



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE EVALUACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA DE COSTA RICA

Años 2018-2019 / LM-PI-UGERVN-004-19

San José, Costa Rica / Agosto, 2019





UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE EVALUACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA DE COSTA RICA

Años 2018-2019 / LM-PI-UGERVN-004-19

San José, Costa Rica / Agosto, 2019



Información Técnica del Documento

1. Informe:	LM-PI-UGERVN-004-19
2. Copia No.	1
3. Título:	INFORME DE EVALUACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA DE COSTA RICA AÑOS 2018 -2019
4. Fecha del Informe	Agosto, 2019
7. 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
8. Notas complementarias	No Aplican

9. Resumen

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.

Los parámetros técnicos con los que se realizó la evaluación de la red de carreteras en los años 2018 - 2019 están relacionados directamente con la vida útil o de servicio, con el costo de operación de la flota vehicular que circula y con la seguridad vial, al evaluar la fricción de la superficie en presencia de agua, generando condiciones críticas de frenado. Se utilizó el deflectómetro de impacto (FWD), para medir las deflexiones superficiales obtenidas al someter al pavimento a una fuerza que simula cargas de tránsito, lo que permite inferir la capacidad soportante de dicho pavimento, y con ello, la vida útil remanente en dicha estructura. Por otra parte, se utilizó el perfilómetro láser, el cual mide las irregularidades superficiales (IRI) de las vías, que se asocia tanto con el confort que siente el usuario que circula por dicho tramo, como principalmente con los costos de operación de los vehículos que usan las carreteras. 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. Se genera un registro mediante fotografías georreferenciadas de la condición superficial de los pavimentos en el momento de su evaluación para poder analizar el tipo de deterioros presentes en la Red Vial Nacional. Adicionalmente, se realizó la evaluación de la inversión realizada entre enero del año 2016 y diciembre del año 2017 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.

10. Palabras clave:	EVALUACIÓN, RED, VIAL, NACIONAL, PAVIMENTOS, ESTRATEGIAS, GESTIÓN
11. Nivel de seguridad:	Alto
12. Núm. de páginas	118

13. Preparado por

Ing. Jairo Sanabria Sandino, PMP®
Unidad de Gestión y Evaluación
de la Red Vial Nacional



Fecha: Agosto 2019

14. Revisado por:

Ing. Roy Barrantes Jiménez, M.Sc, PMP®
Coordinador de la Unidad de Gestión y Evaluación
de la Red Vial Nacional



Fecha: Agosto 2019

14. Revisado por:

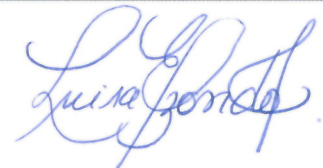
Lic. Miguel Chacón Alvarado.
Asesor Legal LanammeUCR



Fecha: Agosto 2019

15. Aprobado por:

Ing. Ana Luisa Elizondo Salas,
Coordinador General PITRA a.i.



Fecha: Agosto 2019

TABLA DE CONTENIDO

POTESTADES	1
OBJETIVOS DE LA CAMPAÑA DE EVALUACIÓN 2018-2019	2
OBJETIVOS GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
CAPÍTULO 1	3
1.1 INTRODUCCIÓN	4
1.1.1 EL PAPEL DEL LANAMMEUCR EN LA GESTIÓN Y EVALUACIÓN DE OBRAS DE LA RVN	5
1.1.2 DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS	15
1.1.3 OTRAS DEFINICIONES	17
1.2 CAPACIDAD ESTRUCTURAL, DEFLEXIONES OBTENIDAS MEDIANTE EL FWD	19
1.2.1 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN POR DEFLECTOMETRÍA DE IMPACTO (FWD)	19
1.2.2 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA RED VIAL CON EL ENSAYO DE DEFLECTOMETRÍA FWD	20
1.2.3 RESULTADOS DE DEFLECTOMETRÍA (FWD) DESGLOSADOS POR PROVINCIA	21
1.2.4 RESULTADOS DE DEFLECTOMETRÍA (FWD) DESGLOSADOS POR ZONA CONAVI	22
1.2.5 RESULTADOS DE DEFLECTOMETRÍA (FWD) POR MEDIO DE SIG	23
1.3 CAPACIDAD FUNCIONAL, EMPLEANDO EL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)	24
1.3.1 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI)	24
1.3.2 RESULTADOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) PARA LA RED VIAL	25
1.3.3 RESULTADOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) DESGLOSADOS POR PROVINCIA	26
1.3.4 RESULTADOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) DESGLOSADOS POR ZONA DE CONSERVACIÓN VIAL	27
1.3.5 RESULTADOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) POR MEDIO DE LOS SIG	29
1.4 CONDICIÓN DE LA RED VIAL SEGÚN COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DE PAVIMENTOS (GRIP)	30
1.4.1 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DEL GRIPNUMBER	30
1.4.2 RESULTADOS DE COEFICIENTE DE ROZAMIENTO CON EL ENSAYO DE GRIP	31
1.4.3 RESULTADOS DE AGARRE SUPERFICIAL GRIP DESGLOSADOS POR PROVINCIA	32
1.4.4 RESULTADOS DEL ENSAYO DE GRIP POR ZONA DE CONSERVACIÓN VIAL	33
1.4.5 RESULTADOS DEL ENSAYO DE GRIP POR MEDIO DE LOS SIG	34

CAPÍTULO 2 **35**

2.1	INTRODUCCIÓN	36
2.1.1	DEFINICIONES	37
2.2	NOTAS DE CALIDAD (NOTAS Q)	38
2.2.1	DEFINICIÓN DE LAS NOTAS CALIDAD (NOTAS Q) A NIVEL DE RED	38
2.2.2	RESULTADOS DE NOTAS Q PARA LA RED VIAL	42
2.3	ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL NACIONAL	47
2.3.1	DEFINICIONES	47
2.3.2	RESULTADOS DE ESTRATEGIAS GENERALES DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL NACIONAL	51
2.3.3	PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN PARA MEJORAR EL FRENADO DE LOS VEHÍCULOS EN CARRETERA	57
2.3.4	PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN PARA MEJORAR EL FRENADO DE LOS VEHÍCULOS EN LA RED VIAL	58

CAPÍTULO 3 **59**

3.1	INTRODUCCIÓN	60
3.1.1	DEFINICIONES	61
3.2	ACTIVIDADES DE PROCESAMIENTO BÁSICO DE LAS ESTIMACIONES DE OBRA VIAL	62
3.3	DATOS DERIVADOS DE LA BASE DE DATOS DE ESTIMACIONES DE OBRA VIAL	64
3.3.1	RESULTADOS TOTALES DE INVERSIÓN	65
3.4	RESUMEN DE INVERSIÓN EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	69

CAPÍTULO 4 **71**

4.1	COMPARACIÓN DE RESULTADOS: EVOLUCIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL	72
4.2	COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES DE LA RED VIAL ERVN2016 Y ERVN2018	74
4.2.1	COMPARACIÓN DE INDICADORES DE LA ERVN2016 Y ERVN2018 SEGÚN LA CONDICIÓN DE DEFLEXIONES (FWD)	74
4.2.2	COMPARACIÓN DE INDICADORES DE LA ERVN2016 Y ERVN2018 SEGÚN LA CONDICIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI)	76
4.2.3	COMPARACIÓN DE ERVN2016 Y ERVN2018 SEGÚN LAS CATEGORÍAS DE GRIP NUMBER	78
4.3	ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL POR ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD DE LA INVERSIÓN REALIZADA ERVN2016 Y ERVN2018	79

4.3.1 ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TOTAL EN RED VIAL COMPARANDO LAS ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN RECOMENDADAS ERVN2016 Y LOS RESULTADOS DE LA ERVN2018	80
4.3.2 ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA INVERSIÓN CONSIDERANDO LAS ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN RECOMENDADAS OBTENIDAS EN LA ERVN2018 Y LA CONDICIÓN PRELIMINAR ERVN2016	86
CAPÍTULO 5	97
5.1 CONCLUSIONES	98
5.1.1 CONCLUSIONES “CAPÍTULO 1: CONDICIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL - ERVN2018”	98
5.1.2 CONCLUSIONES “CAPÍTULO 2: ESTRATEGIAS GENERALES DE INTERVENCIÓN RECOMENDADAS - ERVN2018”	100
5.1.3 CONCLUSIONES “CAPÍTULO 3: INVERSIÓN EN MANTENIMIENTO - ERVN2018”	102
5.1.4 CONCLUSIONES “CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE EVOLUCIÓN DE LA CONDICIÓN – ERVN2018”	103
5.2 RECOMENDACIONES	104
BIBLIOGRAFÍA	106
APÉNDICE A	108

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Línea de Tiempo: Entrada en Vigencia de Ley 8114 – Creación de la UGERVN</i>	6
<i>Figura 2. Línea de Tiempo: Creación de la UGERVN – 8º Informe de Evaluación</i>	10
<i>Figura 3. Evolución del parámetro IRI según categoría, para las distintas campañas de evaluación de la RVN</i>	14
<i>Figura 4. División del territorio nacional en las 22 zonas de Conservación Vial</i>	16
<i>Figura 5. Condición Estructural de la Red Vial según las deflexiones (FWD)</i>	20
<i>Figura 6. Condición Estructural por provincias según las deflexiones (FWD)</i>	21
<i>Figura 7. Condición Estructural por Zonas CONAVI según las deflexiones (FWD)</i>	22
<i>Figura 8. Representación SIG de las deflexiones (FWD) en la Red Vial - ERVN2018</i>	23
<i>Figura 9. Condición Funcional de la Red Vial según la regularidad superficial (IRI)</i>	25
<i>Figura 10. Condición Funcional por provincias según la regularidad superficial (IRI)</i>	26
<i>Figura 11. Condición Funcional por zonas CONAVI según la regularidad superficial (IRI)</i>	28
<i>Figura 12. Representación SIG de la regularidad superficial (IRI) en la Red Vial - ERVN2018</i>	29
<i>Figura 13. Condición del agarre superficial según el ensayo de GRIP Tester</i>	31
<i>Figura 14. Estado de la Red Vial por provincias según el ensayo de GRIP</i>	32
<i>Figura 15. Estado de la Red Vial por zona CONAVI según el ensayo de GRIP</i>	33
<i>Figura 16. Representación SIG del ensayo de GRIP en la Red Vial - ERVN2018</i>	34
<i>Figura 17. Matriz de Combinación de Notas Q (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011)</i>	38
<i>Figura 18. Notas de calidad, longitud en kilómetros y porcentaje para la Red Vial</i>	43
<i>Figura 19. Notas Q por provincias para la Red Vial</i>	44
<i>Figura 20. Notas de calidad por Zona CONAVI</i>	45
<i>Figura 21. Mapa de distribución de las notas Q por Zona de Conservación Vial</i>	46
<i>Figura 22. Agrupación de las notas de calidad para definición de estrategias generales de intervención (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011)</i>	49
<i>Figura 23. Esquema de Notas de Calidad distribuidas en función de las ventanas de generales de operación (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2013)</i>	51
<i>Figura 24. Estrategias de intervención para la Red Vial Nacional</i>	52
<i>Figura 25. Estrategias de intervención para la Red Vial Nacional distribución por provincias</i>	53
<i>Figura 26. Distribución de estrategias por Zonas del CONAVI</i>	54
<i>Figura 27. Mapa de distribución de estrategias de intervención por Provincia</i>	56
<i>Figura 28. Recomendaciones de intervención para atender los distintos niveles de peligrosidad ante carreteras deslizantes (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011)</i>	57
<i>Figura 29. Recomendaciones de intervención para atender los distintos niveles de peligrosidad ante carreteras deslizantes. Distribución entre Q1, Q2 y Q3</i>	58

<i>Figura 30. Esquema de insumos y productos básicos del procesamiento de estimaciones</i>	63
<i>Figura 31. Inversión por Zona de Conservación Vial, Base de Datos del LanammeUCR</i>	66
<i>Figura 32. Distribución mensual de la inversión total, Fuente: Base de Datos del LanammeUCR</i>	67
<i>Figura 33. Inversión realizada en los ítems de pago, Fuente: Base de Datos del LanammeUCR</i>	68
<i>Figura 34. Mapa de inversión relativa por kilómetro de sección de control para ERVN2018</i>	70
<i>Figura 35. Ejemplo de distribución espacial de mediciones en una ruta de 100 km</i>	72
<i>Figura 36. Ejemplo de métodos de análisis temporales de indicadores en ruta de 100 km</i>	73
<i>Figura 37. Evolución de las categorías de deflexión en la Red Vial Nacional - ERVN2018</i>	75
<i>Figura 38. Evolución de las deflexiones en la Red Vial Nacional - ERVN2018</i>	77
<i>Figura 39. Evolución del Grip Number en la Red Vial Nacional - ERVN2018</i>	79
<i>Figura 40. Evolución de las Vías de acuerdo con las Estrategias de Intervención Recomendadas, comparación entre la ERVN2016 y la ERVN2018</i>	85
<i>Figura 41. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Mantenimiento de Preservación en la ERVN2018</i>	87
<i>Figura 42. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Mantenimiento de Recuperación IRI 2018</i>	88
<i>Figura 43 Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Análisis a Nivel de Proyecto 2018</i>	89
<i>Figura 44. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Rehabilitación Menor 2018</i>	90
<i>Figura 45. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Rehabilitación Mayor 2018</i>	91
<i>Figura 46. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Reconstrucción 2018</i>	92
<i>Figura 47. Mapa de análisis de condición y eficiencia basado en la evolución de las secciones de control con base en las estrategias recomendadas de intervención</i>	94
<i>Figura 48. Resumen de Estrategias e Inversión resultantes de la ERVN2018</i>	96
<i>Figura 49. Evolución del IRI posterior a la implementación de la Notas Q en la Evaluación de la Red Vial</i>	98

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Longitud evaluada en cada prueba, campaña de evaluación 2018 -2019</i>	1
<i>Tabla 2: División del territorio Nacional en 22 zonas de Conservación Vial</i>	15
<i>Tabla 3: Rangos de deflexión según TPD, utilizados para clasificar resultados de FWD</i>	19
<i>Tabla 4: Resultados de las Deflexiones (FWD) de la Red Vial - ERVN2018</i>	20
<i>Tabla 5: Rangos de clasificación de regularidad superficial (IRI) para pavimentos flexibles</i>	24
<i>Tabla 6: Resultados de la regularidad superficial (IRI) de la Red Vial - ERVN2018</i>	25
<i>Tabla 7: Clasificación internacional del pavimento según el GN</i>	30
<i>Tabla 8: Resultados obtenidos mediante el ensayo de GRIP Number - ERVN2018</i>	31
<i>Tabla 9: Resultados de las Notas de Calidad para la Red Vial - ERVN2018</i>	42
<i>Tabla 10: Resultados de las Estrategias Generales de Intervención para la Red Vial - ERVN2018</i>	51
<i>Tabla 11: Distribución de Contratistas por Zona de Conservación Vial y Licitación</i>	60
<i>Tabla 12: Montos inversión por Zona CONAVI, Enero 2014 a Diciembre 2015 – ERVN2016</i>	64
<i>Tabla 13: Montos de inversión por Zona CONAVI: Enero 2016 a Diciembre 2017 - ERVN2018</i>	65
<i>Tabla 14: Resultados obtenidos en deflexiones (FWD) - ERVN2016 vs ERVN2018</i>	74
<i>Tabla 15: Resultados obtenidos en regularidad superficial (IRI) - ERVN2016 vs ERVN2018</i>	76
<i>Tabla 16: Resultados obtenidos en agarre superficial (Grip Number) - ERVN2016 vs ERVN2018</i>	78
<i>Tabla 17: Resumen de Estrategias de Intervención recomendadas. ERVN2016 y ERVN2018</i>	80
<i>Tabla 18: Evolución de las secciones con recomendación de Mantenimiento en la ERVN2016</i>	81
<i>Tabla 19: Evolución de secciones para Rehabilitación o Reconstrucción en la ERVN2016</i>	82
<i>Tabla 20: Inversión en secciones sin Estrategia de Intervención en la ERVN2016</i>	84
<i>Tabla 21: Resumen de la mejoría y la eficiencia en la inversión de la ERVN2018</i>	93
<i>Tabla 22: Evolución de la condición en la ERVN2016</i>	95

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 dentro de las funciones que la citada ley le confiere al LanammeUCR.

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

La Tabla 1 ilustra la longitud total evaluada en cada una de las mediciones realizadas en la campaña de evaluación 2018.

Tabla 1: Longitud evaluada en cada prueba, campaña de evaluación 2018 -2019

Tipo de Medición	Longitud (km)
Deflectometría FWD	5 235,6
Regularidad Superficial IRI	5 235,6
Equipo de Auscultación Visual Geo3D	5 235,6
Coeficiente de Rozamiento GRIP	3 475, 3*

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

La longitud evaluada se asocia con las secciones de control que fueron caracterizadas. Por su parte, el equipo que utiliza el LanammeUCR para evaluar el coeficiente de rozamiento (GRIP) de los pavimentos es un equipo delicado, y por recomendación de su fabricante, no puede ser utilizado en rutas que tengan un índice de regularidad superficial mayor a 4,0; de ahí que la extensión de red que puede ser evaluada bajo este parámetro se reduce considerablemente.

OBJETIVOS DE LA CAMPAÑA DE EVALUACIÓN 2018-2019

OBJETIVOS GENERAL

Conocer, evaluar y calificar la condición técnica general de la Red Vial Nacional pavimentada¹ en los años 2018-2019 y determinar su evolución o cambio respecto al año 2016-2017.

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.
- Registrar la condición superficial y deterioros de los pavimentos de la red vial, con el equipo de auscultación visual.
- Comparar el estado de los pavimentos de la red vial contrastando los resultados de las evaluaciones efectuadas en los años 2016 y 2017.
- 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 2016 y 2017 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.

¹ En adelante, referida únicamente como Red Vial

CAPÍTULO 1

CONDICIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL - ERVN2018

1.1 INTRODUCCIÓN

Las metodologías de la campaña 2010-2011² establecieron algunos de los elementos estándar empleados en la presente campaña de evaluación de la red vial. Así las cosas, con base en los conocimientos y experiencia adquiridos en dicha campaña, se procedió a la planificación de las giras de evaluación para cada uno de los equipos. En el caso de las giras de toma de datos de deflectometría, se hizo necesario hacerlas coincidir con el final de la época lluviosa en cada una de las zonas del país, esto con el objeto de evaluar el suelo en su condición de máxima saturación posible, lo cual arroja las deflexiones más críticas y que reflejan de una manera más real las condiciones de operación de los pavimentos de nuestro país. En esta evaluación los resultados se agrupan también por nivel de tráfico de las vías evaluadas, usando cuatro grupos: Tránsito promedio diario TPD <5 000 vpd³, TPD entre 5 000 y 15 000 vpd, TPD entre 15 000 y 40 000 vpd y casos especiales de tránsito pesado intenso. Con estos elementos se definió el cronograma, y se procedió al levantamiento de información de las carreteras con los equipos que se detallan en esta sección.

Los datos recopilados a nivel de Red, con los equipos de medición de alto desempeño, se emplean 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.

En el informe anterior, se tomó en consideración los efectos del *Huracán Otto*, registrado como el primer huracán en ingresar al territorio Nacional. Al considerar los impactos directos del huracán se dejó por fuera cerca de 12 secciones de control equivalentes a 166,62 km de Red Vial. En esta ocasión algunas secciones que fueron evaluadas pero que quedaron fuera del informe se reintegran como punto de comparación en los análisis de evolución, ya que el efecto del *Huracán Otto* no modificó en forma significativa los tramos de la Red Vial.

² Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loria-Salazar, Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2010-2011

³ vpd: vehículos por día

1.1.1 El papel del LanammeUCR en la gestión y evaluación de obras de la RVN

En la estructura de todo sistema de *Gestión de Activos Viales*, se reconoce como eje fundamental los denominados *Sistemas de Gestión de la Información*, el cual constituye uno de los principales objetivos del LanammeUCR en el cumplimiento de la Ley 8114, en este primer capítulo se muestra la evolución y seguimiento que estas herramientas de gestión han tenido, desde la creación de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del LanammeUCR.

Debido al rezago tecnológico en los procesos de diseño, construcción y conservación de vías, el aumento constante de la flota vehicular (especialmente de vehículos de transporte de carga) y a eventos climatológicos extremos que impactaron el país (1988 huracanes Gilbert y Juana, 1996 huracán César, y varias tormentas tropicales), la Red Vial pavimentada se encontraba en un estado deplorable. En el año 1997 y en convenio con el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, se inicia el proyecto “Cero Huecos”, cuyo objetivo fue reparar cerca de 2 000 kilómetros de rutas pavimentadas en el primer año, con labores de bacheo principalmente, de los cuales 700 kilómetros fueron considerados como vitales. Este proyecto, tuvo una inversión inicial de aproximadamente 8,2 millones de dólares, el LanammeUCR participa como supervisor de las obras ejecutadas.

Entre los años 1998 a 2000, se crearon convenios de transferencia de tecnología entre el LanammeUCR y el MOPT, entre los que destacaron el Proyecto de Mantenimiento Rutinario y el Proyecto de Mantenimiento Preventivo. Esto, en paralelo con las labores de control de calidad y de supervisión que el laboratorio brindaba a la Administración. Los fondos generados de estas labores, se invirtieron para contratar personal especializado en el campo vial, construir adiciones al edificio principal para crear laboratorios en temas de asfaltos y pavimentos, y adquirir equipos de última tecnología como los relacionados con temas del diseño de mezclas Superpave y Reología de asfaltos, así como el primer Deflectómetro de Impacto y el Perfilómetro Láser para evaluación de rutas en sitio.

Con esta plataforma humana y tecnológica creada, el LanammeUCR se convirtió en el laboratorio de referencia en materia vial a nivel centroamericano. Debido a esto, en el año 2001 se le confirió el mandato de fiscalizar la inversión de obra pública en materia de infraestructura vial, gracias a la aprobación de la Ley 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias, con lo que se aseguraron recursos para seguir realizando las labores de fiscalización requeridos en el país, así como la inversión en temas de capacitación y tecnología de punta, requeridos para realizar investigación aplicada, actualización de especificaciones y transferencia de conocimientos que tiendan a fortalecer la eficiencia en el uso de los recursos en el Sector de Transportes e Infraestructura en Costa Rica.

Línea de Tiempo: Período 2001 – 2010

Entrada en vigencia de Ley 8114 - Creación de la UGERVN

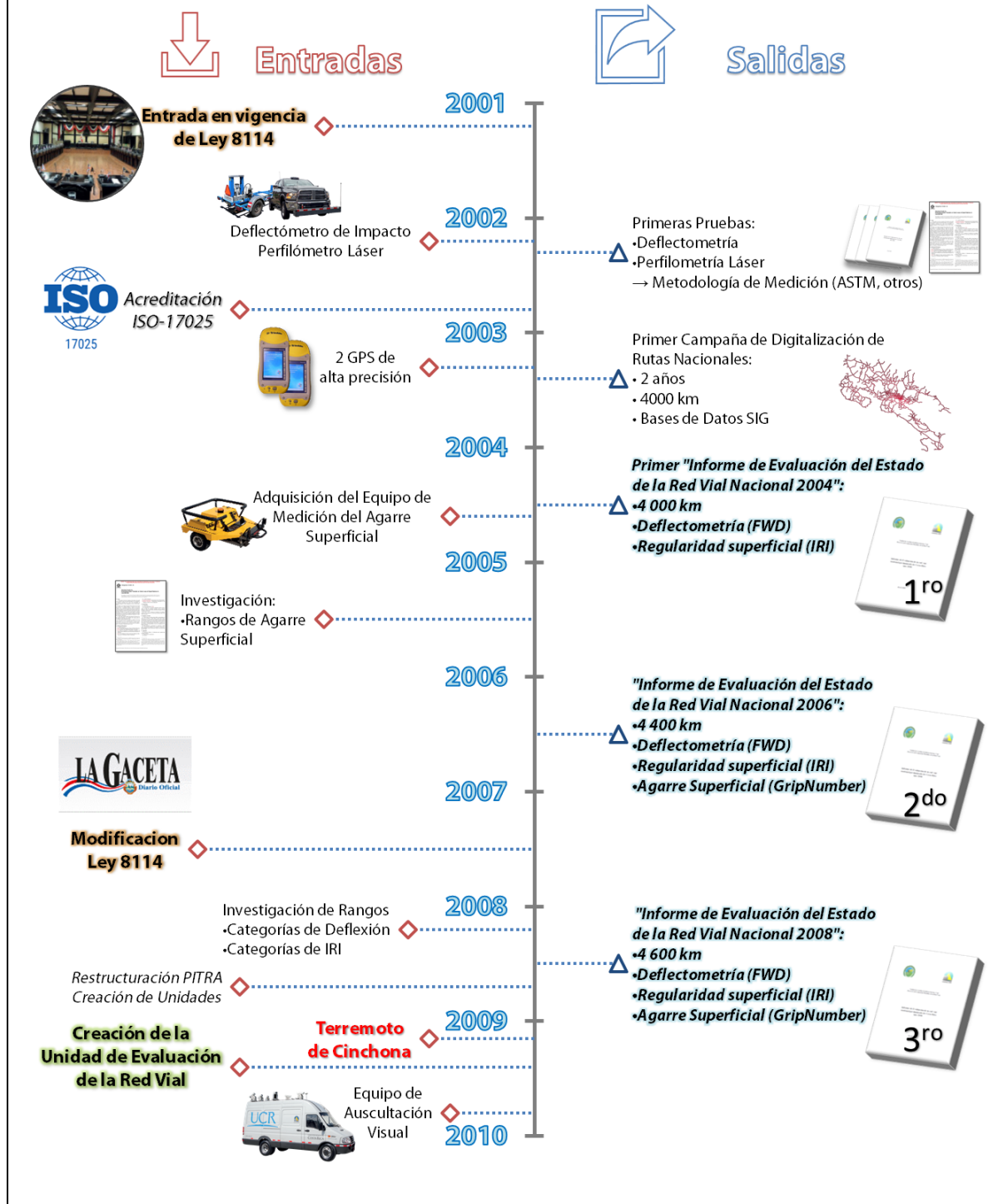


Figura 1. Línea de Tiempo: Entrada en Vigencia de Ley 8114 – Creación de la UGERVN

En la Figura 1, se muestra la línea de tiempo desde la aprobación de la citada ley, hasta el año 2010 denotando las primeras labores de evaluación realizadas previo a la creación de una Unidad específica para realizar las labores de fiscalización relacionadas con la evaluación bienal de la Red Vial Nacional de Costa Rica. Se indican además los principales hitos a lo largo de este período. A continuación, se detallan estos hitos por año.

- **Año 2001:** el 9 de julio se publica en el diario oficial La Gaceta, la Ley 8114, por lo que entra a regir con todos sus alcances.
- **Año 2002:** se realizan las primeras pruebas con el Deflectómetro de Impacto y el Perfilómetro Láser en rutas de la Red Vial Nacional, esto con el objeto de establecer la metodología de toma y procesamiento de datos, así como establecer una línea de investigación con el objeto de interpretar los resultados obtenidos. En noviembre, varios laboratorios del LanammeUCR se acreditan bajo la norma *ISO-17025*, la cual da los requisitos de calidad y referencias técnicas que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración que se mantienen vigentes a la fecha.
- **Año 2003:** gracias a la adquisición de 2 unidades de GPS de alta precisión, empieza la primera Campaña de Digitalización de la Red Vial Nacional, con recorridos de la red pavimentada nacional en todo el país. Durante 2 años, se levantan y se le da control de calidad a más de 4 mil kilómetros de rutas, con lo que se obtiene la primera cobertura SIG de la Red Vial Nacional pavimentada con datos como anchos de calzada, ubicación de puentes, existencia de obras de arte, longitudes reales de secciones de control, etc.; sobre la cual pueden montarse los resultados de los equipos de evaluación.
- **Año 2004:** después de casi un año de ensayos en campo, se publica el primer *Informe de Estado de la Red Vial Nacional*, con base en los resultados obtenidos con los equipos Deflectómetro de Impacto y Perfilómetro Láser. En este informe, el cual cubrió aproximadamente 4 mil kilómetros de rutas, se establece que cerca de un 64% de la RVN presenta resultados en las categorías de malo a muy malo, siendo las rutas de la GAM y la zona Norte – Pacífico Norte la que presentaba las peores condiciones en general. Empiezan las pruebas del Equipo Medidor de Agarre Superficial, para establecer los niveles de deslizamiento en condición mojada de una calzada.

- **Año 2006:** publicación del segundo *Informe de Estado de la Red Vial Nacional*; no fue posible incorporar el parámetro de Agarre Superficial dentro de esta campaña. Los resultados obtenidos de la evaluación de más de 4.400 kilómetros de rutas en los parámetros de Deflectometría y Regularidad Superficial.
- **Año 2007:** en el mes de octubre se publica en el diario oficial La Gaceta, la modificación de la Ley 8114. Con esto, se aseguran los fondos del LanammeUCR, al establecer un porcentaje fijo con respecto al impuesto a los combustibles, para la operación del Laboratorio modificando la interpretación y variabilidad que presentaba el porcentaje.
- **Año 2008:** se dan grandes cambios a nivel interno en la estructura del LanammeUCR, específicamente del PITRA: se crean las 3 primeras Unidades de trabajo, a saber la Unidad de Auditoría Técnica, la Unidad de Investigación en Pavimentos y la Unidad de Gestión Municipal. Cada una de estas unidades presentan funciones específicas y un equipo de trabajo definido. A mediados de año se presentan los resultados de la investigación realizada para definir los rangos de estado de rutas nacionales en los parámetros de deflectometría y regularidad superficial, los cuales son incorporados en todos los informes de evaluación a la fecha. Se publica el tercer *Informe de Estado de la Red Vial Nacional* con los resultados obtenidos en 4.600 km de rutas evaluadas en los parámetros estructural con el Deflectómetro de Impacto, funcional con el Perfilómetro Láser y de seguridad vial con el Medidor de Agarre Superficial. Gracias a la implementación de los nuevos rangos de estado, se pudo concluir que estructuralmente las rutas nacionales se encontraban en buen estado ya que un 70% mostraba deflexiones **Bajas**, mientras que en el parámetro funcional, poco más de la mitad de las rutas presentan valores de IRI en las categorías **Deficiente** a **Muy deficiente**. En cuanto al agarre superficial, la evaluación mostró que aproximadamente 3 cuartas partes de la RVN presenta superficies **Deslizantes**.
- **Año 2009:** a inicios del año, se completó la adquisición de un nuevo equipo para el apoyo de la evaluación de rutas nacionales: el Equipo de Auscultación Visual que permitió dar un salto cualitativo importante en la evaluación visual de deterioros y estado de las infraestructura incluyendo cunetas, guardavías y señalización vertical. Mediante imágenes georreferenciadas se realiza posteriormente un análisis en oficina, creando bases de datos que pueden ser fácilmente revisadas y actualizadas. En el mes de agosto, se da la creación de la Unidad de Gestión y

Evaluación de la Red Vial Nacional UGERVN, la cual se une al resto de las Unidades del PITRA como la encargada de gestionar proyectos como el de Evaluación de la Red Vial Nacional, la Evaluación de Proyectos en Concesión, evaluaciones geotécnicas de rutas nacionales, evaluaciones de deterioros en rutas, entre otras funciones. En su inicio, contaba con el coordinador de la Unidad, además de 2 ingenieros, 1 geotecnista y 3 asistentes de la carrera de Ingeniería Civil.

A partir del año 2009, se genera una estructura específica dentro del LanammeUCR, para atender los temas relacionados con evaluación de la Red Vial Nacional. Es partir de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional, que se desarrolla un equipo multidisciplinario de profesionales, para atender las diversas aristas de evaluación y posteriormente incorporar el análisis de redes viales incorporando la gestión desde la perspectiva del Mantenimiento de la Infraestructura Vial. Dentro de los principales cambios se evidencia la evolución del informe bienal, que pasa de ser un informe con resultados de pruebas en rutas, a una herramienta poderosa para la evaluación y gestión de obra vial en Costa Rica, otro aspecto destacable los conforma la incorporación de evaluaciones geológicas y geotécnicas de diversos proyectos o problemas puntuales asociados con las zonas de corte, relleno así como las obras estabilización presentes. Para todos estos elementos generados a lo largo de los años, se ha generado un portal geoespacial denominado "PROGEVI", como un espacio de integración para los múltiples productos de fiscalización, como una iniciativa del LanammeUCR de generar un espacio de conocimiento y transparencia. Como un elemento indispensable de las funciones conferidas por la Ley 8114 y sus reglamentos, se genera dentro de esta unidad la plataforma requerida para evaluar en forma anual los proyectos en concesión existentes y futuros. La Figura 2 muestra los diversos hitos que se han alcanzado en la Gestión y Evaluación de Redes Viales en el LanammeUCR desde el 2010 a la fecha.

- **Año 2010:** a inicios de este año, se da la primera de varias asesorías que la UGERVN da al Ministro de Transportes y al MOPT en temas relacionados con infraestructura vial. Además, y como apoyo a las labores geotécnicas que se realizan en varias rutas nacionales, se empieza a utilizar el recién adquirido Escáner Láser de levantamiento en sitio, el cual posee la capacidad de crear modelos tridimensionales con precisiones submilimétricas de taludes, terraplenes, y estructuras en general. En el ámbito nacional, el LanammeUCR a través del Programa de Infraestructura del Transporte, hace entrega a la Administración del **"Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010 "**, el cual viene a actualizar las normativas nacionales relacionadas con diseño, mantenimiento y construcción de obras viales y afines que no contaban con una actualización oficial desde la normativa *"Especificaciones*

generales para la construcción de caminos carreteras y puentes CR-77". Esto, al tiempo que se publica el primer informe de Estado de la Ruta Nacional 27 Carretera San José – Caldera, como parte de las labores de evaluar los proyectos en concesión de obra pública de la RVN.



Figura 2. Línea de Tiempo: Creación de la UGERVN – 8^{vo} Informe de Evaluación

- Año 2011:** publicación del cuarto **“Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2010-2011”** resumido como **ERVN2010**, el primero bajo la gestión de la UGERVN. Para esta evaluación se pasó a la caracterización de las secciones de control, evaluando cerca de 4 500 km de rutas con el Deflectómetro de Impacto y el Perfilómetro Láser, mientras que 2.300 km son evaluados con el Medidor de Agarre. Los resultados muestran que estructuralmente, 84% de las rutas presentan deflexiones **Bajas**; funcionalmente, 64% de las rutas presentan valores de IRI en las categorías **Deficientes** a **Muy Deficientes**. En cuanto a seguridad vial, 58% de la longitud evaluada presenta superficies **Deslizantes**. Este informe introduce el concepto de Notas de Calidad y Estrategias de Intervención, los cuales son elementos de gestión de obras. Gracias a este nuevo enfoque, el informe pasa de ser un elemento que meramente muestra resultados de las distintas campañas de evaluación en varios parámetros; a una poderosa herramienta que permite a la Administración realizar gestión sobre las distintas secciones que componen la RVN.
- Año 2012:** en marzo se da la publicación del Reglamento de la Ley 8114, el cual define de manera clara el papel del LanammeUCR (y otros actores) bajo el marco de esta ley. Además, la UGERVN inicia el proyecto de *Evaluación de Rutas de Obra Nueva*, los cuales son tramos de rutas nacionales que pasaron por un proceso de reconstrucción con una inversión importante por parte de la Administración, con el objeto de mejorar su superficie de ruedo, estructuras de manejo y paso de aguas y niveles de seguridad vial. Los primeros tramos evaluados fueron Sabalito – Las Mellizas, Jicaral – Lepanto y Rincón – Puerto Jiménez, para los cuales se realizaron mediciones a nivel de proyecto de deflectometría, perfil, niveles de deslizamiento y deterioros en la carpeta, calidad de la señalización, estado de las obras de arte y de taludes y terraplenes aledaños.
- Año 2013:** se adquiere un nuevo equipo para la evaluación de rutas nacionales: el GeoRadar de Penetración empieza sus primeras pruebas. Con este equipo, es posible realizar estudios de los espesores de las distintas capas que componen el paquete estructural de una ruta, lo que permite mejorar las interpretaciones del estado de cada tramo. También en este año, la UGERVN incorpora el aspecto geológico como parte rutinaria de las labores que realiza, dando un valor añadido a las evaluaciones de obras geotécnicas en la RVN. Además, se publica el **“Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2012-2013”** denominado

ERVN2012, con los resultados de 5 000 km evaluados (1.900 con el equipo de medición de agarre superficial). Las Notas de Calidad denotan como una tercera parte de la longitud evaluada presenta buen estado, casi un 40% presenta un estado regular, y la longitud restante un estado de malo a muy malo. Este informe presenta dos componentes adicionales, un capítulo que analiza la condición de la evaluación anterior y la contrasta con los nuevos resultados obtenidos, así como las *Estimaciones de Pago de Obras*, con lo que es posible revisar los renglones de pago para las actividades de mantenimiento y/o reconstrucción: al comparar las actividades (y montos de gasto) con respecto a las estrategias de intervención, es posible evaluar la calidad de la inversión realizada en los distintos tramos que componen la RVN, esto genera herramientas útiles para la fiscalización y gestión de obras realizadas en el período entre evaluaciones.

- **Año 2014:** se incorpora el aspecto geográfico dentro de las funciones de la UGERVN, como parte de una estrategia para fortalecer la estructura de toma y manejo de la gran cantidad de geodatos que cada proyecto de evaluación genera: de esta manera, se incorporan estándares y prácticas que permiten un mayor orden en el análisis, gestión y publicación de los mismos. Además, con la compra del primer dron en la Unidad y la capacitación de sus primeros funcionarios, empieza el *Proyecto VANT*: utilizar esta tecnología supone dar apoyo en labores como levantamiento de obras geotécnicas, inspección de estructuras como muros de contención y puentes, e incluso apoyo a otras instituciones en situaciones variadas.
- **Año 2015:** adquisición del equipo *MuMeter* para la evaluación de los niveles de agarre superficial de la superficie de ruedo, de los proyectos en Concesión de Obra Pública. También este año se publica el "**Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2014-2015**" o **ERVN2014** con los resultados de 5.300 kilómetros evaluados, de los cuales 2.700 fueron evaluados con el equipo de medición de agarre superficial. Los resultados, empleando las Notas de Calidad y Estrategias de Intervención, son muy similares a los obtenidos en la **ERVN2012**. Este informe presenta la novedad de introducir herramientas de control y predicción del estado de rutas, en forma de los *Modelos de Deterioro*, los cuales permiten evaluar el nivel de gestión que se está realizando sobre el estado de la superficie de ruedo, y predecir con base en los patrones detectados, el estado a futuro. Además, en este informe se presentan los resultados de la *Encuesta de Percepción Ciudadana*, un esfuerzo realizado en conjunto con el Centro de Investigaciones y Estudios Políticos de la UCR, y que concluye que en promedio, los costarricenses dan malas notas tanto a la infraestructura, como a las instituciones involucradas.

