



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Informe Final

Informe de Evaluación del Proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27 Años 2021 – 2022

Preparado por:

**Unidad de Evaluación y Gestión de la Red Vial Nacional
Unidad de Seguridad Vial
Programa de Ingeniería del Transporte
Programa de Ingeniería Geotécnica**

Documento generado con base en el Art. 6, inciso b) de la Ley 8114 y lo señalado en el Capít.7, Art. 68 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.

San José, Costa Rica
Diciembre, 2022



1. Informe EIC-Lanamme-INF-0776-2022		2. Copia No.1		
3. Título Informe de Evaluación del Proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27, Años 2021 – 2022		4. Fecha del Informe Diciembre 2022		
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440				
6. Notas complementarias No aplica				
7. Resumen <i>El presente informe muestra los resultados del trabajo de evaluación de la Ruta Nacional 27 Carretera San José – Caldera, el cual es administrado bajo la modalidad de Concesión de Obra Pública. Este estudio se hace con base en los postulados del Artículo 6 Inciso D de la Ley 8114, el cual otorga al LanammeUCR la competencia de evaluar “de manera anual las carreteras y puentes en concesión”. Con base en esto, se realiza una evaluación del estado de la ruta y sus cuatro radiales en parámetros funcionales, estructurales, de mantenimiento y de seguridad vial, tanto de la carretera como de las obras afines a la misma, como cunetas, taludes y terraplenes aledaños. Los resultados obtenidos se comparan con aquellos de las campañas anteriores, y toda la información pasa a formar parte de la base de datos digital del proyecto incorporándose ya como un punto más en la curva de tendencia del comportamiento del pavimento y parámetros de seguridad vial</i>				
8. Palabras clave Ruta 27, taludes, pavimentos, gestión, deslizamientos, deterioros, PSI, modelos, seguridad vial, choques viales, atropellos, señalamiento vial, sistemas de contención vehicular		9. Nivel de seguridad: Alto		10. Núm. de páginas 360
11. Ejecución de Evaluación del Proyecto:				
Líder: Ing. Cristian Valverde C. M.Sc. PMP® UGERVN	Especialista: Ing. José Francisco Garro M., M.Sc, PMP® UGERVN	Especialista: Geólogo Paulo Ruiz C., Ph.D. UGERVN	Especialista: Ing. Ronald Naranjo Ureña, PMP® UGERVN	Especialista: Ing. Javier Zamora Rojas, M.Sc.E USVT
Fecha:, Diciembre 2022	Fecha:, Diciembre 2022	Fecha:, Diciembre 2022	Fecha:, Diciembre 2022	Fecha:, Diciembre 2022
12. Coordinación de Proyecto: Ing. Roy Barrantes Jiménez M.Sc, PMP® Coordinador UGERVN	13. Revisado por: Ing. Javier Zamora Rojas M.Sc. Coordinador USVT	14. Revisado por Ing. Ana Lorena Monge Sandí, M.Sc Coordinación Programa Ingeniería Geotécnica	14. Revisado Legal: Licda. Nidia Segura J. Asesora Legal	15. Revisado y aprobado por: Ing. Ana Luisa Elizondo Salas MSc. Coordinadora PITRA
Fecha:, Diciembre 2022	Fecha:, Diciembre 2022	Fecha:, Diciembre 2022	Fecha:, Diciembre 2022	Fecha:, Diciembre 2022



TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	17
RECONOCIMIENTO	18
1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	19
2 OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO EN CONCESIÓN SAN JOSÉ – CALDERA, AÑOS 2021 - 2022	24
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
3 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN, PERIODO EVALUACIÓN 2021 – 2022 25	
3.1 CAPACIDAD ESTRUCTURAL, DEFLEXIONES OBTENIDAS MEDIANTE EL FWD, TRONCAL PRINCIPAL 25	
3.1.1 <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>25</i>
3.1.2 <i>Resultados obtenidos, mes de septiembre del 2021</i>	<i>26</i>
3.1.3 <i>Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad estructural con el ensayo de deflectometría</i>	<i>29</i>
3.2 CAPACIDAD FUNCIONAL, CONDICIÓN SEGÚN REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) Y RODERAS EN LA TRONCAL PRINCIPAL.....	30
3.2.1 <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>30</i>
3.2.2 <i>Resultados del Índice de Regularidad Internacional (IRI).....</i>	<i>32</i>
3.2.3 <i>Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad funcional y ahuellamiento con el Perfilómetro Láser.</i>	<i>37</i>
3.3 RESULTADOS OBTENIDOS DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DE PAVIMENTOS, TRONCAL PRINCIPAL	38
3.3.1 <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>38</i>
3.3.2 <i>Resultados de coeficiente de rozamiento con el GripTester y MuMeter</i>	<i>40</i>
3.3.3 <i>Análisis general de resultados de la evaluación de la resistencia al deslizamiento</i>	<i>45</i>
3.4 ANÁLISIS DE NOTAS DE CALIDAD Q, TRONCAL PRINCIPAL, AÑOS 2021 – 2022	47
3.5 COMPARACIÓN DE INDICADORES EN LA TRONCAL PRINCIPAL, AÑOS 2012 AL 2021	55
3.5.1 <i>Evaluación con el Deflectómetro de Impacto.....</i>	<i>55</i>
3.5.2 <i>Evaluación con el Perfilómetro Láser.....</i>	<i>56</i>
3.5.3 <i>Evaluación del coeficiente de rozamiento superficial con el Grip Tester.....</i>	<i>57</i>
3.6 COMPARACIÓN DE LAS NOTAS Q OBTENIDAS PARA LA RUTA 27, AÑOS 2012 AL 2021	59
3.7 ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL. EVALUACIONES REALIZADAS EN SETIEMBRE 2021	62
3.7.1 <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>62</i>
3.7.2 <i>Resumen de resultados de la evaluación visual de deterioros superficiales.....</i>	<i>62</i>
3.7.3 <i>Comparación de resultados entre los años 2014 - 2021 de la evaluación visual de deterioros superficiales.</i>	<i>65</i>
4 EVALUACIÓN DE LAS RADIALES.....	70
4.1 ASPECTOS GENERALES	70



