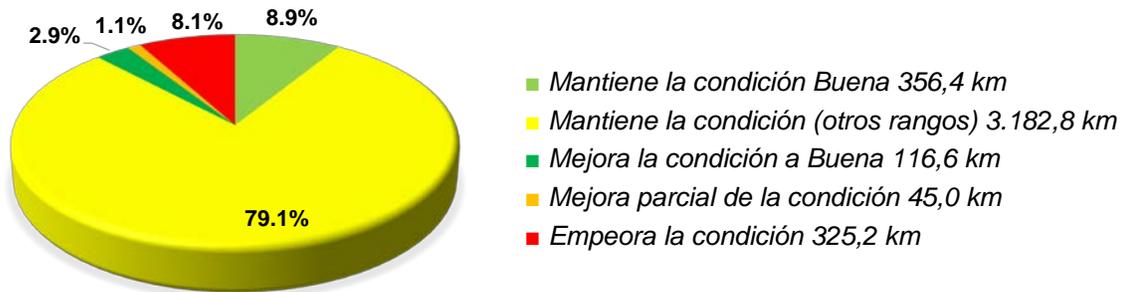


Figura 33. Evolución del estado funcional, entre campañas.

Del total de 4 026 km de rutas evaluadas en la campaña anterior con el Perfilómetro, 3 539 km (un 88 %) mantienen su condición para esta campaña, de los cuales solo 356 km (9 %) se encuentran en la categoría de *IRI Bueno* (ninguna sección de control obtuvo la categoría de *IRI Muy Bueno*). 116 km mejoraron su condición a *IRI Bueno*, y 45 km mejoraron parcialmente su categoría. Por otra parte, 325 km (un 8 % de la longitud evaluada) empeoraron su condición, lo cual en sí representa mayor longitud en comparación con aquello que mejoró su condición entre campañas.

Con base en este análisis, se puede afirmar que, desde el punto de vista de la Condición Funcional, la Red Vial Nacional muestra tendencias hacia el deterioro.

4.2.3. Comparación de la condición de agarre superficial

De los 2 374 km de rutas evaluados con este parámetro en la presente campaña, solo 1 801 km son comparables con la campaña anterior; es decir tramos o secciones de control, que fueron evaluados con el *Grip Tester* en ambas campañas. La comparación de los resultados se muestra en el Cuadro 19 y Figura 34.

Cuadro 19. Resultados obtenidos en Agarre Superficial, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023.

Rango de GRIP	Campaña 2020 - 2021		Campaña 2022 – 2023	
	Longitud (km)	Porcentaje (%)	Longitud (km)	Porcentaje (%)
■ No Deslizante	0	0,0	1,6	0,1
■ Poco Deslizante	441,5	24,5	418,3	23,2
■ Deslizante	793,4	43,9	784,3	43,6
■ Muy Deslizante	569,5	31,6	596,7	33,1
Total	1 804,4 km		1 800,9 km*	

* Nota: la diferencia de 3,5km se debe a diferencias en la definición de puntos de inicio – final de algunas secciones de control, entre campañas.

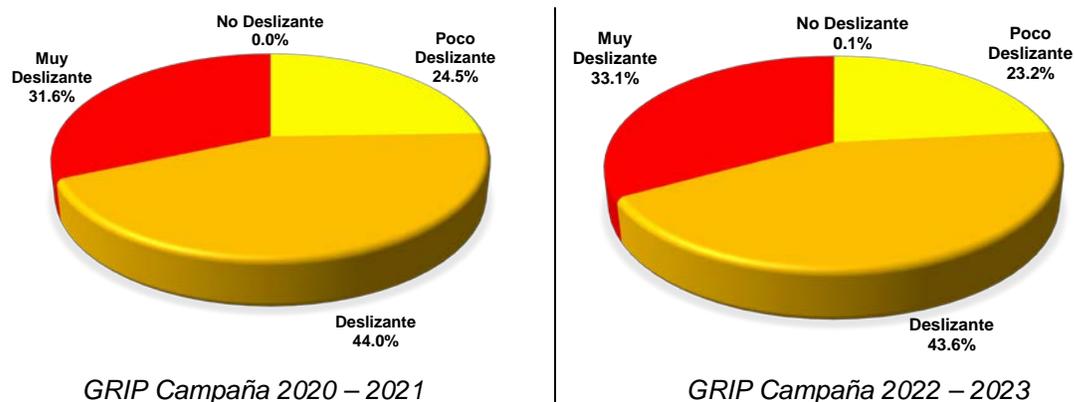


Figura 34. Resultados obtenidos en Agarre Superficial, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023.

A pesar de que los resultados obtenidos son similares, se puede observar que la Red Vial evaluada entre campañas con este parámetro, muestra una leve tendencia al deterioro, dado que existen 23 km menos en la categoría de *Poco Deslizante*, y 27 km más en la categoría de *Muy Deslizante*, en comparación con la campaña anterior. De nuevo, se debe realizar un análisis de los tramos en cada categoría, para establecer su evolución de estado en el periodo evaluado, lo cual se presenta en el Cuadro 20 y Figura 35.

Cuadro 20. Evolución del componente de Agarre Superficial, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023.

Categoría 2020 – 2021	Categoría 2022 – 2023	Evolución de la condición	Longitud (km)	Porcentaje (%)
■ Poco Deslizante 441,5 km	■ Poco Deslizante	Mantiene la condición	174,6	9,7
	■ Deslizante	Empeora la condición	169,5	9,4
	■ Muy Deslizante	Empeora la condición	96,4	5,4
■ Deslizante 793,4 km	■ No Deslizante	Mejora la condición a No Deslizante	1,6	0,1
	■ Poco Deslizante	Mejora parcial la condición	193,7	10,8
	■ Deslizante	Mantiene la condición	443,9	24,6
	■ Muy Deslizante	Empeora la condición	149,9	8,3
■ Muy Deslizante 569,5 km	■ Poco Deslizante	Mejora parcial la condición	50,0	2,8
	■ Deslizante	Mejora parcial la condición	170,9	9,5
	■ Muy Deslizante	Mantiene la condición	350,4	19,5
Totales			1 800,9	100

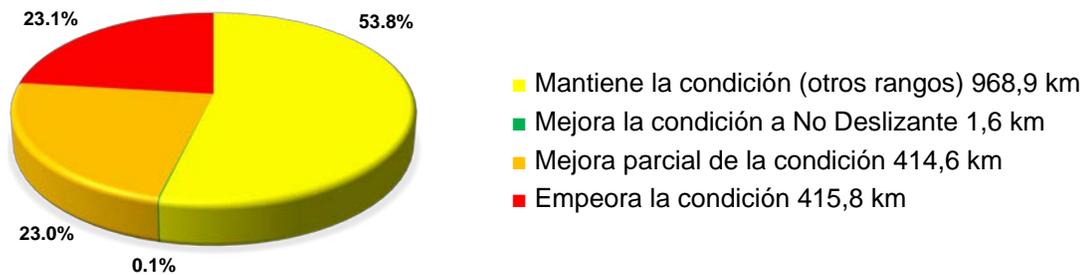


Figura 35. Evolución del agarre superficial, entre campañas.

De los 1 801 km evaluados en la Campaña 2021 – 2022, aproximadamente 969 km mantienen su categoría, lo que representa un 54 % del total. Solo 1,6 km (menos del 0,1 % de la longitud) mejoraron a la categoría de *No Deslizante*; 415 km (23 %) mejoraron parcialmente su condición. Por último, 416 km presentan peores condiciones con respecto a la campaña de evaluación anterior.

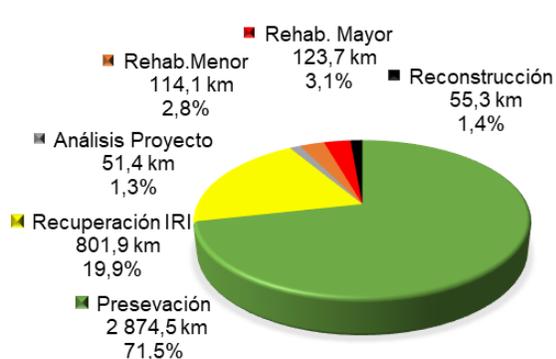
Dado que una ruta debe brindar los mayores niveles de seguridad para sus usuarios, un Sistema de Gestión de Pavimentos debe programar actividades de mantenimiento y rehabilitación que busquen, además de mejorar indicadores estructurales y funcionales, mejorar el nivel de agarre para garantizar distancias de frenado óptimas en condiciones adversas de baja temperatura y humedad superficial: Con base en esto, los 416 km de tramos que empeoraron su condición, deben compararse solo con aquellos que mejoraron condición a la categoría de *Poco* o *No Deslizante*. Analizando los resultados mostrados en el Cuadro 20, únicamente 245 km de rutas en las categorías *Deslizante* y *Muy Deslizante* de la campaña 2020 – 2021, mejoraron a las categorías de *Poco* o *No Deslizante* en la presente campaña, por lo que se puede afirmar que, en este indicador, la Red Vial Nacional muestra una tendencia al deterioro.