- **Año 2017:** publicación del “**Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2016-2017**” o **ERVN2016** Debido a la incidencia tanto del Huracán Otto (noviembre del 2016, el cual afectó 2.800 km de rutas nacionales y causó pérdidas por más de 200 millones de dólares) como de la Tormenta Tropical Nate (pérdidas por más de 385 millones de dólares), en esta campaña se evaluaron 5.100 km aproximadamente (200 menos que la campaña anterior), de los cuales 2.200 corresponden a la evaluación por niveles de agarre superficial. Analizando los resultados de las Estrategias de Intervención, la RVN experimentó una mejora importante en su condición en los últimos 2 años, donde cerca del 48% presenta buenas condiciones (una mejora del 15% con respecto a la evaluación anterior), un 27% condiciones regulares y el restante porcentaje (25%) condiciones malas.
- **Año 2018:** creación del Portal Web del LanammeUCR, en el cual se da acceso a la información completa sobre varios parámetros de las rutas nacionales, con base en las distintas evaluaciones realizadas a la fecha tanto por la UGERVN (en una primera etapa) como otras unidades del PITRA (etapas posteriores). Asimismo, 5 integrantes de la Unidad se convierten en los primeros funcionarios de la UCR en obtener la licencia para pilotar VANT; y además el LanammeUCR es la primera institución pública en obtener el Certificado de Operación en drones, que establece las pautas y estándares de operación a nivel nacional de este tipo de tecnología.

Iniciando el año 2019, el equipo de la UGERVN está compuesto por 7 integrantes: 1 coordinador, 4 ingenieros civiles, 1 geólogo y 1 geógrafo, que reúnen títulos profesionales de maestrías en distintas áreas (gestión de proyectos, geografía, geotecnia) y un doctorado (geología). Complementando este equipo, 11 asistentes de distintas carreras (ingeniería civil, geografía, geología) dan apoyo en tareas variadas. A la fecha, el aporte que el LanammeUCR ha realizado a través de la UGERVN comprende:

- 9 informes de evaluación del estado de **proyectos en concesión**.
- Más de 20 informes de estado de proyectos de obra nueva vial.
- Más de 20 informes en temas geológico - geotécnico para rutas nacionales.
- Más de 40 asesorías brindadas a la Administración.
- Más de 20 presentaciones en seminarios y congresos, tanto a nivel nacional como internacional.
- Más de 20 colaboraciones interinstitucionales.
- Más de 1.000 horas de vuelo con equipos VANT en proyectos de infraestructura vial.

Además, se está trabajando en la publicación del octavo Informe de Evaluación del Estado de la RVN, el quinto publicado de manera formal por la UGERVN, el cual se ha convertido en una herramienta por excelencia para la Administración, en el aspecto de gestión de la infraestructura vial. Esto por su parte se refleja en la mejora que en las últimas 3 campañas de evaluación, ha experimentado la RVN: en la Figura 3, se muestra la evolución del parámetro de IRI, el cual además de tener relación directa con el costo de operación de la flota vehicular, es el parámetro que percibe el usuario de manera directa y que ha mostrado ser el de mayor impacto en las Notas Q a lo largo de los años de evaluación.

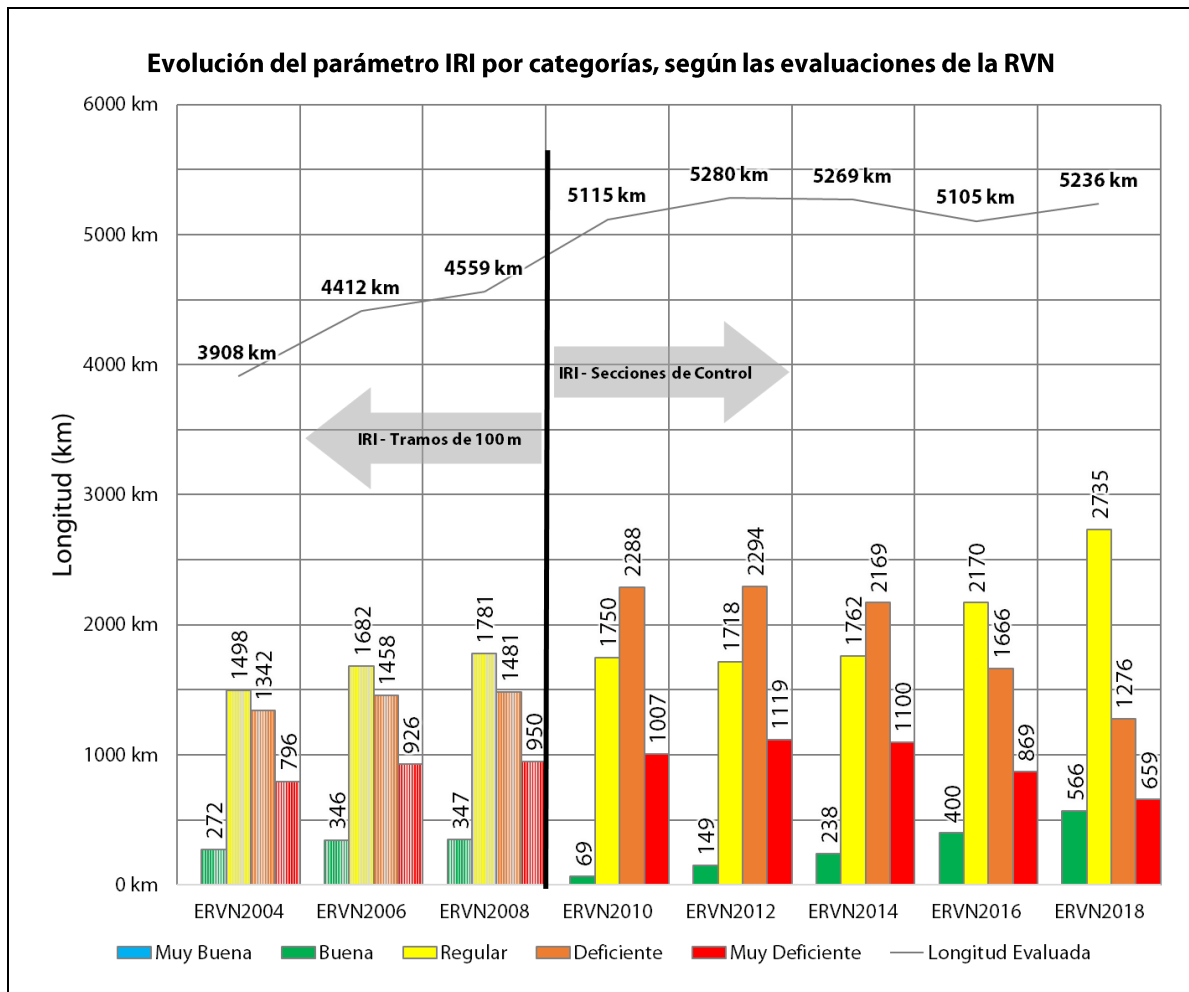


Figura 3. Evolución del parámetro IRI según categoría, para las distintas campañas de evaluación de la RVN

1.1.2 Definición de las unidades de análisis

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

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 de tres años. La inversión realizada corresponde con la Licitación Pública 20009LN-000003-CV, las contrataciones directas definidas en el contrato 2014CD-000140-0CV00, el contrato 2014LN-000016-0CV00, 2014LN-000017-0CV00 y 2014LN-000018-0CV00, los contratos se emplean para atender las 22 Zonas de Conservación que se muestran en la Tabla 2 y en la Figura 4.

Tabla 2: División del territorio Nacional en 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 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

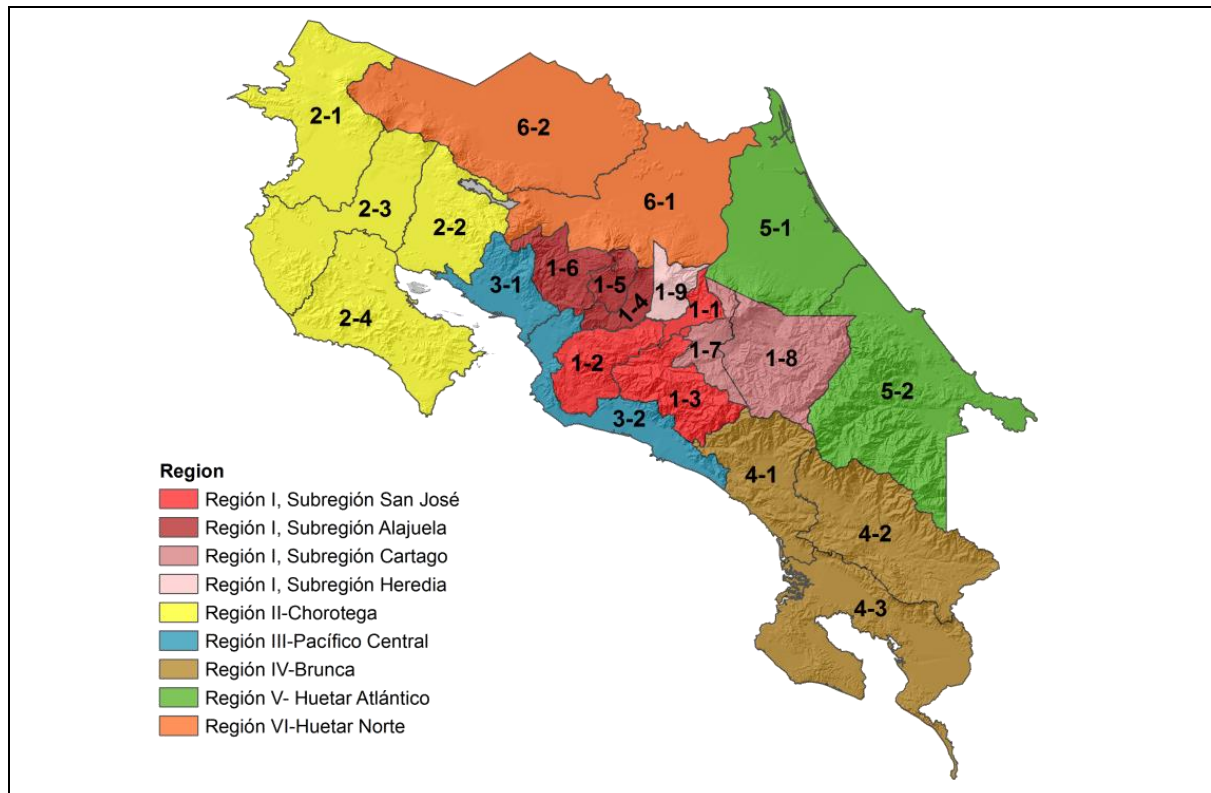


Figura 4. División del territorio nacional en las 22 zonas de Conservación Vial

En Costa Rica se tiene como base cerca de 862 secciones de control que abarcan la Red Vial Nacional Pavimentada. 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, cada una de las secciones de control.

Es a partir del informe de la Red Vial Nacional 2010-2011, que en la caracterización final de las secciones de control se emplean las notas de calidad Q, basadas en los indicadores estructurales y funcionales, con el respectivo análisis de condición deslizante en condición lluviosa. Finalmente, la sección de control es catalogada como candidato a un tipo generalizado de intervención, tales como mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción, con el fin de brindar a la Administración una herramienta de gestión fundamentada en información científica, que permita mejorar la toma de decisiones y aumente la eficiencia de la inversión en la Red Vial Nacional.

La Evaluación bienal de la Red Vial Nacional pavimentada es un análisis a Nivel de Red que logra integrar los indicadores de condición, así como las actividades de conservación.

1.1.3 Otras Definiciones

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

1. ERVNXXXX: Para definir las campañas de evaluación se emplea la sigla **ERVN**, en lugar de "Evaluación de la Red Vial Nacional", donde el término **XXXX** se sustituye con el año de inicio de la campaña de evaluación. Por ejemplo, para la campaña de evaluación del presente "Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional pavimentada de Costa Rica Años 2018-2019" se emplean las siglas **ERVN2018**. A continuación se presenta una lista de las campañas de evaluación realizadas:

- **ERVN2004:** Campaña de Evaluación 2004
- **ERVN2006:** Campaña de Evaluación 2006
- **ERVN2008:** Campaña de Evaluación 2008
- **ERVN2010:** Campaña de Evaluación 2010
- **ERVN2012:** Campaña de Evaluación 2012
- **ERVN2014:** Campaña de Evaluación 2014
- **ERVN2016:** Campaña de Evaluación 2016
- **ERVN2018:** Campaña de Evaluación 2018

2. Deflectómetro de Impacto: El deflectómetro de impacto es un equipo de alta tecnología que mide el hundimiento o deflexión instantánea que experimenta el pavimento en un punto, 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 de Internet del LanammeUCR (www.lanamme.ucr.ac.cr).

3. Capacidad Estructural: Se puede definir la capacidad estructural como la capacidad del pavimento para soportar las cargas de tránsito durante su período de vida útil. La capacidad estructural puede ser conocida mediante ensayos no destructivos (NDT=non destructive tests). La ventaja de usar los NDT es que se pueden determinar deficiencias estructurales aún antes de que las mismas sean visibles.

- 4. Perfilómetro Láser:** El Perfilómetro láser es un equipo de última generación que permite evaluar la condición de regularidad superficial de las carreteras, mediante un índice de estado estandarizado internacionalmente, denominado IRI (Internacional Roughness Index).
- 5. Índice de Regularidad Internacional (IRI):** El índice de estado estandarizado internacionalmente, denominado IRI (Internacional Roughness Index), permite cuantificar la regularidad o rugosidad de una carretera y se define como la suma de las irregularidades de la superficie por unidad de longitud, lo que es percibido por el usuario como el confort de marcha. Sin embargo, el aspecto más importante de la regularidad superficial es que se relaciona directamente con los costos de operación del vehículo que circula por dicha carretera, dado que afecta su consumo de combustible y sus costos de mantenimiento. Los detalles del equipo utilizado (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 (www.lanamme.ucr.ac.cr).
- 6. Capacidad Funcional:** Se puede definir la capacidad funcional de un pavimento como la capacidad que tiene el mismo de brindar un adecuado nivel de servicio al usuario. Una buena capacidad funcional está intrínsecamente relacionada con el confort, adecuadas velocidades de circulación, bajo consumo de combustible, bajos costos de operación vehicular por deterioro de los vehículos y durabilidad de los pavimentos por menores cargas dinámicas de los vehículos. En este informe la capacidad funcional se cuantifica por medio del IRI.
- 7. Resistencia al deslizamiento:** Se debe interpretar como la capacidad de frenar de un vehículo sobre una superficie de ruedo, tal como un pavimento asfáltico o 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 (www.lanamme.ucr.ac.cr).
- 8. Costos de Operación Vehicular:** Son los costos en los que incurre el usuario de una carretera por el efecto de las características físicas y la condición de la vía, principalmente sobre la velocidad de operación de su vehículo, sobre el consumo de combustible, lubricantes, requerimientos de mantenimiento, así como valores del tiempo de demora del usuario, contaminación ambiental por gases y sónica o retención de cargas, entre otras. Los costos de operación vehicular se encuentran directamente relacionados con los valores del IRI, a valores de IRI altos mucho mayores costos de operación vehicular y viceversa.

9. Perfil longitudinal: Es la representación gráfica de las variaciones del terreno en relación con 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 mide directamente con un equipo láser que permite con precisión milimétrica las variaciones en la superficie del terreno.

10. Sistema de Gestión de Pavimentos: Es el conjunto de operaciones que tienen como objetivo conservar por un período de tiempo 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 monetario, social y ecológico (Solminihaç, 1998).

1.2 CAPACIDAD ESTRUCTURAL, DEFLEXIONES OBTENIDAS MEDIANTE EL FWD

1.2.1 Criterios de clasificación por deflectometría de impacto (FWD)

La evaluación de la red vial con el deflectómetro de impacto abarcó un total de 5 235,60 km de carreteras pavimentadas. La frecuencia de la medición se determinó en función de la importancia de la ruta, es decir, aquellas rutas con Tránsito Promedio Diario (TPD) altos se evaluaron con mediciones cada 200 metros y aquellas con TPD bajos cada 500 metros. En esta evaluación se garantizó que todas las secciones de control tuvieran al menos 7 mediciones, para que la muestra fuera estadísticamente representativa de la condición estructural de la sección (Norma ASTM D4695-08, 2015). A su vez, se emplea el rango de deflexiones en función del TPD (Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porras-Alvarado, 2008). Estos rangos, que aparecen en la Tabla 3, tienen por objeto representar lo más fidedigno posible, las condiciones reales de uso de las rutas nacionales.

Tabla 3: Rangos de deflexión según TPD, utilizados para clasificar resultados de FWD

TPD (Tránsito Promedio Diario)	menor a 5 000 vpd ⁴	5 000 – 15 000 vpd	15 000 – 40 000 vpd	Casos Especiales ⁵
	TPD Bajo	TPD Moderado	TPD Alto	Especiales
Categorías de deflexión	Rangos (en mm x 10 ⁻³)			
Bajas	menor a 7,65	menor a 7,08	menor a 5,92	menor a 4,85
Moderadas	7,65 – 8,85	7,08 – 8,33	5,92 – 6,94	4,85 – 5,76
Altas	8,85 – 11,57	8,33 – 11,29	6,94 – 9,52	5,76 – 8,08
Muy altas	mayor a 11,57	mayor a 11,29	mayor a 9,52	mayor a 8,08

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

⁴ vpd: vehículos por día

⁵ Corresponden con rutas con alto TPD y porcentaje alto de vehículos pesados.

Las rutas de concreto hidráulico se analizan utilizando rangos específicos diseñados para este tipo de pavimento, los rangos presentados en la Tabla 3 no aplican para rutas de concreto hidráulico, que constituyen cerca de 86,92 km de la Red Vial Nacional evaluada. De los kilómetros en concreto 47,67 km pertenecen al corredor "Cañas - Liberia" de la Ruta Nacional 1.

1.2.2 Resultados de la evaluación de la red vial con el ensayo de deflectometría FWD

La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos en el parámetro de deflexiones asociadas con la capacidad estructural, para la ERVN2018; la Figura 5 muestra en forma gráfica este resultado. En total, se procesaron más de 15 800 mediciones con dicho equipo.

Tabla 4: Resultados de las Deflexiones (FWD) de la Red Vial - ERVN2018

Categoría de Deflexiones	Longitud (km)	Porcentajes (%)
Bajas según rango del TPD	4635,85	88,54%
Moderadas según rango del TPD	232,52	4,44%
Altas según rango del TPD	232,91	4,45%
Muy altas según rango del TPD	134,31	2,57%
Total	5 235,60	kilómetros

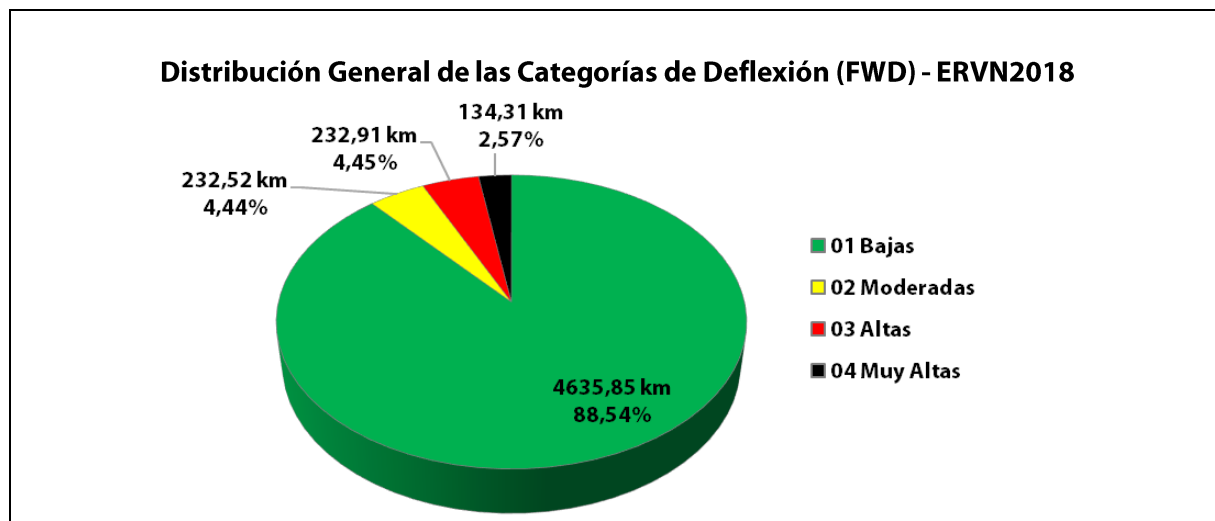


Figura 5. Condición Estructural de la Red Vial según las deflexiones (FWD)

Según los resultados obtenidos para la ERVN2018 un 88,54% de la Red Vial evaluada presenta **Bajas** deflexiones, lo que está asociado a una buena capacidad estructural. En el otro extremo un 7,01% de la Red Vial evaluada muestra deflexiones **Altas** y **Muy altas** tomando en consideración los rangos de TPD de las secciones evaluadas; estos rangos se asocian con una baja capacidad estructural. Es importante destacar que las deflexiones obtenidas y la frecuencia de medición a Nivel de Red sirven como indicadores para inferir la capacidad estructural de un pavimento.

Las distancias o **frecuencias** de medición del deflectómetro de impacto del presente informe son para análisis a Nivel de Red, las frecuencias de medición empleadas, no se recomiendan para diseño estructural.

1.2.3 Resultados de deflectometría (FWD) desglosados por provincia

Al emplear los sistemas de información geográfica como herramienta de análisis, se procedió a distribuir los resultados de la deflectometría por provincia, como unidad de división política general. La distribución se muestra en la Figura 6, empleando gráficos y la respectiva tabla.

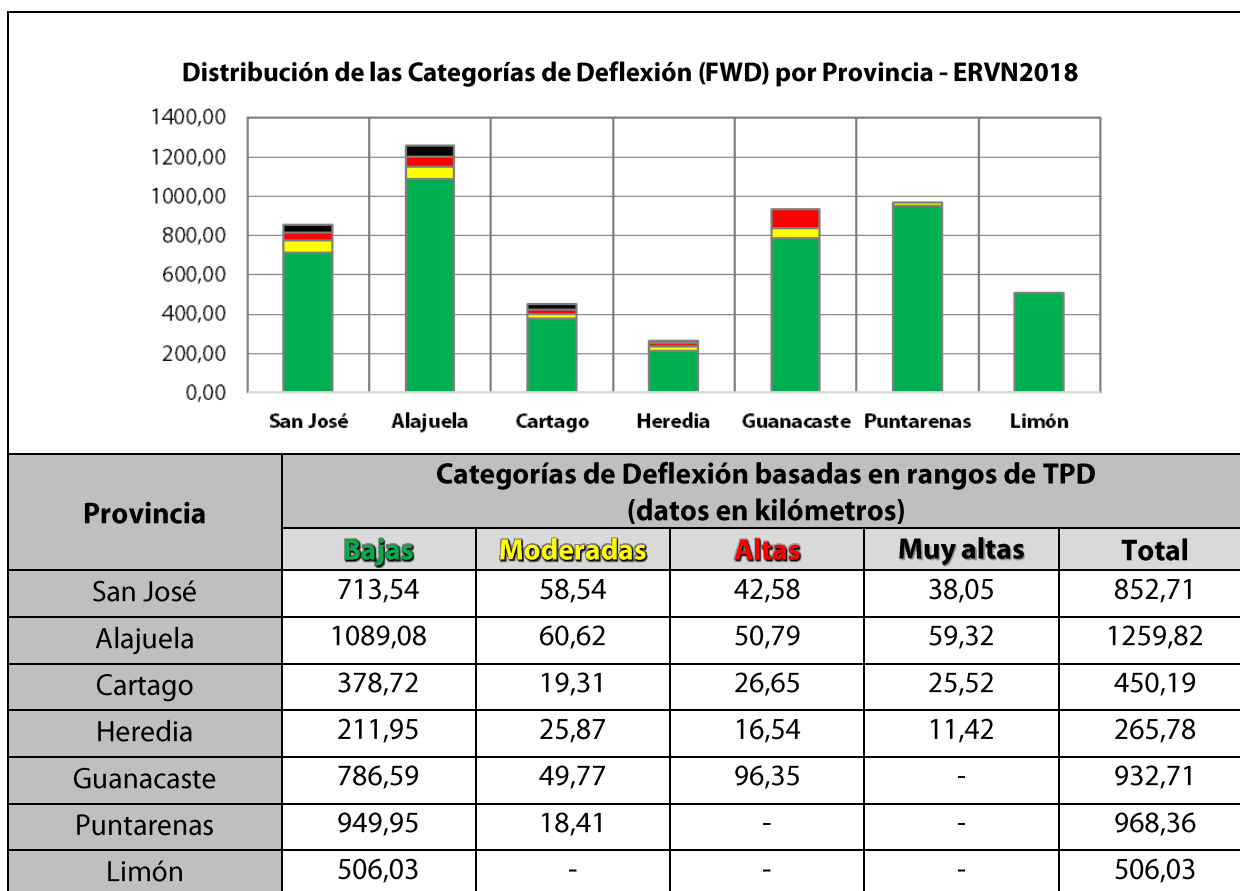


Figura 6. Condición Estructural por provincias según las deflexiones (FWD)

En la figura anterior se aprecia que no se detectaron deflexiones **Muy altas** en las secciones de control de las provincias de Guanacaste, Puntarenas y Limón. Las provincias que conforman la GAM si presentan deflexiones **Muy altas**, sin embargo, estos tramos equivalen a 5% de la red de cada provincia. Las deflexiones **Altas** aparecen en Guanacaste en un 10% de su red, mientras que las provincias de San José, Alajuela, Cartago y Heredia registran un 5% de sus redes en condiciones de deflexiones **Altas**. Las deflexiones **Bajas** y **Moderadas** superan el 80% de la extensión de red vial de cada provincia.

1.2.4 Resultados de deflectometría (FWD) desglosados por Zona CONAVI

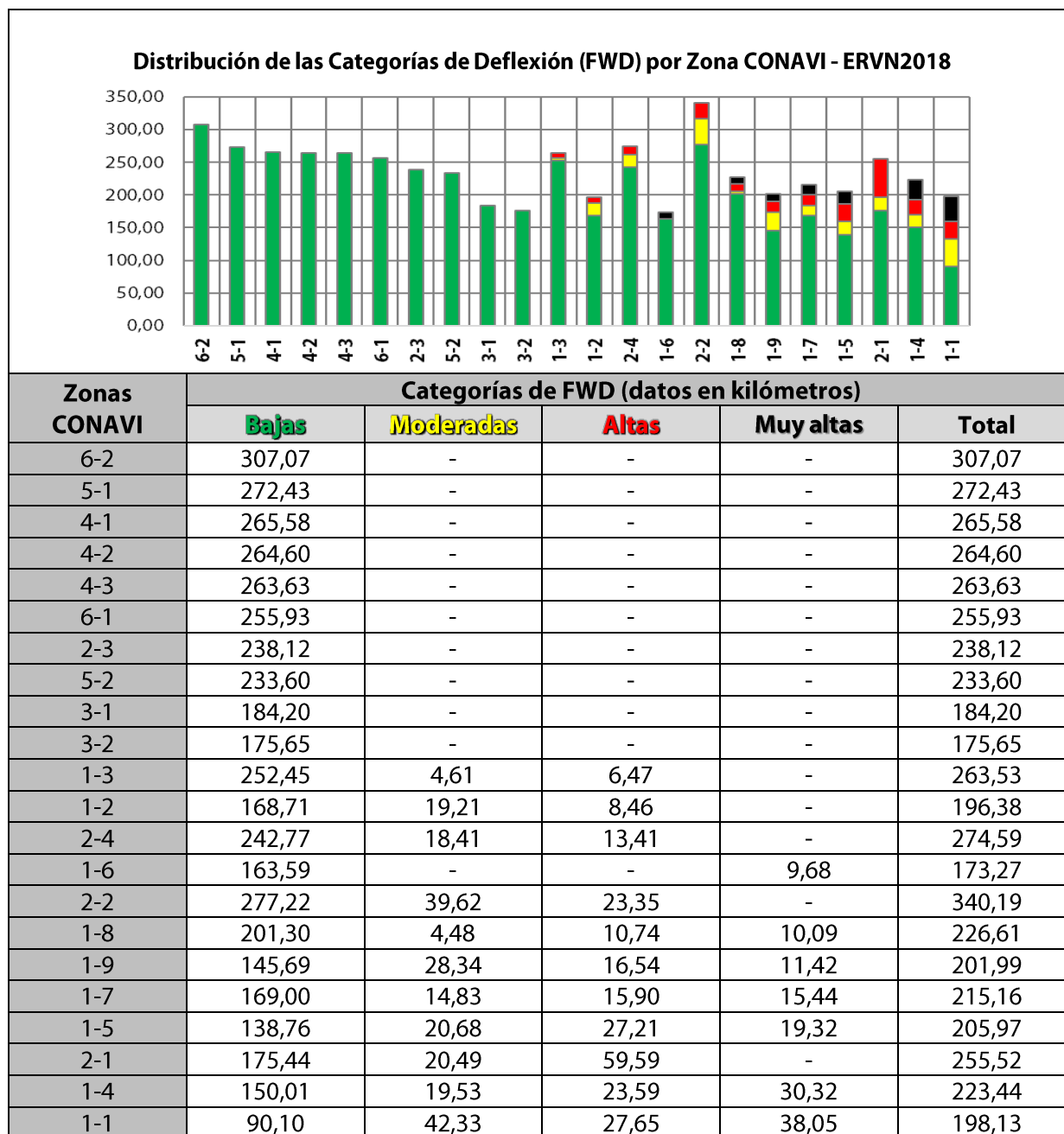


Figura 7. Condición Estructural por Zonas CONAVI según las deflexiones (FWD)

En la Figura 7 la zona 1-1 que se encuentra en el centro de la GAM, acumula la mayor cantidad de kilómetros que presentan deflexiones **Altas** y **Muy altas**, con 65,70 km de los 198,13 km evaluados. Por su parte, las zonas 6-2, 5-1, 4-1, 4-2, 4-3, 6-1, 2-3, 5-2, 3-1 y 3-2, no presentan deflexiones **Moderadas**, **Altas** y **Muy altas**, solamente presentan deflexiones **Bajas** en función del TPD y equivalen al 47% de la Red Vial Nacional Evaluada en el presente informe.

1.2.5 Resultados de deflectometría (FWD) por medio de SIG

En la Figura 8 se presenta la totalidad de los datos de deflectometría en un mapa, lo que permite ubicar con la mayor precisión y exactitud los tramos de la Red Vial y su condición.

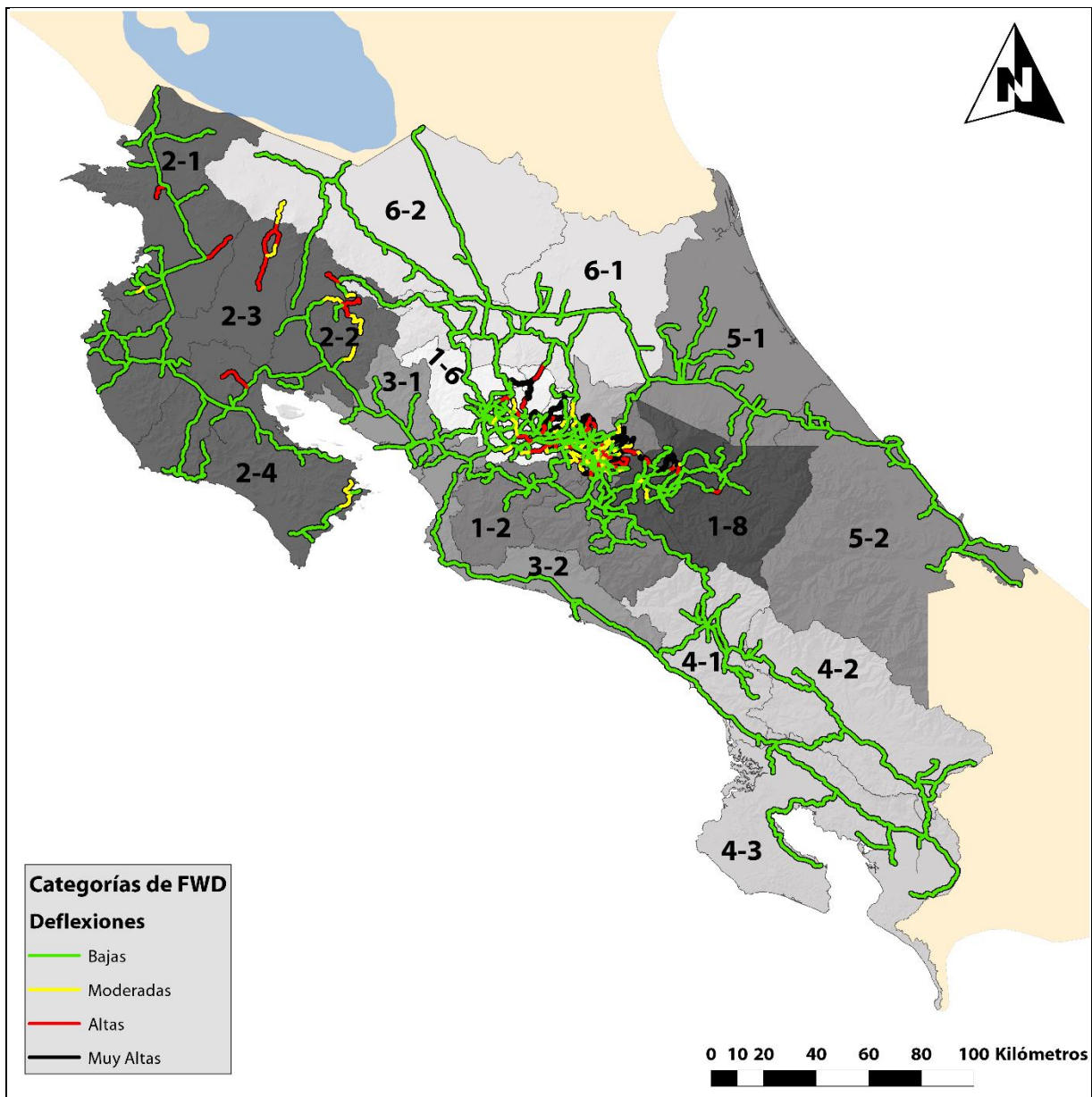


Figura 8. Representación SIG de las deflexiones (FWD) en la Red Vial - ERVN2018

1.3 CAPACIDAD FUNCIONAL, EMPLEANDO EL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)

El Índice de Regularidad Internacional (IRI) es uno de los indicadores más importantes de la calidad de una carretera. Se puede interpretar como la regularidad de una vía, es decir, que tanta desviación tiene la superficie de un camino a partir de un plano perfecto, de esta forma una carretera perfectamente plana tiene un valor de IRI de 0, hasta llegar a valores que representan carreteras sumamente irregulares con valores superiores a 3. Existe además una correlación directa entre valores de IRI altos y un aumento en los costos de operación vehicular. Referencias sobre cómo se calcula el valor de IRI y cómo interpretar los resultados se encuentran en los siguientes documentos:

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

1.3.1 Criterios de clasificación de la regularidad superficial (IRI)

La evaluación de la red vial con el perfilómetro láser abarcó una longitud de 5 235,60 km, congruentes con las secciones de FWD evaluadas. Los rangos de regularidad superficial de pavimentos flexibles utilizados para la clasificación del estado se muestran en la Tabla 5 de acuerdo con lo propuesto por Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porras-Alvarado.

Tabla 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, & Porras-Alvarado, 2008)

Los datos del "perfil longitudinal" de la ERVN2018 se emplean en el cálculo del IRI para tramos de 100 metros de longitud y se emplea la norma ASTM E1926-08(2015) para su cálculo.

1.3.2 Resultados de regularidad superficial (IRI) para la Red Vial

Del análisis de la totalidad de datos se desprende la Tabla 6 que muestra los resultados obtenidos en la evaluación del IRI con perfilómetro láser de la red vial.

Tabla 6: Resultados de la regularidad superficial (IRI) de la Red Vial - ERVN2018

Regularidad Superficial	(Rango de IRI)	Longitud (km)	%
Muy buena	(0,0 - 1,0 m/km)	0,00	0,00%
Buena	(1,0 - 1,9 m/km)	566,20	10,81%
Regular	(1,9 - 3,6 m/km)	2734,53	52,23%
Deficiente	(3,6 - 6,4 m/km)	1275,67	24,37%
Muy deficiente	(mayor a 6,4 m/km)	659,20	12,59%
Total		5 235,60	kilómetros

La Figura 9 muestra el resultado de graficar los datos de la Tabla 6. En total, se evaluaron y procesaron cerca de 53 000 tramos de pavimentos flexibles de 100 metros de longitud.