4.2	RESULTADOS OBTENIDOS: CAPACIDAD ESTRUCTURAL.....	71
4.3	RESULTADOS OBTENIDOS: CONDICIÓN FUNCIONAL.....	72
4.4	RESULTADOS OBTENIDOS: COEFICIENTE DE FRICCIÓN.....	73
4.5	NOTAS DE CALIDAD Q PARA LAS RADIALES.....	75
4.6	RESULTADOS OBTENIDOS: ANÁLISIS DE DETERIOROS SUPERFICIALES	76
4.7	COMPARACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LAS RADIALES, CAMPAÑAS 2013 – 2021	78
4.7.1	<i>Evaluación con el deflectómetro de impacto.....</i>	78
4.7.2	<i>Evaluación con el perfilómetro láser superficial</i>	83
4.7.3	<i>Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial.....</i>	89
4.7.4	<i>Evaluación visual de Deterioro Superficial.....</i>	95
5	MODELOS DE DETERIORO.....	98
5.1	APLICACIÓN DEL MODELO DE DETERIORO.....	98
5.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS	103
6	CONDICIONES GEOTÉNICAS Y SISTEMAS DE DRENAJE.....	105
6.1	ANÁLISIS DE LOS DESLIZAMIENTOS HISTÓRICOS EN LA RUTA NACIONAL NO. 27	105
6.1.1	<i>Fuentes de información.....</i>	105
6.1.2	<i>Alcances y limitantes.....</i>	106
6.1.3	<i>Eventos registrados entre 2010 y 2022.....</i>	107
6.1.4	<i>Hundimientos en la vía entre 2010 y 2022.....</i>	108
6.1.5	<i>Cierres en la Ruta Nacional 27 debido a deslizamientos.....</i>	109
6.1.6	<i>Ubicación y caracterización de los deslizamientos a lo largo de la ruta 27.....</i>	118
6.1.7	<i>Distribución de los deslizamientos a lo largo del año y su relación con la precipitación.</i>	120
6.1.8	<i>Revisión de sismos como generadores de deslizamientos en la Ruta Nacional N°27</i>	125
6.2	EVALUACIÓN DE TALUDES DURANTE EL PERÍODO 2021 Y 2022.....	126
6.2.1	<i>Evaluación talud en PK 17+065.....</i>	127
6.2.2	<i>Evaluación talud en PK 44+500.....</i>	127
7	EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL Y MOVILIDAD.....	131
7.1	GENERALIDADES.....	131
7.1.1	<i>Tramos homogéneos.....</i>	132
7.1.2	<i>Evaluación del señalamiento vial y sistemas de contención vehicular.....</i>	132
7.1.3	<i>Caracterización de anchos de espaldón</i>	136
7.1.4	<i>Identificación de puentes peatonales e infraestructura de transporte público.....</i>	136
7.1.5	<i>Choques viales.....</i>	137
7.2	EVALUACIÓN DEL SEÑALAMIENTO VIAL.....	138
7.2.1	<i>Señales verticales: Ruta Nacional 27.....</i>	139
7.2.2	<i>Señales verticales: Radiales</i>	143
7.2.3	<i>Demarcación horizontal: Ruta Nacional 27.....</i>	150
7.2.4	<i>Demarcación horizontal: Radiales.....</i>	156
7.3	EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR.....	160
7.3.1	<i>Ruta Nacional 27.....</i>	160
7.3.2	<i>Radiales.....</i>	174
7.4	CARACTERIZACIÓN DE ESPALDONES	186
7.4.1	<i>Ruta Nacional 27.....</i>	186



7.4.2	Radiales.....	188
7.5	ANÁLISIS DE CHOQUES VIALES	190
7.5.1	Generalidades: Choques viales sobre la Ruta Nacional 27.....	190
7.5.2	Generalidades: Choques viales sobre las Radiales.....	194
7.5.3	Evaluación de segmentos con ocurrencia de atropellos sobre la RN27.....	197
7.5.4	Evaluación de segmentos con ocurrencia de atropellos sobre las Radiales	210
7.5.5	Evaluación de tramos de concentración de choques viales sobre la RN27	213
7.5.6	Evaluación de tramos de concentración de choques viales sobre Radial Coyol.....	230
7.5.7	Evaluación de tramos de concentración de choques viales sobre Radial Atenas.....	234
7.5.8	Posibilidades de mejora ante choques viales	236
7.6	OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS	237
7.6.1	Movilidad segura e inclusiva	237
7.6.2	Seguridad vial.....	240
7.6.3	Geometría.....	243
8	CONCLUSIONES.....	246
8.1	CONCLUSIÓN GENERAL.....	246
8.2	CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.....	248
8.2.1	Sobre la condición estructural	248
8.2.2	Sobre la condición funcional	248
8.2.3	Sobre la resistencia al deslizamiento	249
8.2.4	Sobre los deterioros superficiales de la mezcla asfáltica.....	250
8.2.5	Sobre las notas de calidad y las estrategias de intervención	250
8.2.6	Sobre los Modelos de Deterioro.....	250
8.2.7	Sobre el estado de los taludes y terraplenes adyacentes a la ruta	251
8.2.8	Sobre la movilidad y seguridad vial.....	252
9	RECOMENDACIONES	260
9.1.1	Sobre la evaluación funcional, estructural, resistencia al deslizamiento y de deterioro superficial del proyecto.....	260
9.1.2	Sobre la evaluación de las radiales.....	260
9.1.3	Sobre la demarcación horizontal y señalamiento vertical	263
9.1.4	Sobre los márgenes y sistemas de contención vehicular	263
9.1.5	Sobre la movilidad en general.....	265
9.1.6	Sobre los tramos con presencia de atropellos y concentración de choques viales....	265
10	BIBLIOGRAFÍA.....	269
	ANEXO I: RESULTADOS OBTENIDOS CON EL DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO	274
	ANEXO II: RESULTADOS OBTENIDOS PERFILÓMETRO LÁSER	283
	ANEXO III: RESULTADOS OBTENIDOS MEDIDOR DE AGARRE SUPERFICIAL	292
	ANEXO IV: RESULTADOS OBTENIDOS NOTAS DE CALIDAD Q.....	301
	ANEXO V RESULTADOS OBTENIDOS PARA CADA UNO DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS EN LAS RADIALES	310
	ANEXO VI MODELO DE DETERIORO PARA LA RUTA NACIONAL 27 SAN JOSÉ – CALDERA	
	347	