4.2.4. Comparación de las estrategias de mantenimiento

Siguiendo con los análisis presentados anteriormente, en el Cuadro 21 y Figura 36 se muestra la comparación entre campañas, los resultados obtenidos el parámetro de Estrategias de Intervención a nivel de red.

Cuadro 21. Resultados obtenidos en Estrategias de Intervención, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023.

Estrategia	Campaña 2020 - 2021		Campaña 2022 – 2023	
	Longitud (km)	Porcentaje (%)	Longitud (km)	Porcentaje (%)
■ Mantenimiento de Preservación	2 874,5	71,5	2 858,1	71,1
■ Mantenimiento de Recuperación IRI	801,9	19,9	849,0	21,1
■ Análisis Nivel Proyecto	51,4	1,3	38,2	0,9
■ Rehabilitación Menor	114,1	2,8	136,6	3,4
■ Rehabilitación Mayor	123,7	3,1	84,2	2,1
■ Reconstrucción	55,3	1,4	54,9	1,4
Total	4 021,0 km		4 021,0 km	



Estrategias Intervención. Campaña 2020 – 2021 | Estrategias Intervención. Campaña 2022 – 2023
Figura 36. Resultados obtenidos en las Estrategias de Intervención a nivel de red, campañas 2020 – 2021 y 2022 – 2023

Al igual que con los indicadores del estado estructural y funcional, los resultados son muy parecidos, con una ligera tendencia hacia el deterioro: existe una menor longitud (16 km) en *Mantenimiento de Preservación*, 47 km de más en la categoría del *Mantenimiento de Recuperación del IRI*, y 22 km más en la de *Rehabilitación Menor* de la presente campaña de evaluación, en comparación con la anterior campaña. Cabe aclarar que, aunque algunos valores sean similares entre evaluaciones, la condición descrita, en muchas ocasiones, se presenta en secciones distintas de la red vial, esto se puede identificar con precisión en los sistemas de información geográficos utilizados para las evaluaciones realizadas.

De nuevo, es necesario estudiar el comportamiento de cada categoría entre campañas, para evaluar su evolución. Esto se muestra en el Cuadro 22 y en la Figura 37.



Cuadro 22. Evolución de las Estrategias de Intervención, entre campañas.

Categoría 2020 – 2021	Categoría 2022 – 2023	Evolución de la condición	Longitud (km)	Porcentaje (%)
■ Mantenimiento de Preservación 2.874,5 km	■ Mant. Preservación	Mantiene condición óptima	2 748,1	68,3
	■ Mant. Recuper. IRI	Empeora condición	117,7	2,9
	■ Análisis Nivel Proyecto	Empeora condición	7,8	0,2
	■ Reconstrucción	Empeora condición	0,9	0,0
■ Mantenimiento Recuperación IRI 801,9 km	■ Mant. Preservación	Mejora condición óptima	63,1	1,6
	■ Mant. Recuper. IRI	Mantiene condición	675,8	16,8
	■ Rehabilitación Menor	Empeora condición	40,7	1,0
	■ Rehabilitación Mayor	Empeora condición	21,0	0,5
	■ Reconstrucción	Empeora condición	1,3	0,0
■ Análisis nivel proyecto 51,4 km	■ Mant. Preservación	Mejora condición óptima	24,2	0,6
	■ Mant. Recuper. IRI	Mejora parcial condición	5,6	0,1
	■ Análisis Nivel Proyecto	Mantiene condición	14,6	0,4
	■ Rehabilitación Menor	Empeora condición	3,2	0,1
	■ Rehabilitación Mayor	Empeora condición	3,8	0,1
■ Rehabilitación Menor 114,1 km	■ Mant. Preservación	Mejora condición óptima	5,8	0,1
	■ Mant. Recuper. IRI	Mejora parcial condición	30,4	0,8
	■ Análisis Nivel Proyecto	Mejora parcial condición	2,3	0,1
	■ Rehabilitación Menor	Mantiene condición	57,9	1,4
	■ Rehabilitación Mayor	Empeora condición	16,0	0,4
	■ Reconstrucción	Empeora condición	1,7	0,0
■ Rehabilitación Mayor 123,7 km	■ Mant. Preservación	Mejora condición óptima	16,8	0,4
	■ Mant. Recuper. IRI	Mejora parcial condición	17,4	0,4
	■ Análisis Nivel Proyecto	Mejora parcial condición	13,6	0,3
	■ Rehabilitación Menor	Mejora parcial condición	16,6	0,4
	■ Rehabilitación Mayor	Mantiene condición	41,7	1,0
	■ Reconstrucción	Empeora condición	17,7	0,4
■ Reconstrucción 55,3 km	■ Mant. Recuper. IRI	Mejora parcial condición	2,1	0,1
	■ Rehabilitación Menor	Mejora parcial condición	18,2	0,5
	■ Rehabilitación Mayor	Mejora parcial condición	0,8	0,0
	■ Reconstrucción	Mantiene condición	34,2	0,9
Totales			4 021,0	100

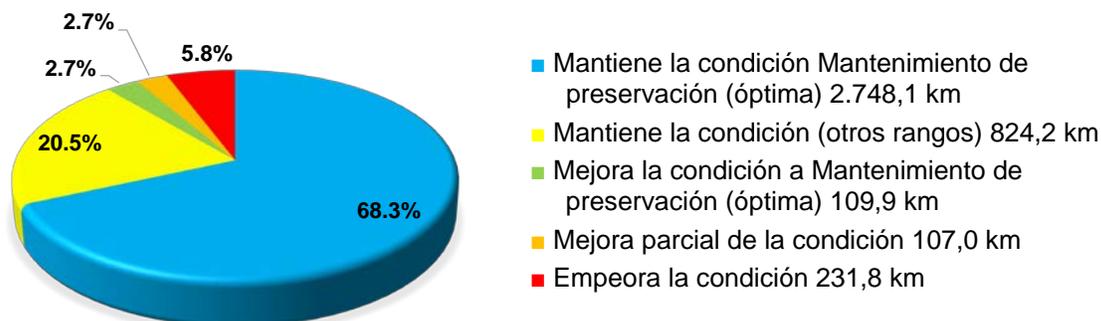


Figura 37. Evolución de las Estrategias de Intervención, entre campañas.

Un 68 % de la Red Vial, en este caso 2 748 km, mantiene la categoría de *Mantenimiento de Preservación*, lo cual significa la mejor condición que puede tener una ruta, tal que solo con técnicas sencillas de mantenimiento, puede conservar sus indicadores. Un 20 % (824 km), conservaron su condición en otros rangos, como *Mantenimiento de Recuperación de IRI*, *Rehabilitación Menor* y *Mayor*. 110 km mejoraron su condición a *Mantenimiento de Preservación*, mientras que 107 km vieron una mejoría de su condición con respecto a la campaña anterior, pero no alcanzaron la de *Mantenimiento de Preservación*. Por último, 232 km (casi un 6 % de la longitud en común evaluada entre campañas), desmejoraron su condición.

Por tanto, se puede concluir con base en este análisis, que poco más de dos terceras partes de la Red Vial Nacional evaluada entre campañas, mantuvieron la mejor condición posible. Por otra parte, al comparar la longitud que mejoró categoría (especialmente el porcentaje que mejoró a la condición de *Mantenimiento de Preservación*, la mejor categoría a la cual debe aspirar un Sistema de Gestión de Pavimentos), con aquella que bajó de nivel, se puede también afirmar que existe evidencia de un deterioro en la condición, de un porcentaje de la Red Vial Nacional.



CAPÍTULO 5 ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN VS EVOLUCIÓN DEL ESTADO DE LA RVN ENTRE CAMPAÑAS

5.1. INTRODUCCIÓN

En el Capítulo 3 de este informe, se presentó la inversión realizada en el periodo 2020 – 2021 y cuyas acciones se ven reflejadas directamente en la evolución del estado de los indicadores de la Red Vial Nacional para el periodo 2022 – 2023 que abarca la campaña actual, y que fueron presentados en el Capítulo 4.