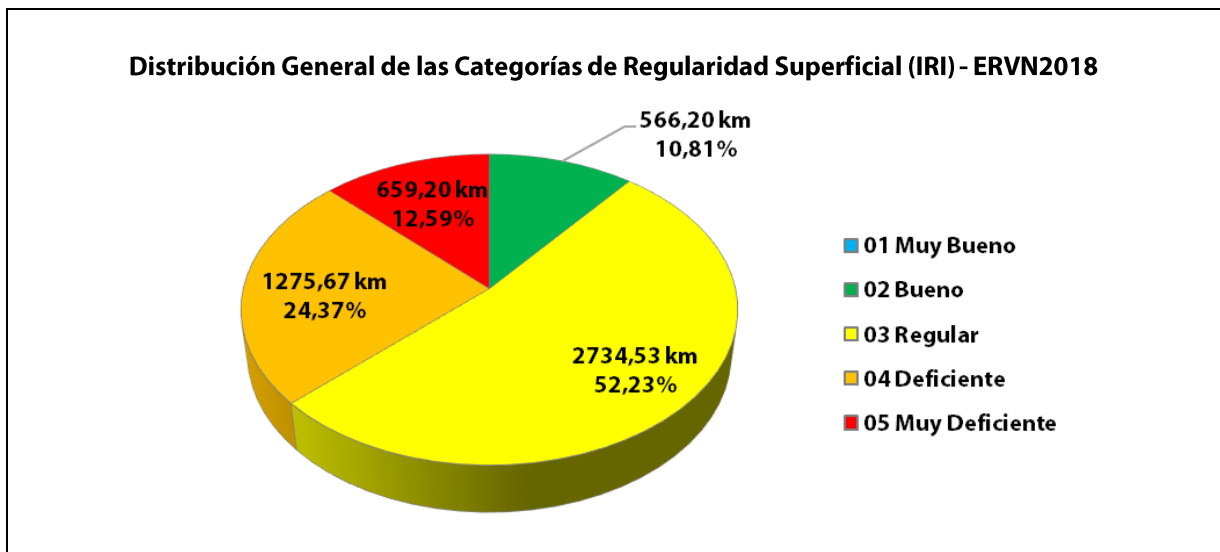


Figura 9. Condición Funcional de la Red Vial según la regularidad superficial (IRI)

Los resultados muestran que 566,20 km, que representan un 10,81% de la Red Vial, presentan valores de IRI con regularidad superficial Buena, la condición Regular abarca 2 734,53 km para un 52,23%, el restante 36,96% de la Red Vial se encuentran en condiciones Deficientes y Muy deficientes de regularidad superficial. Cabe destacar que ninguna sección de control, califica en la categoría Muy buena que representa el rango 0,0 – 1,0 m/Km (ideal en carreteras de alto tránsito), pero si existen dentro de los pavimentos flexibles, tramos individuales 100 m que poseen esta calificación.

1.3.3 Resultados de regularidad superficial (IRI) desglosados por provincia

En la Figura 10 se presentan los datos de IRI desglosados por provincia, donde se muestra el gráfico y la tabla de datos asociada.

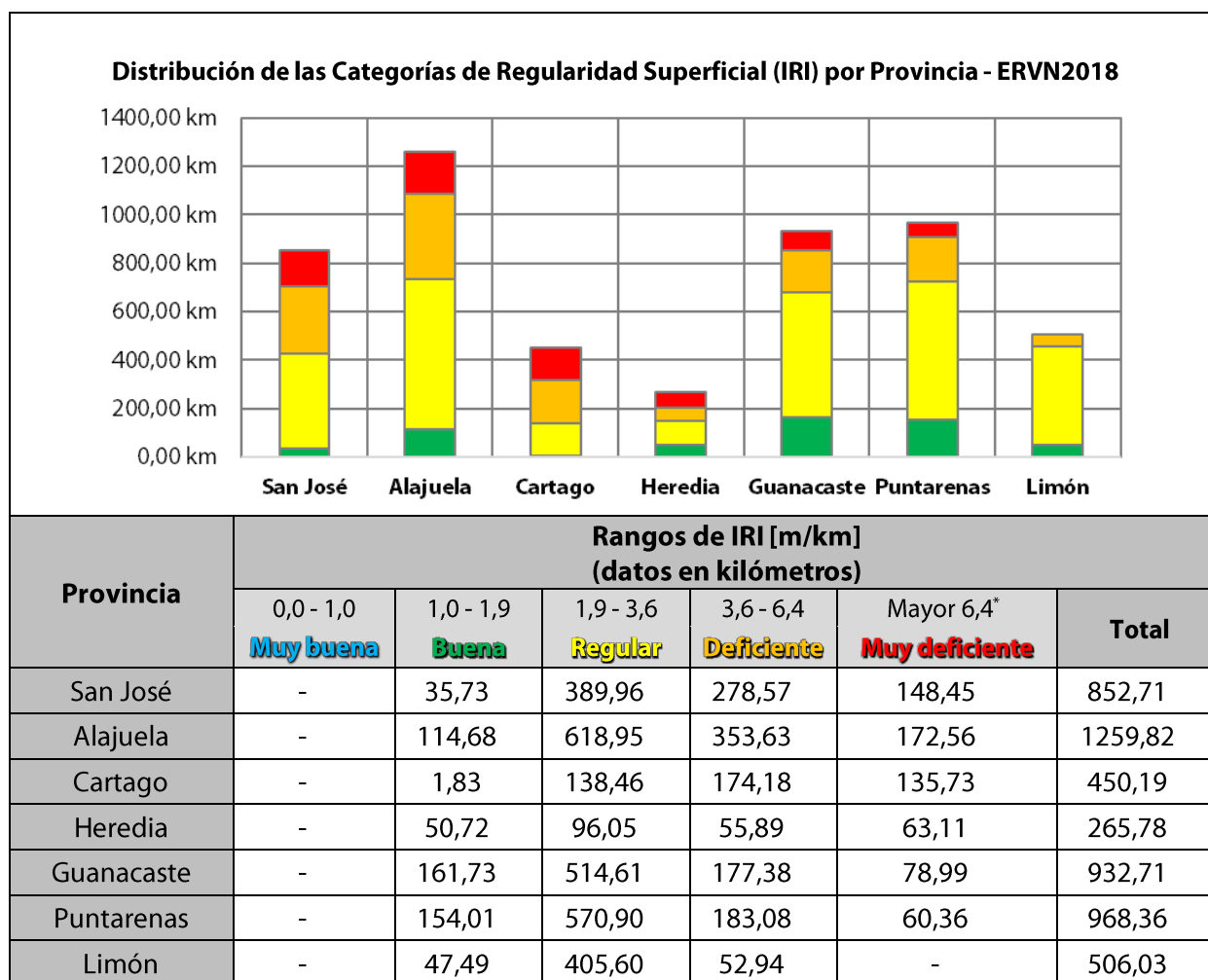


Figura 10. Condición Funcional por provincias según la regularidad superficial (IRI)

Las provincias de Heredia, Guanacaste y Puntarenas a nivel porcentual presentan 16% o más de su red en condiciones **Buenas** de IRI. El 80% de Limón presenta condiciones **Regulares** de IRI y no presenta tramos **Muy deficientes** a diferencia del resto de las provincias. Cartago presenta cerca del 69% de su red vial en condiciones **Deficientes** y **Muy deficientes** de IRI.

Para los resultados de la ERVN2018 se observa como la categoría de condición **Regular** de IRI alberga el 50% de los kilómetros de Red Vial evaluados de cada provincia, las excepciones se presentan en Cartago y Heredia donde se alberga menos del 40% en esta condición, o el caso opuesto de Limón con 80%.

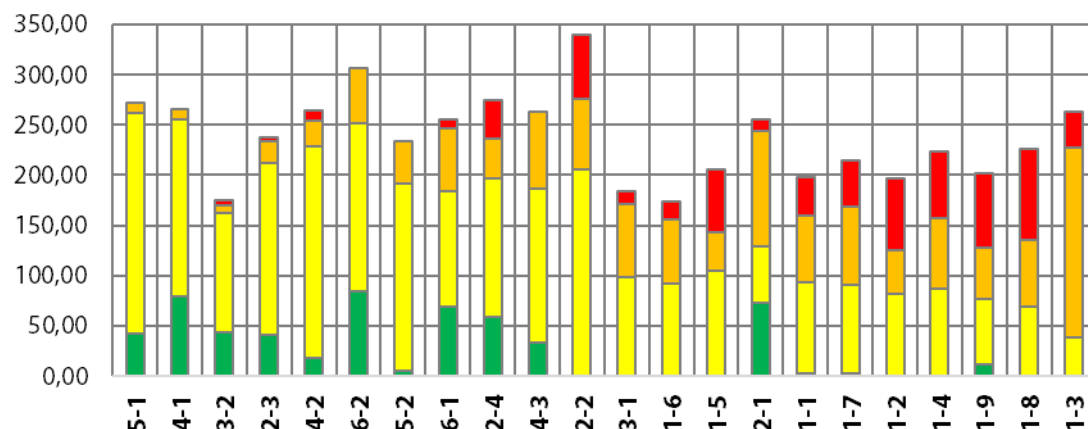
1.3.4 Resultados de regularidad superficial (IRI) desglosados por zona de conservación vial

La distribución de los resultados de IRI por zona de conservación vial, le permite al CONAVI, así como a las empresas a cargo de las actividades de mantenimiento y conservación, identificar aquellas zonas donde se presenta un alto grado de deterioro funcional, algunas de las estrategias de conservación vial que se pueden llevar a cabo podrían mejorar de forma significativa la condición de la vía. Las zonas donde se acumulan las secciones de control **Deficientes** y **Muy deficientes**, requieren atención especial para establecer las estrategias de conservación y mantenimiento adecuados para mejorar este aspecto, optimizando la designación de recursos.

En la Figura 7, para el parámetro de capacidad estructural (FWD), se puede apreciar como los resultados por zona de conservación vial presentan categorías de deflexiones **Bajas** y **Moderadas**, que explican más del 93% de la evaluación estructural a nivel de Red. En la Figura 11 se presentan los datos desglosados por zona de conservación vial para el indicador de serviciabilidad y los resultados obtenidos muestran una alta variabilidad de los valores de IRI para cada zona de conservación, donde en promedio un 49,65% de la red vial posee condiciones de serviciabilidad **Deficientes** y **Muy deficientes**. Es recomendable realizar un análisis a nivel de proyecto para cada sección de control, a fin de establecer las estrategias definitivas para cada caso.

Para las zonas de conservación 5-1, 4-1, 3-2, 2-3 y 4-2, el 85% o más de los kilómetros evaluados presentan condiciones **Buenas** o **Regulares**, es decir con valores de IRI inferiores a 3,6 m/km. Las zonas de conservación 6-2, 5-2, 6-1, 2-4, 4-3 y 2-2, presentan entre el 60% y el 84% de su extensión vial con valores de IRI **Buenos** o **Regulares**, lo cual representa valores de IRI inferiores a 3,6 m/km. Por el contrario, las zonas de conservación 1-3, 1-8, 1-9 y 1-4, presentan la calificación de **Deficiente** y **Muy deficiente**, es decir valores que superan los 3,6 m/km, en más del 60% de su extensión vial. Finalmente, las zonas 1-1, 1-5, 1-6, 1-7, 2-1 y 3-1, no presentan condiciones predominantes, las condiciones **Buenas** y **Regulares** acumulan extensiones de cada zona de conservación que oscilan entre el 40% y el 60%, estas zonas tienen tanto la posibilidad de mejorar sus condiciones o en caso de gestiones inadecuadas de deteriorarse rápidamente desde la perspectiva de la capacidad funcional.

Distribución de las Categorías de Regularidad Superficial (IRI) por Zonas CONAVI - ERVN2018



Zona CONAVI	Rangos de IRI [m/km] (datos en kilómetros)					Total
	0,0 - 1,0 <i>Muy buena</i>	1,0 - 1,9 <i>Buena</i>	1,9 - 3,6 <i>Regular</i>	3,6 - 6,4 <i>Deficiente</i>	Mayor 6,4* <i>Muy deficiente</i>	
5-1	-	42,46	219,25	10,72	-	272,43
4-1	-	79,91	174,97	10,70	-	265,58
3-2	-	43,32	119,22	8,06	5,05	175,65
2-3	-	40,66	171,98	21,72	3,76	238,12
4-2	-	18,10	210,81	25,44	10,25	264,60
6-2	-	84,49	167,29	55,28	-	307,07
5-2	-	5,03	186,35	42,22	-	233,60
6-1	-	68,71	115,73	62,02	9,47	255,93
2-4	-	59,15	138,02	39,60	37,82	274,59
4-3	-	33,78	152,95	76,90	-	263,63
2-2	-	-	206,15	69,74	64,30	340,19
3-1	-	-	98,88	73,03	12,29	184,20
1-6	-	-	91,66	63,75	17,86	173,27
1-5	-	-	104,69	38,36	62,92	205,97
2-1	-	72,41	57,25	114,93	10,93	255,52
1-1	-	2,99	90,52	65,92	38,70	198,13
1-7	-	3,07	88,22	77,56	46,32	215,16
1-2	-	-	82,02	43,03	71,33	196,38
1-4	-	-	87,25	69,44	66,75	223,44
1-9	-	12,11	64,54	51,72	73,62	201,99
1-8	-	-	68,75	66,27	91,59	226,61
1-3	-	-	38,04	189,27	36,23	263,53

Figura 11. Condición Funcional por zonas CONAVI según la regularidad superficial (IRI)

1.3.5 Resultados de regularidad superficial (IRI) por medio de los SIG

En la Figura 12 se presentan los datos totales de IRI en un mapa generado por medio de los sistemas de información geográfica, SIG.

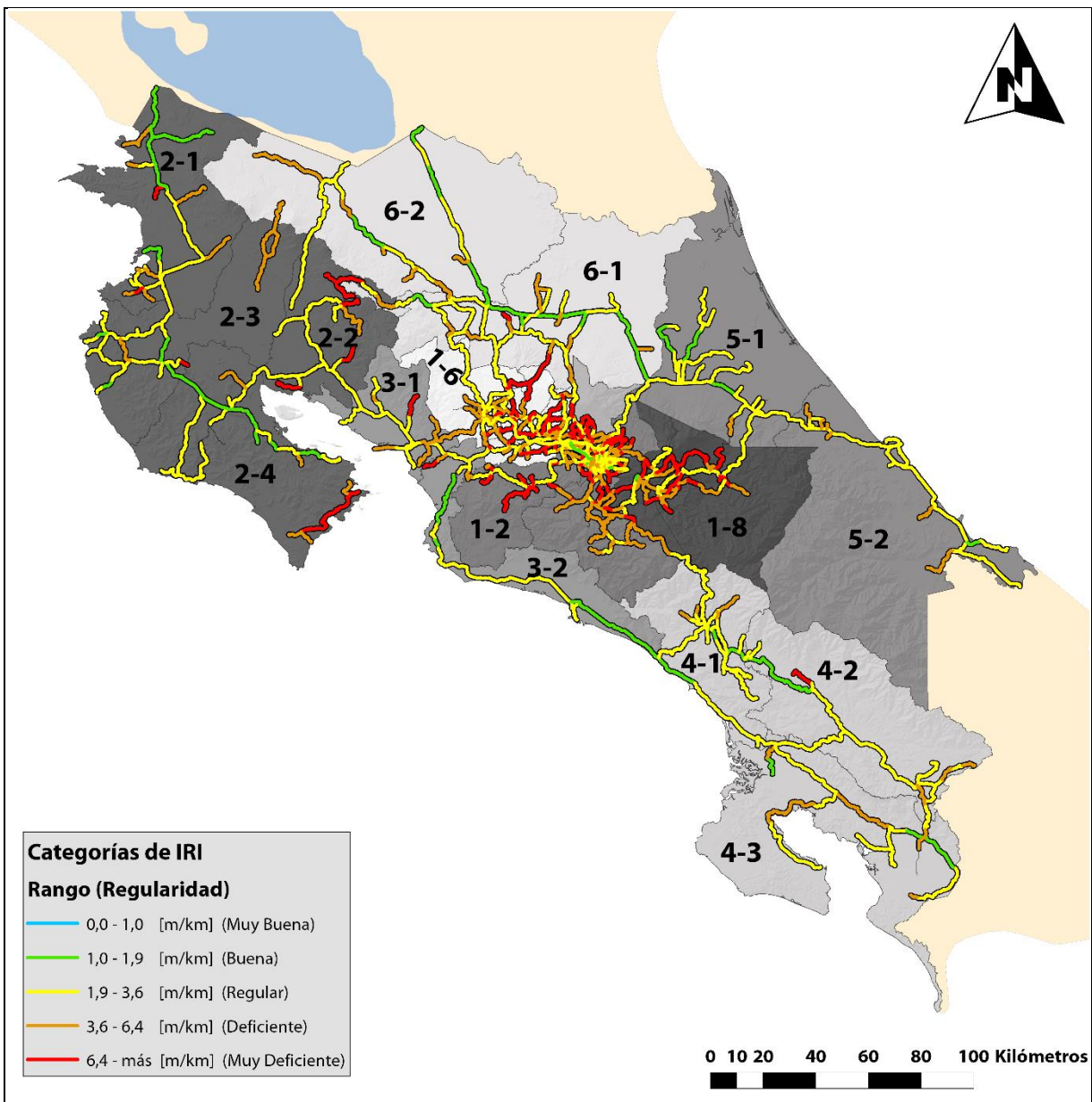


Figura 12. Representación SIG de la regularidad superficial (IRI) en la Red Vial - ERVN2018

Al igual que en el parámetro de capacidad estructural y tal como se puede ver en la Figura 12, toda la información generada es administrada por medio de Sistemas de Información Geográfica, lo que permite ubicar los tramos de la Red Vial con alta precisión y exactitud.

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

1.4.1 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 3 475,33 km de carreteras pavimentadas (43,10% de los 5 235,60 km evaluados en IRI); la disminución de los kilómetros evaluados se relaciona con las restricciones del equipo, donde el procedimiento de uso del mismo se restringe para aquellos tramos que presenten un valor de IRI mayor a 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/hora.

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 la Tabla 7.

Tabla 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 sobrecapas

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

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.

1.4.2 Resultados de coeficiente de rozamiento con el ensayo de GRIP

La Tabla 8 muestra los resultados obtenidos en la evaluación del coeficiente de rozamiento; la Figura 14 muestra en forma gráfica dicho estado. En total, se evaluaron y procesaron con este equipo más de 695 000 tramos, de 5 metros de longitud en promedio.

Tabla 8: Resultados obtenidos mediante el ensayo de GRIP Number - ERVN2018

Condición*	Rango	Longitud (km)	Porcentaje
Muy bueno (No deslizante)	> 0,78	6,08	0,17%
Bueno (Poco deslizante)	0,6 – 0,78	763,92	21,98%
Regular (Deslizante)	0,5 – 0,6	1167,15	33,58%
Malo (Muy deslizante)	< 0,5	1538,17	44,26%
Total		3 475,33 km	

* Según clasificación internacional

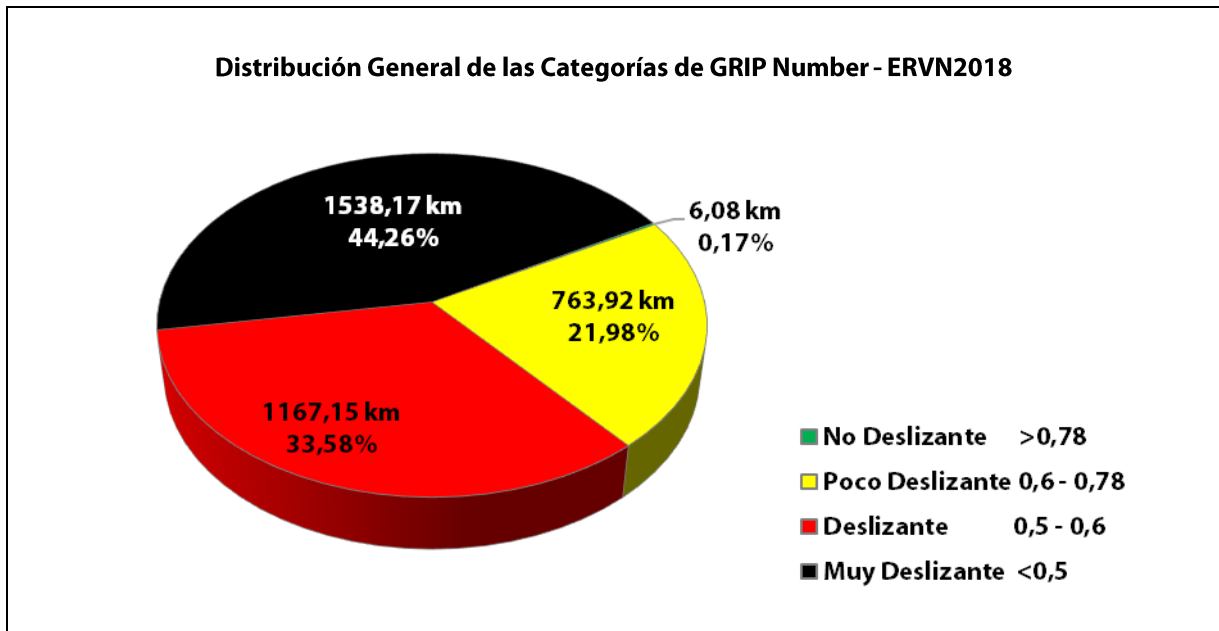


Figura 13. Condición del agarre superficial según el ensayo de GRIP Tester

Se puede apreciar que la condición **No deslizante** (> 0.78) se presenta solamente en 6,08 km. Cerca de 763,92 km, presentan una condición **Poco deslizante** (0.6-078). En cuanto a los pavimentos deslizantes (0.5-0.6) se acumulan 1 167,15 km. Con una alta probabilidad de presentar condiciones peligrosas para el frenado de los vehículos en presencia de agua se contabilizan cerca de 1538,17 km.

1.4.3 Resultados de agarre superficial GRIP desglosados por provincia

En la Figura 14 se presentan la distribución del parámetro GRIP desglosados por provincia, para los kilómetros donde el parámetro de IRI justificaba su medición.

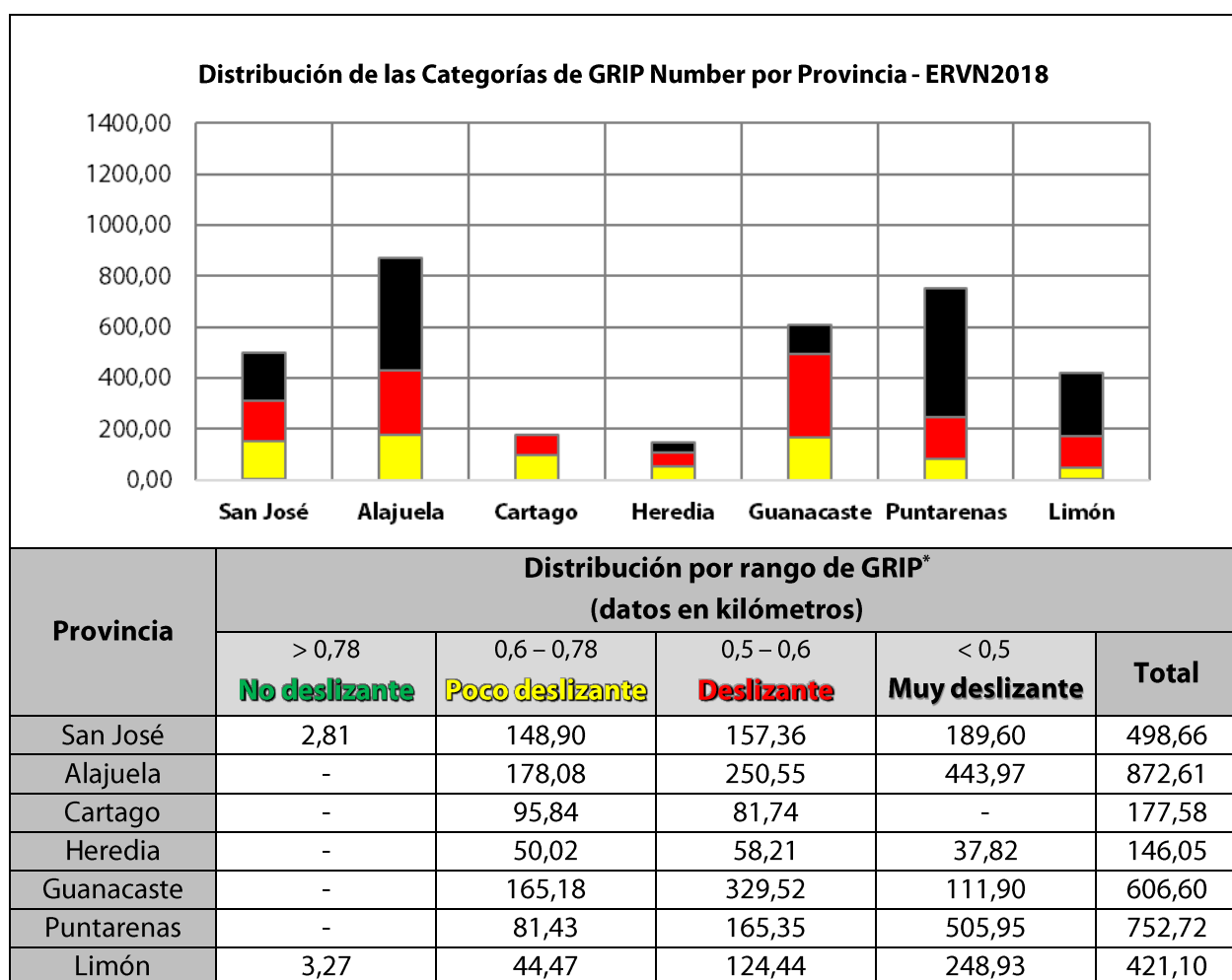


Figura 14. Estado de la Red Vial por provincias según el ensayo de GRIP

Cartago y Heredia presentan la menor cantidad de kilómetros evaluables, 177,58 km y 146,05 km. El resto de las provincias por temas de dimensión territorial o densidad de carreteras presentan 400 km o más evaluados en el presente informe. Porcentualmente Cartago presenta un 53,97% de condiciones **Poco deslizantes** mientras que el resto de las provincias en forma porcentual presentan el 30,00% o menos de su red vial en condiciones **No deslizantes** o **Poco deslizantes**. La provincia de Alajuela presenta la mayor cantidad de kilómetros evaluados con 872,61 km, sin embargo, el 79,59% de su red vial presenta condiciones **Deslizantes** o **Muy deslizantes** al momento de la medición, estos resultados deben ser analizados con detenimiento para definir estrategias adecuadas para su atención.

1.4.4 Resultados del ensayo de GRIP por zona de conservación vial

En la Figura 15 se presentan los datos de GRIP Number desglosados por zona de conservación vial.

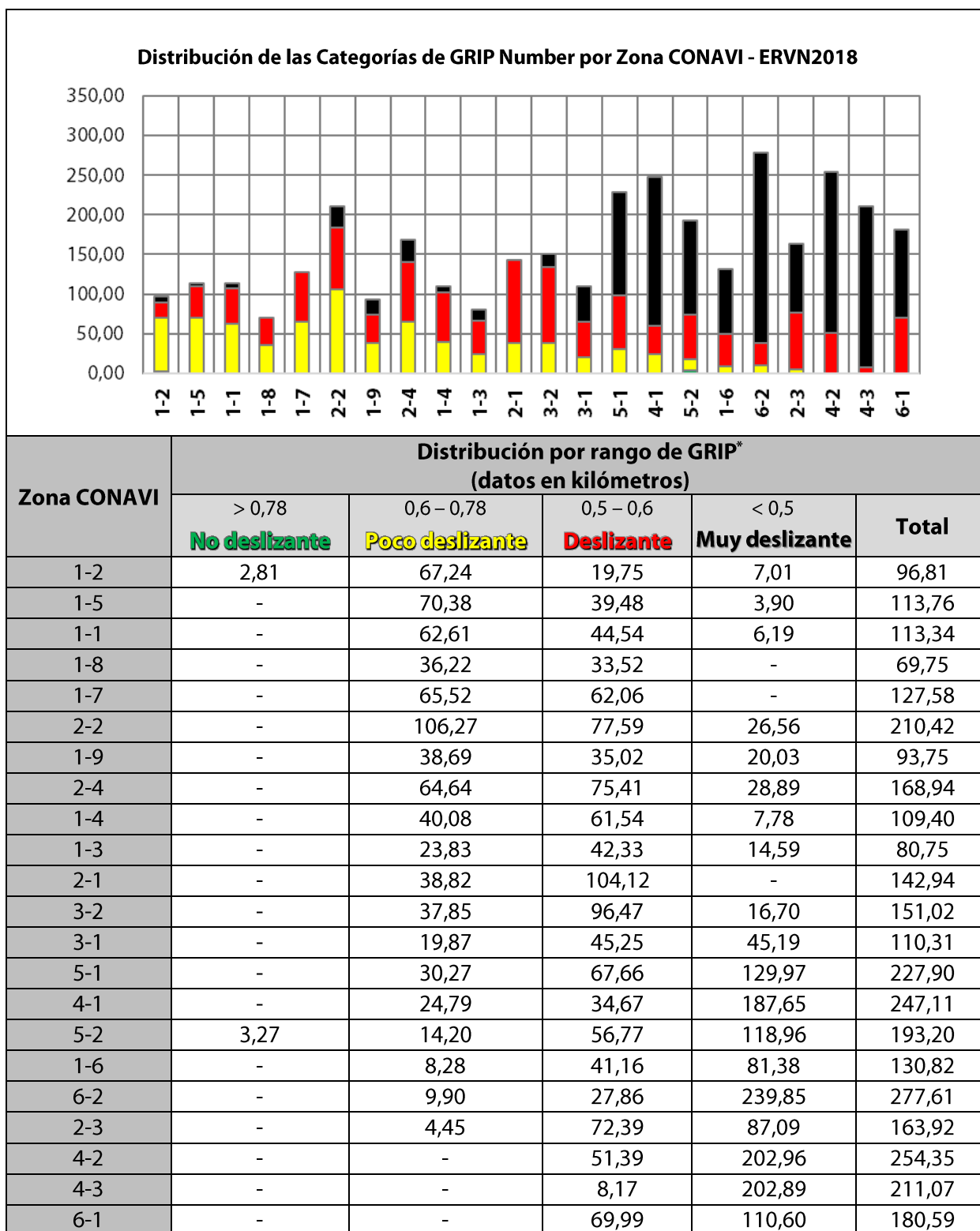


Figura 15. Estado de la Red Vial por zona CONAVI según el ensayo de GRIP

1.4.5 Resultados del ensayo de GRIP por medio de los SIG

En la Figura 16 se presentan los datos totales en un mapa generado por medio de los sistemas de información geográfica, SIG.

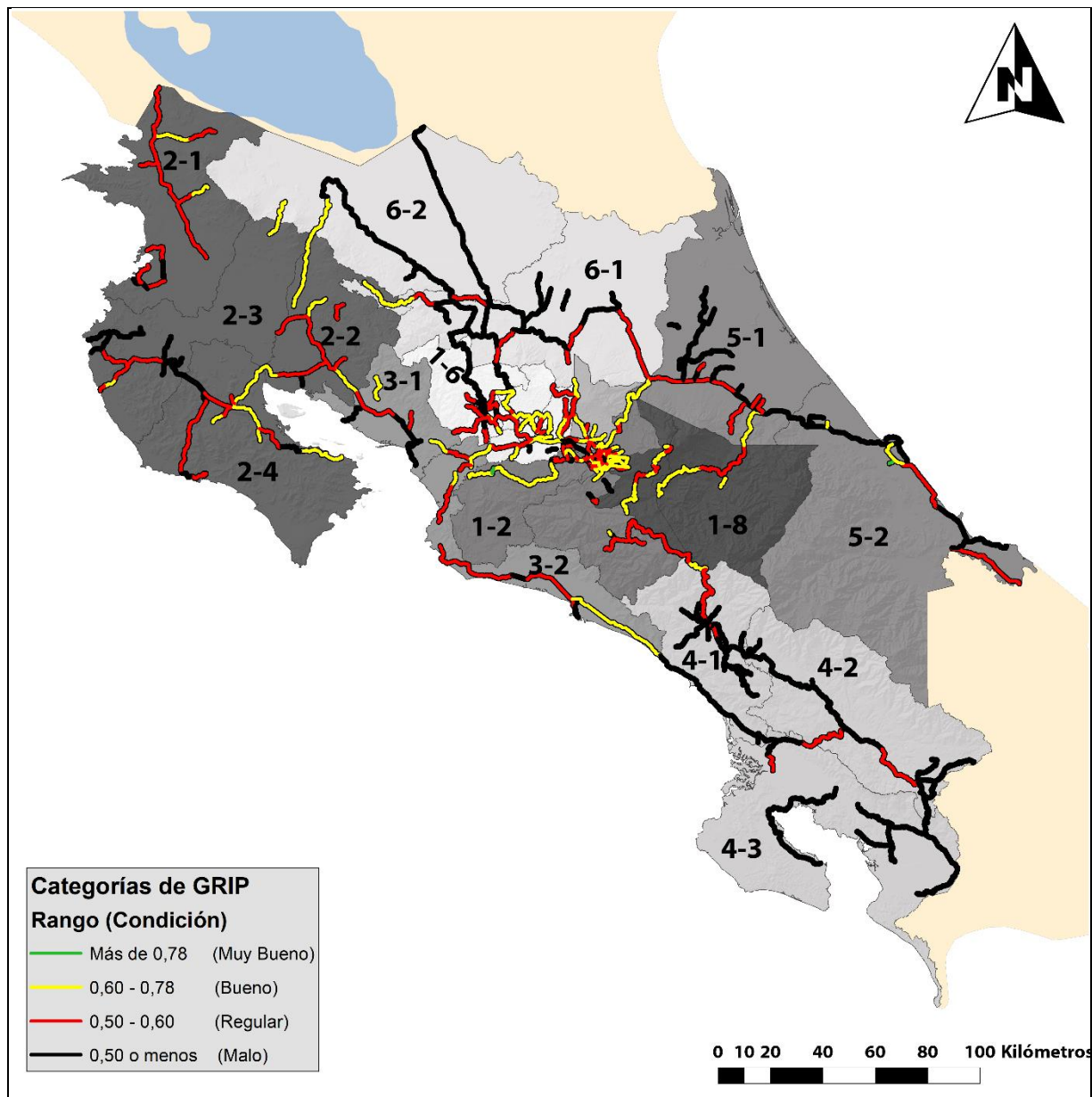


Figura 16. Representación SIG del ensayo de GRIP en la Red Vial - ERVN2018

CAPÍTULO 2

ESTRATEGIAS GENERALES DE INTERVENCIÓN RECOMENDADAS - ERVN2018

2.1 INTRODUCCIÓN

A partir del documento "Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices Red Vial Nacional" (Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porras-Alvarado, 2008) se define el uso de las Notas Q. En el "Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2010-2011" (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2010-2011, 2011), se agregó tanto el componente de "Notas de Calidad" ó "Notas Q" como el componente de "Estrategias Generales de Intervención" a Nivel de Red, donde la caracterización de las secciones de control definidas en la sección 1.1.1 como las "unidades de análisis", implica la asignación de una Nota Q. La combinación se lleva a cabo mediante el uso de SIG, empleando resultados de capacidad estructural, así como la condición funcional para cada sección de control. En aquellas secciones en que el pavimento posea una condición general aceptable, que se asocian con intervenciones de carácter rutinario, se analizan aspectos complementarios para establecer la probabilidad de problemas de deslizamiento ante condiciones lluviosas. Finalmente, la sección de control es catalogada como candidata a un tipo generalizado de intervención, tales como mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción, con el fin de brindar a la Administración una herramienta de gestión fundamentada en información científica, que permita mejorar la toma de decisiones y aumente la eficiencia de la inversión en la Red Vial Nacional.

La definición de las Notas Q, así como la consecuente estrategia de intervención presente en este informe, responde a un análisis a Nivel de Red y establece estrategias de intervención generales que deben ser posteriormente adaptadas para la toma de decisiones a nivel de proyecto. Por ejemplo, cuando dos secciones de control son consideradas candidatas a intervenciones tipo "mantenimiento", se debe tomar en cuenta que dentro de esta definición es posible realizar una amplia gama de tipos de intervención, como pueden ser todos los tipos de "tratamientos de preservación", tales como tratamientos superficiales "chip seals", "slurry seals", "sand seals", "microsurfacing" y otros.

La definición de estrategias, presentadas en este informe, define límites entre los distintos tipos de intervención: mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción para cada sección de control y la realización de una actividad distinta a las enmarcadas en estos tres niveles de condición debería ser justificada ampliamente ya que podría resultar en un uso ineficiente de los recursos.

La elección y realización de intervenciones específicas deberá responder a un análisis por parte de la Administración para cada sección de control por separado, tomando en consideración todos los aspectos propios de una decisión de intervención, con el respectivo análisis e información a nivel táctico/operativo, tales como, condiciones de superficie, topografía específica, contenido presupuestario, disponibilidad de materiales adecuados, equipo, experiencia e impacto al entorno urbano y ambiental, entre otros.

*Las recomendación de Estrategias de Intervención a NIVEL DE RED , representan condiciones generales esperadas según los datos, sin embargo no sustituyen la necesidad de **estudios básicos** a NIVEL DE PROYECTO para definir el tratamiento apropiado para cada caso particular.*

2.1.1 Definiciones

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

- 1. 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. Nivel de proyecto:** El proceso de análisis u observación es 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 a los objetivos; los modelos usados a este nivel requieren de información detallada en secciones individuales de un camino.
- 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.

2.2 NOTAS DE CALIDAD (NOTAS Q)

2.2.1 Definición de las Notas Calidad (Notas Q) a Nivel de Red

Cada una de las secciones de control es calificada por su condición estructural, funcional y resistencia al deslizamiento, de acuerdo con los criterios de evaluación y resultados descritos en el CAPÍTULO 1 de este informe. Posteriormente, para cada una de las secciones de control, se combinan los valores de capacidad estructural y funcional y se define una nueva calificación, conocida como Nota de Calidad en adelante Nota Q, donde se establece el diagnóstico final de la condición de la sección y permite establecer una estrategia general de intervención final.

La Figura 17 muestra cómo se establecen las Notas Q, empleando la matriz de combinación derivada del "Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, Años 2010-2011" (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011), donde se consideran los distintos niveles de tránsito vehicular o TPD.

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
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 17. Matriz de Combinación de Notas Q (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011)

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 perfilógrafo (IRI) o por la deflectometría de 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 funcionales tales como desprendimientos, desnudamiento o exudaciones, los cuales no constituyen deterioros estructurales que puedan ser percibidos por el perfilógrafo (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. 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 de la capacidad estructural.

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

Q7: Los pavimentos en esta categoría tienen una condición de ruedo similar a los descritos para la categoría **Q4**, sin embargo, presentan una peor condición estructural (cercana al 60% de vida estructural remanente del pavimento), 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, 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 < 20%). En este grupo de notas de calidad, en el caso de los tramos calificados como **Q6** por ejemplo, donde la calidad del ruedo es buena se debe a la presencia de sobrecapados o tratamientos superficiales recientes pero que no han contribuido a dar aporte estructural significativo, por lo tanto, son trabajos de poca durabilidad y existe una alta probabilidad de una rápida migración a notas como las **Q8** y **Q9** donde la capacidad funcional es peor, así como a notas como R-1 donde la capacidad estructural remanente es cercana al 0% de vida útil. 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-2: Estos pavimentos presentan una condición estructural muy deficiente (vida estructural remanente 0%). En los tramos clasificados dentro de este grupo de notas y que tengan una buena calidad de ruedo es debido a la presencia de sobrecapas o tratamientos superficiales recientes pero que no han contribuido a dar aporte estructural significativo, por lo tanto, son trabajos de poca durabilidad y existe 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. Para estos casos la transitabilidad y la capacidad estructural son inferiores a los niveles aceptables para una carretera pavimentada. En estas rutas, el riesgo para el usuario es muy alto por el nivel de deterioro mostrado. 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 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 más costosas dentro de un sistema de gestión de pavimentos.