**ANEXO VII DESLIZAMIENTOS HISTÓRICOS DE LA RUTA NACIONAL 27 SAN JOSÉ –
CALDERA 356**



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: DIAGRAMA DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO SAN JOSÉ – CALDERA RUTA 27, AÑOS 2021 - 2022.....	21
FIGURA 2. ESTADO GENERAL DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL POR MEDIO DE DEFLEXIONES EN SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA, CAMPAÑA 2021 – 2022	26
FIGURA 3. UBICACIÓN DE ALGUNOS TRAMOS CON DEFLEXIONES MODERADOS, ALTAS Y BAJAS, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA.....	27
FIGURA 4. ESTADO GENERAL DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, SEGÚN LOS VALORES DE DEFLEXIÓN FWD OBTENIDOS, CAMPAÑA 2021 – 2022	28
FIGURA 5. UBICACIÓN DE ALGUNOS TRAMOS CON DEFLEXIONES MODERADAS Y BAJAS, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ.....	29
FIGURA 6. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PARÁMETRO IRI, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA	33
FIGURA 7. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PARÁMETRO IRI, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ	34
FIGURA 8. UBICACIÓN DE TRAMOS CON UN IRI ENTRE MODERADO Y BAJO.....	35
FIGURA 9. RESULTADOS OBTENIDOS DEL AHUELLAMIENTO SEGÚN EL MAV-2016.	36
FIGURA 10. RESULTADOS OBTENIDOS DEL AHUELLAMIENTO SEGÚN CONTRATO.....	37
FIGURA 11. GRIP TESTER	38
FIGURA 12. MU METER	39
FIGURA 13. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE A) GRIP TESTER Y B) MUMETER.....	42
FIGURA 14. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE A) GRIP TESTER Y B) MU METER.....	43
FIGURA 15. UBICACIÓN DE TRAMOS CON VALORES DE FRICCIÓN DE POCO DESLIZANTE A MUY DESLIZANTE.	44
FIGURA 16. UBICACIÓN DE TRAMOS CON VALORES DE FRICCIÓN QUE CUMPLEN O INCUMPLEN CON EL CONTRATO.	46
FIGURA 17. DISTRIBUCIÓN DE LAS NOTAS DE CALIDAD Q PARA LA TRONCAL PRINCIPAL. A) SAN JOSÉ – CALDERA, B) CALDERA – SAN JOSÉ	47
FIGURA 18. AGRUPACIÓN DE LAS NOTAS DE CALIDAD PARA DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS GENERALES DE INTERVENCIÓN.....	50
FIGURA 19.: DISTRIBUCIÓN DE LAS NOTAS DE CALIDAD Q PARA LA TRONCAL PRINCIPAL. A) SAN JOSÉ – CALDERA, B) CALDERA – SAN JOSÉ	51
FIGURA 20. UBICACIÓN DE TRAMOS CON NOTAS DE CALIDAD ENTRE Q1 – Q3, Y Q5.....	52
FIGURA 21: DISTRIBUCIÓN DE LAS LABORES DE REHABILITACIÓN EN PORCENTAJES, EN LA TRONCAL PRINCIPAL, A) SAN JOSÉ – CALDERA, B) CALDERA – SAN JOSÉ	53
FIGURA 22. DISTRIBUCIÓN DE LAS LABORES DE REHABILITACIÓN EN PORCENTAJES, EN LA TRONCAL PRINCIPAL, A) SAN JOSÉ – CALDERA, B) CALDERA – SAN JOSÉ. SEGÚN RESULTADOS DEL GRIP TESTER.....	54
FIGURA 23. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS DEFLEXIONES DEL PAVIMENTO	55
FIGURA 24. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS REGULARIDADES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO.....	57
FIGURA 25. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS REGULARIDADES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2012 AL 2021, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ DE LA RUTA NACIONAL 27.....	57
FIGURA 26. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2012 AL 2021, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA DE LA RUTA NACIONAL 27.....	58



FIGURA 27. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2012 AL 2021 SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ DE LA RUTA NACIONAL 27.....	59
FIGURA 28. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA COMPARACIÓN DE NOTAS Q PARA LAS CAMPAÑAS 2012 AL 2021. A) SAN JOSÉ – CALDERA, B) CALDERA – SAN JOSÉ	60
FIGURA 29.: RESULTADOS OBTENIDOS EN LA COMPARACIÓN DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LAS CAMPAÑAS 2012 AL 2021. A) SAN JOSÉ – CALDERA, B) CALDERA – SAN JOSÉ.....	61
FIGURA 30 RESULTADOS DE DETERIOROS, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA.	63
FIGURA 31. SELLOS DE GRIETAS.....	65
FIGURA 32: COMPARACIÓN DETERIORO SUPERFICIAL 2014 AL 2021 EN EL SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA.	66
FIGURA 33 CANTIDAD DE DETERIORO ENTRE EL 2014 AL 2021 EN EL SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA.	67
FIGURA 34: COMPARACIÓN DETERIORO SUPERFICIAL 2014 AL 2021 EN EL SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ.	68
FIGURA 35: COMPARACIÓN DETERIORO SUPERFICIAL 2014 AL 2021 EN EL SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ.	69
FIGURA 36. UBICACIÓN DE LAS RADIALES EN LA RUTA NACIONAL 27.	71
FIGURA 37. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO, PARA LAS RADIALES DE LA RUTA 27, EN PORCENTAJES PARA CADA CATEGORÍA.	72
FIGURA 38. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PERFILÓMETRO LÁSER, PARA LAS RADIALES	73
FIGURA 39. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL GRIP TESTER, PARA LAS RADIALES DEL PROYECTO CONCESIONADO,	74
FIGURA 40. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL MU-METER, PARA LAS RADIALES DE LA RUTA 27, EN PORCENTAJES	75
FIGURA 41. NOTAS Q PARA LAS RADIALES.....	76
FIGURA 42. DISTRIBUCIÓN DE DETERIOROS EN LAS RADIALES CON ÁREA DETERIORADA POR RADIAL, RUTA NACIONAL 27.....	77
FIGURA 43. COMPARATIVO DEFLEXIONES DE RADIAL EL COYOL AÑOS 2013-2021	79
FIGURA 44. COMPARATIVO DEFLEXIONES DE RADIAL TURRÚCARES AÑOS 2013-2021	80
FIGURA 45. COMPARATIVO DEFLEXIONES DE RADIAL ATENAS AÑOS 2013-2021	81
FIGURA 46. COMPARATIVO DEFLEXIONES DE RADIAL ESCOBAL AÑOS 2013-2021	82
FIGURA 47. COMPARATIVO REGULARIDAD SUPERFICIAL DE RADIAL EL COYOL AÑOS 2013-2021	85
FIGURA 48. COMPARATIVO REGULARIDAD SUPERFICIAL DE RADIAL TURRÚCARES AÑOS 2013-2021	86
FIGURA 49. COMPARATIVO REGULARIDAD SUPERFICIAL DE RADIAL ATENAS AÑOS 2013-2021.....	87
FIGURA 50. COMPARATIVO REGULARIDAD SUPERFICIAL DE RADIAL ESCOBAL AÑOS 2013-2021	88
FIGURA 51. COMPARATIVO COEFICIENTE DE ROZAMIENTO SUPERFICIAL (GRIPTESTER) RADIAL EL COYOL 2013-2021	91
FIGURA 52. COMPARATIVO COEFICIENTE DE ROZAMIENTO SUPERFICIAL (GRIPTESTER) RADIAL TURRÚCARES 2013-2021	92
FIGURA 53. COMPARATIVO COEFICIENTE DE ROZAMIENTO SUPERFICIAL (GRIPTESTER) RADIAL ATENAS 2013-2021	93
FIGURA 54. COMPARATIVO COEFICIENTE DE ROZAMIENTO SUPERFICIAL (GRIPTESTER) RADIAL ESCOBAL 2013-2021	94
FIGURA 55. CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RADIAL EL COYOL.....	95
FIGURA 56. CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RADIAL TURRÚCARES.....	96
FIGURA 57. CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RADIAL ATENAS	97
FIGURA 58. EJEMPLO DE CURVA OBTENIDA A PARTIR DE LOS DATOS DEL PSI.....	99
FIGURA 59. GRÁFICA EJEMPLO PSI VS AÑO, E IRI VS AÑO.....	100