Un aspecto importante y que se relaciona directamente con la Gestión de Obra Vial, es analizar la efectividad de la inversión realizada. En este informe, se sigue una metodología de tres pasos para establecer dicha efectividad, y que se resumen a continuación:

1. En la campaña de evaluación anterior (años 2020 – 2021), se obtuvo para cada ruta evaluada, su calificación en el parámetro de “*Estrategia de Intervención*”, el cual engloba los estados funcional y estructural.
2. Mediante el procesamiento de las bases de datos de Estimaciones de Pago (del SIGEPRO), presentadas en el Capítulo 3, es posible establecer los montos invertidos en cada ruta, para el periodo 2020 – 2021.
3. En la campaña actual, se analiza la evolución del estado de las rutas evaluadas, con base en la comparación del parámetro “*Estrategia de Intervención*” entre campañas, lo cual fue presentado en el Capítulo 4. Contrastando dicha evolución del estado, con el monto invertido para cada ruta (en caso de presentarse), es posible analizar la efectividad de dicha inversión.

Para aclarar lo anterior, se presenta el siguiente ejemplo: en la campaña anterior, la Sección de Control 123 obtuvo la categoría general de “*Rehabilitación Menor*”, lo que supone problemas tanto a nivel estructural, como funcional. Si ha dicho tramo se le realizó una intervención (por ejemplo, un bacheo o la instalación de una sobrecapa delgada), es de esperarse en la campaña actual un cambio en la categoría de la *Estrategia de Intervención*. Las obras realizadas en dicho tramo de ruta se verán reflejadas como montos invertidos en las bases de datos de *Estimaciones de Pago* del SIGEPRO. Si este tramo califica en la campaña actual dentro de la categoría “*Mantenimiento de Preservación*”, esto indica que tanto los problemas estructurales como funcionales fueron arreglados, y el tramo ocupa solo mantenimiento rutinario para conservar su estado: es decir, la intervención realizada fue efectiva. Si, por el contrario, el tramo califica ahora en la categoría de “*Mantenimiento de recuperación de IRI*”, es decir, mejoró solo la parte estructural, dejando de lado la funcional, la mejora se considera parcial, y la intervención no sería del todo efectiva. Otros escenarios pueden ser posibles, como por ejemplo de que el tramo tuviera una inversión reflejada en el

SIGEPRO, y conservara su categoría, o que se denigrara a una de “*Rehabilitación Mayor*” o “*Reconstrucción*”, en cuyo caso la intervención e inversión no fueron efectivas.

Esta revisión se realizó para todas las Secciones de Control que primero, fueron evaluadas en ambas campañas sucesivas (2020-2021 y 2022-2023), por lo que se puede evaluar su evolución en las categorías de *Estrategias de Intervención* (ver sección 4.2.4 del capítulo anterior); y segundo, presentan montos de inversión según se obtienen de las citadas bases de datos de *Estimaciones de Pago* del SIGEPRO. Para facilitar el análisis, se separan las categorías de las *Estrategias de Intervención* en 3 grupos, a saber: Actividades de Mantenimiento, Actividades de Rehabilitación y Actividades de Reconstrucción.

5.1.1. Análisis de rutas en la categoría de mantenimiento

En esta sección, se analizarán las rutas que en la Campaña de Evaluación 2020-2021 obtuvieron la categoría de *Mantenimiento de Preservación*, y *Mantenimiento de Recuperación del IRI*. Con base en el análisis realizado de las bases de datos del SIGEPRO, se destinaron poco más de 39.300 millones de colones para las rutas en estas categorías. El desglose de los montos, y el nivel de evolución que presentaron estas rutas, se muestra en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Evolución del estado entre campañas contra inversión en obras, rutas en mantenimiento.

Estrategia de Intervención, 2020-2021	Categoría Campaña 2022 – 2023	Longitud (km)	Inversión Total (millones)	Inversión (%)	Eficiencia de inversión
<p>■ Mantenimiento de Preservación 2 874,5 km Total de la inversión ₡30 861,2 millones</p>	■ Mant. Preservación	2 748,1	₡30 037,9	97,3	Eficiente
	■ Mant. Recuper. IRI	117,7	₡643,0	2,1	Ineficiente
	■ Análisis Nv. Proyecto	7,8	₡180,3	0,6	Ineficiente
	■ Rehabilitación Menor	0,0	N/A	-	-
	■ Rehabilitación Mayor	0,9	₡0,0*	0,0	Ineficiente
	■ Reconstrucción	0,0	N/A	-	-
<p>■ Mantenimiento de Recuperación del IRI 801,9 km Total de la inversión ₡8 445,7 millones</p>	■ Mant. Preservación	63,1	₡1 392,3	16,5	Eficiente
	■ Mant. Recuper. IRI	675,8	₡6.115,3	72,4	Mant. condición inestable
	■ Análisis Nv. Proyecto	0,0	N/A	-	Ineficiente
	■ Rehabilitación Menor	40,7	₡881,9	10,4	Ineficiente
	■ Rehabilitación Mayor	21,0	₡54,9	0,7	Ineficiente
	■ Reconstrucción	1,3	₡1,3	0,0	Ineficiente

* El monto no es cero, sin embargo, es muy pequeño en comparación con los otros montos.

En el análisis de los datos mostrados en el Cuadro 23, específicamente en aquellas secciones de control que calificaban como *Mantenimiento de Preservación* en la campaña de evaluación 2020–2021 se puede detectar como hay una concentración de la inversión (97,3 %) en estas



rutas, lo cual logra con éxito mantenerla dentro de esta ventana de operación para el año 2023. Así mismo, se detectaron inversiones por un total de ₡ 643 millones que no lograron mantener estas secciones de la red vial dentro de esta ventana de operación, y pasaron a estar en una condición donde resulta necesario realizar intervenciones mayores y de mayor costo para recuperar la pérdida de calidad en los pavimentos.

En cuanto a las secciones de control que calificaban como *Mantenimiento de recuperación de IRI* en la evaluación 2020–2021, se puede detectar que cerca de un 89% de la inversión realizada logra un beneficio para la red vial, mejorando o manteniendo la condición existente, sin embargo, un 11 % de esta inversión (₡ 938 millones) no logra este objetivo, por lo que es fundamental en un proceso de optimización de las inversiones, evaluar las actividades ejecutadas.

En términos generales, cuando se tienen secciones de la red vial dentro de estas ventanas de operación, es más sencillo mantener esta condición ya que el tipo de intervención requerida se realiza por medio de labores de conservación sencillas y de bajo costo; por lo que detectar deterioros en sus condiciones estructural y funcional, aun después de realizar inversiones, es sujeto de una revisión detallada de las políticas de gestión implementadas.

Junto con este análisis, se realizó también un estudio de los renglones de pago, esto para establecer para cada categoría de rutas, las obras en que se destinó la inversión. Debido a la gran cantidad de renglones de pago, en el Cuadro 24 se muestran únicamente las 5 actividades que presentan el mayor porcentaje de inversión.

Cuadro 24. Estado de la campaña anterior contra inversión en obras, rutas en mantenimiento.

Estrategia de Intervención 2020-2021	Código	Ítem	Inversión (millones)	% Inversión
<p>■ Mantenimiento de Preservación 2 874,5 km Total de la inversión ₡3 861 2 millones</p>	M45(A)	Pavimento bituminoso caliente	₡8 564,5	27,8
	M20(A)	Chapea derecho de vía	₡2 014,4	6,5
	CR204.05	Material préstamo clasificado	₡1 975,8	6,4
	M45(E)	Pav. Bituminoso con polímeros	₡1 853,3	6,0
	M41(A2)	Bacheo prof. parcial con MAC	₡1 672,4	5,4
	Otros	(128 ítems restantes)	₡14 780,7	47,9
<p>■ Mantenimiento de Recuperación del IRI 801,9 km Total de la inversión ₡8 445 7 millones</p>	M45(A)	Pavimento bituminoso caliente	₡2 685,7	31,8
	M41(A2)	Bacheo prof. parcial con MAC	₡1 242,1	14,7
	M41(A)	Bacheo mezcla asfáltica caliente	₡769,9	9,1
	CR552.01A	Hormigón Clase A (225 kg/cm ²)	₡348,6	4,1
	M20(A)	Chapea derecho de vía	₡316,2	3,7
	Otros	(110 ítems restantes)	₡3 083,3	36,5

En concordancia con el análisis realizado para el Cuadro 23 se puede detectar en el Cuadro 24 que el éxito logrado en secciones con una condición de *Mantenimiento de Preservación* se debe a la colocación de sobrecapas *M45(A)* en rutas cuya condición requería de actividades de mantenimiento. Cabe resaltar que, a pesar del éxito mostrado, queda aún pendiente la implementación en Costa Rica del uso de tratamientos de preservación tipo “*sellos de lechada asfáltica*”, que han mostrado a nivel internacional ser eficientes para atender rutas en buena condición estructural. La presencia del uso de polímeros es positiva pues resultan materiales con un mejor desempeño a largo plazo. Es importante aclarar que, actividades como el bacheo o la chapea no tienen un impacto significativo en la mejora de los pavimentos, y tienen mayor efectividad en lograr mejorar condiciones de seguridad vial para los usuarios, pero tienden a ser actividades de poca durabilidad que requieren de inversiones constantes.