2.2.2 Resultados de Notas Q para la Red Vial

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 17).

Se evalúan todas las secciones de control que pueden ser caracterizadas en función de la capacidad estructural y capacidad funcional, y se identifican con su correspondiente nota de calidad. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 9, así como el respectivo gráfico de Notas de Calidad Q para la evaluación 2018-2019 en la Figura 18.

Tabla 9: Resultados de las Notas de Calidad para la Red Vial - ERVN2018

Nota de Calidad	Longitud (km)	Porcentaje (%)	Cantidad de secciones de control
Q1	564,47	10,78%	55
Q2	2645,26	50,52%	367
Q3	1,18	0,02%	1
Q4	1038,97	19,84%	194
Q5	53,16	1,02%	17
Q6	0,54	0,01%	1
Q7	109,45	2,09%	29
Q8	29,46	0,56%	12
Q9	118,71	2,27%	23
M-RF	387,15	7,39%	88
RH-RF	68,73	1,31%	18
R-2	6,66	0,13%	3
R-3	92,74	1,77%	27
NP	119,12	2,28%	28
Total	5 235,60 kilómetros		863

La clasificación de la red vial por las notas de calidad revela una red vial que concentra un 61,33% en las categorías **Q1**, **Q2** y **Q3**, un 20,87% en las notas **Q4**, **Q5** y **Q6**, un 4,92% en las notas **Q7**, **Q8** y **Q9**, un 8,71% en las notas **M-RF** y **RH-RF**; un 4,17% en las notas **R-2**, **R-3** y **NP**.

La caracterización y monitoreo por sección de control permite mejorar el diagnóstico de la Red Vial Nacional. Empleando una gestión integral de mantenimiento, la Administración podría usar estos datos no solo para conocer la condición de la Red Vial sino para controlar la evolución de esta.

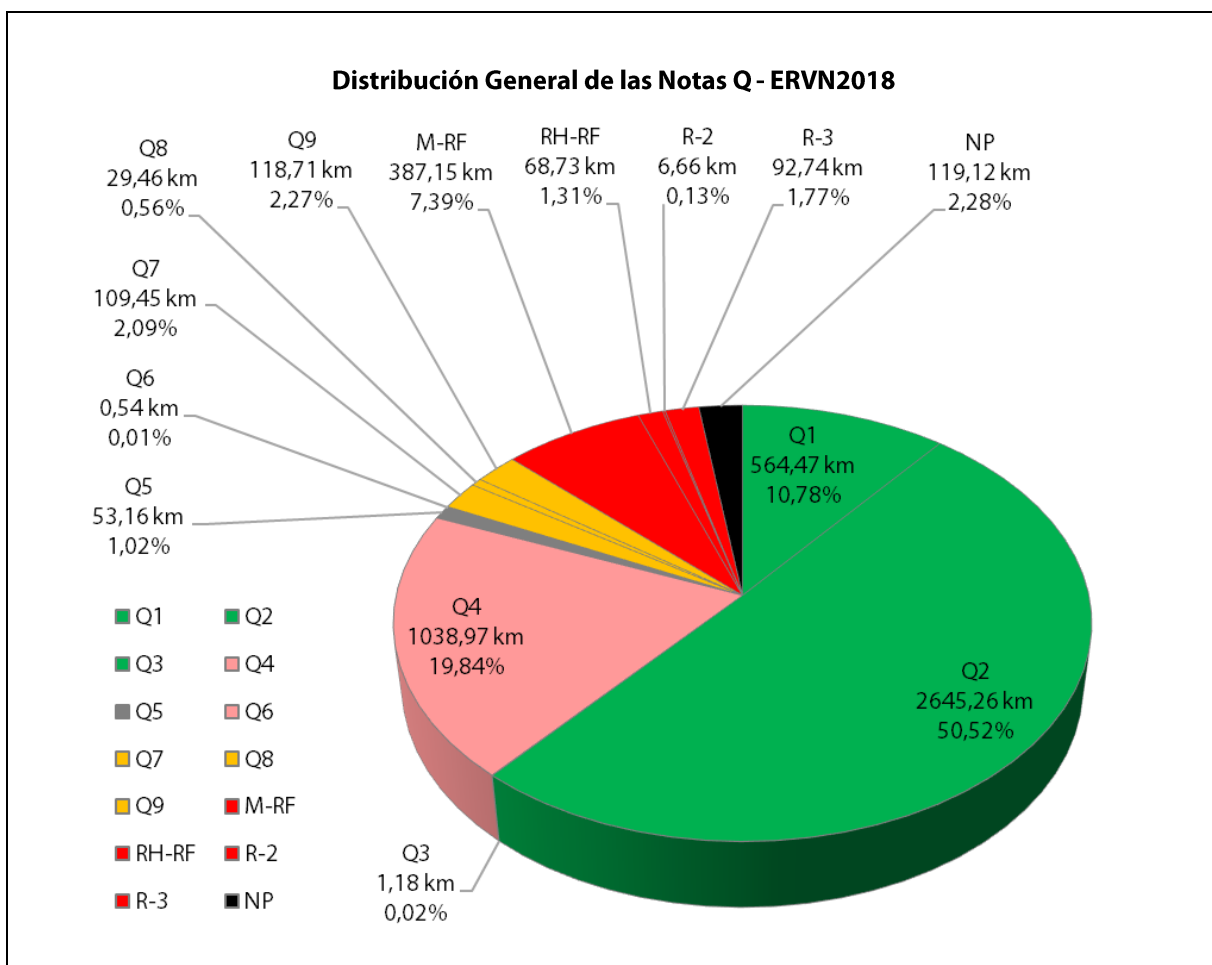


Figura 18. Notas de calidad, longitud en kilómetros y porcentaje para la Red Vial

En la Figura 19 se distribuye esta misma información por provincias. De los kilómetros de Red Vial Nacional pavimentada por provincia se puede observar que:

- Las notas **Q1, Q2 y Q3** se concentran en las provincias de Alajuela, Guanacaste y Puntarenas con 2106,04 km equivalentes al 65,59% de los 3 210,91 km que presentan esa condición.
- Las notas **Q4, Q5 y Q6** presentan 1 092,97 km, donde las provincias de San José y Alajuela acumulan el 52,44% de esa extensión.
- Para las notas **Q7, Q8 y Q9** se tiene una extensión de 257,62 km, donde el 63,24% de esta extensión se encuentra en San José y Guanacaste.
- La agrupación de las notas **M-RF, RH-RF** genera una extensión de 4455,88 km de los cuales 298,54 se reparten entre San José, Alajuela y Cartago.
- Las condiciones de mayor deterioro se agrupan en las notas **R-2, R-3 y NP** en una extensión de 218,52 km, el 79,35% de esta extensión se presenta en San José, Alajuela y Cartago.

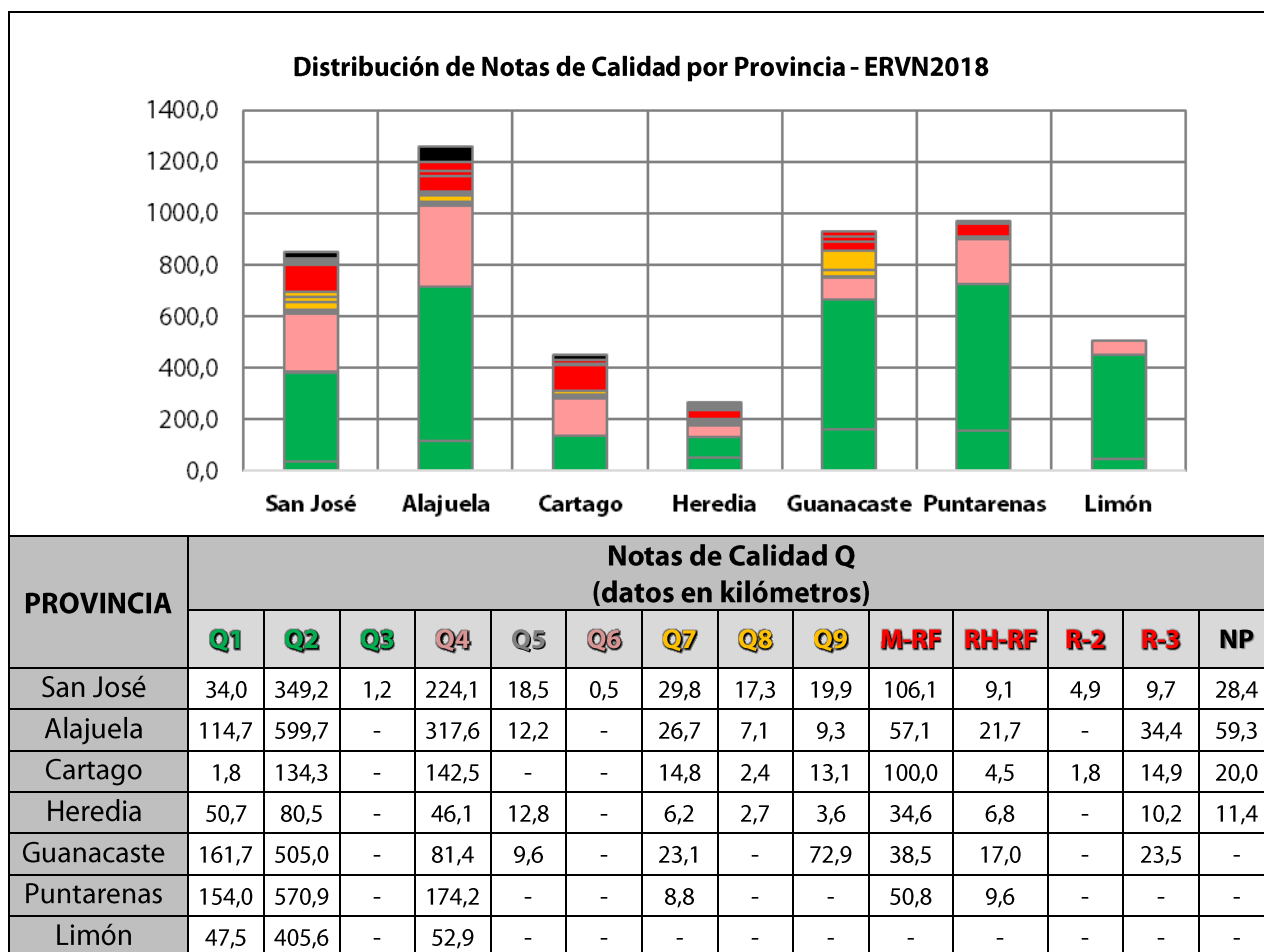


Figura 19. Notas Q por provincias para la Red Vial

Adicionalmente, en la Figura 20 se muestra la distribución de las Notas Q a nivel de red en sus respectivas “zonas de conservación”. El análisis de esta distribución por zona de conservación es de suma importancia para evaluar el grado de efectividad de las labores realizadas por cada una de las empresas contratistas encargadas de la conservación y mantenimiento de cada una de ellas.

Como se mencionó en la sección 1.1.1, la inversión realizada corresponde con la Licitación Pública 20009LN-000003-CV, las contrataciones directas definidas en el contrato 2014CD-000140-0CV00, el contrato 2014LN-000016-0CV00, 2014LN-000017-0CV00 y 2014LN-000018-0CV00. De la Figura 20 se desprenden condiciones generales de la Red Vial y se puede considerar como un insumo a nivel de Red para retroalimentar la generación de contratos posteriores.

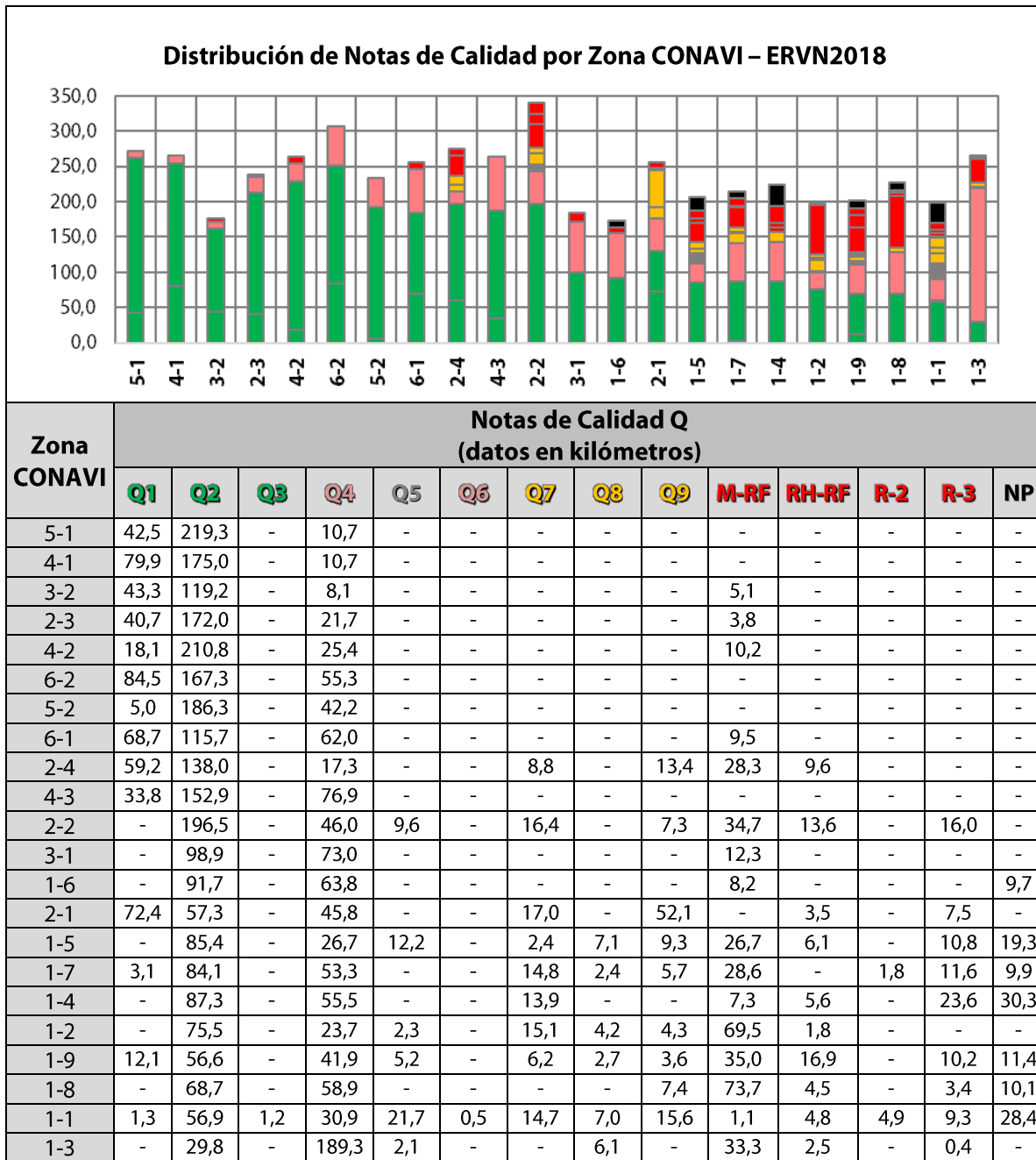


Figura 20. Notas de calidad por Zona CONAVI

Toda la información de las notas de calidad para cada una de las secciones de control, provincias y zonas de conservación vial, es administrada por medio de sistemas de información geográfica, convirtiéndola en información accesible, fácil de actualizar y con un alto nivel de precisión. La Figura 21 muestra el mapa generado con esta información.

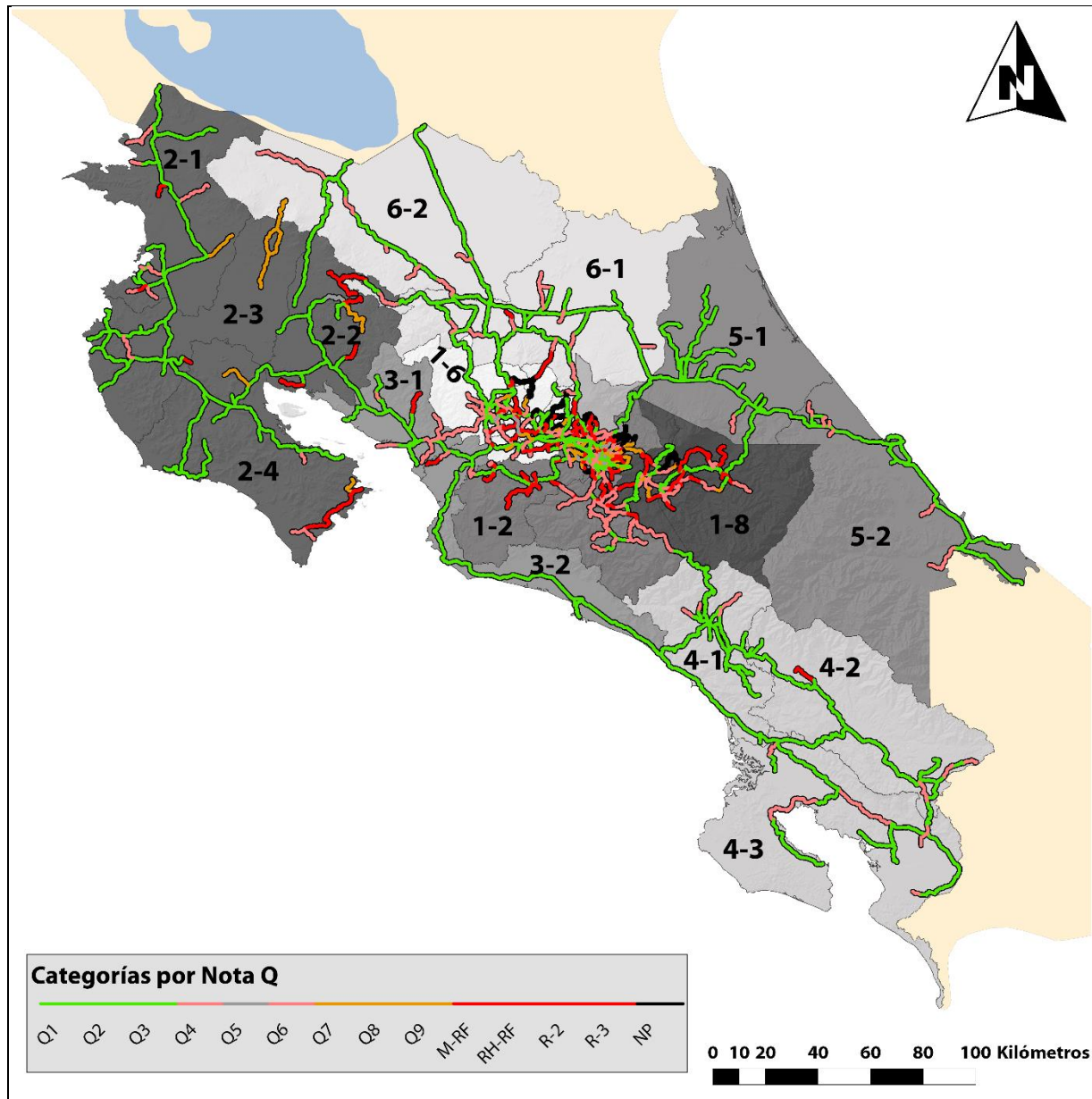


Figura 21. Mapa de distribución de las notas Q por Zona de Conservación Vial

2.3 ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL NACIONAL

La definición de las notas de calidad en la sección 2.2.1 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 cada dos años, son de carácter recomendativo y constituyen un aporte muy importante en la generación de estrategias de recuperación de la Red Vial Nacional Pavimentada.

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

Se recalca que las estrategias de intervención sugeridas son a NIVEL DE RED.

2.3.1 Definiciones

Desde el "Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, Años 2010-2011" (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar) 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:

1. **Mantenimiento de preservación:** Son intervenciones de bajo costo relativo y constituyen principalmente intervenciones para mantener 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 los pavimentos en buen estado, conservando la integridad estructural y funcional de las rutas, adicionalmente, corrigen de forma eficiente deterioros funcionales de ocurrencia temprana como, desprendimientos de agregados, desnudamiento, exudación o fisuramiento superficial leve.

- 2. Mantenimiento de recuperación funcional:** Son intervenciones que no tienen como propósito adicionar capacidad estructural al pavimento, el objetivo principal de este tipo de intervenciones es recuperar la capacidad funcional, ya que los pavimentos presentan niveles de irregularidad altos (valores de IRI >3.6). 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.
- 3. 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 de intervención.
- 4. 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 circunscribirse a 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.
- 5. Rehabilitación mayor:** En este caso es necesario realizar una importante recuperación de la capacidad estructural por lo que el tipo de intervención debería abarcar 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 ejemplo de este tipo de estrategia de intervención. Se podrían 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 los estudios técnicos que se deben realizar al respecto, 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, de manera que estas intervenciones garanticen el peralte transversal requerido y acorde con el diseño geométrico.

6. Reconstrucción: Renovación completa de la estructura del camino, 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 22, con el fin de identificar aquellas secciones de control que sean candidatas a los distintos tipos de intervención.

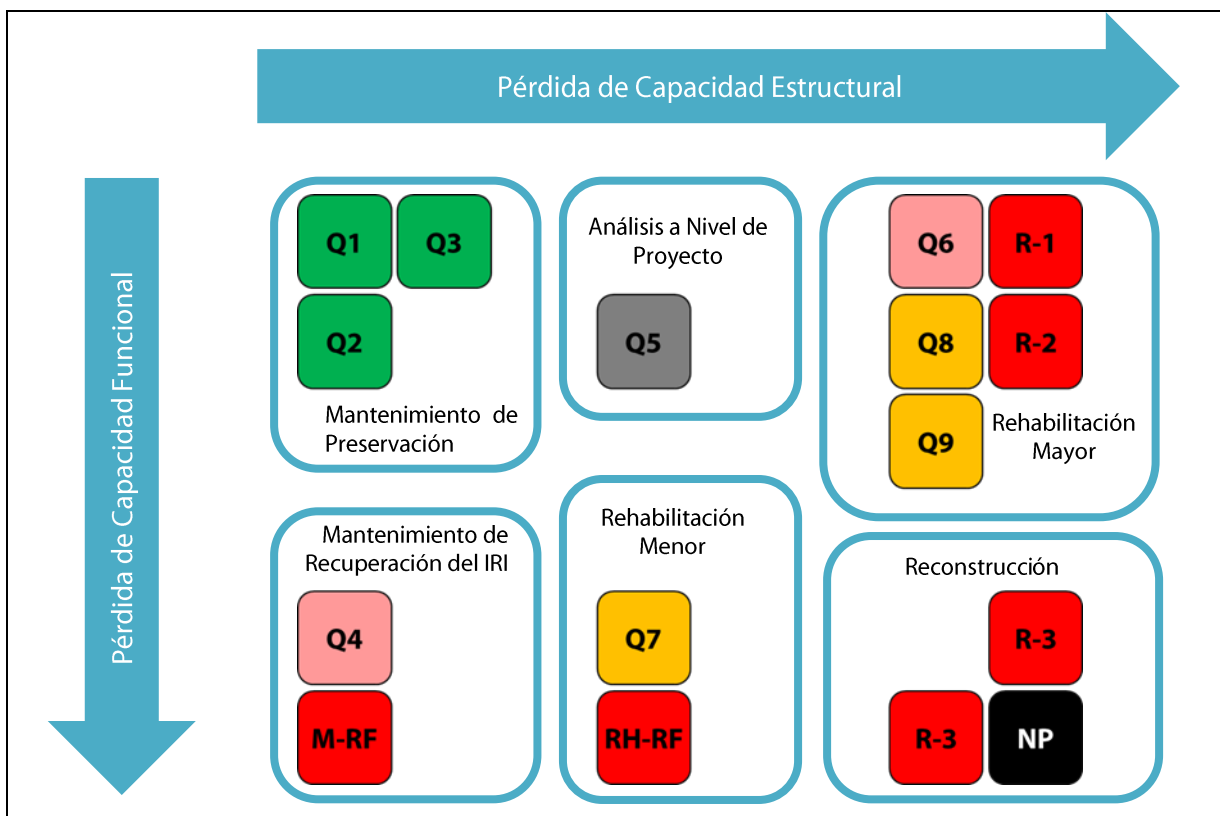


Figura 22. Agrupación de las notas de calidad para definición de estrategias generales de intervención (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011)

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

1. La ventana de operación de **Conservación Vial** (notas **Q1, Q2, Q3, Q4** y **M-RF**), las notas Q de esta ventana 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, Ley de creación del Consejo Nacional de Vialidad).
2. La segunda ventana de operación definida como **Rehabilitación** (notas **Q6, Q7, Q8, Q9, RH-RF, R-1** y **R-2**), corresponde a 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 distinto al vigente en el año 2019 relacionado con las actividades de conservación vial, que permita atender las necesidades reales de estas secciones de control de forma eficiente, evitando enmarcar este tipo de intervención dentro del alcance de los proyectos de conservación vial, ya que este tipo de intervenciones sólo son justificadas cuando se trata de “intervenciones selectivas”. Los resultados mostrados en la Figura 18 muestran que 333,55 km equivalentes a un 6,37% de la Red Vial Nacional evaluada, requieren planificar este tipo de intervención y ajustar el contenido presupuestario para optimizar las inversiones de la ventana de rehabilitación.
3. La tercera ventana de operación abarca la **Reconstrucción** (notas **R-3** y **NP**). Toda sección de la Red Vial Nacional que califique dentro de esta ventana de operación debería 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 23 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).

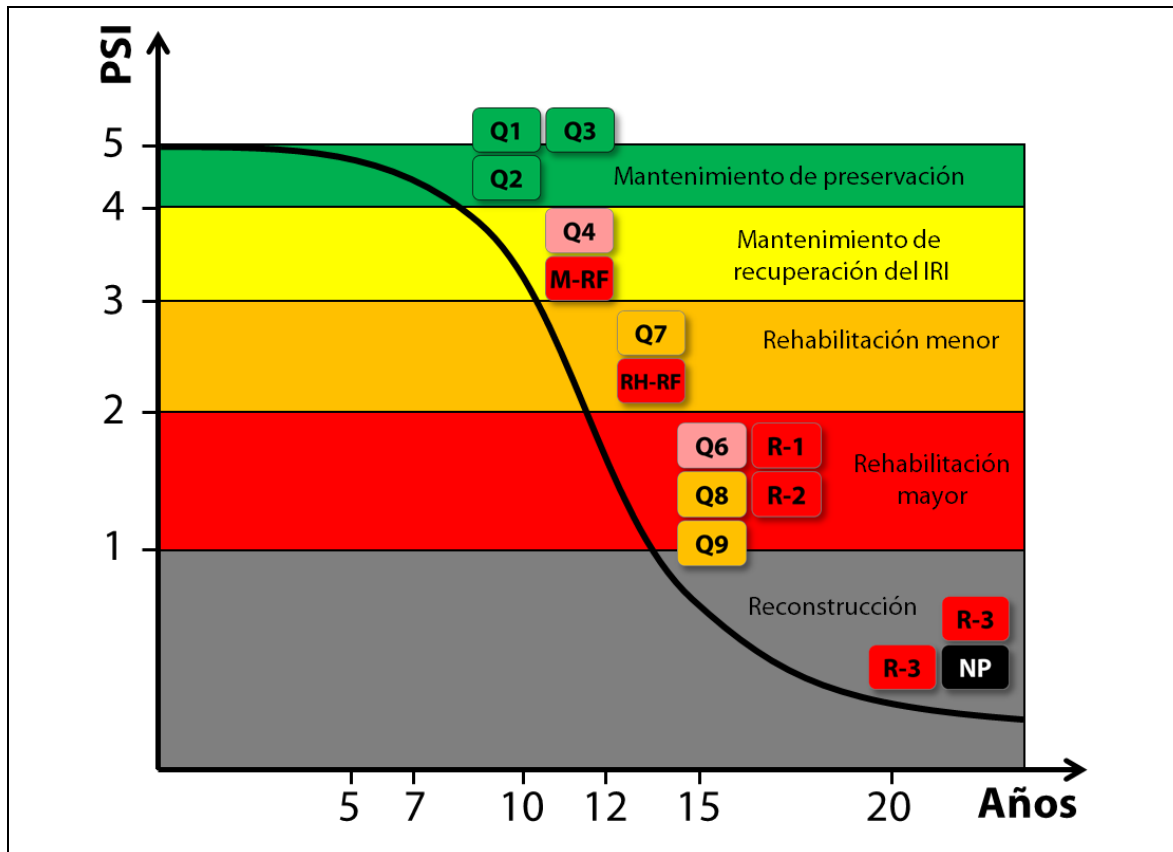


Figura 23. Esquema de Notas de Calidad distribuidas en función de las ventanas de generales de operación (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2013)

2.3.2 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 la Tabla 10 se muestran los resultados para la Red Vial Nacional pavimentada.

Tabla 10: Resultados de las Estrategias Generales de Intervención para la Red Vial - ERVN2018

Recomendación de Estrategia de Intervención General Campaña de Evaluación de la Red Vial Nacional 2016-2017	Longitud (km)	Porcentajes (%)
Mantenimiento de preservación	3210,91	61,33%
Mantenimiento de recuperación del IRI	1426,12	27,24%
Análisis a nivel de proyecto	53,16	1,02%
Rehabilitación menor	178,18	3,40%
Rehabilitación mayor	155,36	2,97%
Reconstrucción	211,86	4,05%
TOTALES	5 235,60 km	

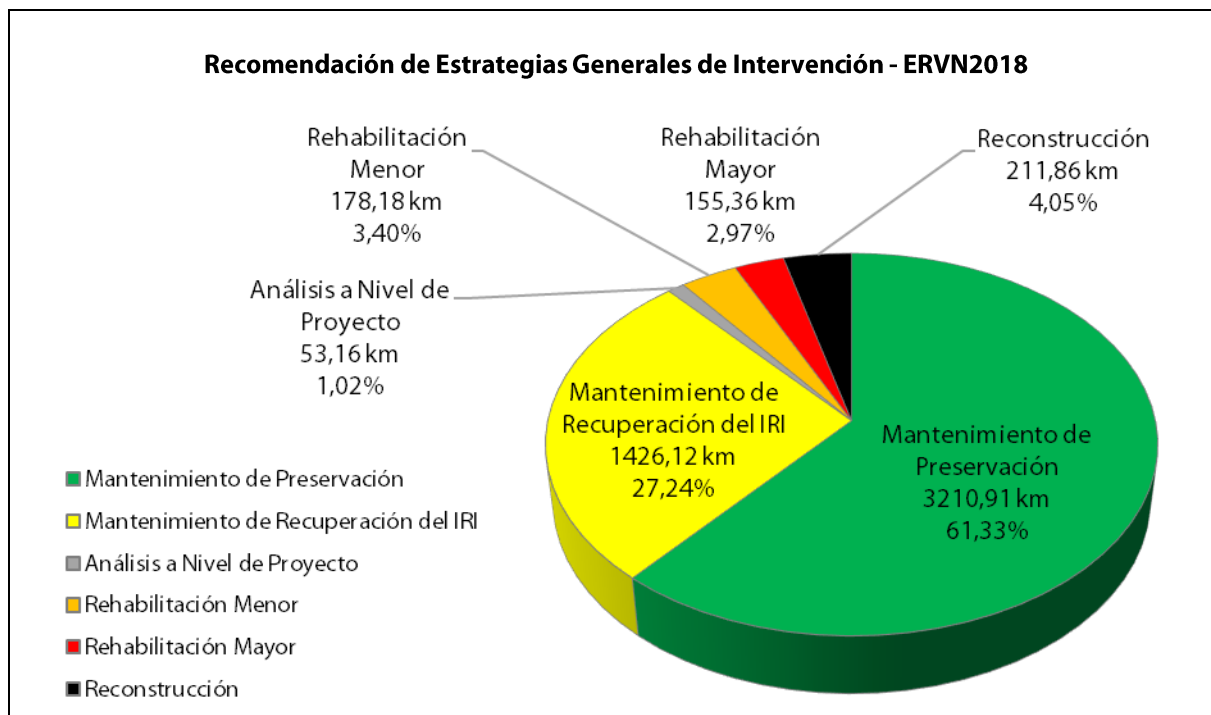


Figura 24. Estrategias de intervención para la Red Vial Nacional

Para la ERVN2018 los resultados revelan una red vial con alto porcentaje de secciones candidatas a intervenciones de mantenimiento de preservación (61,33%) lo cual indica una buena oportunidad de introducir en Costa Rica actividades del tipo sellos asfálticos, como las mencionadas en la definición de **Mantenimiento de preservación** en esta misma sección del informe. El segundo porcentaje corresponde a un 27,24% que son candidatos a intervenciones de **Mantenimiento de recuperación del IRI**, es decir, 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. Por último, las labores de **Rehabilitación menor**, **Rehabilitación mayor** y **Reconstrucción** suman aproximadamente un 10,42% de las rutas nacionales.

El panorama general indica que un 88,57% de la Red Vial evaluada se encuentra en la ventana de Mantenimiento. El análisis de los informes anteriores, así como la integración del escenario actual permiten calibrar las estrategias a nivel de red por parte de la Administración. La información de las estrategias de intervención, representadas por provincia, se muestran en la Figura 25.

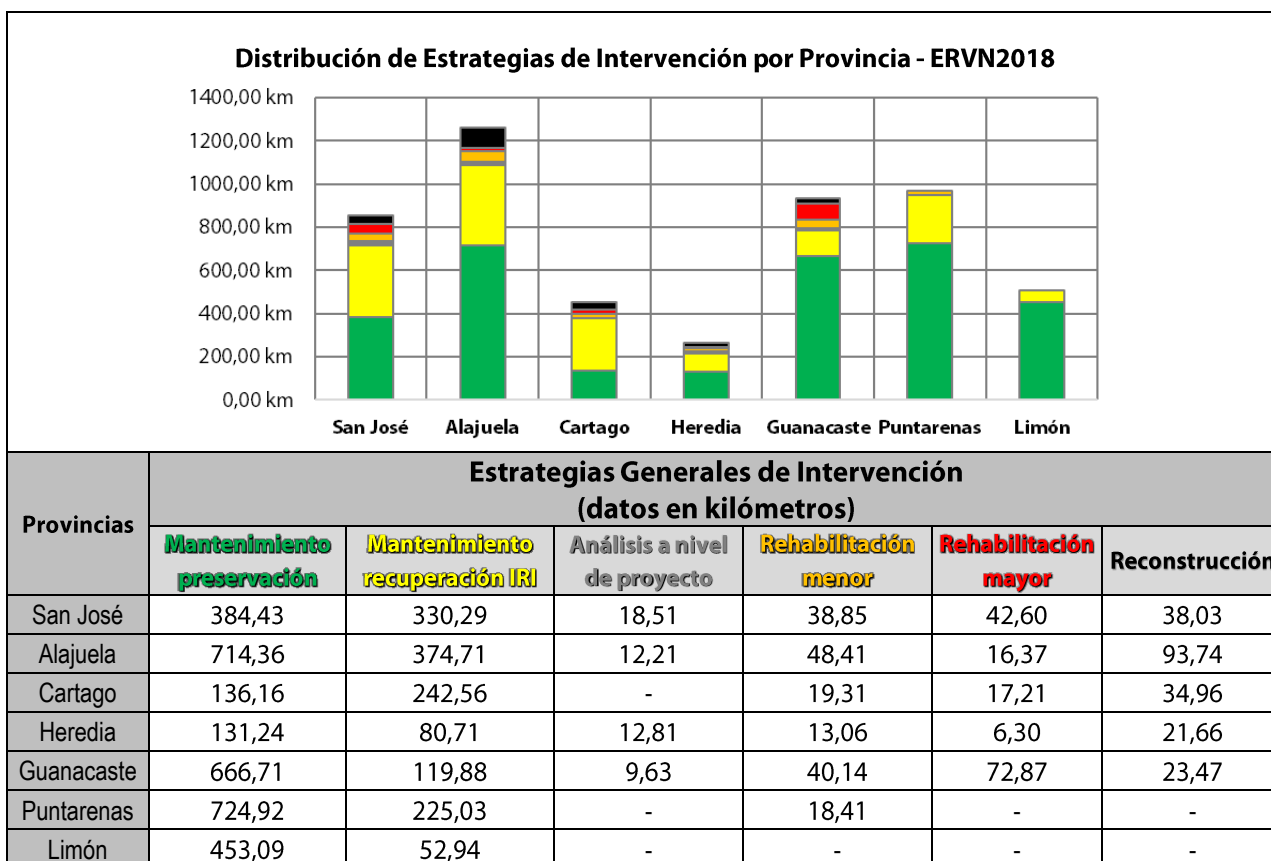


Figura 25. Estrategias de intervención para la Red Vial Nacional distribución por provincias

La provincia de Limón no presenta estrategias de rehabilitación o reconstrucción en los 506,03 km evaluados, las estrategias generales de intervención se centran en actividades de mantenimiento. Otra provincia que presenta condiciones similares es Puntarenas, de los 968,36 km que fueron evaluados solo el 1,90% requieren actividades de rehabilitación, el restante 98,10% lo conforman actividades de **Mantenimiento de preservación** (724,92 km) o **Mantenimiento de recuperación de IRI** (225,03 km). En general el resto de las provincias califican para actividades de mantenimiento en no menos del 80% de su extensión.

En la ventana de rehabilitación, cada provincia presenta extensiones entre el 2 - 12% de la red vial de cada provincia, con excepción de Limón. En este escenario de rehabilitación se pueden enfatizar las longitudes totales de las provincias de Guanacaste, San José y Alajuela que presentan estas condiciones en 113,02 km, 81,45 km y 64,78 km respectivamente.

Al respecto los tramos candidatos para **Reconstrucción**, representan entre el 2 - 8% de la red vial de cada provincia, con excepción de Limón y Puntarenas. En kilómetros totales Alajuela presenta 93,74 km de su red vial donde los indicadores sugieren **Reconstrucción**.