FIGURA 60: MODELO DE DETERIORO PARA EL TRAMO 1, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA.....	101
FIGURA 61: MODELO DE DETERIORO PARA EL TRAMO 1, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ.....	102
FIGURA 62. CONCEPTO DEL PSI, Y EL RESPECTIVO CAMBIO DEL VALOR CON EL TIEMPO PARA UN PAVIMENTO (LÍNEA NEGRA), CONTRA VALORES UMBRAL (LÍNEAS HORIZONTALES).....	103
FIGURA 63. EVENTOS DE DESLIZAMIENTOS REGISTRADOS Y DOCUMENTADOS EN LA RUTA NACIONAL No. 27 A LO LARGO DE LOS 12 AÑOS DE OPERACIÓN.....	108
FIGURA 64. PUENTES MODULARES TIPO BAILEY COLOCADOS EN EL ESTACIONAMIENTO 46+780 EN OCTUBRE DEL 2010, PARA RESTABLECER EL TRÁNSITO MIENTRAS SE CONSTRUIAN LAS OBRAS GEOTÉCNICAS DE ESTABILIZACIÓN DEL RELLENO QUE HABÍA FALLADO.....	109
FIGURA 65. FOTOGRAFÍA AÉREA DEL PRIMER DESLIZAMIENTO QUE BLOQUEO LA RUTA EN EL KM 40+700, NOVIEMBRE 2014.	112
FIGURA 66. DESLIZAMIENTO EN EL ESTACIONAMIENTO Pk 46+000 QUE GENERÓ EL CIERRE COMPLETO DE LA VÍA ENTRE Balsa-Atenas y Orotina, JUNIO 2015.	113
FIGURA 67. FOTOGRAFÍA DE UNO DE LOS BLOQUES DE ROCA MÉTRICOS QUE CAYERON SOBRE LA VÍA EN EL ESTACIONAMIENTO Pk 48 Y POR LO QUE SE TUVO QUE CERRAR LA VÍA MIENTRAS SE REMOVÍA, OCTUBRE 2017.....	114
FIGURA 68. ESTACIONAMIENTO 38+600. REMOCIÓN DE LOS MATERIALES QUE CAYERON EN LOS DOS CARRILES DE LA VÍA EL 4 DE NOVIEMBRE DEL 2020.	115
FIGURA 69. FOTOGRAFÍAS DEL SEGUNDO DESLIZAMIENTO EN EL TALUD UBICADO EN EL ESTACIONAMIENTO 40+800, NOVIEMBRE 2020.	116
FIGURA 70. SERIE DE FOTOGRAFÍAS DE LOS BLOQUES DE ROCA DE TAMAÑO MÉTRICO QUE CAYERON SOBRE LA RUTA NACIONAL No.27, EN EL ESTACIONAMIENTO Pk 75+000 Y PROVOCARON EL CIERRE DE LA VÍA EN AMBOS SENTIDOS, MARZO 2021.....	117
FIGURA 71. DESLIZAMIENTO EN KM 46+200 EL 10 DE MAYO DEL 2022.....	118
FIGURA 72. DISTRIBUCIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS REGISTRADOS EN LA RN-27 ENTRE 2010 Y 2022. LOS PUNTOS NEGROS REPRESENTAN DESLIZAMIENTOS QUE NO GENERARON NINGÚN TIPO DE CIERRE... ..	119
FIGURA 73. CLASIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE PARA LA RUTA NACIONAL No. 27	120
FIGURA 74. PROMEDIO ANUAL ACUMULADO DE LLUVIAS POR AÑO EN EL SECTOR DE Balsa de Atenas. SE PUEDE OBSERVAR COMO EL AÑO 2010 FUE EL AÑO CON MAYOR CANTIDAD DE LLUVIA ACUMULADA Y COMO EL 2015 Y EL 2016 LOS DE MENOR PRECIPITACIÓN, ESE PERIODO COINCIDE CON LOS AÑOS DE SEQUÍA DEBIDO A LA PRESENCIA DE EL NIÑO EN PAÍS SEGÚN DATOS DEL IMN	122
FIGURA 75. GRÁFICO GENERADO CON LOS EVENTOS QUE FUERON UBICADOS EN EL TIEMPO EN EL TRAMO 2 (CIUDAD COLÓN OROTINA). SE OBSERVA LA CANTIDAD TOTAL DE DESLIZAMIENTOS QUE SE HAN REGISTRADO POR MES DESDE EL 2010. NOVIEMBRE ES EL MES EN EL QUE SE REGISTRAN MÁS DESLIZAMIENTOS	123
FIGURA 76. DATOS DE CANTIDAD DE LLUVIA (MM) ACUMULA POR MES EN LA ESTACIÓN DE Balsa Atenas ENTRE EL AÑO 2010 Y SETIEMBRE DEL 2022. LOS MESES CON MAYOR CANTIDAD DE LLUVIA SE DAN A PARTIR DEL MAYO Y HASTA OCTUBRE, SIENDO SETIEMBRE, OCTUBRE Y JUNIO LOS MESES CON MAYOR CANTIDAD DE LLUVIA	124
FIGURA 77. MODELOS DE ELEVACIÓN DIGITAL Y FOTOGRAFÍAS DEL DESLIZAMIENTO EN LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO VIRILLA, CERCA DEL PUENTE DE LA RN-27 Y QUE FUE GENERADO POR EL SISMO DE 6,3 MW DEL 12 DE NOVIEMBRE DEL 2017.....	126
FIGURA 78. VISTA AÉREA DEL DESLIZAMIENTO QUE OCURRIÓ EL 18 DE SETIEMBRE DEL 2022 EN LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO VIRILLA, AGUAS ABAJO DEL PUENTE DE LA RN-27	127
FIGURA 79. COMPARACIÓN DE MODELOS DE ELEVACIÓN DIGITAL GENERADOS CON DATOS LIDAR (2017) Y FOTOGRAMETRÍA (2019 Y 2022) EN LOS QUE SE PUEDE OBSERVAR EN TONOS AZULES LOS CAMBIOS NEGATIVOS (HACIA ABAJO) Y EN TONOS ANARANJADOS LOS CAMBIOS POSITIVOS (HACIA ARRIBA) CON RESPECTO A LA SUPERFICIE DEL AÑO 2017, LA ESCALA VERTICAL ES EN EL ORDEN DE METROS.	128