En cuanto a las actividades realizadas para aquellas secciones en condición de *Mantenimiento de Recuperación de IRI*, es notorio que conforme la condición de un pavimento empeora, la efectividad de las intervenciones se reduce significativamente: en este caso fue necesario realizar una mayor inversión en actividades de bacheo, cerca de un 24 % (¢ 2 012 millones) y un 32 % en sobrecapas para lograr las mejoras detectadas. Es de rescatar que, a pesar de haberse incrementado la actividad de bacheo, se logra mejorar la condición de regularidad superficial, lo cual evidencia posibles mejoras en las actividades de bacheo. Cabe mencionar que el bacheo puede resultar en una actividad con un menor índice beneficio – costo, ya que se trata de actividades más caras y de menor durabilidad, especialmente los denominados bacheos de profundidad parcial (¢ 1 242,1 millones) en comparación con las sobrecapas.

5.1.2. Análisis de rutas en la categoría de Rehabilitación

En esta sección, se analizarán las rutas que en la Campaña de Evaluación 2020-2021 obtuvieron la categoría de *Análisis a Nivel de Proyecto, Rehabilitación Menor y Rehabilitación Mayor* y su evolución en la evaluación 2022 - 2023. Para estas rutas, se destinó un total de ¢ 2 521 millones de inversión en obras. El desglose de los montos, y el nivel de evolución que presentaron estas rutas, se muestra en el Cuadro 25.



Cuadro 25. Evolución del estado entre campañas contra inversión en obras, rutas en rehabilitación.

Estrategia de Intervención, 2020-2021	Categoría Campaña 2022 – 2023	Longitud (km)	Inversión Total (millones)	Inversión (%)	Eficiencia de inversión
■ Análisis a nivel de Proyecto 51,4 km. Total de la inversión ₡407,8 millones	■ Mant. Preservación	24,2	₡86,1	21,1	Eficiente
	■ Mant. Recuper. IRI	5,6	₡50,9	12,5	Mejora parcial condición
	■ Análisis Nv. Proyecto	14,6	₡84,5	20,7	Mant. condición inestable
	■ Rehabilitación Menor	3,2	₡181,8	44,6	Ineficiente
	■ Rehabilitación Mayor	3,8	₡4,5	1,1	Ineficiente
	■ Reconstrucción	0,0	N/A	-	-
■ Rehabilitación Menor 114,1 km. Total de la inversión ₡914,2 millones	■ Mant. Preservación	5,8	₡336,8	36,8	Eficiente
	■ Mant. Recuper. IRI	30,4	₡183,5	20,1	Mejora parcial condición
	■ Análisis Nv. Proyecto	2,3	₡3,0	0,3	Mejora parcial condición
	■ Rehabilitación Menor	57,9	₡153,2	16,8	Mant. condición inestable
	■ Rehabilitación Mayor	16,0	₡235,7	25,8	Ineficiente
	■ Reconstrucción	1,7	₡336,8	36,8	Ineficiente
■ Rehabilitación Mayor 123,7 km. Total de la inversión ₡1 198,6 millones	■ Mant. Preservación	16,8	₡309,2	25,8	Eficiente
	■ Mant. Recuper. IRI	17,4	₡22,3	1,9	Mejora parcial condición
	■ Análisis Nv. Proyecto	13,6	₡91,5	7,6	Mejora parcial condición
	■ Rehabilitación Menor	16,6	₡15,8	1,3	Mejora parcial condición
	■ Rehabilitación Mayor	41,7	₡608,6	50,8	Mant. condición inestable
	■ Reconstrucción	17,7	₡151,2	12,6	Ineficiente

Como se puede inferir del Cuadro 25, las rutas que en la campaña anterior tenían una categoría de *Análisis a Nivel de Proyecto* (rutas con pérdida de capacidad estructural, y que deben someterse a un estudio a nivel de proyecto para establecer la mejor estrategia de intervención), recibieron un total de 408 millones de colones en obras, la cual es una inversión relativamente baja, principalmente asociado a que este grupo está constituido por solo 51 km de red vial. A pesar de la inversión realizada, en este grupo de secciones se detecta que cerca de un 46 % de éstas sufren de un deterioro significativo.

Para las rutas que obtuvieron la categoría de *Rehabilitación Menor* en la campaña 2020–2021 (rutas con una reducida capacidad estructural y funcional), el total de la inversión fue de

₡ 914 millones. Con esta inversión se lograron mejorar un total de 38 km de carreteras de un total de 114 km, es decir, un 34 % de las rutas intervenidas. El 66 % restante (76 km) mantuvieron o aumentaron sus deterioros a pesar de la inversión realizada.

Las rutas que, en la campaña anterior, obtuvieron el rango de *Rehabilitación Mayor* (rutas con una buena capacidad funcional, pero que presentaban una pérdida importante en su capacidad estructural) se realizó una inversión cercana a los ₡ 1 200 millones. Esta inversión logró mejora de la condición solo en un 35,3 % de los 124 km intervenidos, y no logra una mejoría apreciable en más del 50 % de las rutas: incluso se detecta en esta evaluación un deterioro importante en un 13 % de las rutas (16 km) que ya pasan a ser sujeto de intervenciones tipo reconstrucción a pesar de la inversión realizada.

Adicionalmente, se realizó un estudio de los renglones de pago para establecer las actividades en que se invirtió según el estado de las rutas en la campaña anterior. En el Cuadro 26 se muestran los resultados, con los cinco ítems que presentan mayor porcentaje de inversión.

Cuadro 26. Estado de la campaña anterior contra inversión en obras, rutas en rehabilitación.

Estrategia de Intervención 2020-2021	Código	Ítem	Inversión (millones)	% Inversión
■ Análisis a nivel de Proyecto 51,4 km Total de la inversión ₡407,8 millones	M45(A)	Pavimento bituminoso caliente	₡160,9	39,5
	M41(A2)	Bacheo prof. parcial con MAC	₡92,3	22,6
	CR.659	Canal revestido Tipo IV concreto	₡37,0	9,1
	M20(A)	Chapea derecho de vía	₡27,0	6,6
	M42(B)	Perfilado de pavimentos	₡19,6	4,8
	Otros	(41 ítems restantes)	₡71,0	17,4
■ Rehabilitación Menor 114,1 km Total de la inversión ₡914,2 millones	M41(A2)	Bacheo prof. parcial con MAC	₡379,7	41,5
	M45(A)	Pavimento bituminoso caliente	₡233,5	25,5
	M41(A)	Bacheo mezcla asfáltica caliente	₡48,2	5,3
	M20(A)	Chapea derecho de vía	₡40,6	4,4
	M41(D)	Bacheo de urgencia	₡40,5	4,4
	Otros	(38 renglones restantes)	₡171,7	18,8
■ Rehabilitación Mayor 123,7 km Total de la inversión ₡1 198,6 millones	M41(A2)	Bacheo prof. parcial con MAC	₡417,2	34,8
	M45(A)	Pavimento bituminoso caliente	₡233,3	19,5
	M41(D)	Bacheo de urgencia	₡46,1	3,8
	M20(A)	Chapea derecho de vía	₡40,2	3,4
	M41(A)	Bacheo mezcla asfáltica caliente	₡34,5	2,9
	Otros	(73 ítems restantes)	₡427,3	35,6



El desglose de las actividades ejecutadas en las rutas calificadas como *Rehabilitación Menor* y *Rehabilitación Mayor* mostrado en el Cuadro 26 es consistente con el tipo de condición detectado, ya que para rutas con este nivel de deterioro fue necesario incrementar la cantidad de actividades de bacheo para disminuir la presencia de huecos y la peligrosidad de las rutas. Se reafirma que mediante estas actividades es casi imposible mejorar la condición de las vías y restituir la calidad de los pavimentos, esto porque las actividades de bacheo se constituyen en inversiones poco eficientes y de corta durabilidad, y presentan impacto únicamente en aspectos de transitabilidad al disminuir el riesgo para los usuarios. En términos generales, se confirma que realizar actividades de conservación en rutas que requieren de intervenciones de rehabilitación, ya sea mayor o menor, no son buenas prácticas de gestión para lograr el rescate del patrimonio vial existente.