En la Figura 26, se procede a mostrar la distribución de las estrategias de intervención recomendadas a nivel de red en sus respectivas “zonas de conservación”, como la unidad geográfica de análisis y se genera la siguiente distribución:

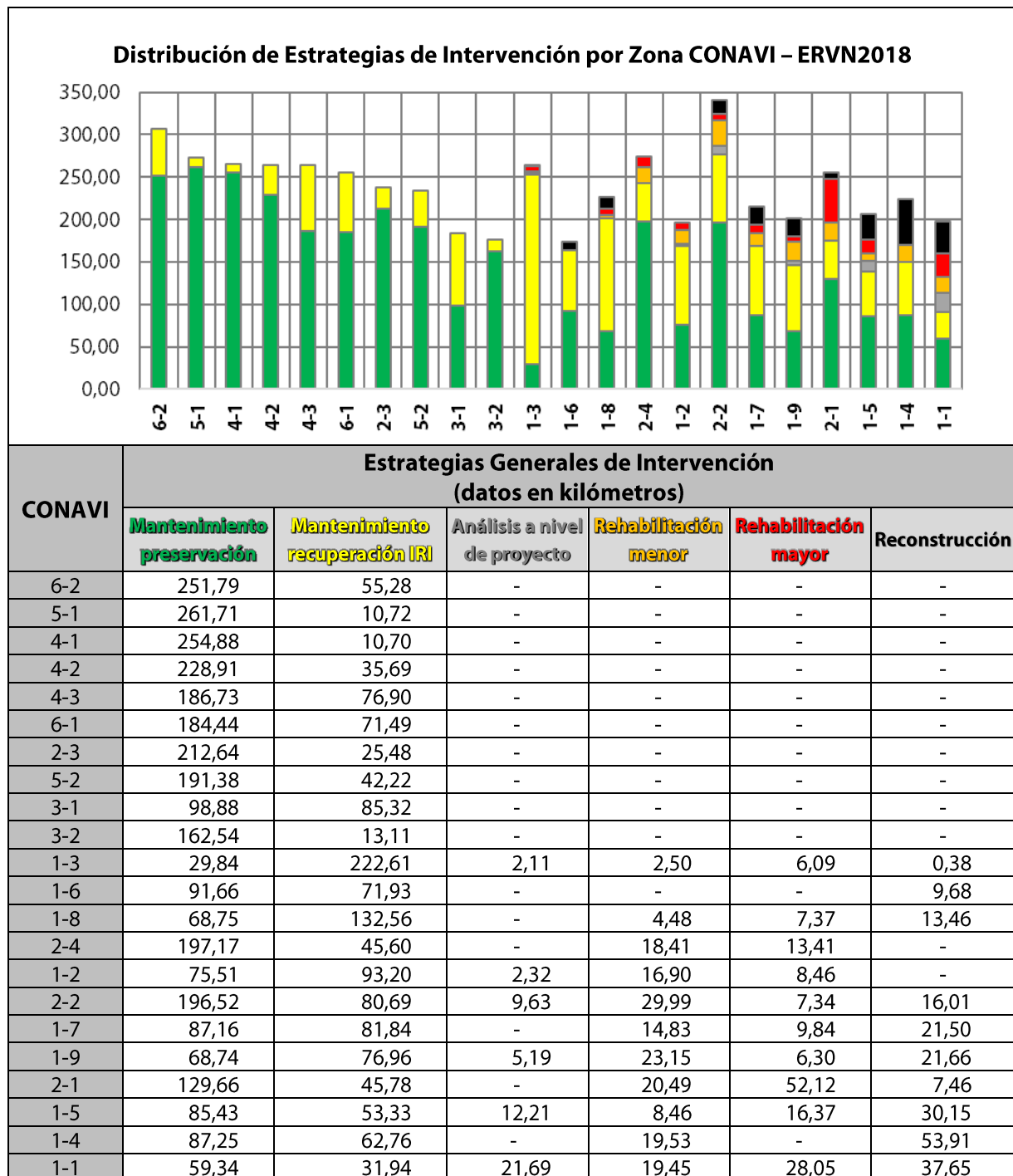


Figura 26. Distribución de estrategias por Zonas del CONAVI

Este análisis de la información está orientado a establecer la condición de las unidades geográficas, empleadas en los distintos contratos de Conservación, brindando una herramienta de gestión a la Administración que sirva como sustento en la definición de lineamientos generales para intervenir las distintas zonas de conservación vial, así como, una distribución racional y científica de los fondos públicos destinados a intervenir las carreteras nacionales.

De los resultados de la ERVN2018 se tienen los siguientes resultados:

- En las Zonas de Conservación 6-2, 5-1, 4-1, 4-2, 4-3, 6-1, 2-3, 5-2, 3-1 y 3-2, el 100% de las actividades requeridas se orientan a las estrategias de la ventana de *Mantenimiento*.
- Las zonas 1-3, 1-6, 1-8, 2-4, 1-2 y 2-2, requieren estrategias de la ventana de Mantenimiento en extensiones que abarcan entre el 80 – 95% de su Red Vial.
- Las labores de Rehabilitación y Reconstrucción se concentran en las Zonas 1-7, 1-9, 2-1, 1-5, 1-4 y 1-1, donde cada zona requiere este tipo de estrategias en un 20 – 43 % de su Red Vial.

Cabe destacar que **las estrategias de intervención mostradas en este informe no deben ser utilizadas para justificar labores de intervención a nivel de proyecto**. Tal como se comentó al inicio de la sección 2.3 de este informe, toda decisión de intervención en un frente de obra debe surgir de un ajuste de las estrategias acorde con la condición específica de cada sección de la carretera.

Se puede esperar que aquellos tramos que califiquen para **Reconstrucción** requieran intervenciones costosas, donde las actividades pueden incluir sustitución o reparación en las diversas capas estructurales, por pérdida de capacidad estructural, para ambos casos se requiere la colocación de una capa de asfáltica que asegure una buena condición funcional, para restablecer los tramos a una **condición óptima**. Por otro lado, normalmente las actividades requeridas para atender en forma óptima los tramos de Reconstrucción, se salen del *alcance de los contratos de mantenimiento* y pueden consumir un alto porcentaje de los recursos pactados para una Zona de Conservación. Las actividades de conservación, a ejecutar en estos casos, deben asegurar la transitabilidad y la seguridad vial mientras se establecen paquetes de inversión específicos, que puedan atender estos tramos sin comprometer la asignación de recursos de los contratos de Conservación y Mantenimiento.

Otra aclaración de este apartado está relacionada con el concepto de Estrategia de Intervención General, donde dos tramos de vía, aunque sean calificados como candidatos para ser intervenidos

por el mismo tipo de estrategia, por ejemplo **Mantenimiento de preservación**, deben ser analizados de forma independiente ya que las actividades de mantenimiento que requieran los tramos puede diferir completamente entre sí. Es decir, un tramo podría requerir de un *perfilado y sobrecapa* y el otro de un *sellado de grietas*, siendo ambas actividades de mantenimiento.

La delimitación de las estrategias de intervención en las distintas zonas de conservación vial se administra por medio de sistemas de información geográfica, lo que permite ubicar con precisión las distintas secciones de control con su correspondiente estrategia de intervención. La Figura 27 muestra el mapa generado con esta información.

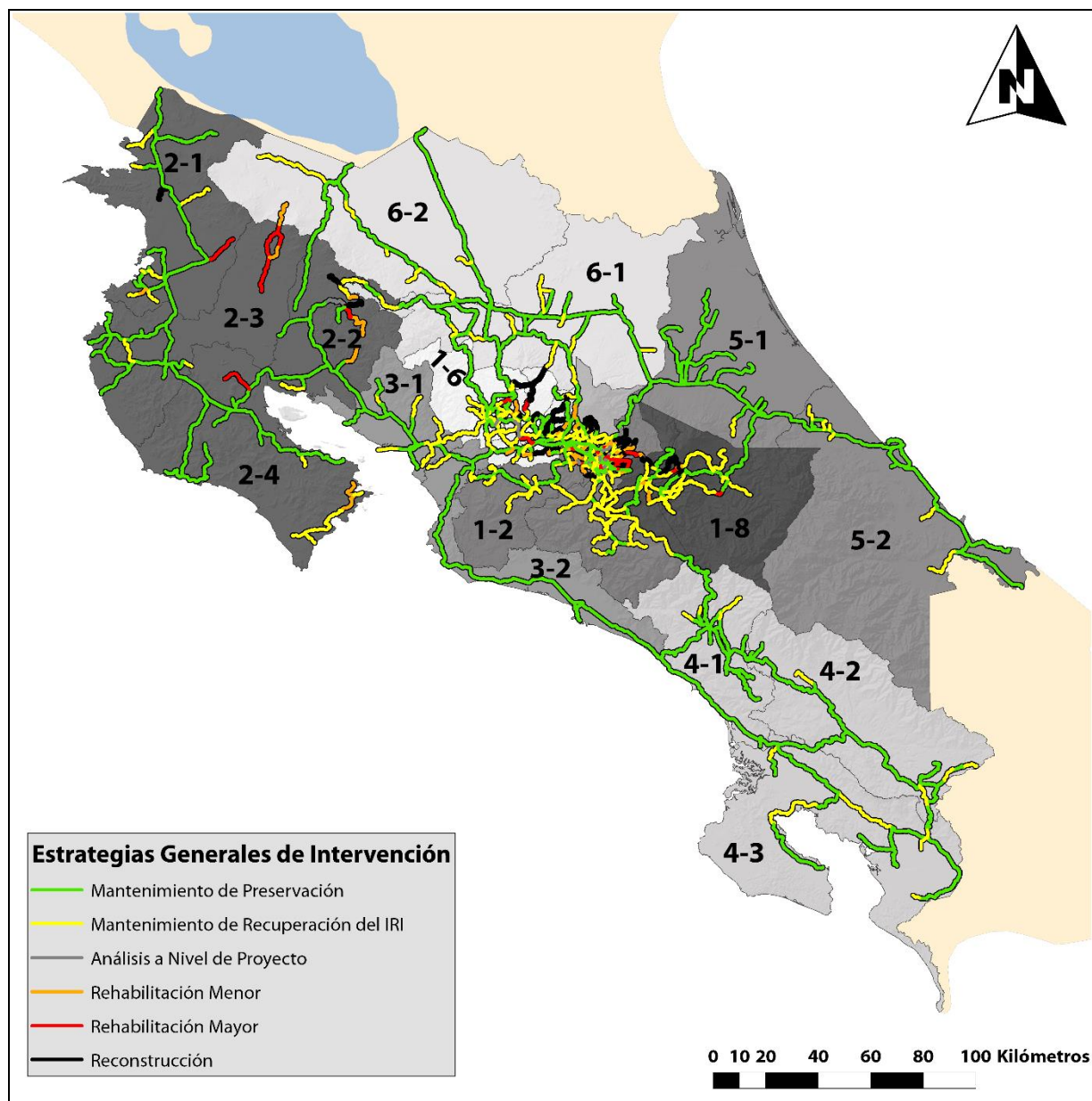


Figura 27. Mapa de distribución de estrategias de intervención por Provincia

2.3.3 Propuestas de intervención para mejorar el frenado de los vehículos en carretera

En esta misma evaluación de la red vial se determinó el grado de peligrosidad de las rutas nacionales pavimentadas relacionada con la capacidad de las rutas de brindar un buen agarre con las llantas de los vehículos. Esta condición de seguridad vial es conocida como **resistencia al deslizamiento** y solo puede ser medida en rutas que presentan una buena - regular condición funcional. Es decir, valores del Índice de Regularidad Internacional (IRI) menores a 4 m/km. En aquellas rutas donde el IRI es superior a 4 m/km el equipo no puede ser utilizado para medir esta condición de la superficie pues sufre daños y pérdida de su calibración, adicionalmente, en rutas con este grado de deterioro las velocidades se ven disminuidas considerablemente por lo que la resistencia al deslizamiento disminuye su impacto en la seguridad vial del usuario.

Los distintos niveles encontrados en la Red Vial Nacional en cuanto a la peligrosidad al deslizamiento están asociados con la presencia de deterioros superficiales de tipo funcional, es decir, deterioros como exudación o desnudamiento de los agregados. Estos deterioros de la superficie facilitan condiciones de riesgo por deslizamientos. Por lo tanto, las estrategias de intervención recomendadas para corregir este problema son de los tipos recomendados para **Mantenimiento de preservación**, es decir, *Fog seals, slurry seals, chip seals* o *micro-pavimentos*. Una definición de cada una de estas técnicas de mantenimiento se puede encontrar en el CR-2010, sección 400.

Las recomendaciones generales para corregir los distintos niveles de peligrosidad ante deslizamiento en las rutas nacionales se muestran en la Figura 28.

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.	SS ChS1 (TS1)
Poco deslizante 0,6 - 0,78	N.I.	SS ChS1 (TS1)	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3)
Deslizante 0,5 - 0,6	SS ChS1 (TS1)	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3)	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry
Muy deslizante < 0,5	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry Micropavimentos

Figura 28. Recomendaciones de intervención para atender los distintos niveles de peligrosidad ante carreteras deslizantes (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011)

2.3.4 Propuestas de intervención para mejorar el frenado de los vehículos en la Red Vial

Las propuestas de intervención a nivel de red presentes en esta sección surgen del análisis de los distintos niveles de “Grip Number” para aquellas secciones con notas de calidad **Q1**, **Q2** y **Q3**. Del total de kilómetros evaluados con el Grip Tester, tenemos 2 951,98 km, equivalentes al 56,38% de la Red Vial Nacional Evaluada, que coinciden con las secciones de control que califican para **Q1**, **Q2** y **Q3**, en estos casos las *Recomendaciones de Intervención* pueden integrar aspectos adicionales de intervención con el fin de mejorar el agarre superficial, resultados que se muestran en la Figura 29.

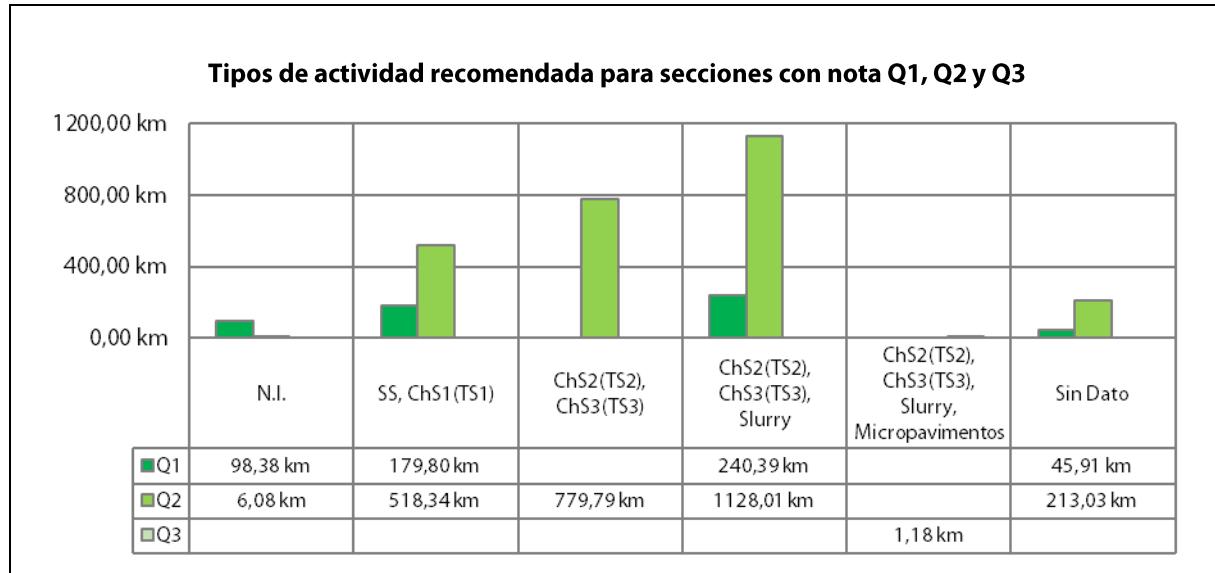


Figura 29. Recomendaciones de intervención para atender los distintos niveles de peligrosidad ante carreteras deslizantes. Distribución entre Q1, Q2 y Q3

Los tramos de la red vial nacional identificados con las notas de calidad **Q1**, **Q2** y **Q3**, se encuentran ubicados con precisión en las bases de datos y en los archivos de los programas de posicionamiento global que acompañan este informe, de esta forma, las propuestas de intervención para atender situaciones de peligrosidad ante deslizamientos de los vehículos en condiciones húmedas puede ser analizada con facilidad por la Administración y ser utilizada como una herramienta en la mejora de los criterios de intervención de la Red Vial Nacional.

CAPÍTULO 3

INVERSIÓN EN MANTENIMIENTO - ERVN2018

3.1 INTRODUCCIÓN

Para llevar a cabo las labores de Mantenimiento y Conservación de Vías, el CONAVI emplea una división administrativa de 22 zonas que abarcan la Red Vial Nacional Pavimentada, tal como se detalla en la sección 1.1.1 del presente informe.

Mediante Licitación Pública, las empresas constructoras de obras viales nacionales e internacionales registradas en el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos participan en la designación de las zonas de conservación, las cuales se asignan con el fin de ejecutar obras de mantenimiento y busca establecer una correcta gestión de los recursos. La conservación vial se basa en la asignación y disponibilidad presupuestaria, así como en el inventario de vías cubiertas. Para el período comprendido en este informe se presentaron las Contrataciones Directas 2014CD-000140-0CV00, las Licitaciones 2014LN-000016-0CV00, 2014LN-000017-0CV00 y 2014LN-000018-0CV00. Las empresas que realizaron trabajos entre enero del 2016 y diciembre del 2017, se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11: Distribución de Contratistas por Zona de Conservación Vial y Licitación

Zona	Contratos de Conservación			
	2014CD-000140-0CV00	2014LN-000016-0CV00	2014LN-000017-0CV00	2014LN-000018-0CV00
1-1	Hernán Solís S.R.L	Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A.	Hernán Solís S.R.L	MECO
1-2	Hernán Solís S.R.L	3-101-553488 Sociedad Anónima	MECO	MECO
1-3	Hernán Solís S.R.L	Inversiones Solano y Camacho S.A.	Hernán Solís S.R.L	Hernán Solís S.R.L
1-4	CONANSA	Juan Carlos Cubero Arias	Hernán Solís S.R.L	Hernán Solís S.R.L
1-5	Hernán Solís S.R.L	En proceso de apelación	Hernán Solís S.R.L	Hernán Solís S.R.L
1-6	MECO	ALSO FRUTALES S.A.	Hernán Solís S.R.L	Hernán Solís S.R.L
1-7	Grupo Orosi Siglo XXI	CONTRAOLASA S.A.	MECO	Hernán Solís S.R.L
1-8	Hernán Solís S.R.L	Albin Gerardo Thames Rojas	Hernán Solís S.R.L	Hernán Solís S.R.L
1-9	MECO	ALSO FRUTALES S.A.	MECO	MECO
2-1	Hernán Solís S.R.L	ALSO FRUTALES S.A.	Hernán Solís S.R.L	Hernán Solís S.R.L
2-2	Hernán Solís S.R.L	ALSO FRUTALES S.A.	Hernán Solís S.R.L	Hernán Solís S.R.L
2-3	Hernán Solís S.R.L	FRESA FRESCA S.A.	Hernán Solís S.R.L	MECO
2-4	Hernán Solís S.R.L	FRESA FRESCA S.A.	MECO	MECO
3-1	Hernán Solís S.R.L	SR. Olivier Cubero Arias	Hernán Solís S.R.L	Hernán Solís S.R.L
3-2	MECO	Cesar Jiménez Cubero	Hernán Solís S.R.L	Hernán Solís S.R.L
4-1	Quebradores del Sur	Trabajos y Mantenimiento Trejos S.A	MECO	Quebradores del Sur
4-2	Hernán Solís S.R.L	Ana Lorena Chaves Rivera	MECO	Quebradores del Sur
4-3	Hernán Solís S.R.L	Trabajos y Mantenimiento Trejos S.A	MECO	MECO
5-1	MECO	Constructora Mary José S.A.	MECO	MECO
5-2	MECO	Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A.	MECO	MECO
6-1	MECO	Adrián Solano Rodríguez	MECO	MECO
6-2	Hernán Solís S.R.L	Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A.	Constructora Herrera S.A.	MECO

3.1.1 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 de conservación vial del CONAVI. Las estimaciones de pago pueden contener, pero sin limitarse a, la siguiente información: a) Facturas de pago presentadas por los contratistas de cada una de las zonas de conservación vial, b) descriptiva de la estimación donde se ubican 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. Contrataciones directas:** La contratación directa es la modalidad de contratación administrativa mediante la cual se celebran los contratos excluidos de los procedimientos de concurso autorizados por el artículo 02 y 02 bis de la Ley de Contratación Administrativa, N° 7494 del año 1996, y sus respectivas reformas.
- 4. 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.

3.2 ACTIVIDADES DE PROCESAMIENTO BÁSICO DE LAS ESTIMACIONES DE OBRA VIAL

Para la obtención de datos de conservación, se recurrió a las 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, agrupa las actividades realizadas en un mes, donde se desglosan los ítems, definidos en el cartel de licitación, que han sido ejecutados por la empresa en su zona asignada.

Cada estimación agrupa documentación impresa, copias de facturas comerciales, e impresiones de los cuadros de estimación descriptivos, así como elementos de correspondencia y notas de aclaración que presentan las empresas encargadas de la zona, requeridos para justificar las facturas de cobro. Empleando la herramienta informática denominada SIGEPRO, desarrollado por el CONAVI a fin de mejorar algunos de los elementos contables y de gestión, se logra un mejor control de los procesos relacionados con las estimaciones.

Cabe destacar que no existe un sistema automatizado de control y registro de los pagos en el CONAVI, la interconexión del SIGEPRO con las facturas de pago no se encuentra integrado actualmente para dar una adecuada trazabilidad de la información y un claro manejo de los montos invertidos en conservación vial. Debido a esto, la información presente en este informe corresponde con la que el LanammeUCR, como ente fiscalizador, pudo recopilar y procesar y no es posible, para este laboratorio, garantizar la existencia de información adicional o complementaria que modifique los resultados obtenidos.

Para el procesamiento de las estimaciones, se identifican las principales actividades en la creación de la base de datos, esto para una posterior combinación de las diversas fuentes de información:

- Acceso y descarga de datos del SIGEPRO.
- En el cartel de licitación se determinan, con los diversos ítems de pago, las unidades de medición asociadas, se emplea como el documento de referencia.
- El tema de facturas de reajustes de precios se encuentra fuera del alcance del análisis actual de estimaciones.
- La asignación de las secciones de control, rutas y zonas de conservación, conforman los elementos necesarios para ubicar de forma geográfica la información “alfanumérica” derivada del procesamiento básico y análisis espaciales de los datos.

- Los renglones de pago conforman la información detallada de las actividades de conservación realizadas por las empresas; detallando cantidades, precios unitarios, costos totales, rutas, fechas de intervención y otros.
- Ordenamiento del material analizado mediante la asignación uniforme de nombres o códigos con un mismo formato, que además permite el rastreo eficiente de los archivos originales utilizados para la obtención inicial de información.

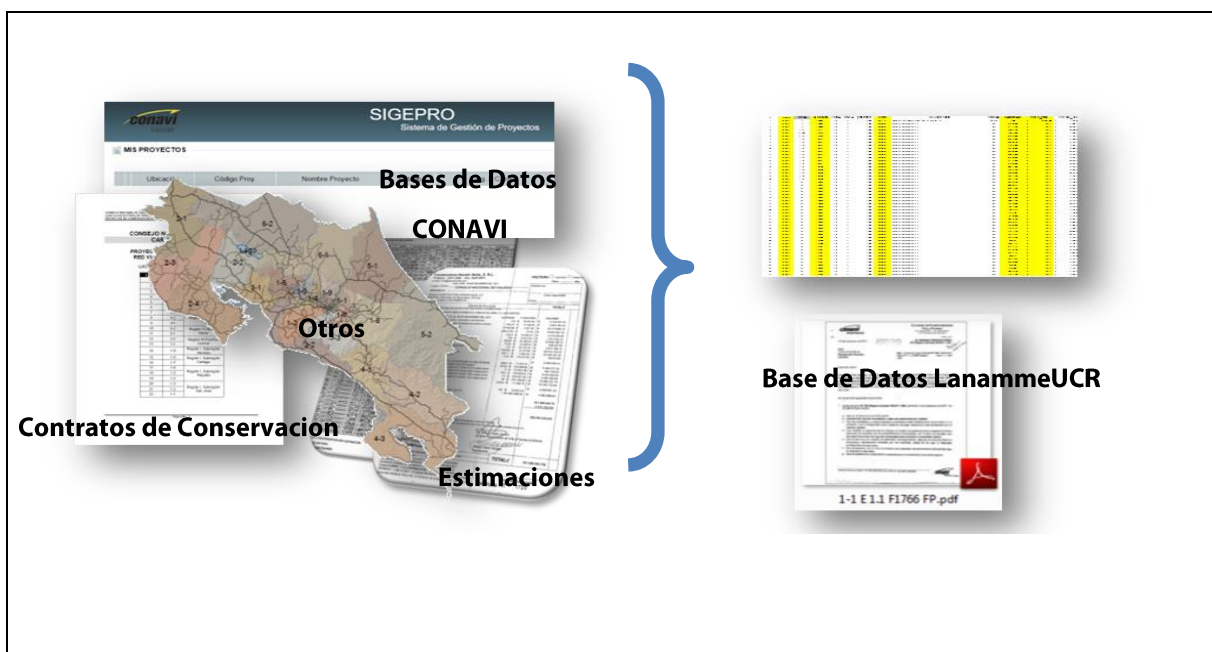


Figura 30. Esquema de insumos y productos básicos del procesamiento de estimaciones

Para el presente informe se procesaron 979 estimaciones de pago, en un período que abarca 4 contrataciones simultáneas, con el análisis de inversiones entre enero del 2016 y diciembre del 2017, se procesó la información correspondiente y el monto derivado del procesamiento de esta información ronda los **₡ 177 673,08 millones** para la ERVN2018.

Para la ERVN2016 las inversiones analizadas, comprenden el período entre enero del 2014 y diciembre del 2015, la cantidad de estimaciones de obra vial analizadas equivalen a 668. Los contratos 2009LN-000003-CV y 2014CD-000140-0CV00 era los compromisos vigentes en este período de tiempo. El monto de inversión derivado de las actividades de mantenimiento de la ERVN2016 rondaba los **₡ 134 491,47 millones**.

3.3 DATOS DERIVADOS DE LA BASE DE DATOS DE ESTIMACIONES DE OBRA VIAL

Una vez ingresada la información en la base de datos, se pueden realizar diversos tipos de análisis; entre ellos mapas de distribución de inversión, gráficos de resumen de inversión, revisiones de ítems específicos, así como la comparación de indicadores de desempeño. Esto con el fin de establecer si la inversión produce o no una mejoría en las condiciones de la Red Vial Nacional, generando así herramientas para llevar a cabo el respectivo control y fiscalización de los recursos empleados.

La información de la base de datos, del LanammeUCR, incluye: Contrataciones Directas y Estimaciones de Obra Vial, así como la subdivisión en Fondos Viales y Fondos de Peajes relacionados con las actividades de mantenimiento. La información recopilada se muestra en la Tabla 12 que resume los resultados obtenidos del período comprendido entre enero del 2014 y diciembre del 2015 correspondientes a la ERVN2016. La Tabla 13 se asocia con la presente evaluación con la sigla ERVN2018, los datos son asociados a cantidades de materiales colocados y costos unitarios por zona. Para su análisis, los datos se relacionan con los montos de las facturas pagadas a las empresas a cargo de cada Zona de Conservación Vial.

Tabla 12: Montos inversión por Zona CONAVI, Enero 2014 a Diciembre 2015 – ERVN2016

Contrato	Fondo	Mes Inicial	Mes Final	Monto Inversión
2009LN-000003-CV	Peaje	Enero 2014	Octubre 2014	₡318 424 293
	Vial	Enero 2014	Octubre 2014	₡52 228 250 435
2014CD-000140-0CV00	Peaje	Noviembre 2014	Diciembre 2015	₡2 888 489 711
	Vial	Noviembre 2014	Diciembre 2015	₡79 056 303 772
Monto Total de Inversión				₡ 134 491 468 211

Fuente: Base de Datos del LanammeUCR modificado del SIGEPRO

La inversión de los años 2014 y 2015 se asocia a dos contratos de conservación, donde los precios unitarios e ítems de conservación se mantienen invariantes. Por su parte la inversión registrada para la ERVN2018, incluye datos de 4 contrataciones tal como se puede observar en la Tabla 11. Dentro de los principales cambios contractuales se puede citar el cambio de los códigos o nombres de las actividades, en los nuevos contratos, con respecto al contrato 2014CD-00040-0CV00. Otro elemento relevante se presenta con el contrato 2014LN-000018-0CV00 el cual no emplea el formato tradicional de 22 líneas contractuales (1 línea por zona de conservación) y reduce la contratación a 10 líneas, donde cada línea contractual puede agrupar varias zonas de conservación según sea el caso.

Tabla 13: Montos de inversión por Zona CONAVI: Enero 2016 a Diciembre 2017 - ERVN2018

Estimaciones de Obra Vial				
Zona	Fondo	Mes Inicial	Mes Final	Monto Inversión
1-1	PEAJE	Enero 2016	Diciembre 2017	₡623 231 540
	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡6 115 493 254
1-2	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡9 086 053 607
1-3	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡5 214 190 676
1-4	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡3 498 930 509
1-5	PEAJE	Enero 2016	Diciembre 2017	₡109 989 727
	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡10 451 429 324
1-6	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡6 119 257 262
1-7	PEAJE	Enero 2016	Diciembre 2017	₡252 738 185
	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡9 983 810 898
1-8	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡6 854 589 556
1-9	PEAJE	Enero 2016	Diciembre 2017	₡635 423 870
	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡5 622 793 140
2-1	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡16 814 834 420
2-2	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡6 289 765 573
2-3	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡8 972 198 238
2-4	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡7 458 497 615
3-1	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡9 848 646 297
3-2	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡5 610 997 299
4-1	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡5 590 321 514
4-2	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡7 911 309 305
4-3	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡13 154 781 785
5-1	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡5 738 684 100
5-2	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡8 296 410 492
6-1	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡8 138 859 260
6-2	VIAL	Enero 2016	Diciembre 2017	₡9 279 841 092
Total de Peajes				₡1 621 383 322
Total de Fondo Vial				₡176 051 695 217
Monto Total de Inversión				₡177 673 078 539

Fuente: Base de Datos del LanammeUCR Modificado del SIGEPRO

3.3.1 Resultados Totales de Inversión

Para el análisis de totales de inversión, se emplean datos de Enero del 2014 hasta Diciembre del 2017, la información analizada corresponde a 1 646 estimaciones. La Figura 31, resume los datos de la Tabla 13 y se contrastan con los datos de inversión de la ERVN2016 resumidos en la Tabla 12.

De la Figura 31, destacan las inversiones de las zonas 2-1, 4-3, 1-5 y 1-7, donde se presenta un incremento sustancial de las inversiones, se pasa de valores cercanos a los ₡ 5 500,00 millones por zona de conservación, en la evaluación ERVN2016, hasta superar los ₡ 10 000,00 millones por zona de conservación en la ERVN2018. El resto de las zonas, presentan inversiones cercanas a los ₡ 7 000,00 millones en la ERVN2018.

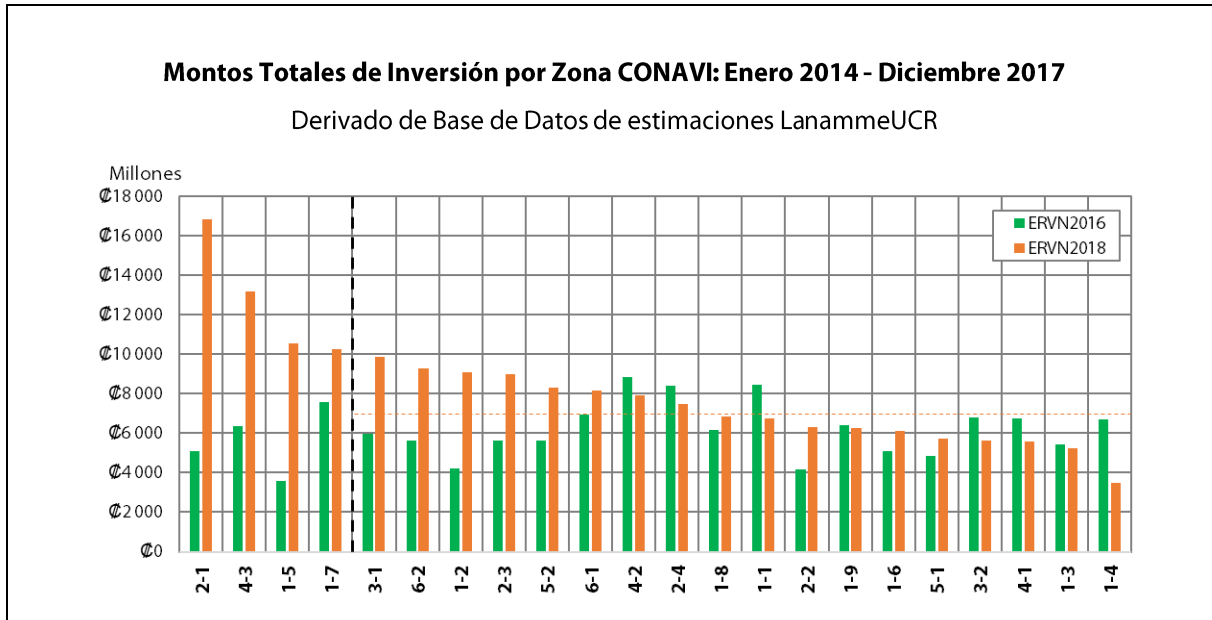


Figura 31. Inversión por Zona de Conservación Vial, Base de Datos del LanammeUCR

Para establecer el uso del dinero en el tiempo, la Figura 32 presenta las inversiones empleando una distribución mensual y separando las inversiones analizadas en función de los 5 contratos de conservación presentes en el análisis.

La Figura 32 permite apreciar los 5 contratos empleados para atender la conservación vial desde enero del 2014 hasta diciembre del 2017. Los contratos presentes en la ERVN2016 no presentan superposición temporal entre los contratos 2009LN-000003-CV y 2014CD-000140-0CV00, se puede observar como la transición entre contratos presenta actividades de conservación casi nulas en setiembre y octubre del año 2014.

Por su parte la transición entre el contrato 2014CD-000140-0CV00 y su predecesor inmediato, el contrato 2014LN-000018-0CV00, presentan superposición temporal, en la ERVN2018 la contratación 2014CD-000140-0CV00 presenta inversiones marginales o nulas en noviembre y diciembre del año 2017, reactivando inversiones en enero del 2017 hasta octubre del 2017.

De las inversiones que se relacionan con los indicadores de la ERVN2018, destaca el mes de noviembre del 2017 que registra el pico de inversión en las actividades conservación, por su parte el mes de noviembre del 2016, presenta las inversiones mensuales más bajas para la ERVN2018, este efecto se puede asociar con el inicio de la transición entre el contrato 2014CD-000140-0CV00 y sus predecesores.

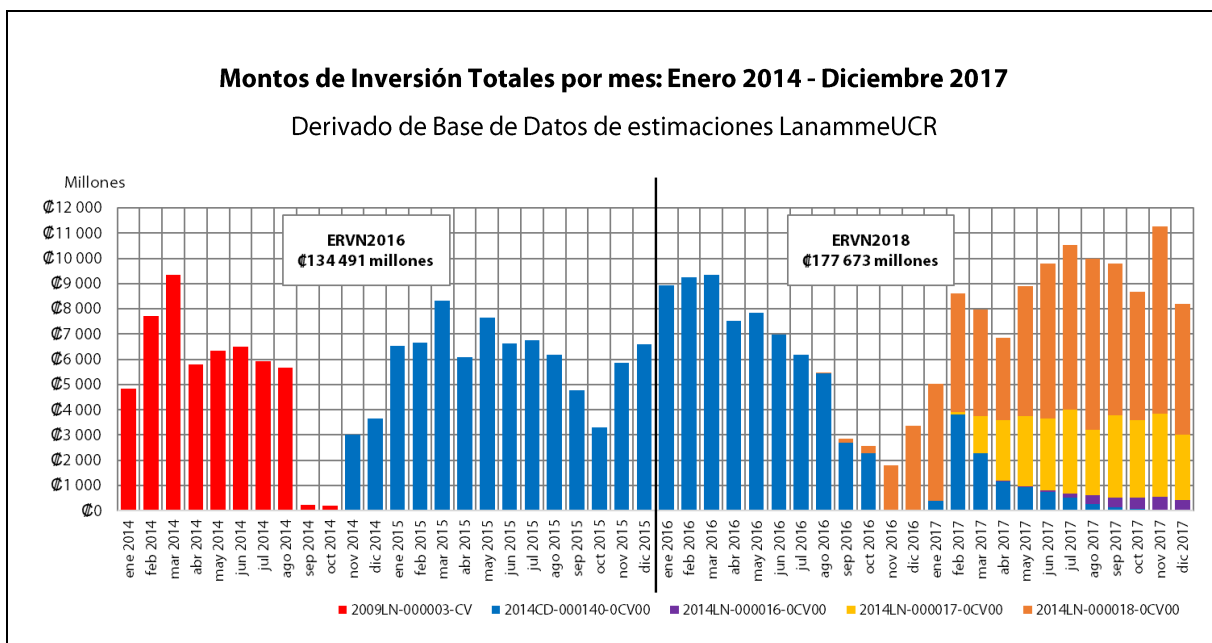


Figura 32. Distribución mensual de la inversión total, Fuente: Base de Datos del LanammeUCR

Una particularidad de los 3 contratos de mantenimiento, vigentes en la ERVN2018, lo plantea la subdivisión en tres subgrupos de actividades mantenimiento, sus nombre se muestran a continuación:

- 2014LN-000016-0CV00 → “MR-I: Mantenimiento Rutinario sin Maquinaria Especializada de la Red Vial Nacional Pavimentada”.
- 2014LN-000017-0CV00 → “MR-II: Mantenimiento rutinario con maquinaria especializada, contingencias y rehabilitación del sistema de evacuación pluvial de la Red Vial Nacional Pavimentada”.
- 2014LN-000018-0CV00 → “MP y R: Mantenimiento Periódico y Rehabilitación del Pavimento de la Red Vial Nación al Pavimentada”.