FIGURA 80. CAMBIOS EN LA RASANTE DE LA VÍA EL 2017 Y EL 2022. EN LA PARTE SUPERIOR SE MUESTRA UNA FOTOGRAFÍA AÉREA DEL SITIO DE ABRIL DEL 2017, ANTES DE QUE SE CONSTRUYERAN LAS OBRAS DE ESTABILIZACIÓN. EN EL GRÁFICO DE LA PARTE INFERIOR SE MUESTRAN LAS LÍNEAS DEL PERFIL AB, DE LOS AÑOS 2019 Y 2022 (GENERADOS CON FOTOGRAMETRÍA) Y LOS CAMBIOS QUE PRESENTAN EN COMPARACIÓN CON EL PERFIL DEL AÑO 2017 A PARTIR DE DATOS LIDAR.....	130
FIGURA 81. FOTOGRAFÍA AÉREA DEL SITIO DEL HUNDIMIENTO PK 44+500. SE OBSERVAN VARIOS VEHÍCULOS LIVIANOS Y PESADOS TRANSITANDO LA ZONA CON MAYOR DEFORMACIÓN Y EN LA QUE SE DEBE DE REDUCIR LA VELOCIDAD. DE TRES CARRILES CONSTRUIDOS, ACTUALMENTE SOLO DOS ESTÁN EN OPERACIÓN, FOTOGRAFÍA DE SETIEMBRE 2022.....	131
FIGURA 82. CLASIFICACIÓN VISUAL EN FUNCIÓN DEL ESTADO DEL SEÑALAMIENTO VERTICAL.....	133
FIGURA 83. CLASIFICACIÓN VISUAL EN FUNCIÓN DEL ESTADO DEL SEÑALAMIENTO VERTICAL.....	134
FIGURA 84. ESTADO DE LAS SEÑALES VERTICALES SOBRE LA RUTA NACIONAL 27.....	139
FIGURA 85. ESTADO DE LAS SEÑALES VERTICALES POR TIPO SOBRE LA RUTA NACIONAL 27.....	140
FIGURA 86. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL ESTADO DE LAS SEÑALES VERTICALES SOBRE LA RUTA NACIONAL 27.....	140
FIGURA 87. INVENTARIO DE SEÑALES VERTICALES, RN27, SECCIÓN 0+000 – 20+000.....	141
FIGURA 88. INVENTARIO DE SEÑALES VERTICALES, RN27, SECCIÓN 20+000 – 40+000.....	142
FIGURA 89. INVENTARIO DE SEÑALES VERTICALES, RN27, SECCIÓN 40+000 – 60+000.....	142
FIGURA 90. INVENTARIO DE SEÑALES VERTICALES, RN27, SECCIÓN 60+000 – 76+000.....	143
FIGURA 91. ESTADO DE LAS SEÑALES VERTICALES SOBRE LAS RADIALES.....	145
FIGURA 92. ESTADO DE LAS SEÑALES VERTICALES POR TIPO SOBRE LA RADIAL EL COYOL.....	146
FIGURA 93. ESTADO DE LAS SEÑALES VERTICALES POR TIPO SOBRE LA RADIAL TURRÚCARES.....	146
FIGURA 94. ESTADO DE LAS SEÑALES VERTICALES POR TIPO SOBRE LA RADIAL ATENAS.....	147
FIGURA 95. ESTADO DE LAS SEÑALES VERTICALES POR TIPO SOBRE LA RADIAL ESCOBAL.....	147
FIGURA 96. REGISTRO HISTÓRICO DE LA EVALUACIÓN DE LAS SEÑALES VERTICALES DE LA RADIAL EL COYOL Y RADIAL TURRÚCARES.....	148
FIGURA 97. REGISTRO HISTÓRICO DE LA EVALUACIÓN DE LAS SEÑALES VERTICALES DE LA RADIAL ATENAS Y RADIAL ESCOBAL.....	148
FIGURA 98. INVENTARIO DE SEÑALES VERTICALES A) RADIAL COYOL, B) RADIAL TURRÚCARES.....	149
FIGURA 99. INVENTARIO DE SEÑALES VERTICALES A) RADIAL ATENAS, B) RADIAL ESCOBAL.....	150
FIGURA 100. DEMARCACIÓN HORIZONTAL DETERIORADA POR TIPO SOBRE LA RUTA NACIONAL 27.....	151
FIGURA 101. DEMARCACIÓN HORIZONTAL DETERIORADA POR COLOR SOBRE LA RUTA NACIONAL 27.....	152
FIGURA 102. DEMARCACIÓN HORIZONTAL DETERIORADA POR UBICACIÓN SOBRE LA RUTA NACIONAL 27.....	153
FIGURA 103. EVALUACIÓN DE LA DEMARCACIÓN HORIZONTAL, RN27, SECCIÓN 0+000 – 20+000.....	154
FIGURA 104. EVALUACIÓN DE LA DEMARCACIÓN HORIZONTAL, RN27, SECCIÓN 20+000 – 40+000.....	154
FIGURA 105. EVALUACIÓN DE LA DEMARCACIÓN HORIZONTAL, RN27, SECCIÓN 40+000 – 60+000.....	155
FIGURA 106. EVALUACIÓN DE LA DEMARCACIÓN HORIZONTAL, RN27, SECCIÓN 60+000 – 76+000.....	155
FIGURA 107. DEMARCACIÓN HORIZONTAL DETERIORADA POR TIPO SOBRE LAS RADIALES.....	156
FIGURA 108. DEMARCACIÓN HORIZONTAL DETERIORADA POR COLOR SOBRE LAS RADIALES.....	157
FIGURA 109. DEMARCACIÓN HORIZONTAL DETERIORADA POR UBICACIÓN SOBRE LAS RADIALES.....	158
FIGURA 110 EVALUACIÓN DE LA DEMARCACIÓN HORIZONTAL A) RADIAL COYOL, B) RADIAL TURRÚCARES.....	159
FIGURA 111. EVALUACIÓN DE LA DEMARCACIÓN HORIZONTAL A) RADIAL ATENAS, B) RADIAL ESCOBAL.....	160
FIGURA 112. ESTADO DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR DEFICIENTES Y COLISIONADOS SOBRE LA RUTA NACIONAL 27.....	161
FIGURA 113. CONDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR SOBRE LA RUTA NACIONAL 27.....	162
FIGURA 114. DEFICIENCIAS CRÍTICAS A NIVEL DE DISCONTINUIDADES EN BARRERA MEDIANERA (A) Y EN PRETIL DE PUENTE (B).....	163