5.1.3. Análisis de rutas en la categoría de Reconstrucción

En esta sección, se analizarán las rutas que en la Campaña de Evaluación 2020-2021 obtuvieron la categoría de *Reconstrucción*; es decir, las rutas cuyos indicadores estructural y funcional tuvieron la condición más deteriorada. Acá se destinaron ₡500 millones en obras; su desglose comparado con el nivel de evolución de estado que presentaron dichas rutas en la presente campaña de evaluación se muestra en el Cuadro 27, mientras que en el Cuadro 28 se muestran las cinco actividades en que se destinó la mayor inversión para estas rutas.

Cuadro 27. Evolución del estado entre campañas contra inversión en obras, rutas en reconstrucción.

Estrategia de Intervención, 2020-2021	Categoría Campaña 2022 – 2023	Longitud (km)	Inversión Total (millones)	Inversión (%)	Eficiencia de inversión
■ Reconstrucción 55,3 km Total de la inversión ₡500,1 millones	■ Mant. Preservación	0,0	N/A	-	-
	■ Mant. Recuper. IRI	2,1	₡197,1	39,4%	Mejora parcial condición
	■ Análisis Nv. Proyecto	0,0	N/A	-	-
	■ Rehabilitación Menor	18,2	50,8	10,2%	Mejora parcial condición
	■ Rehabilitación Mayor	0,8	0,4	0,1%	Mejora parcial condición
	■ Reconstrucción	34,2	251,7	50,3%	Mant. condición inestable

Cuadro 28. Estado de la campaña anterior contra inversión en obras, rutas en reconstrucción.

Estrategia de Intervención 2020-2021	Código	Ítem	Inversión (millones)	% Inversión
■ Reconstrucción 55,3 km Total, de la inversión ₡500,1 millones	M41(D)	Bacheo de urgencia	₡130,9	26,2
	M45(A)	Pavimento bituminoso caliente	₡114,0	22,8
	M41(A)	Bacheo con MAC	₡77,2	15,4
	CR.602.01E	Tubería de concreto Clase III	₡33,3	6,7
	M20(A)	Chapea derecho de vía	₡23,6	4,7
	Otros	(20 ítems restantes)	₡121,0	24,2

Para esta categoría de rutas, es notorio que, a pesar de las inversiones realizadas, no se consigue una mejoría significativa en éstas, incluso llama la atención que un 50% de los recursos destinados fueron a rutas que no mejoraron su condición de reconstrucción total. Las obras realizadas en ellas y mostradas en el Cuadro 28 vuelven a poner en evidencia que las actividades de mantenimiento tipo bacheo de urgencia, bacheo con mezcla asfáltica en caliente o la colocación de pavimento bituminoso en caliente, no resultan efectivas para revertir el nivel de deterioro en rutas que son candidatas a reconstrucción total, lo cual convierte a estas inversiones en ineficientes.

5.2. ANÁLISIS GENERAL DE LA EFICIENCIA DE LA INVERSIÓN

En el Capítulo 4, se estableció el tema del cambio o evolución del estado de la Red Vial Nacional pavimentada entre campañas. Para ello, se realizó un análisis detallado de los indicadores de las rutas que fueron evaluadas tanto en la del 2020-2021, como en la actual 2022-2023. Con esto, se pudo obtener la cantidad de kilómetros de las rutas que conservaron su condición, la mejoraron (si aplica) o bien, si con el tiempo adquirieron una peor condición que la detectada en la campaña anterior.

En el capítulo actual, se tomó como base este análisis, pero ligándolo con la variable *Inversión en Obras*, con sus costos asociados, a partir del análisis de los renglones de pago y contratos de conservación disponibles en el SIGEPRO del CONAVI. Con base en esto, es posible realizar un estudio de la eficiencia de la inversión realizada entre campañas.

Como toda obra civil, una ruta sufre deterioro con el paso del tiempo y del uso al que se somete. Por tanto, es natural una tendencia hacia el deterioro: es labor de la Administración, mediante la implementación de un *Sistema de Gestión de Activos Viales* moderno, llevar el control de los indicadores de deterioro, para definir tanto la mejor estrategia de intervención, como el momento adecuado, de tal manera que los niveles de servicio hacia los usuarios se



vean afectados al mínimo. Con base en lo anterior, se pueden presentar los siguientes escenarios:

- Rutas que, en la campaña anterior, obtuvieron los niveles óptimos en sus indicadores funcional y estructural (o sea, Notas Q1, Q2 y Q3), y que por tanto solo ocupan de una estrategia en *Mantenimientos de Preservación*, se considera que mantiene una condición óptima, si obtuvieron la misma categoría para la actual campaña. En este caso, cualquier inversión en obras que se hayan realizado en ellas y logre mantener su condición, se consideran Eficientes.
- Rutas que, en la campaña anterior, no obtuvieron los mejores niveles en sus indicadores funcional y estructural (Notas Q4 en adelante), y fueron sometidas a algún tipo de intervención que logró mejorar dichos indicadores y llevarlas durante la campaña actual, a un nivel que solo requieren de *Mantenimientos de Preservación* (las citadas Notas Q1, Q2 o Q3), se considera que recibieron una *Mejora hacia la Condición Óptima*. En este caso, cualquier inversión que se hayan realizado en estas rutas y logre el efecto descrito se considera también Eficiente.
- Similar al escenario anterior, rutas que en la campaña anterior no presentaban los mejores niveles de alguno o ambos indicadores (Notas Q4 en adelante), fueron objeto de una inversión en obras que no lograron mejorar dichos indicadores a los niveles óptimos, o bien un indicador mejoró, pero el otro se deterioró para la campaña actual, se consideran que recibieron una *Mejora Parcial de su condición*. Si bien se entiende que dichas intervenciones pudieron darle transitabilidad a la ruta, mejorando sus niveles de servicio con respecto a la campaña anterior, esta es una estrategia poco eficiente, esto porque las técnicas de mantenimiento / preservación siempre serán más económicas que aquellas destinadas a rehabilitar una parte o toda una ruta en su condición estructural, funcional o ambas. En este caso, la inversión se considera de Mejora Parcial de Condición.
- Rutas que en la campaña anterior no presentaban los mejores niveles en su capacidad estructural y funcional, pero fueron sometidas a obras y mantuvieron su condición para la campaña actual, se consideran como rutas que *Mantienen su Condición*. De nuevo, la estrategia acá pudo ser mantener la transitabilidad sin necesidad de mejorar la calidad de la vía, pero esta política es poco eficiente en el mediano plazo. Para este escenario, la inversión que se haya realizado en ellas se considera de Mantenimiento de Condición Inestable.
- Rutas que sin importar la condición que tuvieran en la campaña pasada, que hayan recibido algún tipo de inversión en obras, y que en la campaña actual presenten peores niveles en sus indicadores funcional, estructural o ambos, tal que haya denigrado la ruta de categoría en su estrategia de intervención actual, se consideran que *Empeoraron su Condición*. En este caso, la inversión realizada en éstas se considera como Ineficiente.

Es necesario aclarar que muchas intervenciones que se hacen en las rutas, no se centran propiamente en la carpeta de ruedo y su estado, sino en sus obras complementarias. Por ejemplo, la chapea del derecho de vía, la instalación de tuberías de drenaje, o la demarcación vial, estas son intervenciones necesarias en todo tramo de ruta, sin importar la categoría obtenida en una campaña determinada, pero que no inciden en mejorar su condición estructural o de regularidad superficial. El análisis realizado es a nivel de red, y las inversiones que se realizan en un grupo determinado de rutas se deben considerar como un conjunto.

Los escenarios presentados acá, se basan en la Figura 19 del Capítulo 2 de este informe, y que se muestra nuevamente en la Figura 38 para su consulta inmediata.