En forma resumida emplearemos las siglas “16|MR-I” para la licitación 2014LN-000016-0CV00, “17|MR-II” para 2014LN-000017-0CV00 y “18|MP y R” para 2014LN-000018-0CV00.

La Figura 31 y Figura 32 atienden las consultas de “¿Dónde?” y “¿Cuándo?” se llevan a cabo las inversiones, la Figura 33 trata de resumir el tema de “¿En qué?” se invierte, para resolver esta consulta, se resume la inversión en función de los ítems de mayor inversión derivados de los Contratos de Mantenimiento, se destacan los 15 ítems de mayor inversión de la ERVN2018 y se genera una agrupación de las restantes actividades de mantenimiento. El análisis entre evaluaciones permite observar la evolución en el uso de los ítems y detectar a Nivel de Red modificaciones en la Gestión.

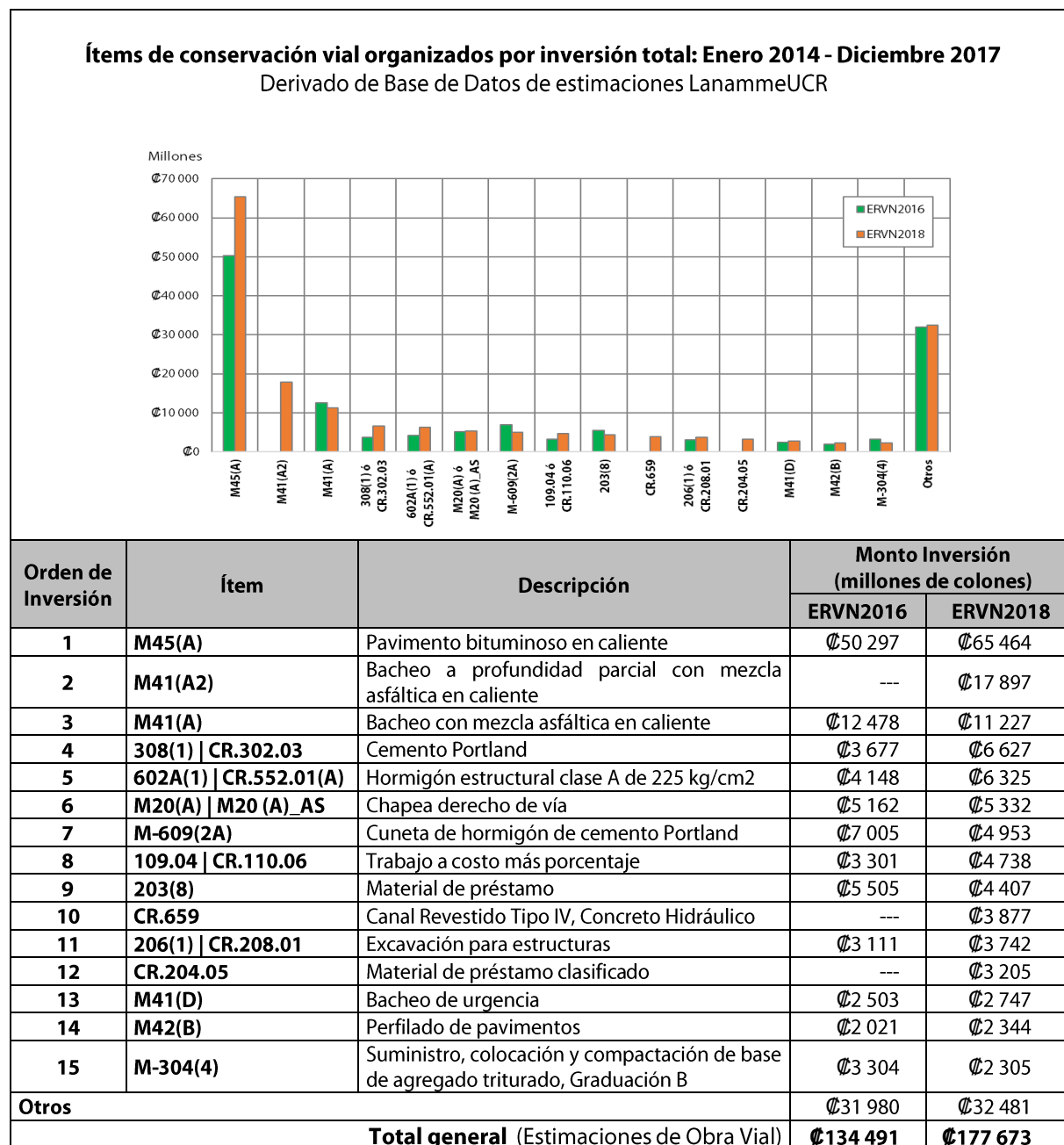


Figura 33. Inversión realizada en los ítems de pago, Fuente: Base de Datos del LanammeUCR

De la Figura 33 se puede observar cómo algunas actividades han cambiado el código del ítem, por ejemplo, se pasa de 308(1) a CR.302.03 para definir al "Cemento Portland". Estos cambios obedecen a la implementación de renglones de pago definidos en el "Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010", en adelante CR-2010.

Al analizar el nivel de inversión de cada ítem, destaca el incremento en el uso del "Pavimento bituminoso en caliente" como la actividad de mayor inversión. El segundo rubro de mayor inversión es el "Bacheo a profundidad parcial con mezcla asfáltica en caliente" con el código de ítem M20(A2), la actividad como tal, no se encuentra definida en los renglones de pago del **CR-2010**, pero forma parte del contrato **18|MP y R**, por lo tanto con forma una actividad enmarcada dentro de las actividades de Mantenimiento Periódico y Rehabilitación. El tercer ítem de mayor inversión es el M41(A) "Bacheo con mezcla asfáltica en caliente", esta actividad actualmente se enmarca dentro del contrato **17|MR-II**, corresponde con actividades de Mantenimiento Rutinario o contingencias, se debe prestar análisis a que tanto el M41(A2) como el M41(A) parten del concepto de bacheo, pero responden a contratos y objetivos distintos. Se mantiene el uso de perfilado, bacheos y sobrecapas asfálticas las cuales son congruentes con los resultados de inversión observados en la Figura 33.

Debido al uso extensivo de las actividades de "bacheo", es importante que su ejecución cuente con un análisis a nivel de proyecto, que determine si tanto el problema como la extensión del tramo a intervenir son compatibles con el ítem, en busca de optimizar el uso de los recursos.

3.4 RESUMEN DE INVERSIÓN EMPLEANDO 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. La Figura 34 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.

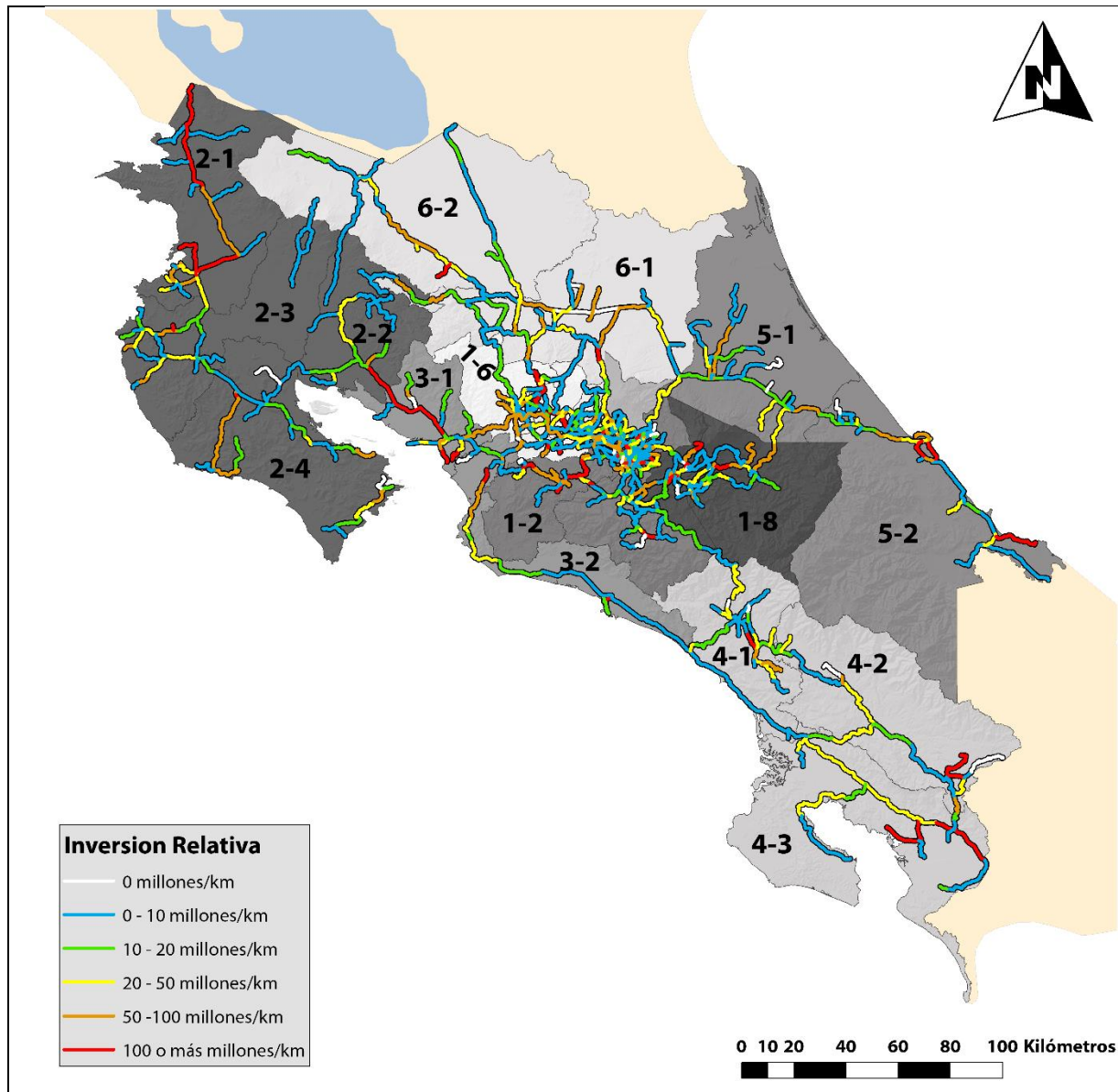


Figura 34. Mapa de inversión relativa por kilómetro de sección de control para ERVN2018

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE EVOLUCIÓN DE LA CONDICIÓN – ERVN2018

4.1 COMPARACIÓN DE RESULTADOS: EVOLUCIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL

Para llevar a cabo comparaciones de resultados, normalmente se emplea la comparación entre los parámetros técnicos evaluados entre una campaña de evaluación previa y la actual. Este procedimiento de análisis se ha realizado en el pasado por medio de comparaciones de crecimiento o decrecimiento general sin analizar la condición inicial o de referencia de las secciones de control.

Desde el “Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2012-2013” (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2013), se ha empleado el factor de “inversión realizada”, con el fin de evidenciar de mejor manera el verdadero efecto de la gestión realizada y su impacto en la calidad actual de la Red Vial Nacional, medida a través de parámetros o indicadores de desempeño (i.e. capacidad estructural). El esquema de la Figura 35, ejemplifica el tipo de análisis a realizar, donde se muestra una ruta hipotética de 100 km, la cual se subdivide en 5 secciones de control y para cada sección de control se asigna una categoría.

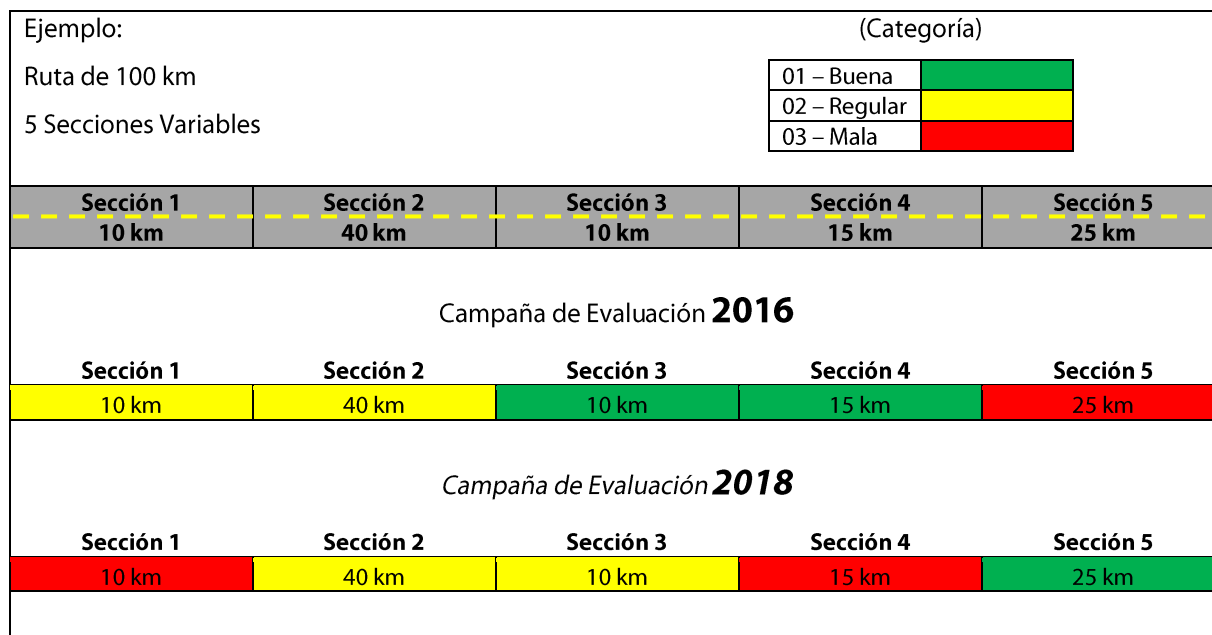


Figura 35. Ejemplo de distribución espacial de mediciones en una ruta de 100 km

Como se puede observar en la figura anterior, la única sección que mantiene su condición inicial es la Sección 2 de 40 km, las secciones 1, 3 y 4 presentan deterioro en su condición en 1 o 2 categorías según sea el caso y la sección 5 mejora su condición. Del ejemplo se desprende que este nivel de detalle implicaría la revisión de más de 800 secciones de control que componen la Red Vial Pavimentada. Para realizar este tipo de análisis, se requieren **tramos comparables**, es decir, que presenten indicadores de condición en dos campañas de evaluación consecutivas, con el fin de delimitar cuáles kilómetros son candidatos para el análisis de evolución.

Continuando con el ejemplo, la evolución de las condiciones de la ruta de 100 km en el tiempo se presenta en la Figura 36. En esta figura se comparan dos metodologías para el análisis de los indicadores asociados a cada sección de la ruta en el tiempo.

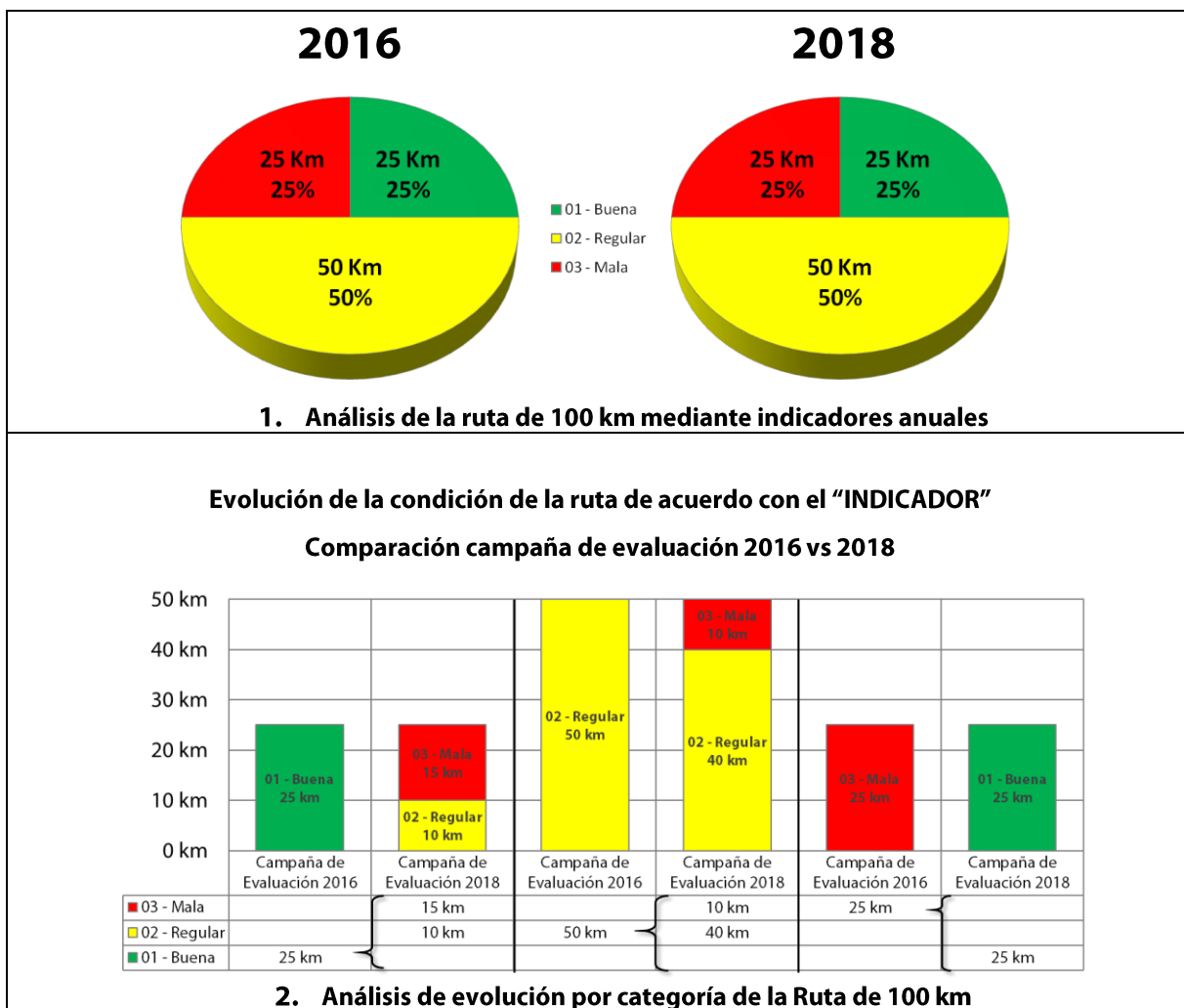


Figura 36. Ejemplo de métodos de análisis temporales de indicadores en ruta de 100 km

En el ejemplo que se plantea, la Figura 36 muestra cómo el análisis del resultado de la condición por medio de gráficas generales de pastel, podría generar la interpretación de que no ha habido cambio alguno en la condición de la ruta, sin embargo, el análisis de evolución por categoría muestra como los 25 km que se encontraban en buena condición en el 2016 se deterioraron por completo en el 2018; de los 50 km en condición regular en el 2016 se observa como 40 km mantuvieron la condición regular y los restantes 10 km se deterioraron a la categoría de mala. Finalmente, de los 25 km que se encontraban en mala condición en el 2016, 25 km pasaron a una condición buena. Al emplear, en forma conjunta los dos tipos de análisis, se busca dar una mejor interpretación del dinamismo presente en la Red Vial Nacional Pavimentada.

4.2 COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES DE LA RED VIAL ERVN2016 Y ERVN2018

En este apartado se procede con el análisis de los indicadores de la red vial derivados de los equipos de medición de alto desempeño.

4.2.1 Comparación de indicadores de la ERVN2016 y ERVN2018 según la condición de deflexiones (FWD)

Para el análisis de las categorías de deflexiones, la Tabla 14 muestra los datos totales de cada categoría de deflexión en la Red Vial Nacional. Se puede observar como las longitudes evaluadas difieren entre evaluaciones, generalmente un mejor conocimiento de la red permite incrementar las secciones que se incluyen en el análisis.

Tabla 14: Resultados obtenidos en deflexiones (FWD) - ERVN2016 vs ERVN2018

Rango de deflexiones FWD	ERVN2016		ERVN2018		
	Comparables (km)	%	Comparables (km)	Nuevos (km)	%
Bajas	4361,27	84,72%	4550,42	85,43	88,54%
Moderadas	297,87	5,79%	232,52	-	4,44%
Altas	348,57	6,77%	230,37	2,54	4,45%
Muy altas	139,91	2,72%	134,31	-	2,57%
Longitud Total	5 147,62 km		5 235,60 km		

La Figura 37. muestra el comportamiento y evolución de las categorías de deflexión tomando como base los resultados que se obtuvieron en la ERVN2016, estos se contrastan con los resultados obtenidos en la evaluación ERVN2018. En la Figura 37 se observa como de los 4 361,27 km de Red Vial que registraban deflexiones **Bajas** en la ERVN2016, lograron mantener su condición 4 241,21 km. Los 120,05 km restantes se deterioraron de acuerdo con la siguiente distribución: 96,40 km presentan deflexiones **Moderadas**, y 23,65 km califican como **Muy altas**.

Al agrupar los 287,87 km que presentaban deflexiones **Moderadas** en la ERVN2016, se observa como 57,08 km mantuvieron esta condición, se deterioraron 33,76 km que pasan a deflexiones **Altas** en la ERVN2018, los restantes 207,03 km presentan una mejora al pasar de deflexiones **Moderadas** a deflexiones **Bajas** en la ERVN2018.

De los 348,57 km que en la ERVN2016 poseían la categoría de deflexiones **Altas** se registró un deterioro estructural en 24,31 km que pasan a deflexiones **Muy altas** en la ERVN2018. Para 159,00 km no se modifica la condición de deflexiones **Altas**. Finalmente se presentan mejoras en 165,26 km, de los cuales 73,84 km registran deflexiones **Moderadas** y 91,42 km pasan a deflexiones **Bajas**.

Finalmente, se tienen 139,91 km con deflexiones **Muy altas** en la ERVN2016, donde mantienen su condición 110,00 km de la Red Vial, se presenta una mejora parcial en 13,96 km al pasar de deflexiones **Muy altas** a la categoría de deflexiones **Altas** en la ERVN2018, los restantes 15,95 km presentan una mejora sustancial al registrar 5,20 km con deflexiones **Moderadas** en la ERVN2018 y 10,75 km califican para deflexiones **Bajas** en la ERVN2018. El impacto real debe analizarse en función de la eficiencia en el uso de recursos.

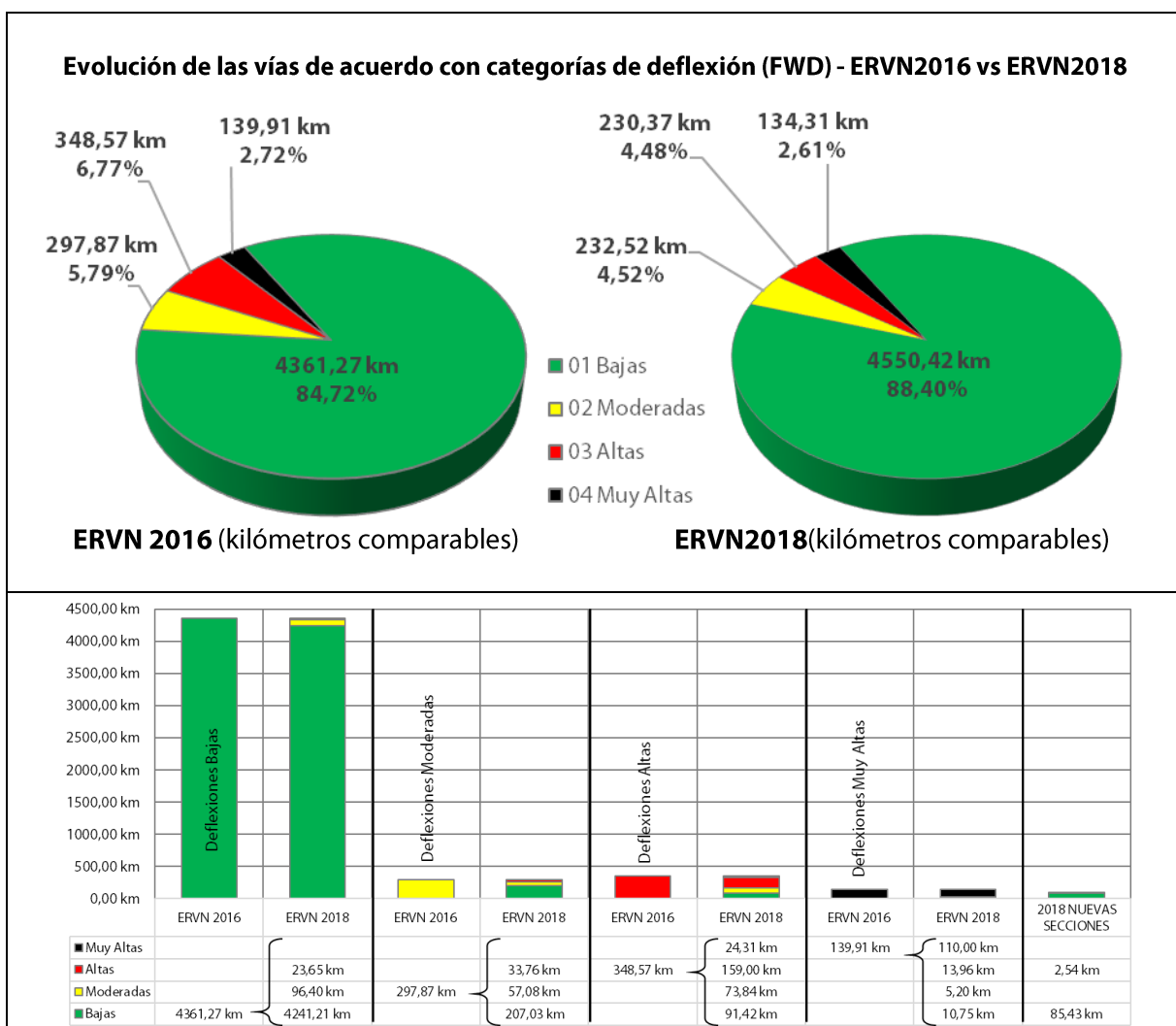


Figura 37. Evolución de las categorías de deflexión en la Red Vial Nacional - ERVN2018

Al comparar la ERVN2016 y la ERVN2018 se puede establecer que 4 567,29 km mantuvieron su condición, independiente de la categoría, se presentó un deterioro real en 178,12 km y una mejora de las condiciones de deflexión en 402,20 km; por otro lado, en la campaña ERVN2018 se evaluaron un total de 87,97 km que no fueron analizados en la ERVN2016. Se puede establecer a partir de estos resultados que la Red Vial presenta una ganancia en su condición estructural.

De los 5 147,62 km comparables con la ERVN2016, las deflexiones denotan una tendencia a mejorar la capacidad estructural en 402,20 km (7,68%), entre evaluaciones se presenta el deterioro de la capacidad estructural en 178,12 km (3,40%), el balance general es una ganancia de la capacidad estructural con respecto a la ERVN2016.

4.2.2 Comparación de indicadores de la ERVN2016 y ERVN2018 según la condición de regularidad superficial (IRI)

La Tabla 15 muestra los resultados obtenidos en ambas evaluaciones, y la Figura 38 muestra la evolución de la condición en la red vial relacionado con los rangos de IRI.

Tabla 15: Resultados obtenidos en regularidad superficial (IRI) - ERVN2016 vs ERVN2018

Regularidad Superficial (Rango IRI)	ERVN2016		ERVN2018		
	Comparables (km)	%	Comparables (km)	Nuevos (km)	%
Muy buena (0 - 1,0 m/km)	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
Buena (1,0 - 1,9 m/km)	397,22	7,72%	539,70	26,50	10,81%
Regular (1,9 - 3,6 m/km)	2221,55	43,16%	2698,32	36,21	52,23%
Deficiente (3,6 - 6,4 m/km)	1682,08	32,68%	1253,39	22,28	24,37%
Muy deficiente (> 6,4 m/km)	846,78	16,45%	656,21	2,99	12,59%
Longitud Total	5 147,62 km		5 235,60 km		

De la Figura 38, se concluye que los 397,22 km que se encontraban entre 1,0 - 1,9 m/km en la ERVN2016, 297,06 km mantuvieron esa condición, mientras que 100,96 km pasaron al siguiente rango entre 1,9 - 3,6 m/km.

Para los 2 221,55 km que en la ERVN2016 calificaron con valores de IRI entre 1,9 - 3,6 m/km se muestra deterioro en 94,96 km, mantienen su condición 2 2032,78 km y se mejoran 93,81 km.

Para los 1 682,08 km que se encontraban entre 3,6 - 6,4 m/km en la ERVN2016, se observa un deterioro de 20,95 km, mantienen el rango de IRI 1 037,56 km, se mejoran 489,10 km que pasan al rango entre 1,9 - 3,6 m/km y los restantes 134,46 km mejoran su condición con valores inferiores a 1,9 m/km.

Finalmente, los 846,78 km que presentaban valores de IRI mayores a 6,4 m/km mantienen la condición 635,26 km, los restantes 211,52 km presentan mejoras, donde 120,86 km pasan a la categoría entre 3,6 - 6,4 m/km, 76,29 km pasan a la categoría entre 1,9 - 3,6 m/km, los restantes 14,37 km presentan valores inferiores a 1,9 m/km.

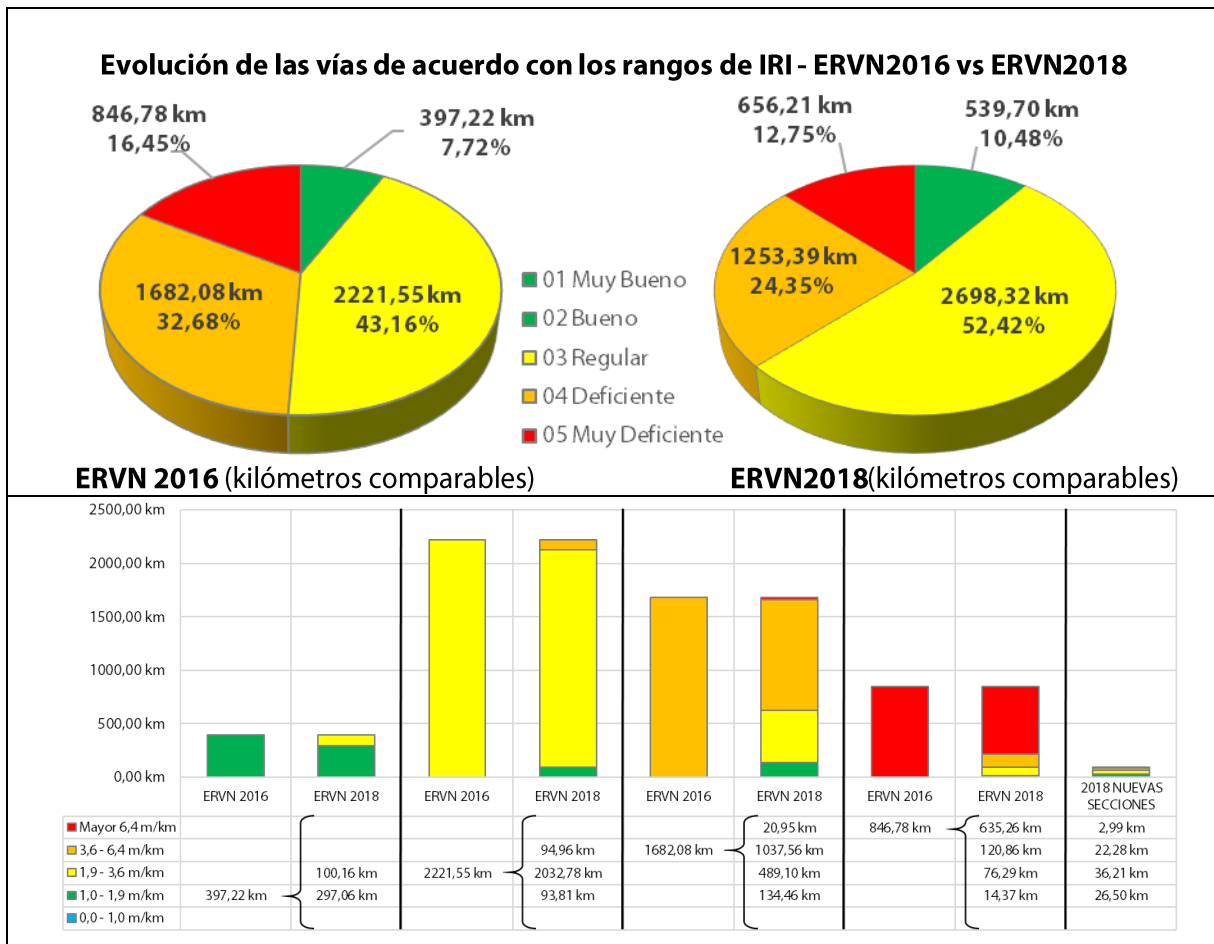


Figura 38. Evolución de las deflexiones en la Red Vial Nacional - ERVN2018

Se puede resumir que, la campaña ERVN2018 con respecto a la campaña ERVN2016, mantuvieron su rango de IRI al menos 4 002,66 km, se presentó un deterioro general de 216,07 km y se mejoró un total de 928,89 km. En la presente evaluación se contabilizan 87,98 km que no fueron valorados en la campaña ERVN2016. Los datos indican que las estrategias desarrolladas entre la ERVN2016 y la ERVN2018 presentan un impacto importante en la recuperación del IRI.

De los 5 147,62 km comparables con la ERVN2016, los valores de IRI registran una mejora de la capacidad funcional en 928,89 km (17,74%), se registra el deterioro de la capacidad funcional en 216,07 km (4,13%), el balance general es una tendencia a mejorar la capacidad funcional con respecto a la ERVN2016.

4.2.3 Comparación de ERVN2016 y ERVN2018 según las categorías de Grip Number

Como parámetro, el Grip Number se asocia con elementos de seguridad, pero su análisis a Nivel de Red y las características de este ensayo solo permiten evaluar aquellas secciones o rutas donde la regularidad lo permita, es decir, en rutas o secciones con valores de IRI inferiores a 4,0 m/km, tal y como se ha indicado anteriormente. De la ERVN2016 se registran 2 105,40 km comparables, a su vez la ERVN2018 presenta 3 475,93 km, consistente con los resultados de IRI obtenidos en la evaluación actual, ya que se ha presentado una mejora de la condición superficial que permite la realización del ensayo de agarre superficial en las mismas secciones de la evaluación anterior y a su vez en nuevas secciones. La Tabla 16 muestra los resultados obtenidos en ambas evaluaciones.

Tabla 16: Resultados obtenidos en agarre superficial (Grip Number) - ERVN2016 vs ERVN2018

Condición de Agarre (Rango de Grip Number)	ERVN2016		ERVN2018		
	Comparables (km)	%	Comparables (km)	Nuevos (km)	%
No deslizante > 0,78	19,44	0,95%	3,27	2,81 km	0,17%
Poco deslizante 0,6 - 0,78	583,16	28,54%	377,74	369,39	21,98%
Deslizante 0,5 - 0,6	694,04	33,97%	675,68	491,48	33,58%
Muy deslizante < 0,5	746,70	36,54%	986,65	483,30	44,26%
Longitud Total	2 105,40 km		3 475,33 km		

En la Figura 39, en el gráfico tipo pastel, solamente se grafican los 2 105,40 km comparables con la ERVN2016. Los nuevos kilómetros evaluados en la ERVN2018 equivalen a 1 369,93 km. Los 19,44 km que presentaban valores de Grip Number **No deslizantes**, en la ERVN2016, no mantuvieron esa condición en la presente evaluación; 15,24 km pasan a una condición **Poco deslizante**, los restantes 4,20 km pasan a una condición **Deslizante**.

Para los 593,50 km con una condición **Poco deslizante** en la ERVN2016, lograron mantener esta condición 148,79 km, no se presenta ninguna mejora en de condición, los restantes 444,70 km se deterioraron y disminuyeron su capacidad de colaborar con el frenado en presencia de agua.

Para los 694,04 km con condiciones **Deslizantes** y los 798,41 km con condiciones **Muy deslizantes**, tenemos que 224,64 km pasan a la condición **Poco deslizante**, para 3,27 km se pasa a la condición de **No deslizante**, los restantes 1 265,14 km se encuentran con valores por debajo de 0,6 en Grip Number y se relacionan con una mala condición de agarre superficial.