FIGURA 115. DEFICIENCIAS CRÍTICAS A NIVEL DE TERMINALES: INICIO DE BARRERA MEDIANERA (A), INICIO DE BARRERA LATERAL (B), ZONA DE PEAJE (C) Y RAMPA DE SALIDA (D)	164
FIGURA 116. COMPARACIÓN DEL REGISTRO HISTÓRICO DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR EN CONDICIÓN DEFICIENTE	166
FIGURA 117. EVALUACIÓN DE LOS SCV DEFICIENTES, RN27, SECCIÓN 0+000 – 20+000	167
FIGURA 118. EVALUACIÓN DE LOS SCV DEFICIENTES, RN27, SECCIÓN 20+000 – 40+000	168
FIGURA 119. EVALUACIÓN DE LOS SCV DEFICIENTES, RN27, SECCIÓN 40+000 – 60+000	168
FIGURA 120. EVALUACIÓN DE LOS SCV DEFICIENTES, RN27, SECCIÓN 40+000 – 76+000	169
FIGURA 121. CLASIFICACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES DE LOS SCV SOBRE LA RUTA NACIONAL 27	170
FIGURA 122. DEFICIENCIAS CRÍTICAS A NIVEL DE DISCONTINUIDADES EN BARRERA MEDIANERA (A) Y EN PRETIL DE PUENTE (B).....	171
FIGURA 123. EVALUACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN SCV, RN27, SECCIÓN 0+000 – 20+000	172
FIGURA 124. EVALUACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN SCV, RN27, SECCIÓN 20+000 – 40+000	173
FIGURA 125. EVALUACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN SCV, RN27, SECCIÓN 40+000 – 60+000	173
FIGURA 126. EVALUACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN SCV, RN27, SECCIÓN 40+000 – 76+000	174
FIGURA 127. ESTADO DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR DEFICIENTES Y COLISIONADOS SOBRE LAS RADIALES.....	175
FIGURA 128. CONDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR SOBRE LAS RADIALES	176
FIGURA 129. CONDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR POR TIPO DE DEFICIENCIAS SOBRE RADIAL EL COYOL	177
FIGURA 130. CONDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR POR TIPO DE DEFICIENCIAS SOBRE RADIAL TURRÚCARES	177
FIGURA 131. CONDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR POR TIPO DE DEFICIENCIAS SOBRE RADIAL ATENAS.....	178
FIGURA 132. CONDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR POR TIPO DE DEFICIENCIAS SOBRE RADIAL ESCOBAL.....	178
FIGURA 133. COMPARACIÓN DEL REGISTRO HISTÓRICO DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR EN CONDICIÓN DEFICIENTE	181
FIGURA 134 EVALUACIÓN DE LOS SCV A) RADIAL EL COYOL, B) RADIAL TURRÚCARES.....	182
FIGURA 135. EVALUACIÓN DE LOS SCV A) RADIAL ATENAS, B) RADIAL ESCOBAL	183
FIGURA 136. CLASIFICACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES DE LOS SCV SOBRE LAS RADIALES.....	184
FIGURA 137. DEFICIENCIAS CRÍTICAS A NIVEL DE DISCONTINUIDADES EN BARRERAS DE CONCRETO EN LA RADIAL EL COYOL (A) Y RADIAL ATENAS (B).....	184
FIGURA 138. EVALUACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN SCV A) RADIAL EL COYOL, B) RADIAL ATENAS	185
FIGURA 139. HISTOGRAMA DE ANCHOS DE ESPALDONES EXTERNOS SOBRE LA RUTA NACIONAL 27	187
FIGURA 140. HISTOGRAMA DE ANCHOS DE ESPALDONES INTERNOS SOBRE LA RUTA NACIONAL 27	188
FIGURA 141. HISTOGRAMA DE ANCHOS DE ESPALDONES EXTERNOS SOBRE LAS RADIALES	189
FIGURA 142. REGISTRO DE CHOQUES VIALES SOBRE LA RN 27, PERIODO 2016-2021	191
FIGURA 143. HISTOGRAMA DE CHOQUES TOTALES POR KM, SOBRE LA RN27, PERIODO 2016 – 2021	193
FIGURA 144. HISTOGRAMA DE TASA DE ACCIDENTABILIDAD POR MILLÓN DE VEHÍCULOS - KM, SOBRE LA RN27, PERIODO 2016 – 2021	194
FIGURA 145. REGISTRO DE CHOQUES VIALES SOBRE LAS RADIALES COYOL, ATENAS, TURRÚCARES Y ESCOBAL, PERIODO 2016-2020	196
FIGURA 146. TRAMO 1: SECTOR SUR DEL PARQUE DE LA SABANA.....	201
FIGURA 147. TRAMO 2: INMEDIACIONES PEAJE ESCAZÚ.....	202
FIGURA 148. TRAMO 3: SECTOR ENTRE MULTIPLAZA ESCAZÚ Y CLUB CAMPESTRE SANTA ANA	203
FIGURA 149. TRAMO 4: SECTOR ENTRE CLUB CAMPESTRE SANTA ANA Y PEAJE HACIA CIUDAD COLÓN. 204	