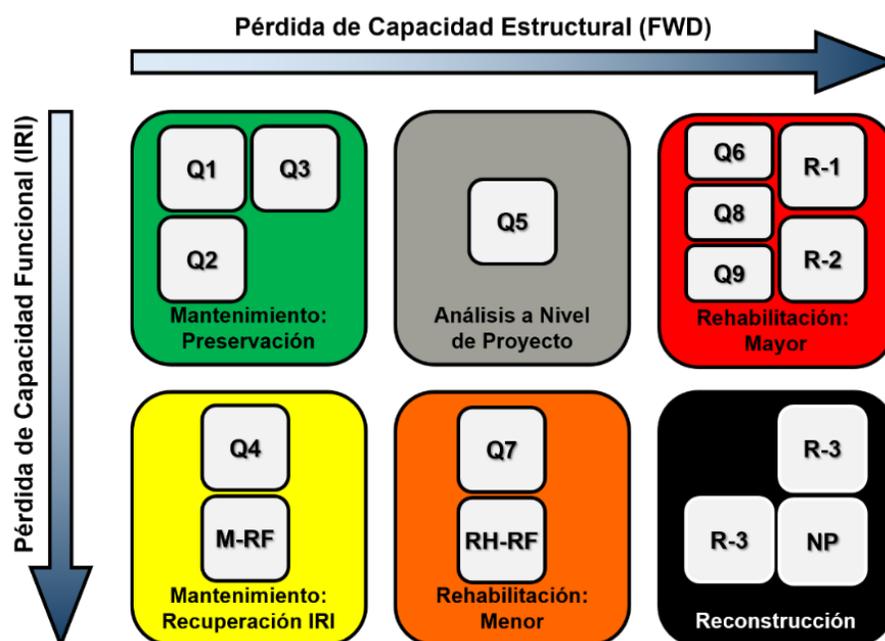


Figura 38. Estrategias de Intervención y su relación con los componentes funcional, estructural y las Notas Q.

Con base en todo lo anterior, se presenta el Cuadro 29 con los resultados de la evolución del estado de la Red Vial Nacional, contrastado con la inversión realizada en obras, así como la Figura 39.

Cuadro 29. Evolución del estado de la Red Vial Nacional vs. Inversión en obras

Inversión

Análisis de la evolución del estado de la RVN entre campañas	Longitud (km)	Millones	Porcentaje	Inversión relativa promedio (millones/km)
■ Mantiene la condición óptima	2 748,1	₡30 037,9	71,0	10,9
■ Mejora a condición óptima	109,9	₡2 124,4	5,0	19,3
■ Mejora parcial de la condición	107,0	₡615,3	1,5	5,8
■ Mantiene la condición inestable	824,2	₡7 213,3	17,0	8,8
■ Empeora la condición	231,8	₡2 336,6	5,5	10,1
<i>Totales</i>		4021,0	₡42 327,5	

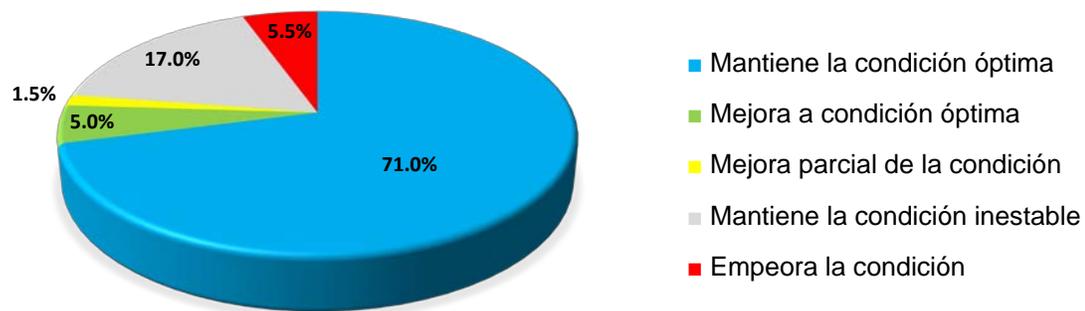


Figura 39. Distribución de la Inversión en obras, según la evolución del estado de la Red Vial Nacional entre campañas.

Con base en el cuadro anterior, 71 % de la inversión, es decir ₡ 30 000 millones de colones, se utilizaron para mantener 2 748 km de la Red Vial Nacional en su condición óptima, a un costo relativo promedio de poco menos de ₡ 11 millones por kilómetro intervenido. Junto a esto, ₡ 2 124 millones permitieron mejorar los indicadores estructural y funcional a niveles óptimos, de 110 km de rutas (nótese que esto fue a un costo relativo promedio de ₡19,3 millones por kilómetro intervenido, casi el doble con relación al resultado anterior). Por tanto, se puede concluir que 76% de los recursos destinados a rutas comparables entre ambas evaluaciones, fueron una inversión eficiente.

Por otra parte, ₡ 615 millones (un 1,5 % de la inversión de rutas comparables), fueron destinados a rutas que mejoraron de manera parcial su condición entre campañas, en este caso 107 kilómetros, con un costo relativo promedio de casi ₡ 6 millones por kilómetro.

Un monto importante, ₡ 7 213 millones (17 % de la inversión), se usaron en rutas que mantuvieron una condición inestable, en este caso 824 km. Esto se dio a un costo relativo promedio de casi ₡ 9 millones por kilómetro, que cuando se compara con los ₡ 11 millones

por kilómetro que en promedio cuesta mantener una ruta en su estado óptimo, es donde se puede afirmar que invertir en rutas para mantener una condición inferior a la óptima, es una política que es ineficiente a mediano plazo: esto debido a que estas rutas no podrán mantener esta condición por efecto del tránsito, clima y distintas externalidades y se deberá invertir de nuevo en dichos tramos en el mediano plazo, ya sea para seguir manteniendo condiciones de transitabilidad, o bien para mejorar sus niveles de servicio.

Por último, ₡ 2 336 millones (poco más del 5 %) se destinaron a rutas que empeoraron su condición entre campañas, en este caso 232 km, con un costo relativo de ₡ 10 millones por kilómetro (de nuevo, un monto similar a lo que cuesta mantener una ruta en estado óptimo). En este caso, se puede afirmar que esta inversión es ineficiente. De nuevo, es importante reiterar que, en este monto, tal y como se vio en el Cuadro 28 de este capítulo, existen renglones de pago como el chapeo del derecho de vía o la instalación de tuberías, que son muy necesarios en todas las rutas, y que por tanto no se consideran como inversión ineficiente; pero toda aquella intervención que esté dirigida a atender problemas funcionales y estructurales de una ruta, y que no logran mejorar la condición de ésta, sí se considera inversión ineficiente.

Como conclusión, tres cuartas partes de los recursos acá analizados se han destinado de manera eficiente, dado que han permitido a 2 858 km mantener o mejorar a las condiciones óptimas desde el punto de vista estructural y funcional. Del monto restante, un 1,5 % se destinó a mejoras parciales de la condición de algún o ambos indicadores; 17% fue para mantener los indicadores sin variación entre campañas; y un 5,5 % se considera inversión ineficiente dado que las rutas intervenidas (232 km), obtuvieron en alguno o ambos indicadores, valores más bajos que los obtenidos en la campaña anterior. Por tanto, si bien el modelo de intervenciones a nivel de red que utiliza la Administración está teniendo buenos resultados, existe un margen de mejora importante, esto para garantizar el uso más eficiente de los recursos disponibles para las obras viales.

Para finalizar, tanto el total de kilómetros (4 021,0) como el monto total de inversión en obras presentado en este capítulo de ₡ 42 300 millones, representan la longitud de rutas de la Red Vial Nacional que fue evaluada tanto en la campaña anterior como en la actual, y que por tanto permite realizar estas comparaciones. Resumiendo, del Capítulo 2 de este informe, el total de longitud evaluado en la presente campaña es de 4 241 kilómetros de rutas en deflectometría, 4 167 kilómetros en regularidad superficial; mientras que del Capítulo 3, el monto total de inversión obtenido del análisis de los renglones de pago y los contratos de conservación asciende a poco más de ₡ 58 200 millones.



5.3. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA EVOLUCIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL

En la Figura 40, se presenta en forma de mapa, la evolución de la condición de la Red Vial Nacional, entre las campañas 2020-2021 y 2022-2023.