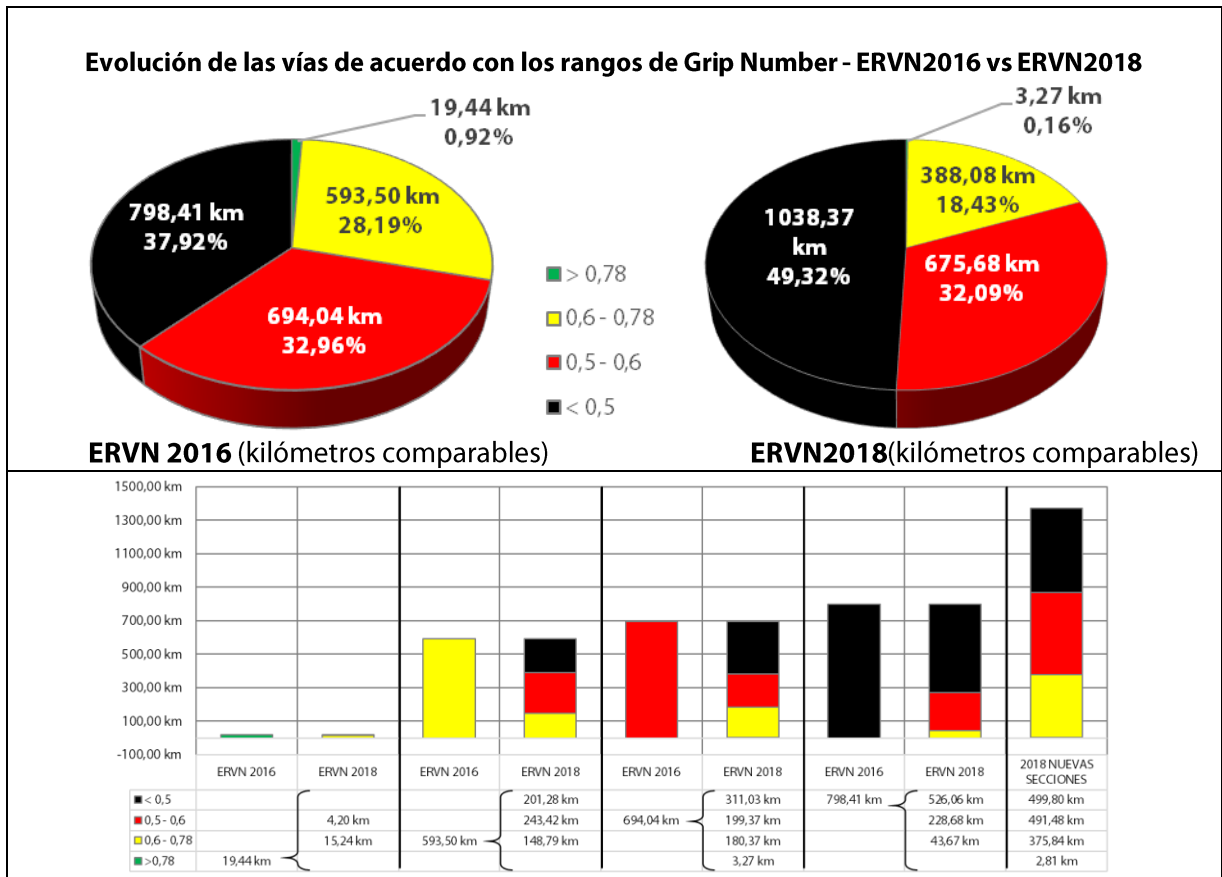


Figura 39. Evolución del Grip Number en la Red Vial Nacional - ERVN2018

Los valores de Grip Number de la ERVN2018 registran una ganancia del agarre superficial en 455,99 km (8,71%), vs el deterioro del agarre superficial en 775,17 km (14,81%), el balance general para los 5 235,6 km de Red Vial una pérdida del agarre superficial con respecto a la ERVN2016.

4.3 ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL POR ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD DE LA INVERSIÓN REALIZADA ERVN2016 Y ERVN2018

A diferencia de los análisis anteriores realizados con base en los indicadores específicos de condición de la Red Vial Nacional Pavimentada, este apartado se concentra en emplear las herramientas de gestión, donde se analiza la condición y evolución de las vías de acuerdo con las Estrategias Generales de Intervención Recomendadas. Esto se combina con la inversión para la ERVN2018 derivada de la Base de Datos de Estimaciones de Obra Vial desarrollada en el LanammeUCR, a fin de establecer la evolución de la Red Vial y el nivel de inversión realizado para obtener la condición descrita por los indicadores a nivel de Red. De esta forma se puede correlacionar de forma directa el efecto real de la inversión con la condición de la red vial.

Tabla 17: Resumen de Estrategias de Intervención recomendadas. ERVN2016 y ERVN2018

Estrategia de Intervención Recomendada	ERVN2016		ERVN2018		
	Km Comparables	%	Km Comparables	Km Nuevos	%
Mantenimiento de preservación	2507,71	48,72%	3149,41	61,51	61,33%
Mantenimiento de recuperación del IRI	1853,56	36,01%	1402,20	23,93	27,24%
Análisis a nivel de proyecto	62,63	1,22%	53,16	-	1,02%
Rehabilitación menor	235,24	4,57%	178,18	-	3,40%
Rehabilitación mayor	217,18	4,22%	152,82	2,54	2,97%
Reconstrucción	271,30	5,27%	211,86	61,51	4,05%
Longitud Total	5 053,18 km		5 235,60 km		

La base del análisis se centra en los valores de la Tabla 17. La tabla muestra la cantidad de kilómetros y sus respectivos porcentajes, con las diferentes recomendaciones del tipo de intervención para la cual eran candidatos los distintos tramos de la Red Vial Nacional, tanto para la ERVN2016 como para la ERVN2018, donde la mayor diferencia se contempla en el incremento del **Mantenimiento de preservación** en la ERVN2018, en más de un 10 %, con respecto a los valores de la ERVN2016.

4.3.1 *Análisis de la evolución total en Red Vial comparando las Estrategias de Intervención Recomendadas ERVN2016 y los resultados de la ERVN2018*

Para mantener un esquema de análisis similar al de los indicadores se tomará como base los resultados de la ERVN2016 y se comparan con los nuevos datos obtenidos en la ERVN2018. La Tabla 18 contiene los datos de inversión de las 652 secciones de control donde la recomendación general de intervención en la ERVN2016 fue **Mantenimiento de preservación** o **Mantenimiento de recuperación del IRI**, por lo tanto abarca el 83,30% de la Red Vial Nacional evaluada en la ERVN2018.

De la Tabla 18 se observa que 2 507,71 km (340 secciones), calificaban para **Mantenimiento de preservación** en la ERVN2016. Producto de la inversión realizada, 2 401,86 km (308 secciones) lograron mantener esta condición. La inversión total realizada para mantener la condición de **Mantenimiento de preservación** de acuerdo con la base de datos del LanammeUCR fue cercana a los ₡ 56 362,15 millones y la inversión relativa fue de ₡ 23,47 millones/kilómetro, congruente con la inversión relativa registrada en la ERVN2016. Los 105,85 km (32 secciones) restantes, presentan alguna condición de deterioro en algún indicador que les impide mantener la condición de la ERVN2016.

Tabla 18: Evolución de las secciones con recomendación de Mantenimiento en la ERVN2016

Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2016		Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2018	Longitud (km)	Cuento de Secciones	Inversión: Enero 2015 – Diciembre 2017		
					Inversión (millones)	Inversión Total (millones)	Inversión Relativa (millones/km)
2 507,71 km Mantenimiento de preservación	▶	Mantenimiento de preservación	2 401,86	308	₡56 362,15	₡57 930,42	₡23,47
	▶	Mantenimiento de recuperación IRI	69,84	20	₡972,14		₡13,92
	▶	Análisis a nivel de proyecto	15,51	5	₡340,08		₡21,92
	▶	Rehabilitación menor	13,06	3	₡136,99		₡10,49
	▶	Rehabilitación mayor	7,44	4	₡119,07		₡16,01
1 853,56 km Mantenimiento de recuperación IRI	▶	Mantenimiento de preservación	605,49	72	₡56 522,53	₡79 304,39	₡93,35
	▶	Mantenimiento de recuperación IRI	1 165,20	219	₡22 342,84		₡19,18
	▶	Rehabilitación menor	66,65	19	₡420,35		₡6,31
	▶	Rehabilitación mayor	16,21	2	₡20,05		₡1,24

En forma similar de los 1 853,56 km (312 secciones) que calificaron para **Mantenimiento de recuperación del IRI** en la ERVN2016, se lograron mejorar 605,10 km (72 secciones) que pasan a **Mantenimiento de preservación**. La inversión total realizada para obtener esta mejora equivale a ₡ 56 522,53 millones y la tasa de inversión relativa fue de ₡ 93,35 millones/kilómetro. Por su parte 1 165,20 km (219 secciones) mantuvieron la condición de **Mantenimiento de recuperación del IRI** obtenida en la ERVN2016 con una inversión cercana a los ₡ 22 342,84 millones, la tasa de inversión requerida fue de ₡ 19,18 millones/kilómetro. Para 82,86 km (21 secciones) se muestran diversos niveles de deterioro.

La Tabla 19 contiene los datos de 191 secciones de control, donde la estrategia general recomendada en la ERVN2016 era **Análisis a nivel de proyecto**, **Rehabilitación menor**, **Rehabilitación mayor** y **Reconstrucción**. Los resultados mostrados requieren de un análisis más detallado, ya que las estrategias de mantenimiento y conservación tienen por objetivo mantener y mejorar la condición de la Red Vial Nacional, en aquellas rutas cuya condición permita labores de ese tipo, sin embargo se aclara que la Tabla 19 equivale solamente al 15,02 % de la Red Vial Nacional evaluada en la ERVN2018.

Tabla 19: Evolución de secciones para Rehabilitación o Reconstrucción en la ERVN2016

Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2016	Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2018	Longitud (km)	Conteo de Secciones	Inversión: Enero 2015 – Diciembre 2017		
				Inversión (millones)	Inversión Total (millones)	Inversión Relativa (millones/km)
62,63 km Análisis a nivel de proyecto	Mantenimiento de preservación	38,66	14	€1 860,40	€2 382,81	€48,12
	Análisis a nivel de proyecto	17,96	6	€509,86		€28,39
	Rehabilitación menor	1,19	1	€4,03		€3,39
	Rehabilitación mayor	4,83	2	€8,51		€1,76
235,24 km Rehabilitación menor	Mantenimiento de preservación	30,60	5	€2 354,60	€6 083,85	€76,95
	Mantenimiento de recuperación IRI	137,78	26	€2 544,86		€18,47
	Rehabilitación menor	37,93	8	€1 073,61		€28,30
	Rehabilitación mayor	12,37	5	€63,09		€5,10
	Reconstrucción	16,56	3	€47,69		€2,88
217,18 km Rehabilitación mayor	Mantenimiento de preservación	48,43	8	€7 766,81	€11 523,44	€160,39
	Mantenimiento de recuperación IRI	9,43	3	€20,44		€2,17
	Análisis a nivel de proyecto	19,69	6	€1 688,19		€85,75
	Rehabilitación menor	26,19	5	€150,00		€5,73
	Rehabilitación mayor	111,98	24	€1 897,67		€16,95
	Reconstrucción	1,48	2	€0,33		€0,22
271,30 km Reconstrucción	Mantenimiento de preservación	24,37	5	€2 120,12	€7 503,86	€86,98
	Mantenimiento de recuperación IRI	19,95	7	€1 135,16		€56,90
	Rehabilitación menor	33,17	11	€1 799,09		€54,24
	Reconstrucción	193,81	50	€2 449,49		€12,64

Para que la evolución de una sección de control sea considerada como una mejora, los indicadores de condición deben pasar de la ventana de operación de *Rehabilitación* a la ventana de operación de *Mantenimiento*. Este tipo de evolución se relaciona con una mejora significativa en la capacidad estructural y en el valor de IRI, lo que implica un aumento en la capacidad funcional de la vía; la condición de **Mantenimiento de preservación** reúne estas características.

Por su parte, la ventana de operación de **Mantenimiento de recuperación del IRI** tiene una capacidad estructural adecuada pero la condición funcional no es la óptima, por lo que se ha denominado a esta evolución como una mejora parcial, ya que las actividades que se ejecutaron no recuperaron la capacidad funcional de la sección de control.

Para los 62,63 km (23 secciones) que calificaron como **Análisis a nivel de proyecto** en la ERVN2016, tenemos que 38,66 km (14 secciones) que son candidatos para **Mantenimiento preservación** en la ERVN2018, la inversión se estima en ₡ 1 860,40 millones y presentan una inversión relativa equivalente a ₡ 48,12 millones/km. Para 17,96 km (6 secciones) la condición de **Análisis a nivel de proyecto** se mantiene invariante en la ERVN2018, la inversión realizada se estima en ₡ 509,86 millones, con una inversión relativa cercana a ₡ 28,39 millones/km. Los restantes 6,07 km (3 secciones) presentan deterioro de su condición inicial con inversiones que rondan los ₡ 12,54 millones.

De los 235,24 km que se recomendaron para **Rehabilitación menor** en la ERVN2016, se lograron mejoras 30,60 km (5 secciones), con una inversión cercana a los ₡ 2 354,60 millones y una inversión relativa de ₡ 76,95 millones/kilómetro. Adicionalmente 137,78 km (26 secciones) mejoraron parcialmente, pasando a **Mantenimiento de recuperación de IRI**, la inversión realizada para esta mejora parcial fue de ₡ 2 544,86 millones y la inversión relativa fue de ₡ 18,47 millones/kilómetro. Mantienen la condición de **Rehabilitación menor** 37,93 km (8 secciones) y la inversión realizada fue de ₡ 1 073,61 millones equivalentes a ₡ 28,30 millones/kilómetro. Finalmente 28,93 km (8 secciones) se deterioraron con respecto a la condición de **Rehabilitación menor** luego de una inversión estimada de ₡ 110,78 millones.

En relación con los 217,18 km (48 secciones) asociados a **Rehabilitación mayor** en la ERVN2016, se puede inferir un mayor grado de deterioro de las rutas, donde las intervenciones probablemente requieren una alta inversión. A su vez, se registran 48,43 km (8 secciones), donde la inversión aproximada es de ₡ 7 766,81 millones y que calificaron para **Mantenimiento de preservación**, estas intervenciones presentan la mayor inversión relativa del apartado 4.3.1, alcanzando valores estimados de ₡ 160,39 millones/kilómetro. Otras 3 secciones equivalentes a 9,43 km entran a la ventana de *Mantenimiento* pero la condición funcional no es la óptima, por lo tanto se considera una mejora parcial, la inversión asciende a los ₡ 20,44 millones. Los restantes 159,33 km (37 secciones) no logran salir de la ventana de *Rehabilitación* a pesar de la inversión de ₡ 3 736,19 millones.

Finalmente, la Tabla 19 presenta 271,18 km (73 secciones) que calificaron para **Reconstrucción** en la ERVN2016, 24,37 km (5 secciones) califican para **Mantenimiento de preservación** luego de una inversión estimada de ₡ 2 120,12 millones equivalentes a ₡ 86,98 millones/kilómetro. Con una mejora parcial se encuentran 19,95 km (7 secciones) que luego de invertir ₡ 1 135,16 millones, siguen presentando deficiencias en su condición funcional. Los restantes 226,98 km (61 secciones) mantienen su condición de **Reconstrucción** o pasan a **Rehabilitación menor** pero no logran ingresar a la ventana de *Mantenimiento* a pesar de la inversión realizada de ₡ 4 248,58 millones, las inversiones podrían estar relacionadas a temas de transitabilidad o seguridad vial.

En la Tabla 20 se muestran los 87,98 km de la ERVN2018 que no poseen una estrategia de intervención de referencia. Se tienen 61,51 km (11 secciones) que califican como **Mantenimiento de preservación**, con una inversión de ₡ 4 124,27 millones; 23,93 km (7 secciones) califican para **Mantenimiento de recuperación de IRI** con una inversión de ₡ 289,83 millones. En **Rehabilitación mayor** se contabilizan 2,54 km (2 secciones) con una inversión de ₡ 16,56 millones.

Tabla 20: Inversión en secciones sin Estrategia de Intervención en la ERVN2016

Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2016	Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2018	Longitud (km)	Conteo de Secciones	Inversión: Enero 2015 – Diciembre 2017		
				Inversión (millones)	Inversión Total (millones)	Inversión Relativa (millones/km)
87,98 km Secciones no valoradas mediante estrategias en la ERVN2016	Mantenimiento de preservación	61,51	11	₡4 124,27	₡4 430,66	₡67,05
	Mantenimiento de recuperación IRI	23,93	7	₡289,83		₡12,11
	Rehabilitación mayor	2,54	2	₡16,56		₡6,51

La Figura 40 unifica la información de la Tabla 17, Tabla 18, Tabla 19 y la Tabla 20. Se puede observar que la condición global de la Red Vial Nacional ha incrementado las secciones candidatas a **Mantenimiento de preservación**, este incremento se da principalmente por la mejora en 605,49 km provenientes de los tramos para **Mantenimiento de recuperación del IRI** en la ERVN2016. Por su parte, de las secciones que calificaron para **Mantenimiento de recuperación del IRI** logran mantener su condición 1 165,20 km. La mejora parcial más significativa se da en los 137,78 km que pasan de **Rehabilitación menor** a **Mantenimiento de recuperación del IRI**.

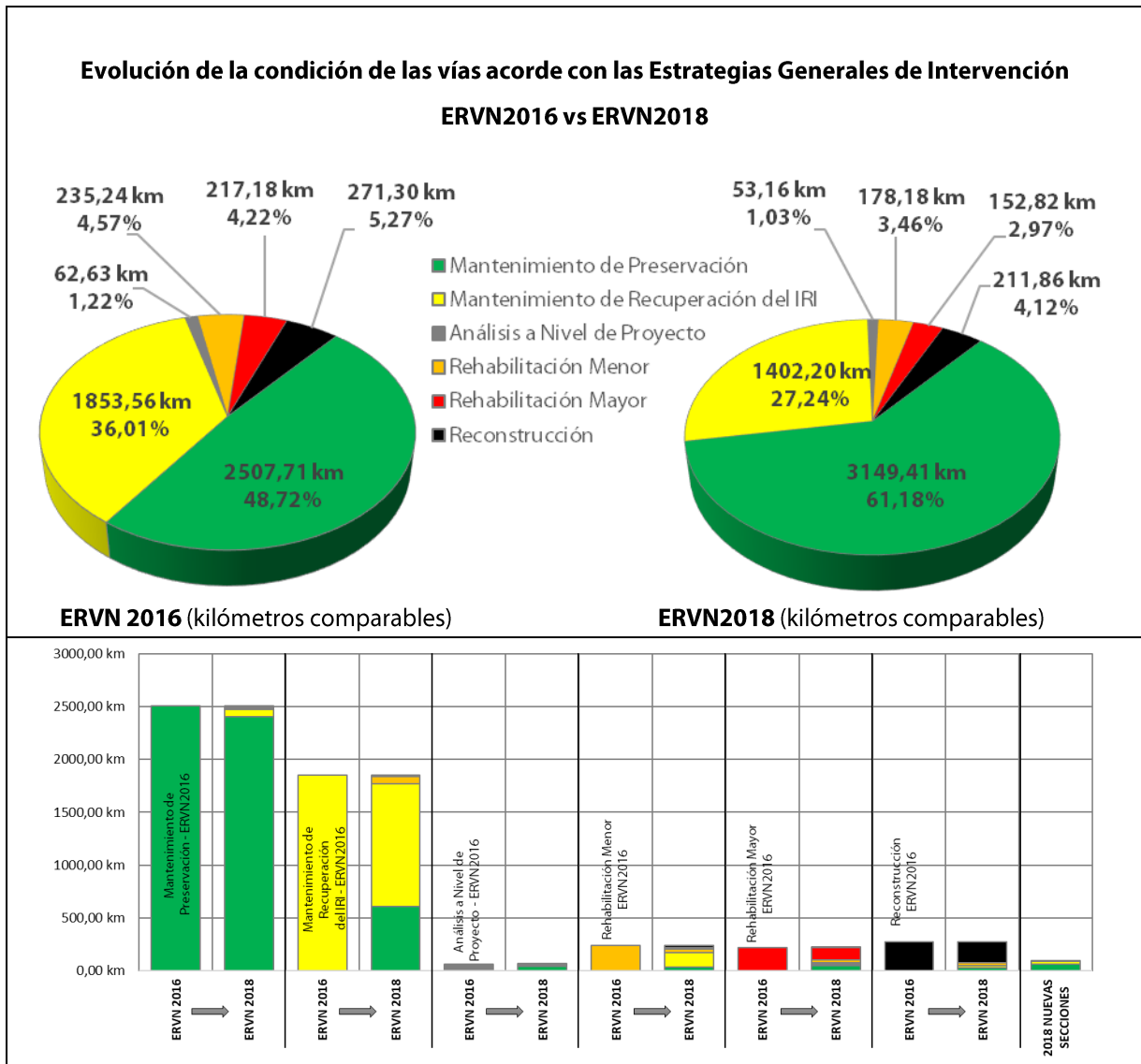


Figura 40. Evolución de las Vías de acuerdo con las Estrategias de Intervención Recomendadas, comparación entre la ERVN2016 y la ERVN2018

Para los 786,35 km que calificaron para **Análisis a nivel de proyecto**, **Rehabilitación menor**, **Rehabilitación mayor** y **Reconstrucción** en la ERVN2016, aportan una mejora conjunta en cerca de 142,06 km que pasan a la categoría de **Mantenimiento de preservación** en la ERVN2018, se registran mejoras parciales en 167,16 km que alcanzan la categoría de **Mantenimiento de recuperación del IRI**. Para los restantes 477,13 km que no logran salir del rango de *Rehabilitación* o *Reconstrucción*, las inversiones realizadas, deberían asociarse con acciones de brindar transitabilidad, seguridad vial o de mitigación del deterioro para considerarlas acciones de mantenimiento.

4.3.2 Análisis del efecto de la inversión considerando las Estrategias de Intervención Recomendadas obtenidas en la ERVN2018 y la condición preliminar ERVN2016

El análisis desarrollado en el apartado 4.3.1 se basa en establecer la condición de las secciones evaluadas en la ERVN2016 y establecer cuál fue su evolución. El presente apartado busca establecer relaciones de eficiencia de la inversión, se reorganizan los datos y se agrupan en función de las estrategias generales de intervención obtenidas en la ERVN 2018, este análisis permite establecer la inversión que se requirió para obtener la condición actual de la red vial.

Como factores de análisis se emplean algunos elementos cualitativos de valoración, que definimos a continuación, como referencia se puede emplear la Figura 23:

- **Mantiene la Condición:** Esta calificación solamente aplica para aquellas secciones que califican para **Mantenimiento de preservación** y las inversiones realizadas mantienen esta condición en el tiempo.
- **Mejora:** Se considera una mejora a cualquier sección cuya inversión mejore los indicadores hasta calificar para la ventana de **Mantenimiento de preservación**.
- **Mejora Parcial:** Aplica para aquellas secciones cuya condición de mejora no alcanza el estándar de **Mantenimiento de preservación**. Se incluyen aquellas secciones que a pesar de su inversión mantienen una condición de **Mantenimiento de recuperación de IRI**.
- **Deterioro:** Cualquier sección cuya nueva categoría sea inferior a la obtenida en la campaña de evaluación previa o las secciones que se encuentran fuera de las ventanas de *Mantenimiento* conservando su condición previa.

El resumen se muestra mediante las figuras Figura 41, Figura 42, Figura 44, Figura 45 y Figura 46. Este apartado muestra la nueva condición de las carreteras en la ERVN2018 y se verifica la inversión total empleada para obtener el estado actual de la Red Vial. El efecto de la inversión se considera positivo en la Red Vial Nacional, si las acciones de conservación realizadas se emplean en secciones dentro de las ventanas de operación de *Mantenimiento*. Por el contrario, deben establecerse mecanismos que mejoren o controlen la inversión para los tramos que en la ERVN2016 no calificaron para actividades de mantenimiento, ya que al emplear las herramientas definidas en los contratos de conservación se puede incurrir en grandes inversiones relativas (millones de colones por kilómetro), o en su defecto, generar mejoras con poca sostenibilidad en el tiempo. Para las secciones que sufrieron deterioro, es evidente que la inversión no logra los efectos deseados de mejorar o mantener su condición.

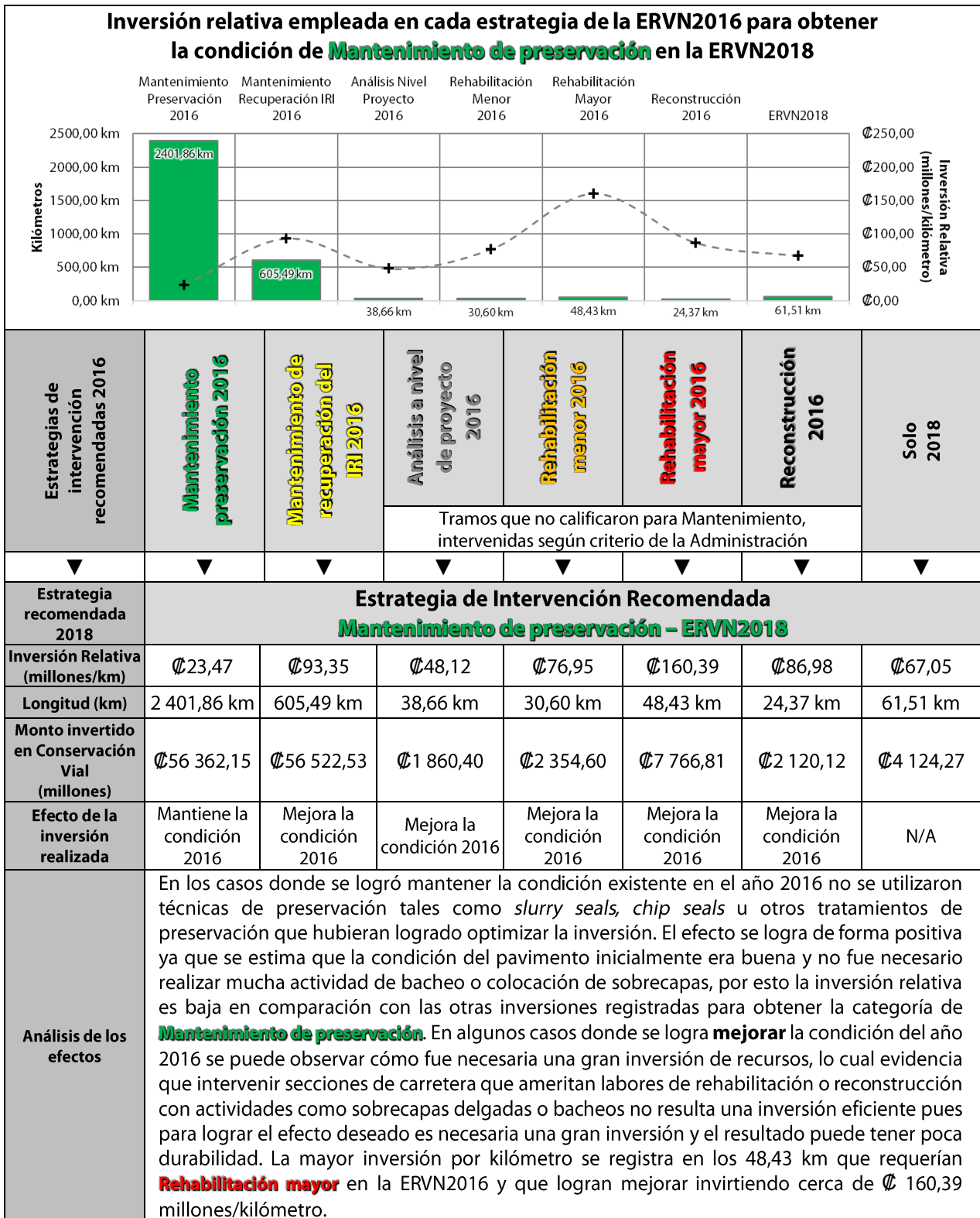


Figura 41. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Mantenimiento de Preservación en la ERVN2018

Inversión relativa empleada en cada estrategia de la ERVN2016 para obtener la condición de **Mantenimiento de recuperación del IRI** en la ERVN2018

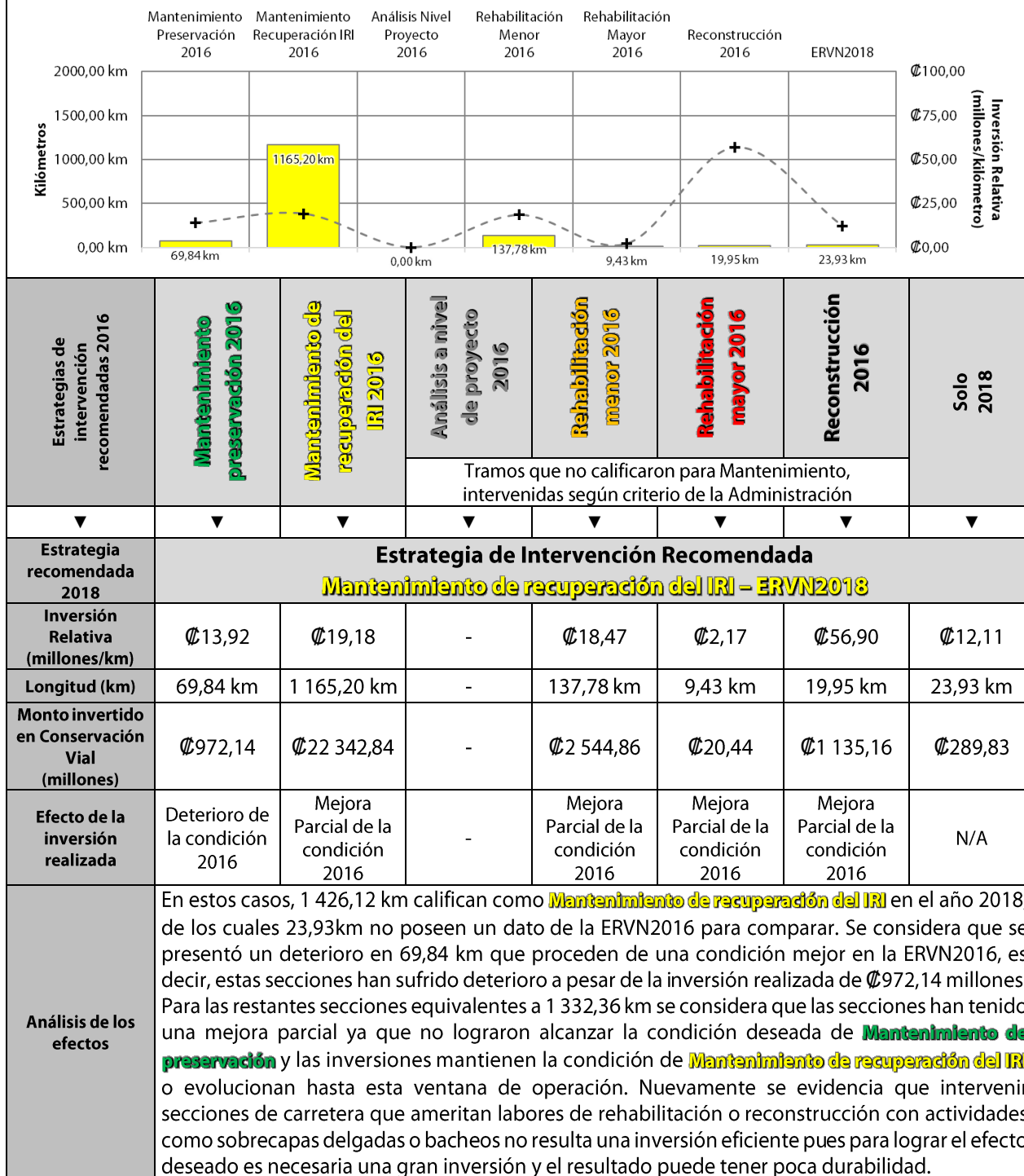


Figura 42. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Mantenimiento de Recuperación IRI 2018

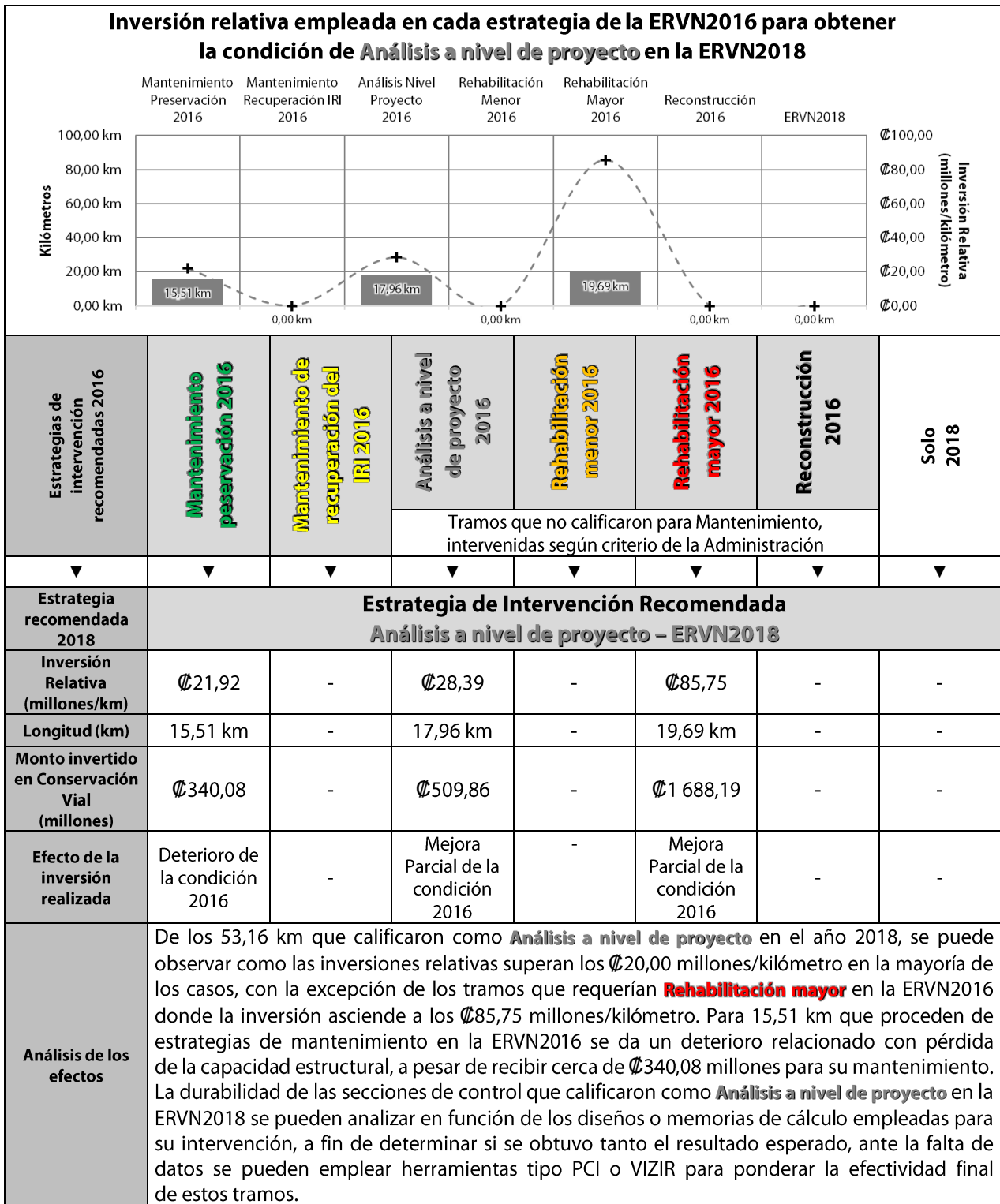


Figura 43 Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Análisis a Nivel de Proyecto 2018

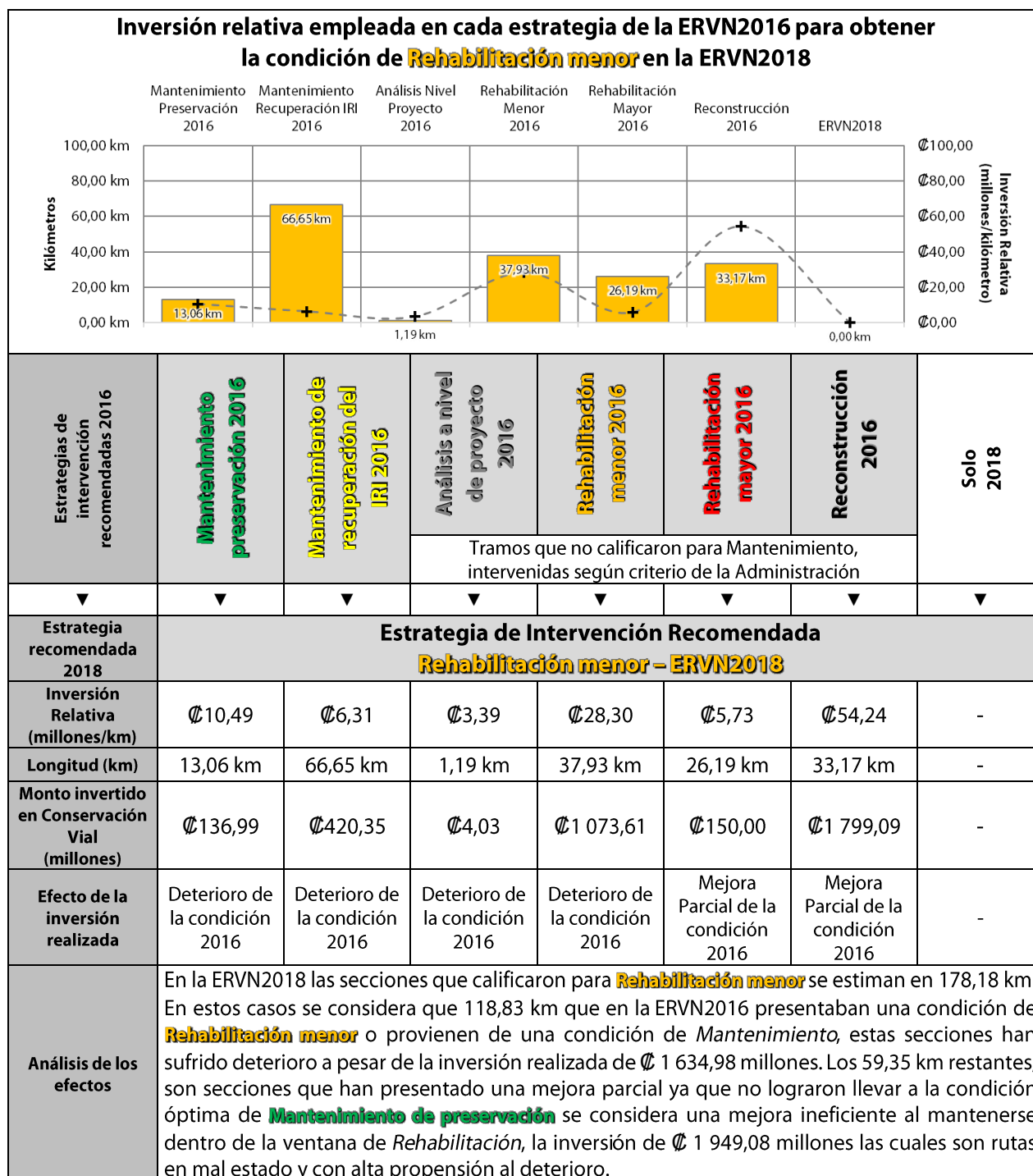


Figura 44. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Rehabilitación Menor 2018