FIGURA 150. TRAMO 5: SECTOR OESTE DEL PASO A DESNIVEL RN 124, LA GUÁCIMA.....	205
FIGURA 151. TRAMO 6: SECTOR SUR DE CALLE HACIENDA VIEJA, OROTINA	206
FIGURA 152. TRAMO 7: ESTE DE RADIAL POZÓN.....	207
FIGURA 153. TRAMO 8: SECTOR ENTRE RADIAL CEIBA Y RADIAL CASCAJAL	209
FIGURA 154. TRAMO 9: INMEDIACIONES DE SERVICENTRO 27, PREDIO Y ALMACÉN CALDERA	209
FIGURA 155. TRAMO 1 RADIAL COYOL: INMEDIACIONES DE MATRA Y GASOLINERA MIGAS.....	211
FIGURA 156. TRAMO 1 RADIAL ATENAS: GASOLINERA RÍO GRANDE.....	212
FIGURA 157. RIESGO DE SINIESTRALIDAD POR TRAMO HOMOGÉNEO: SECCIÓN 0+000 – 20+000.....	215
FIGURA 158. RIESGO DE SINIESTRALIDAD POR TRAMO HOMOGÉNEO: SECCIÓN 20+000 – 40+000.....	216
FIGURA 159. RIESGO DE SINIESTRALIDAD POR TRAMO HOMOGÉNEO: SECCIÓN 40+000 – 60+000.....	217
FIGURA 160. RIESGO DE SINIESTRALIDAD POR TRAMO HOMOGÉNEO: SECCIÓN 60+000 – 77+000.....	218
FIGURA 161. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TRAMO HOMOGÉNEO 17	219
FIGURA 162. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TRAMO HOMOGÉNEO 56	221
FIGURA 163. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TRAMO HOMOGÉNEO 62	222
FIGURA 164. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TRAMO HOMOGÉNEO 65	223
FIGURA 165. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TRAMO HOMOGÉNEO 72	225
FIGURA 166. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TRAMO HOMOGÉNEO 86	226
FIGURA 167. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TRAMO HOMOGÉNEO 112.....	227
FIGURA 168. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TRAMO HOMOGÉNEO 139.....	228
FIGURA 169. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TRAMO HOMOGÉNEO 142.....	229
FIGURA 170. RIESGO DE SINIESTRALIDAD POR TRAMO HOMOGÉNEO RADIAL COYOL	231
FIGURA 171. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TRAMO HOMOGÉNEO 10.....	233
FIGURA 172. SECCIÓN TRANSVERSAL DE LOS TRAMOS HOMOGÉNEOS 13-14.....	234
FIGURA 173. RIESGO DE SINIESTRALIDAD POR TRAMO HOMOGÉNEO RADIAL ATENAS	235
FIGURA 174. EJEMPLO DE RECORRIDO DE VECINOS DEL POBLADO DE UVITA, SECTOR ESTE	239
FIGURA 175. VECINOS DE UVITA Y OTROS POBLADOS CERCANOS, ESPERANDO AUTOBÚS.....	240
FIGURA 176. ACCESOS INSEGUROS A RUTA NACIONAL 27, ALEDAÑO AL PUENTE SOBRE EL RÍO CARAÑA	244
FIGURA 177. CHOQUES VIALES CONTRA SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR DE CONCRETO DEFICIENTE	245

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RANGOS DE DEFLEXIÓN, UTILIZADOS PARA CLASIFICAR LOS DATOS DE DEFLECTOMETRÍA DEL PROYECTO	26
TABLA 2. DEFLEXIONES FWD OBTENIDAS PARA EL SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA, CAMPAÑA 2021-2022	26
TABLA 3. DEFLEXIONES FWD OBTENIDAS PARA EL SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, CAMPAÑA 2021-2022	27
TABLA 4. RANGOS DE CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI).....	31
TABLA 5. RESULTADOS OBTENIDOS EN REGULARIDAD SUPERFICIAL, RUTA 27.....	33
TABLA 6. CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO SEGÚN EL GN	39
TABLA 7. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL GRIPTESTER	40
TABLA 8. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL MUMETER	41
TABLA 9. RANGO DE APLICACIÓN DEL MODELO PARA EL CÁLCULO DEL PSI COSTA RICA	98
TABLA 10. SECCIONES DE CONTROL	99
TABLA 11, AÑO EN EL QUE EL PSI ALCANZA EL VALOR DE 3,0 (UMBRAL DE REHABILITACIÓN MAYOR)	104
TABLA 12. RESUMEN DE LOS DESLIZAMIENTOS QUE HAN GENERADO CIERRES COMPLETOS EN LA RN-27	110
TABLA 13. PARÁMETROS Y CRITERIOS PARA EVALUACIÓN DE SCV	135
TABLA 14. PARÁMETROS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA SCV (CONTINUACIÓN)	135