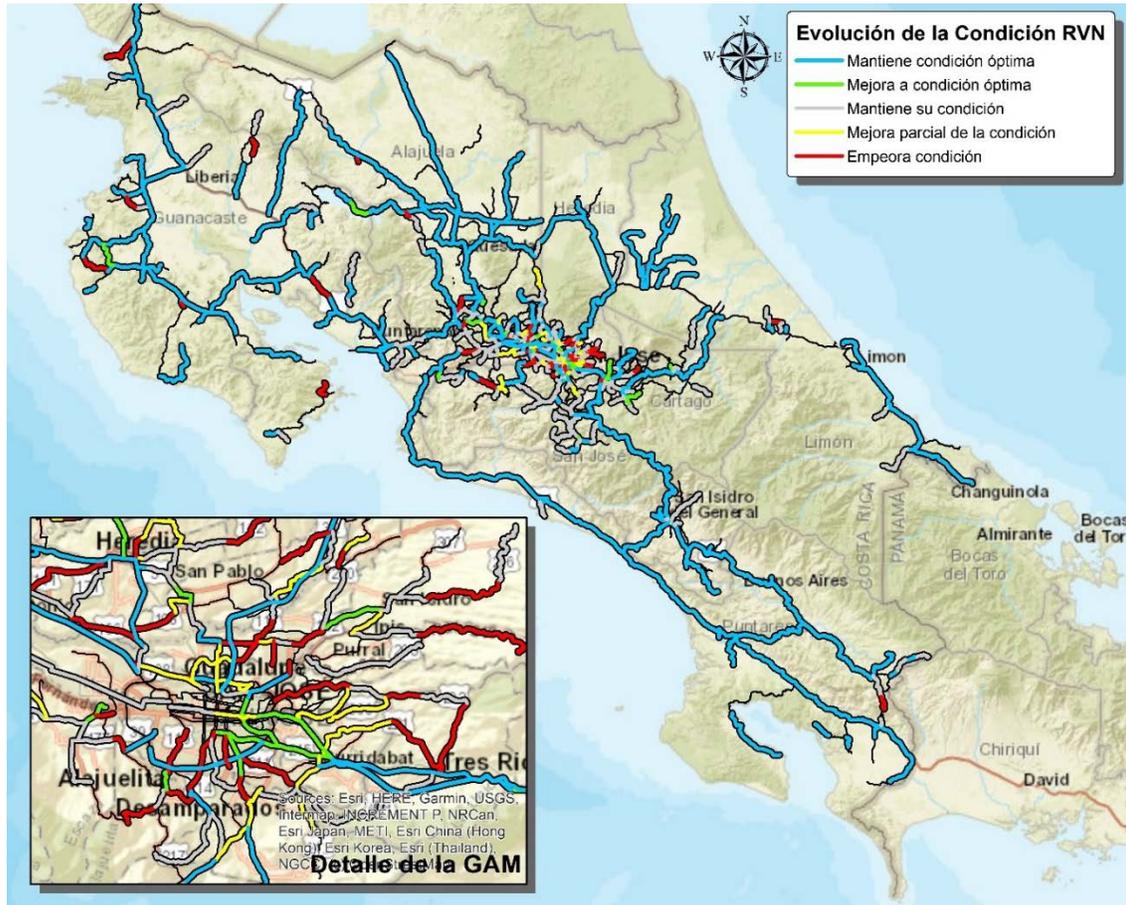


Figura 40. Evolución del estado de la Red Vial Nacional entre campañas.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES GENERALES DE LA CAMPAÑA DE EVALUACIÓN 2022 – 2023

En general, la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica presenta buenas condiciones, con base en los indicadores evaluados, pero existe un porcentaje significativo (29 %) que muestra una clara tendencia al deterioro y de no ser atendido, mejorando las actuales prácticas de intervención de pavimentos, puede evolucionar en el corto plazo hacia una condición que amerite intervenciones de alto costo y de alto impacto para los usuarios.

Las prácticas de mantenimiento utilizadas han dado buenos resultados, pero permanece 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.

La información generada en esta campaña de evaluación, permite identificar que las actividades de conservación tradicionales, tales como bacheos, o sobrecapados de MAC no son suficientes para lograr una tendencia estable hacia la recuperación de la Red Vial Nacional, esto porque logran en el mejor de los casos mantener, en un equilibrio inestable, la condición existente de rutas con deterioros en sus condiciones estructural y/o funcional, por lo que deberán ser sujetas a nuevas intervenciones en el corto y mediano plazo.

CONCLUSIONES ESPECÍFICAS DE LA CAMPAÑA DE EVALUACIÓN 2022 – 2023

Con respecto a la condición estructural, la cual es medida mediante el Deflectómetro de Impacto, un 92 % de la RVN presenta buenas condiciones, mientras que un 3,5 % presenta deflexiones de altas a muy altas (mala condición estructural)

Por su parte, los resultados obtenidos en la condición funcional (que se mide con el equipo de Regularidad Superficial) muestran que menos del 10% de la RVN presenta buenas condiciones, mientras que un 62 % presenta condiciones moderadas. El restante 29 % presenta condiciones deficientes a muy deficientes.

En el tema de seguridad vial, la capacidad de las rutas de brindar agarre superficial a los vehículos se mide mediante el equipo GripTester. Se debe recordar que este equipo solo permite mediciones en rutas que tengan un valor de IRI o regularidad superficial de 4,0 m/km o menor: por tanto, se evaluó un 57 % de la RVN. Los resultados muestran que solo un 20 % de la longitud muestra resultados de Poco Deslizante; mientras que el restante 80 % se encuentran en las categorías Deslizante a Muy Deslizante.



Al analizar la distribución de los resultados por medio del SIG, por lo general, las zonas de conservación ubicadas en la GAM son las que presentan los resultados menos homogéneos; es decir, la mayor cantidad de rutas que presentan secciones con condiciones de deterioro tanto desde el punto de vista estructural como funcional se encuentran en esta zona geográfica. Con base en los resultados obtenidos del parámetro de agarre superficial, todas las zonas del país presentan resultados de alto deterioro (categorías de deslizante a muy deslizante).

En cuanto a las Notas de Calidad Q, 72 % de la RVN presenta notas Q1 y Q2, esto debido a los buenos resultados de la capacidad estructural mencionados antes. Esto representa que casi tres cuartas partes de la RVN presenta condiciones de servicio buenas para los usuarios. Un 19% de la red presenta notas Q4, lo cual denota buena capacidad estructural pero una disminución importante en la capacidad funcional. El restante 10% lo representan las demás notas; geográficamente, de nuevo las rutas de la GAM son las que presentan la mayor variabilidad de estas notas dentro del país

Debido a la distribución de las Notas de Calidad presentada, 71% de la RVN requiere solo de Estrategias de Mantenimiento de Preservación, un 21 % requiere de Mantenimiento de Recuperación del IRI, y el restante 8 % se distribuye en las demás estrategias generales de intervención.

Al analizar las bases de datos de estimaciones de pago del SIGEPRO, la primera conclusión que se extrae es que el monto invertido en actividades de mantenimiento / rehabilitación válida para la presente campaña de evaluación, representa apenas un 27,5% del total invertido en la campaña anterior (58 mil millones de colones para la campaña actual, vs. 211mil millones de colones para la campaña anterior).

Para la campaña de evaluación actual, del total invertido, casi la tercera parte se destina a la colocación de Pavimento bituminoso en caliente, seguido por el Bacheo a profundidad parcial con mezcla asfáltica, la Chapea del derecho de vía y el Bacheo con mezcla asfáltica.

Al comparar los indicadores obtenidos entre campañas, se puede establecer la evolución del estado de la RVN, esto como una primera etapa de evaluación de la eficiencia de la gestión aplicada. Con base en lo anterior, los resultados del indicador estructural muestran en general que la RVN evaluada mantiene su condición, con un pequeño porcentaje de esta con tendencias al deterioro. Los resultados de la comparación del indicador funcional muestran una tendencia al deterioro de la RVN, mismo escenario obtenido con respecto al agarre superficial (un resultado importante de cara a temas de seguridad vial).

Al realizar este análisis en cuanto a las *Estrategias Generales de Inversión*, aproximadamente dos terceras partes de la RVN mantienen la condición óptima de *Mantenimiento de Preservación*.

Una pequeña pero significativa parte de la RVN muestra tendencias hacia el deterioro, dado que el porcentaje de rutas que mejoraron de categoría es menor al porcentaje de rutas que empeoraron.