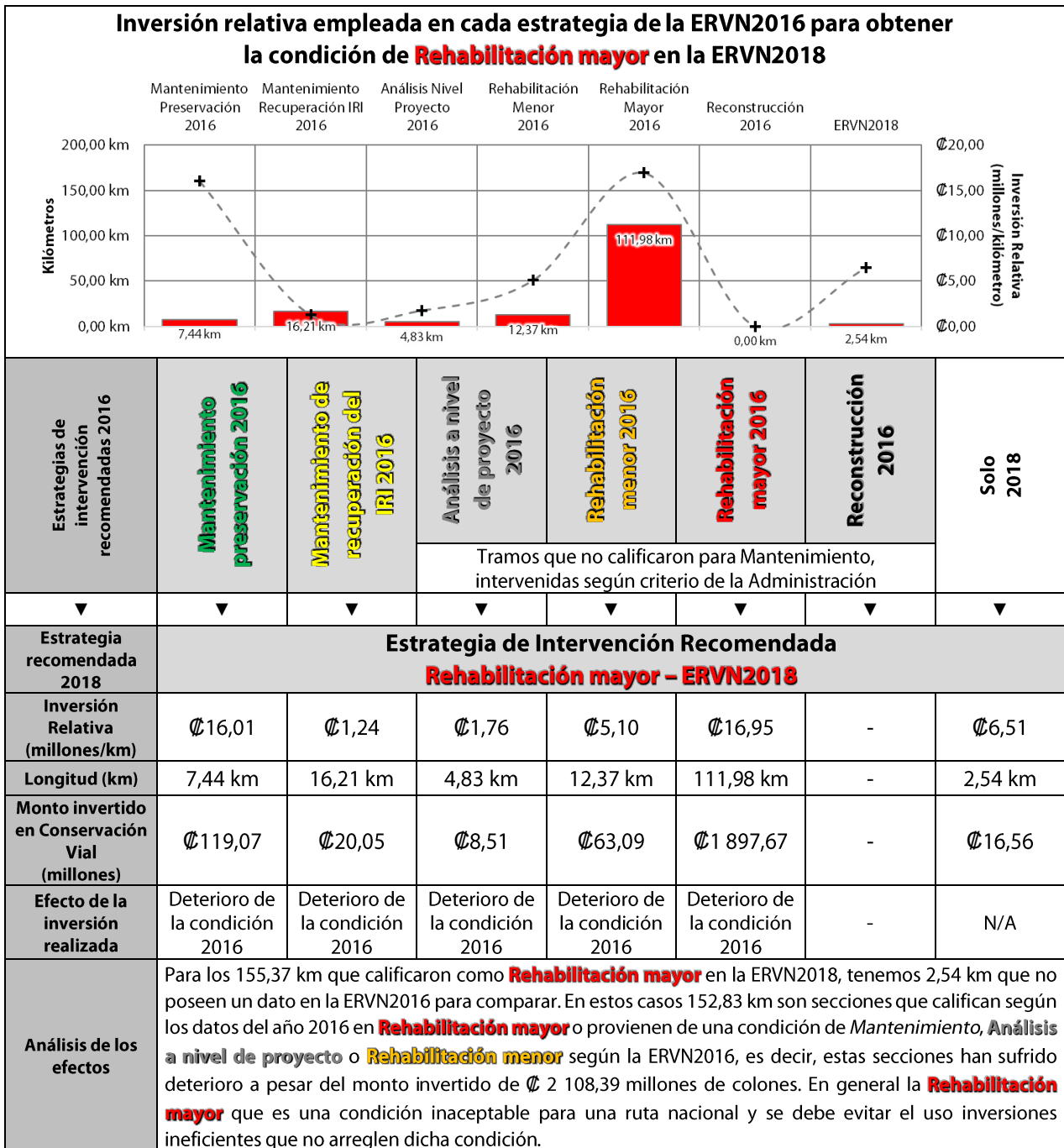


Figura 45. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Rehabilitación Mayor 2018

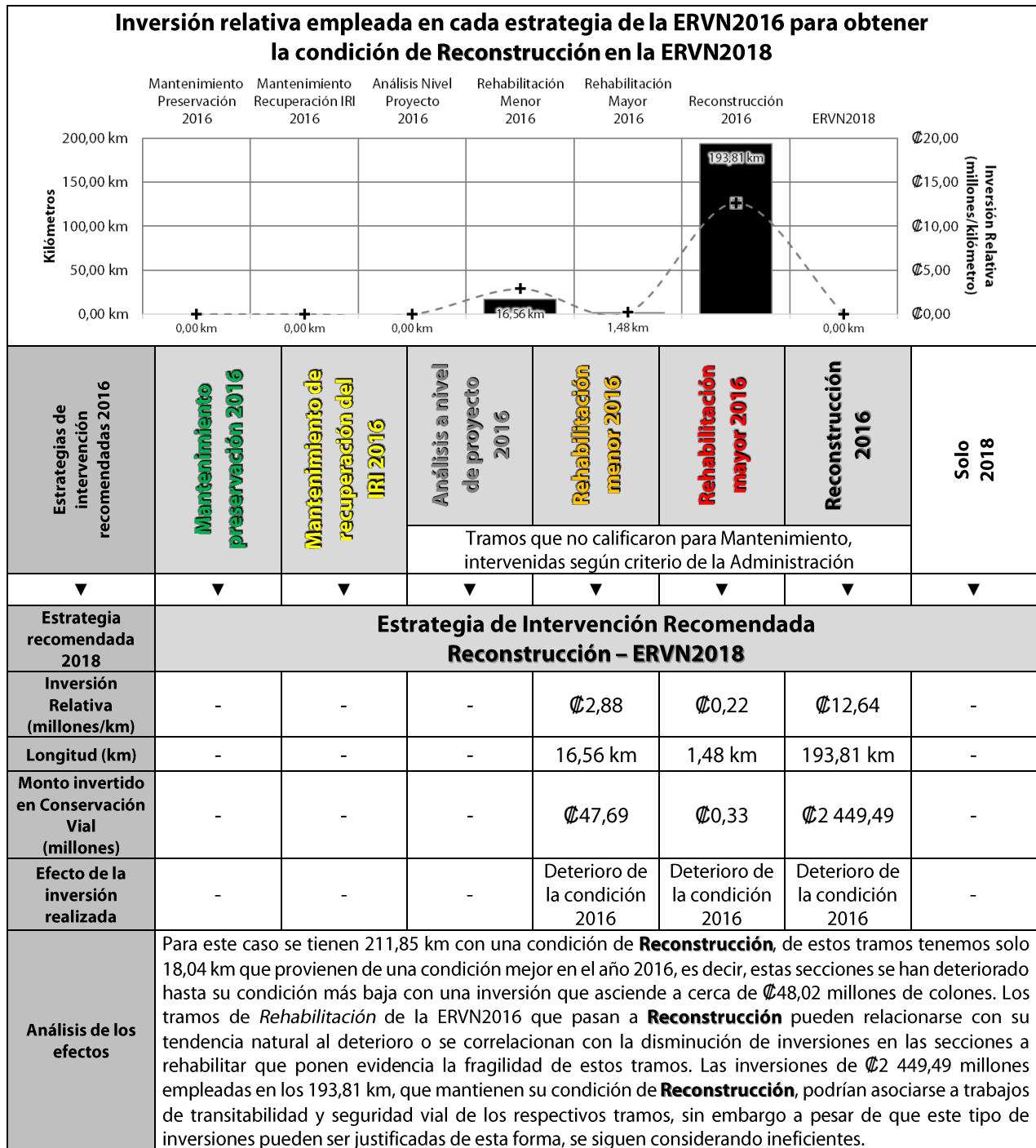


Figura 46. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Reconstrucción 2018

De los 5 235,60 km evaluados en la Red Vial, en la Tabla 21 se analizan 5 147,62 km comparables de la Red Vial Nacional que recibieron una inversión estimada de ₡ 164 730,15 millones, de los cuales 833,01 km reciben una inversión equivalente a ₡ 15 400,71 millones de los contratos de conservación vial. En estas secciones no se logran los efectos deseados en cuanto a la recuperación de la Red Vial Nacional, se debe analizar el tipo de inversión realizada y determinar cuáles elementos no fueron considerados en el proceso. Se considera que hubo una mejora eficiente en cerca de 644,15 km, esto se logra en rutas donde se alcanza la condición de "Mantenimiento de Preservación", se emplearon cerca de ₡ 58 382,93 millones para alcanzar esta mejora en su condición, empleando una inversión relativa de ₡ 90,64 millones/kilómetro. Para mantener la condición de "Mantenimiento de Preservación", los 2 401,86 km de la Red Vial emplearon cerca de ₡ 56 362,15 millones, esto genera una inversión relativa cercana a ₡ 23,47 millones/kilómetro, por tanto, mantener las condiciones de mantenimiento de preservación requiere en forma general menos inversión por kilómetro, dentro de las opciones de mejora para este tipo de tramo se pueden contabilizar el uso de sellos asfálticos u otras estrategias que permitan optimizar aún más la inversión.

Tabla 21: Resumen de la mejora y la eficiencia en la inversión de la ERVN2018

Análisis de Mejora ERVN2016 - ERVN2018	Análisis de Tramos que Calificaron para actividades de conservación en la ERVN2016		Análisis de Tramos que No Calificaron para actividades de conservación en la ERVN2016*		Totales (km)
	Longitud (km)	Inversión (miles de millones)	Longitud (km)	Inversión (miles de millones)	
Mantiene la condición	2 401,86	₡56,36	-	₡ -	2 401,86
Mejora la condición	644,15	₡58,38	103,40	₡12,24	747,54
Mejora parcial de la condición	1 165,20	₡22,34	264,15	₡7,85	1 429,35
Deterioro de la condición	-	₡ -	568,86	₡7,55	568,86
Totales Generales	4 211,21 km	₡137,09	936,41 km	₡27,64	5 147,62

*Posibilidad de mejora en el proceso de gestión de la Red Vial Nacional

Quedan por fuera del análisis de la Tabla 21 unos ₡ 4 430,66 millones, que corresponden al dinero registrado en los restantes 87,98 km evaluados solamente en la ERVN2018 y son datos de referencia en la ERVN2016. Tomando en consideración el efecto de las inversiones, la longitud de las vías y la cantidad de dinero invertido es posible establecer niveles de eficiencia de la inversión, tal como se muestra en el mapa de la Figura 47.

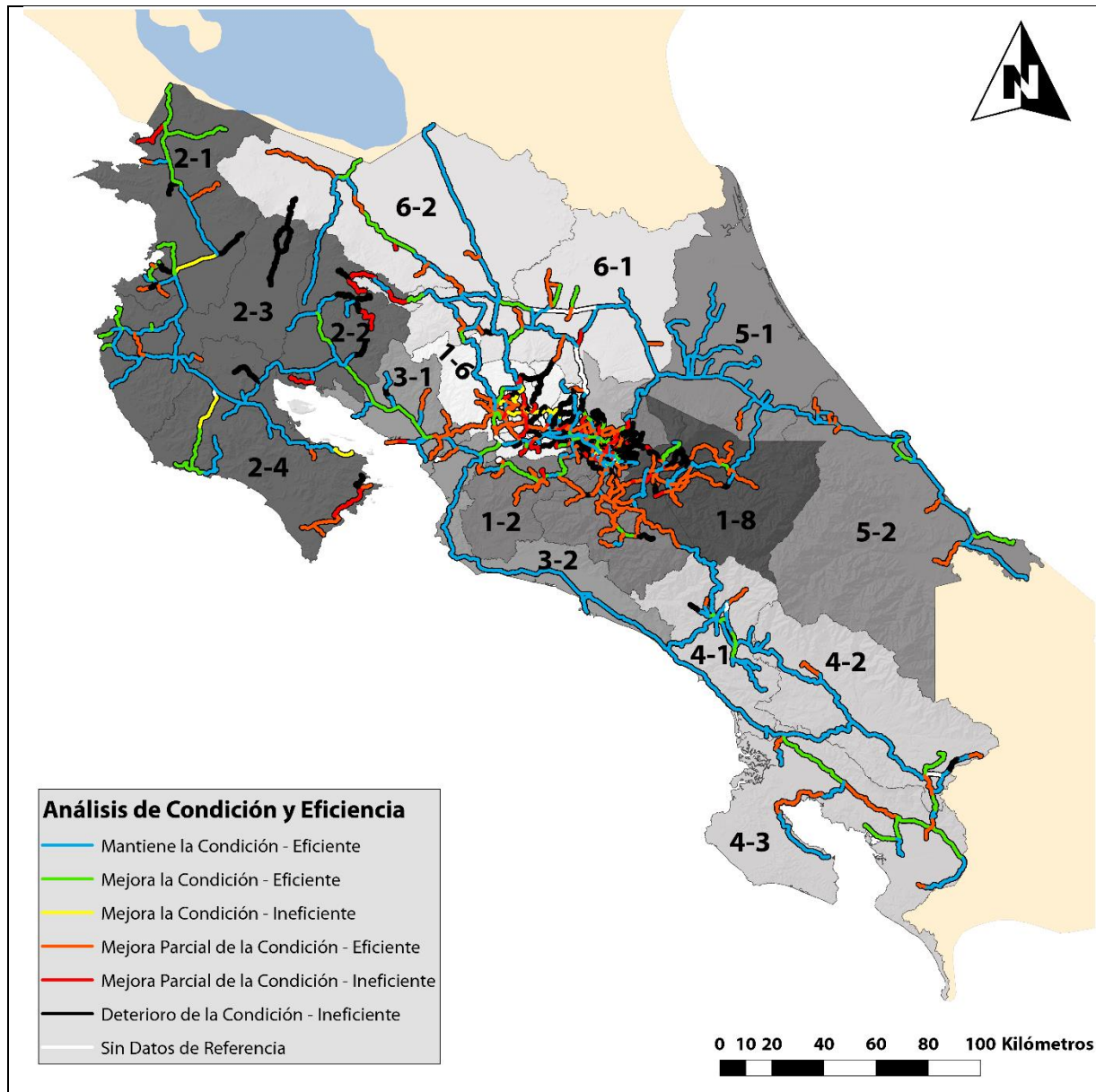


Figura 47. Mapa de análisis de condición y eficiencia basado en la evolución de las secciones de control con base en las estrategias recomendadas de intervención

A fin de establecer elementos de comparación relacionados con la inversión registrada para el presente informe, la Tabla 22 muestra los resultados generales de la evolución de la red vial en la ERVN2016, derivados del "Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada años 2016-2017" (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, INF-PITRA-002-2017, 2017).

Tabla 22: Evolución de la condición en la ERVN2016

Análisis de Mejora ERVN2014 -ERVN2016	Análisis de Tramos que Calificaron para actividades de conservación en la ERVN2016	Análisis de Tramos que No Calificaron para actividades de conservación en la ERVN2016	Totales (km)
Mantiene la condición	1 809,69 km	-	1 809,69
Mejora la condición	588,27 km	40,54 km	628,81
Mejora parcial de la condición	1 747,80 km	45,36 km	1 793,16
Deterioro de la condición	-	821,53 km	821,23
*Huracán Otto	-	-	94,44
Totales Generales	4 145,76 km	907,43 km	5 147,62

*Tramos que fueron impactados por el Huracán Otto y se sacaron de la ERVN2016.

Como un dato clave se debe observar como en la ERVN2016 se lograban mantener 1809,69 km en la condición de "Mantenimiento de Preservación" y se registró una mejora en 628,81 km, generando 2438,50 km que requerían "Mantenimiento de Preservación" en la ERVN2016. Los nuevos registros de la ERVN2018 muestran como lograron mantener su condición 2 401,86 km, por tanto, se observa como la gestión realizada logra algunos de los efectos esperados, al mantener estas secciones en buenas condiciones y restringir su deterioro, a su vez se genera la mejora de 747,54 km de la Red Vial. En la ERVN2018 se contabilizan cerca de 3 149,40 km en la condición de "Mantenimiento de Preservación", ocupando el 61,18% de cobertura de la Red Vial evaluada, mejorando los registros de la ERVN2016, donde el porcentaje de Red Vial en "Mantenimiento de Preservación" acumulaba el 48,72% de la red vial, esto implica una mejora porcentual del 12,46% en la Red Vial Nacional.

Se puede establecer, que la estrategia predominante en la Red Vial Nacional se está trasladando al rango de mantenimiento de preservación. Las Figuras 38, 39, 40, 41, 42 y 43 presentan en detalle las inversiones en mantenimiento, realizadas entre enero del 2016 a diciembre del 2017, para obtener la condición actual de estrategias de intervención. Por su parte la Figura 48 se emplea para resumir los resultados obtenidos, se define el porcentaje de longitud evaluada correspondiente a cada estrategia general intervención y el porcentaje de inversión de los tramos evaluados según la estrategia determinada en la presente ERVN2018.

Inversión Registrada: **₡169 160,81 millones** (Enero 2016 – Diciembre 2017)

Longitud Evaluada: **5 235,60 km**

Mantenimiento de Preservación

Q1	Q3	Q6	R-1
Q2	Q5	Q8	R-2
Q4	Q7	Q9	R-3
M-RF	RH-RF	R-3	NP

Longitud 3 210,91 km

61,33%:

Inversión
₡131 110,88 millones

77,51%

Mantenimiento Recuperación del IRI

Q1	Q3	Q6	R-1
Q2	Q5	Q8	R-2
Q4	Q7	Q9	R-3
M-RF	RH-RF	R-3	NP

Longitud 1 426,12 km

27,24%

Inversión
₡27 305,27 millones

16,14%

Inversión Relativa:

Rehabilitación Menor

Q1	Q3	Q6	R-1
Q2	Q5	Q8	R-2
Q4	Q7	Q9	R-3
M-RF	RH-RF	R-3	NP

Longitud 178,18 km

3,40%

Inversión
₡3 584,06 millones

2,12%

Inversión Relativa:
₡19,15 millones/km

Rehabilitación Mayor

Q1	Q3	Q6	R-1
Q2	Q5	Q8	R-2
Q4	Q7	Q9	R-3
M-RF	RH-RF	R-3	NP

Longitud 155,36 km

2,97%

Inversión
₡2 124,95 millones

1,26%

Inversión Relativa:
₡13,68 millones/km

Reconstrucción

Q1	Q3	Q6	R-1
Q2	Q5	Q8	R-2
Q4	Q7	Q9	R-3
M-RF	RH-RF	R-3	NP

Longitud 211,86 km

4,05%

Inversión
₡2 497,51 millones

1,48%

Inversión Relativa:
₡11,79 millones/km

Análisis a Nivel de Proyecto*

Q1	Q3	Q6	R-1
Q2	Q5	Q8	R-2
Q4	Q7	Q9	R-3
M-RF	RH-RF	R-3	NP

Longitud 53,16 km

1,02%

Inversión
₡2 538,14 millones

1,50%

Inversión Relativa:
₡47,75 millones/km

*Los tramos que califican para "Análisis a Nivel de Proyecto" requieren una valoración de campo para definir su estrategia

Figura 48. Resumen de Estrategias e Inversión resultantes de la ERVN2018

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

5.1.1 Conclusiones “Capítulo 1: Condición de la Red Vial Nacional - ERVN2018”

EL PAPEL DEL LANAMMEUCR EN LA GESTIÓN Y EVALUACIÓN DE OBRAS DE LA RVN

Luego de 10 años de desarrollo, por medio de la incorporación del factor tecnológico, la investigación aplicada y los principios de gestión de proyectos viales, se ha logrado consolidar en el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica, la principal fuente de conocimiento y formación de criterio técnico para la gestión integral de las rutas nacionales.

Se ha logrado evidenciar una correlación directa entre la inversión realizada en el LanammeUCR y las mejoras presentes en los pavimentos de la Red Vial Nacional, gracias al impacto de una evaluación rigurosa, técnica, objetiva e independiente. Esto se traduce en un lento pero sostenido rescate del Patrimonio Vial de Costa Rica, tal como se puede apreciar en el indicador funcional IRI detallado en la Figura 49, donde la incorporación de los diversos elementos de Gestión presentes desde la ERVN2010 ha permitido una mejor interpretación del Mantenimiento Vial, de los efectos generales de las intervenciones y el uso de las Estrategias Generales de Intervención como una referencia de las necesidades que reflejan los indicadores de condición a Nivel de Red Vial Nacional.

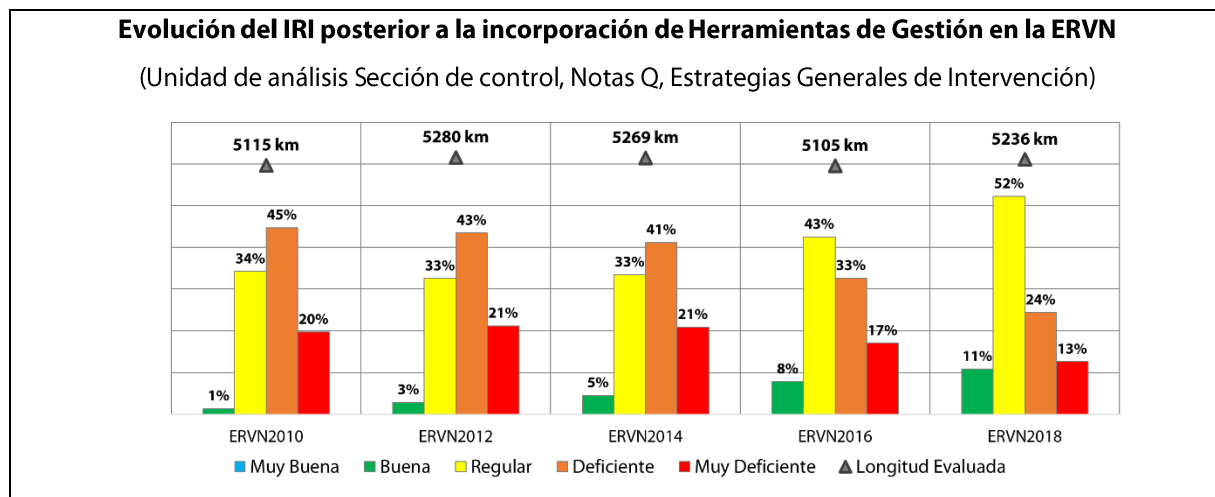


Figura 49. Evolución del IRI posterior a la implementación de la Notas Q en la Evaluación de la Red Vial

Existen aún muchos retos dentro de la gestión de activos viales que deben atenderse, sin embargo, la existencia y aporte constante de una herramienta como la *Evaluación de la Red Vial*, ha permitido mejorar la toma de decisiones y disminuir significativamente el rezago que presenta el país en el tema de la condición de infraestructura vial.

CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE LA ERVN2018

Para el presente informe un 88,54% de la Red Vial Nacional presenta una buena capacidad estructural, la condición moderada se presenta en un 4,44% de la misma, donde las acciones de mantenimiento deben diseñarse para mejorar o mantener su estado actual, con el fin de evitar deterioros relacionados con la pérdida de capacidad estructural que disminuyen la vida útil de las vías. El restante 7,02% si requiere de intervenciones importantes y de alto costo para recuperar capacidad estructural en las vías. Se presenta una ganancia en la condición estructural reflejada en la categoría de **Bajas** deflexiones de 189,15 km en la ERVN2018, respecto a los registros de la ERVN2016.

CAPACIDAD FUNCIONAL DE LA ERVN2018

La capacidad funcional de las vías es medida mediante los valores del Índice de Regularidad Internacional (IRI). Los resultados de la evaluación revelan que un 63,04% de la Red Vial Nacional posee estándares de regularidad **Buenos y Regulares**. Del restante 36,96%, solamente se registra un 12,59% de la red en condición **Muy deficiente** y el resto de la red se encuentra en una condición **Deficiente**. Los valores de la capacidad funcional en la ERVN2018 denotan una mejora en la regularidad superficial en 619,26 km con respecto a la ERVN2016. La mejora presente en la ERVN2018 denota el uso de actividades que recuperan directamente la capacidad funcional de las vías.

RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO EN LA ERVN2018

La evaluación de la resistencia al deslizamiento solo puede evaluarse en pavimentos con buenos niveles de regularidad superficial (IRI inferior a 4,0 m/km), en la ERVN2018 se evaluaron 3 475,33 km. Los resultados muestran cómo un 44,26% de 3 475,33 km presentan condiciones **Muy deslizantes** ante la presencia de humedad, un 33,58% presentan la condición **Deslizante**, un 21,98% muestran una condición **Poco deslizante** y un 0,17% se consideran **No deslizantes** en presencia de humedad. Estos resultados se deben combinar con las notas Q, para establecer el tipo de intervenciones requeridas, sin embargo, los resultados indican que más del 75% de la Red Vial Nacional evaluada presenta condiciones *deslizantes*.

Para los restantes 1 760,27 km de Red Vial Nacional, que no fueron evaluados mediante el Grip Tester, el agarre superficial se combina con bajas velocidades de operación, en estas rutas donde los valores de IRI son **Deficientes y Muy deficientes**, se requiere de actividades de intervención que traen como consecuencia un cambio en el agarre superficial, que deberá ser verificado posteriormente.

5.1.2 Conclusiones “Capítulo 2: Estrategias Generales de Intervención Recomendadas - ERVN2018”

NOTAS DE CALIDAD PARA LA ERVN2018

La aplicación de la metodología para definición de notas de calidad en los distintos tramos de la red vial nacional reveló que un **61,33%** de 5 235,60 km califican como **Q1, Q2 y Q3**, presentando una condición, donde las deflexiones son **Bajas**, sin embargo, el nivel de regularidad superficial se ha desplazado a una condición de **Regular**, en el caso de **Q2**, la calidad de manejo en estos tramos es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y se pueden presentar problemas para transitar a altas velocidades. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir deformaciones en la mezcla asfáltica, parches 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. tales como tratamientos de preservación tipo *slurry seals, chip seals* o *micropavimentos*.

Adicionalmente, un **27,24%** de 5 235,60 km califican como **Q4 ó M-RF**, son pavimentos donde la calidad de la superficie asfáltica se ha deteriorado hasta un punto en que puede afectarse la velocidad de tránsito, aún en condiciones de flujo libre. Bajo estas condiciones, las capas de ruedo de mezcla asfáltica caliente (M.A.C.), pueden tener grandes baches y grietas profundas; incluyendo pérdida de agregados, agrietamientos y ahuellamientos, lo que ocurre en más de un 50% de la superficie. Aunque las deflexiones son **Bajas**, la condición de deterioro funcional aumenta considerablemente la tasa de deterioro estructural. Debido al deterioro de la capa de ruedo, estos pavimentos pasarán a **M-RF** o **Q7** en el mediano plazo. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de mantenimiento de mediano costo que deberían atender la pérdida de capacidad funcional.

El restante **11,43%** de los 5 235,60 km evaluados, presenta condiciones variadas, siendo en su mayoría, pavimentos con una condición de extremo deterioro. Dichos caminos obligan al usuario a transitar a velocidades muy reducidas y con considerables problemas de manejo, debido a que existen grandes baches y grietas profundas en la carpeta asfáltica. **En estos casos se espera el uso de estrategias de mantenimiento que permitan asegurar la seguridad vial y transitabilidad en estos tramos**, mientras se plantean e implementan las soluciones reales para *rehabilitar* o *reconstruir* las secciones de control con altos niveles de deterioro, buscando una reparación integral y el uso eficiente de los recursos.

ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LA ERVN2018

Ventana de Mantenimiento 88,57%

Los resultados revelan una red vial con alto porcentaje de secciones candidatas a intervenciones del tipo **Mantenimiento de preservación** para un 61,33% de la Red Vial Nacional, lo cual indica que hay una buena oportunidad de introducir y fomentar en Costa Rica actividades del tipo sellos asfálticos, como las mencionadas en las definiciones de la sección 2.3.1.

Dentro de la ventana de *Mantenimiento*, encontramos que 27,39% de la red, son pavimentos candidatos a intervenciones que deben procurar una recuperación de la capacidad funcional, es decir, 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 exceso de ruido.

Ventana de Rehabilitación y Reconstrucción 11,43%

De la misma manera las labores de **Rehabilitación menor**, **Rehabilitación mayor** y **Reconstrucción** suman aproximadamente un 10,42% de las rutas nacionales. La presencia de un 1,02% de tramos en la categoría de **Análisis a nivel de proyecto** revela el uso de actividades que mejoran la capacidad funcional sin mejorar la capacidad estructural e inclusive en algunos casos presentando deterioro de la misma. Por ejemplo, el uso de escarificación y sobrecapa *no estructural* genera mejoras importantes en la capacidad funcional de los tramos intervenidos, sin embargo, en algunos casos la falta de un diseño o memoria de cálculo, podría repercutir en poca durabilidad y una posterior disminución de la capacidad estructural de forma acelerada.

De los 2 507,71 km que calificaron para **Mantenimiento de preservación** en la ERVN2016, la gestión realizada logró mantener cerca de un 95,78% en la misma condición para la ERVN2018. Las inversiones realizadas en estos tramos se pueden optimizar, como todo proceso de ingeniería, sin embargo, denotan una mejora con respecto a las acciones de intervención realizadas anteriormente.

Los tramos de la Red Vial que calificaron para **Mantenimiento de Preservación** incrementaron en un 12,26%, lo cual constituye una oportunidad de usar tratamientos de preservación de menor costo y mayor efectividad.

5.1.3 Conclusiones “Capítulo 3: Inversión en Mantenimiento - ERVN2018”

En el presente informe se evalúa la inversión realizada de cara a las condiciones de las rutas, en las labores de conservación vial ejecutadas por el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) entre enero de 2016 y diciembre de 2017. Los fondos Públicos destinados para el mantenimiento de la Red Vial Nacional pavimentada en este período ascienden a un total de ₡ **177 673,08** millones, es decir, un 32.11% más que lo invertido entre enero de 2014 y diciembre de 2015 donde los montos registrados alcanzaron los ₡ **134 491,47** millones.

Del análisis realizado se destacan los siguientes resultados:

1. Las zonas de conservación en promedio invierten ₡ 8 000 millones en la ERVN2018.
2. La zona de conservación vial donde se dio la mayor inversión en el período de la ERVN2018 corresponde a la zona 2-1, ubicada en la Región Chorotega. En forma combinada las empresas Constructora Hernán Solís S.R.L. y ALSO FRUTALES S.A. invirtieron cerca de los ₡ 16 814 millones; la inversión realizada en los años 2014 y 2015 era cercana a los ₡ 5 070 millones, por lo tanto se triplicó la inversión.
3. En el período de análisis, se presentó una inversión mensual promedio de ₡ 7 400 millones, el mes de noviembre del 2017 presenta el mayor registro mensual, del período de análisis, donde las inversiones superan los ₡ 11 260 millones.
4. La inversión disminuye en forma drástica en noviembre del 2016, coincidiendo con la transición entre la contratación 2014CD-000140-0CV00 y los contratos 2014LN-000016-0CV00, 2014LN-000017-0CV00 y 2014LN-000018-0CV00.
5. Se presenta una reactivación del contrato 2014CD-000140-0CV00 entre enero del 2017 y octubre del 2017 funcionando en forma paralela con los nuevos contratos de mantenimiento.
6. Se presentó un incremento de la inversión en el ítem M45(A) *Pavimento Bituminoso en Caliente* el cual se relaciona con actividades de recarpeteo, este ítem representa la actividad de mayor inversión, tanto en la ERVN2016, así como en la ERVN2018 con una inversión cercana a los ₡ 65 464 millones.
7. El ítem M41(A2) *Bacheo a profundidad parcial con mezcla asfáltica en Caliente* es una actividad tipificada en los nuevos contratos de conservación y se posiciona como la segunda actividad con la mayor inversión, con un registro cercano a los ₡ 17 897 millones para la ERVN2018.

5.1.4 Conclusiones “Capítulo 4: Análisis de Evolución de la Condición – ERVN2018”

Al analizar los datos de la Tabla 21, se plantean 5147,62 km evaluados y la inversión en estos tramos asciende a los ₡ 164 730,15 millones (enero 2016 – diciembre 2017), de estos datos se establecen comparaciones entre la ERVN2018 y la ERVN2016, donde se observa que:

- El 46,66% (2 401,86 km) de las rutas que **mantuvieron** su condición de **Mantenimiento de preservación** usando el 34,21% (₡ 56 362 millones) de la inversión registrada.
- Los tramos que **mejoraron** su condición calificando para **Mantenimiento de preservación** equivalen al 14,52% (747,54 km) de las rutas evaluadas, para ello se realizó una inversión correspondiente al 42,87% (₡ 70 624 millones) del total registrado.
- La **mejora parcial eficiente** corresponde a tramos donde la condición de **Mantenimiento de recuperación del IRI** se mantiene invariante, se logra prevenir el deterioro estructural pero no se mejora la condición funcional, en este escenario se agrupa el 22,64% (1 165,20 km) de las rutas evaluadas y se invierte cerca del 13,56% (₡ 22 343 millones) del monto registrado.
- La **mejora parcial ineficiente** representa tramos que en la ERVN2016 no pertenecían a ninguna de las estrategias de mantenimiento y la nueva condición es insuficiente para alcanzar la condición de **Mantenimiento de preservación**, se agrupan el 5,13% (264,15 km) de las rutas evaluadas y las inversiones ascienden al 4,76% (₡ 7 848 millones) del total registrado.
- Al comparar los resultados de la ERVN2018 se presenta **deterioro** con respecto a la ERVN2016 en cerca del 11,05% (568,86 km) de las rutas evaluadas, la inversión asociada corresponde con el 4,59% (₡ 7 553 millones) del monto registrado.

De los datos se puede inferir que la inversión requerida para **mantener** la categoría de **Mantenimiento de preservación** presenta tasas de inversión de ₡ 23,46 millones/kilómetro, esto contrasta con las tasas de inversión de ₡ 94,47 millones/kilómetro que se emplearon en alcanzar esta misma condición en 747,54 km, esto denota que es 4 veces más costoso atender un pavimento deteriorado que mantenerlo. El restante 18,33% (₡ 30 190 millones) de la inversión detienen en alguna medida el deterioro o en su defecto mejoran en forma parcial aspectos puntuales sin alcanzar la categoría de **Mantenimiento de preservación**, el restante 4,59% (₡ 7 553 millones) de la inversión realizada, no detiene el deterioro.

5.2 RECOMENDACIONES

Acorde con las disposiciones del informe de la Contraloría General de la Republica denominado "*RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN, DE LOS PROCEDIMIENTOS, DE LA METODOLOGÍA Y DEL ANÁLISIS QUE SUSTENTAN LA PRIORIZACIÓN DE LAS RUTAS QUE SON INTERVENIDAS MEDIANTE LA CONSERVACIÓN VIAL, CON CARGO A LA LICITACIÓN PÚBLICA NRO.1-2005*", desarrollado en el año 2007, así como las diversas recomendaciones derivadas de los informes de evaluación de la Red Vial desarrollados por el LanammeUCR, se ha detectado la necesidad de implementar un sistema de gestión vial. El uso de las recomendaciones provenientes de los informes de Evaluación de la Red Vial del LanammeUCR, buscan fortalecer este proceso de mejora en la gestión y el uso de las recomendaciones del informe de evaluación pueden generar mejoras en los resultados que se obtienen, sin embargo, el sistema de gestión vial permitirá darle sostenibilidad y mejora continua a los diversos procesos de mantenimiento y conservación de la Red Vial Nacional.

Se hace énfasis en las recomendaciones previas a la definición de las políticas de gestión de infraestructura vial con una visión de largo plazo, que trasciendan los períodos de gobierno (4 años), donde los objetivos para la infraestructura vial deben manejarse de forma integrada; no enfocándose únicamente en los pavimentos y obras asociadas, sino buscando que el transporte terrestre se convierta en un sistema ágil, económico, eficiente, seguro y suficiente para impulsar el desarrollo nacional y la calidad de vida de los costarricenses.

Se recomienda generar nuevas bases de datos o unificar los datos dentro del sector vial, con el fin de permitir una adecuada trazabilidad de las inversiones y de esta forma poder evaluar la efectividad de las mismas en la condición de la red vial, así como fortalecer el uso de las bases de datos unificadas existentes, tales como el SIGEPRO.

Se recomienda el uso de las herramientas desarrolladas tanto en la ERVN2016 como en la ERVN2018 (PCI, Estrategias de Intervención, Otros), a fin de modificar y optimizar los criterios técnicos, donde el impacto real de estas medidas se puede verificar en posteriores Informes de Evaluación de 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 la condición estructural de cada tramo. Las acciones destinadas a mejorar la regularidad superficial, sin verificar el impacto estructural, podrían

incrementar la vulnerabilidad estructural y presentar fallas prematuras. Las acciones de conservación deben combinar una buena capacidad estructural y funcional.

Ante el nuevo panorama vial, donde un 61,33% de la red vial evaluada calificó para **Mantenimiento de Preservación**, se recomienda considerar la aplicación de tecnología moderna como lechadas asfálticas, nuevas mezclas asfálticas o mejoramientos de la superficie de ruedo que permitan a los vehículos y a sus conductores contar con mejores condiciones para el frenado y la estabilidad en curvas. Este es un factor que podría contribuir en la reducción de los accidentes de tránsito en nuestro país.

Toda la información suministrada en este informe constituye el pilar fundamental de un proceso de planificación estratégica y de un sistema de administración de pavimentos. Es altamente recomendable incorporarla dentro de un proceso formal de implementación de dicho sistema, con el fin de lograr la eficiencia en la inversión de los fondos públicos.

BIBLIOGRAFÍA

- 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., y 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-Jiménez, R., y 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.
- Sanabria-Sandino, J., Barrantes-Jiménez, R., y Loría-Salazar, L. G. (2013). *Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2012-2013*. San Pedro, San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Sanabria-Sandino, J., Barrantes-Jiménez, R., y Loría-Salazar, L. G. (2015). *Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica Años 2014-2015*. San Pedro, San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

Sanabria-Sandino, J., Barrantes-Jiménez, R., y Loría-Salazar, L. G. (2017). *Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2016-2017*. Universidad de Costa Rica, LanammeUCR. San Pedro, San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

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

APÉNDICE A

La información para cada una de las secciones de control evaluadas y los datos recopilados durante la ERVN2018 incluyen al menos los siguientes componentes por sección de control:

Tabla A1: Elementos básicos asociados a la base de datos de las secciones de control - ERVN2018

Tipo de Dato	Elementos Específicos
<i>Información General</i>	Sección de Control Ruta Descripción Zona de Conservación Largo
<i>Indicadores de condición y estrategias intervención general</i>	Sensor D0 - FWD Valor IRI Grip Number Nota Q Estrategia Recomendada Estrategia Basada en Grip Number
<i>Condición e Inversión</i>	Inversión relativa Inversión Total Análisis de Condición Evolución de la Nota Q

Para acceder a la información de las secciones de control, se puede acceder a la página del LanammeUCR:

<http://www.lanamme.ucr.ac.cr>



LanammeUCR

**LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES**

 **(506) 2511-2500**

 **11501-2060**

 **direccion.lanamme@ucr.ac.cr**

 **www.lanamme.ucr.ac.cr**