Del total de la inversión realizada en la RVN para esta campaña (58 mil millones de colones), poco más de 42 mil millones se realizaron en tramos que fueron evaluados tanto en esta campaña, como en la anterior, lo que permite evaluar la eficiencia de la inversión, con base en los niveles de evolución entre campañas según los indicadores obtenidos para las rutas. De esta cantidad, un 71 % se invirtieron en rutas que mantuvieron su condición óptima, mientras que un 5 % se destinaron a rutas que alcanzaron la condición óptima en esta campaña. Por tanto, el 76 % de los recursos invertidos (unos 32 mil millones de colones) fueron usados de forma eficiente. El porcentaje restante fue usado en rutas que, ya sea, mejoran de manera parcial su condición (1,5 %, unos 600 millones de colones), mantienen su condición inestable (17 %, poco más de 7 200 millones de colones), que empeoraron su condición entre campañas (5,5 %, poco más de 2 300 millones de colones).

Con base en lo anterior, se puede decir que el modelo de intervenciones utilizado ha logrado invertir de forma eficiente 3 cuartas partes de los recursos, pero existe aún un importante margen de optimización en el uso de éstos.



RECOMENDACIONES

La principal recomendación que se deriva de este informe 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 Nacional, 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, SIGEPRO del CONAVI, esto para un mejor control y consulta del tipo y ubicación de las obras que se realizan en cada tramo, 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 71 % de la Red Vial Nacional calificó en esta campaña en la categoría de *Mantenimiento de Preservación* (lo cual indica una buena condición estructural y funcional, y por tanto un buen índice de servicio para los usuarios), 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.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM International. (2009). ASTM E950/E950M-09 Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference. West Conshohocken, PA: ASTM International.

ASTM International. (2015). ASTM D 4695-03 Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements. West Conshohocken, PA: ASTM International.

ASTM International. (2015). ASTM E1926-08(2015) Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements. West Conshohocken, PA: ASTM International.

Badilla-Vargas, G. (2009). Determinación de la Regularidad Superficial de Pavimentos mediante el Cálculo del Índice Regularidad Internacional (IRI): Aspectos y Consideraciones Importantes. San José: LanammeUCR.

Barrantes-Jiménez, R., Sibaja-Obando, D., & Porras-Alvarado, J. (2008). Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices Red Vial Nacional. Montes de Oca, San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

Sanabria Sandino, J., Barrantes Jimenez, R., & Elizondo Salas, A. L. (2019). Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2020-2021. San Pedro, San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

Sanabria-Sandino, J., Barrantes-Jiménez, R., & Loría-Salazar, L. G. (2011). Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2010-2011. San Pedro, San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

Solminihac, H. (1998). Gestión de Infraestructura Vial. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.

Valverde Cordero, C., & Barrantes Jimenez, R. (2018). Diseño de un modelo para la selección de actividades de conservación para la Red Vial Nacional de Costa Rica. San José, Costa Rica: ICAP.



ANEXO: MONTOS INVERTIDOS EN ESTIMACIONES DE PAGO POR CADA REGLÓN – CAMPAÑA 2022

Cuadro 30. Inversión por reglón de pago del periodo 2020-2021

Reglón	Monto
M45(A)	€18 190 949 182
M41(A2)	€4 152 220 258
M20(A)	€3 091 037 647
M41(A)	€2 865 866 077
CR.204.05	€2 482 658 812
CR.552.01(a)	€2 031 750 881
CR.659	€1 946 122 571
M45(E)	€1 853 309 031
CR.208.01	€1 420 380 040
M41(D)	€1 408 983 652
M42(B)	€1 315 706 174
CR.614.01	€1 040 393 257
CR.301.03	€1 018 211 653
M20(D)	€924.635 993
M21(A)	€750 212 983
CR.552.02	€667 614 060
CR.301.06	€649 082 629
M21(E)	€637 187 898
M22(A)	€608 195 255
CR.204.01	€555 842 936
CR.602.01(G)	€457 091 109
CR.253.04	€454 243 300
CR.502.02	€444 096 163
CR.634.04I-3	€374 919 136
CR.719.02-AR5.7	€356 333 047
CR.634.04I-2	€348 598 184
CR.251.03	€340 783 258
CR.302.03	€325 798 605
MCR.702.03	€307 043 666
14LN017-AUX12	€306 986 274
M30(A)	€291 099 931

Reglón	Monto
CR.602.01(F)	€242 711 261
CR.602.01(C)	€237 192 968
CR.709.01	€230 754 258
CR.602.01(E)	€226 570 533
MP-620(3)	€224 095 751
CR.208.03	€212 783 714
M21(F)	€210 471 179
M21(H)	€207 882 708
MP-50(A)	€198 414 280
CR.634.04A-3	€196 963 109
CR.605.08	€182 240 221
CR.602.01(A)	€180 366 462
CR.554.01	€179 629 426
CR.209.03	€177 152 883
CR.602.02B	€174 232 276
CR.251.01	€174 025 449
CR.634.04A-4	€171 357 105
CR.661.01(POL)	€168 307 688
M21(G)	€152 267 136
14LN017-AUX010	€144 061 873
M20(E)	€142 676 788
CR.110.06	€127 448 794
CR.634.05B	€119 549 683
CR.251.01.CH	€107 118 873
CR.634.05D	€106 392 007
CR.617.01	€103 258 695
CR.617.03	€102 340 540
CR.633.01(A)	€101 718 210
CR.609.02	€100 926 875
CR.617.05(A)	€99 875 569
M634(1)2	€94 090 549

Reglón	Monto
CR.615.01	€86 381 849
14LN017-AUX009(0.15)	€77 126 847
CR.602.01(H)	€77 052 155
CR.602.01(B)	€75 447 085
CR.602.02A	€72 848 636
MCR.408(5)	€66 910 880
CR.617.05(B)	€61 221 886
CR.634.05A	€51 602 622
CR.634.05C	€51 451 967
CR.253.04(A1)	€50 599 075
CR.719.02-AR.7	€50 322 312
CR.634.02I-13	€47 510 600
SN-1	€46 708 230
CR.634.02I-14	€44 619 792
CR.634.02A-15	€39 644 643
CR.714.01	€38 163 982
CR.634.02A-14	€36 101 253
M403(1)A	€34 478 793
CR.602.01.PL(060)	€26 060 417
CR.634.02I-15	€24 880 400
CR.634.04I-4	€23 754 103
CR.253.05	€23 714 056
CR.202.04(B)	€21 282 605
14LN017-AUX014	€20 134 247
M43(C)	€18 905 705
MDV-01	€17 461 181
14LN017-AUX005(C)	€16 604 428
CR.633.01(F)	€16 536 222
CR.634.02I-8	€16 469 788
CR.634.02I-11	€15 502 929
MP-50(B)	€15 220 253
CR.634.02A-16	€13 559 536
CR.634.02I-7	€12 619 834
CR.634.02A-12	€12 360 043
CR.604.09	€12 234 096

Reglón	Monto
M40(A)	€11 774 805
CR.634.02A-7	€11 270 586
CR.552.04	€10 597 240
CR.634.04A-5	€10 376 364
CR.602.01(D)	€9 979 455
CR.634.02I-9	€9 633 206
CR.634.04I-1	€9 597 072
14LN017-AUX001	€9 372 413
CR.552.03. (280)	€9 285 410
CV.606.01	€9 082 841
CR.604.07.(M)(LL)	€9 041 099
M634(1)1	€7 496 021
CR.634.02A-9	€7 272 616
14LN017-AUX002	€6 732 969
CR.201.03	€6 094 484
14LN017-AUX11	€5 869 298
CR.634.02A-8	€5 726 660
CR.634.02A-10	€5 331 676
CR.609.01	€4 843 900
CR.634.02I-6	€4 826 358
CR.634.02I-10	€4 752 316
M47(B)	€4 141 002
CR.634.02A-11	€3 981 355
CR.714.01A	€3 408 963
CR.633.01(D)	€3 108 030
CR.634.04A-2	€3 003 352
CR.634.02A-13	€2 220 740
CV.106.06. Ref. (200)	€2 205 921
CR.106.06. (Dren) (12)(1)	€2 116 619
CR.634.04I-5	€2 112 419
CR.602.04.PL (010)	€1 998 256
CV.106.06. Dren (Flex)	€1 774 246
603(21)3B	€1 772 297
CR.556.01(B)	€1 754 468
CR.634.04A-6	€1 525 098



Reglón	Monto
CR.634.02I-12	€1 307 906
CR.633.01(B)	€1 250 162
CR.554.02	€925 862
CR.602.04. (115)	€772 568
CR.633.01(E)	€754 618
14LN017-AUX008(0.3)	€654 299

Reglón	Monto
CR.651.01. A (45)	€511 554
CR.605.05	€477 677
CR.602.04	€463 231
M20(F)	€390 528
CR.633.01(C)	€290 426
TOTAL	€58 257 725 645

Fuente: SIGEPRO, CONAVI