TABLA 15. PARÁMETROS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA DISCONTINUIDADES.....	136
TABLA 16. CLASIFICACIÓN DE EXPOSICIÓN AL RIESGO POR CHOQUES VIALES	138
TABLA 17. REGISTRO DE SEÑALES SEGMENTADAS POR TIPO Y ESTADO SOBRE LA RUTA NACIONAL 27 ...	139
TABLA 18. REGISTRO DE SEÑALES SEGMENTADAS POR TIPO Y ESTADO SOBRE LA RADIAL EL COYOL	144
TABLA 19. REGISTRO DE SEÑALES SEGMENTADAS POR TIPO Y ESTADO SOBRE LA RADIAL TURRÚCARES	144
TABLA 20. REGISTRO DE SEÑALES SEGMENTADAS POR TIPO Y ESTADO SOBRE LA RADIAL ATENAS.....	144
TABLA 21. REGISTRO DE SEÑALES SEGMENTADAS POR TIPO Y ESTADO SOBRE LA RADIAL ESCOBAL.....	145
TABLA 22. DEMARCACIÓN HORIZONTAL DETERIORADA POR TIPO SOBRE LA RUTA NACIONAL 27.....	151
TABLA 23. DEMARCACIÓN HORIZONTAL DETERIORADA POR COLOR SOBRE LA RUTA NACIONAL 27	152
TABLA 24. DEMARCACIÓN HORIZONTAL DETERIORADA POR UBICACIÓN SOBRE LA RUTA NACIONAL 27 ...	153
TABLA 25. DEMARCACIÓN HORIZONTAL DETERIORADA POR TIPO SOBRE LAS RADIALES	157
TABLA 26. DEMARCACIÓN HORIZONTAL DETERIORADA POR COLOR SOBRE LAS RADIALES.....	157
TABLA 27. DEMARCACIÓN HORIZONTAL DETERIORADA POR UBICACIÓN SOBRE LAS RADIALES	158
TABLA 28. REGISTRO DEL ESTADO Y CONDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR SOBRE LA RUTA NACIONAL 27	161
TABLA 29. REGISTRO DEL ESTADO Y CONDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR SOBRE LA RUTA NACIONAL 27	162
TABLA 30. REGISTRO HISTÓRICO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN POR ESTADO, CONDICIÓN Y TIPO DE DISPOSITIVO SOBRE LA RUTA NACIONAL 27	165
TABLA 31. REGISTRO HISTÓRICO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN POR ESTADO, CONDICIÓN Y TIPO DE DISPOSITIVO SOBRE LA RUTA NACIONAL 27 (CONTINUACIÓN).....	165
TABLA 32. CLASIFICACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES DE LOS SCV SOBRE LA RUTA NACIONAL 27.....	170
TABLA 33. REGISTRO HISTÓRICO POR CLASIFICACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES DE LOS SCV SOBRE LA RUTA NACIONAL 27	171
TABLA 34. REGISTRO DEL ESTADO Y CONDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR SOBRE LAS RADIALES	175
TABLA 35. REGISTRO DEL ESTADO Y CONDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR SOBRE LAS RADIALES	176
TABLA 36. REGISTRO HISTÓRICO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN POR ESTADO, CONDICIÓN Y TIPO DE DISPOSITIVO SOBRE LAS RADIALES	179
TABLA 37. REGISTRO HISTÓRICO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN POR ESTADO, CONDICIÓN Y TIPO DE DISPOSITIVO SOBRE LAS RADIALES (CONTINUACIÓN)	180
TABLA 38. CLASIFICACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES DE LOS SCV SOBRE LAS RADIALES	183
TABLA 39. CHOQUES VIALES POR TIPO DE EVENTO SOBRE LA RN 27, PERIODO 2016-2021.....	191
TABLA 40. DESGLOSE DE DATOS DE HISTOGRAMA DE CHOQUES VIALES SOBRE LA RN27, PERIODO 2016-2021.....	192
TABLA 41. DESGLOSE DE DATOS DE TASA DE ACCIDENTABILIDAD POR MILLÓN DE VEHÍCULOS - KM SOBRE LA RN27, PERIODO 2016-2021	194
TABLA 42. CHOQUES VIALES POR TIPO DE EVENTO SOBRE LAS RADIALES COYOL, ATENAS, TURRÚCARES Y ESCOBAL, PERIODO 2016-2020	196
TABLA 43. LISTA DE TRAMOS CON OCURRENCIA DE ATROPELLOS SOBRE LA RN27, PERIODO 2016 – 2021	198
TABLA 44. LISTA DE TRAMOS CON OCURRENCIA DE ATROPELLOS SOBRE LA RADIAL COYOL, PERIODO 2016 – 2020.....	210
TABLA 45. LISTA DE TRAMOS CON OCURRENCIA DE ATROPELLOS SOBRE LA RADIAL ATENAS, PERIODO 2016 – 2020.....	211
TABLA 46. TRAMOS HOMOGÉNEOS EN FUNCIÓN DEL RIESGO DE SINIESTRALIDAD	213
TABLA 47. TRAMOS HOMOGÉNEOS EN FUNCIÓN DEL RIESGO DE SINIESTRALIDAD	230



TABLA 48. TRAMOS HOMOGÉNEOS EN FUNCIÓN DEL RIESGO DE SINIESTRALIDAD 235

ÍNDICE DE FIGURAS ANEXO

<i>FIGURA A1 1.</i> RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 - 20+000.....	275
<i>FIGURA A1 2.</i> RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 20+000 - 40+000.....	276
<i>FIGURA A1 3.</i> RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 40+000 - 60+000.....	277
<i>FIGURA A1 4.</i> RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 60+000 - 76+000.....	278
<i>FIGURA A1 5.</i> RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000.....	279
<i>FIGURA A1 6.</i> RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 20+000 – 40+000.....	280
<i>FIGURA A1 7.</i> RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000.....	281
<i>FIGURA A1 8.</i> RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 60+000 - 76+000.....	282
<i>FIGURA A2 1.</i> RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 - 20+000.....	284
<i>FIGURA A2 2.</i> RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 20+000 - 40+000.....	285
<i>FIGURA A2 3.</i> RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 40+000 - 60+000.....	286
<i>FIGURA A2 4.</i> RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 60+000 - 76+000.....	287
<i>FIGURA A2 5.</i> RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000.....	288
<i>FIGURA A2 6.</i> RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000.....	289
<i>FIGURA A2 7.</i> RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000.....	290
<i>FIGURA A3 1.</i> RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 - 20+000.....	293
<i>FIGURA A3 2.</i> RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 20+000 - 40+000.....	293
<i>FIGURA A3 3.</i> RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 40+000 - 60+000.....	294
<i>FIGURA A3 4.</i> RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 60+000 - 76+000.....	294
<i>FIGURA A3 5.</i> RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000.....	295
<i>FIGURA A3 6.</i> RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000.....	295



FIGURA A3 7. RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000.....	296
FIGURA A3 8. RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 60+000 - 76+000.....	296
FIGURA A3 9. RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 - 20+000.....	297
FIGURA A3 10. RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 20+000 - 40+000.....	297
FIGURA A3 11. RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 40+000 -	298
FIGURA A3 12. RESULTADOS MUMETE, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 60+000 - 76+000.....	298
FIGURA A3 13. RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000.....	299
FIGURA A3 14. RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000.....	299
FIGURA A3 15. RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000.....	300
FIGURA A3 16. RESULTADOS MUMETER, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 60+000 - 76+000.....	300
FIGURA A4 1. RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 0+000 - 20+000.....	302
FIGURA A4 2. RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 20+000 - 40+000.....	303
FIGURA A4 3. RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 40+000 - 60+000.....	304
FIGURA A4 4. RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 60+000 - 76+000.....	305
FIGURA A4 5. RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000.....	306
FIGURA A4 6. RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000.....	307
FIGURA A4 7. RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000.....	308
FIGURA A4 8. RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 60+000 - 76+000.....	309
FIGURA A5 1. RESULTADOS FWD, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL.....	311
FIGURA A5 2. RESULTADOS FWD, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27.....	312
FIGURA A5 3. RESULTADOS IRI, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL	313
FIGURA A5 4. RESULTADOS IRI, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27.....	314
FIGURA A5 5. RESULTADOS GRIP, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL	315
FIGURA A5 6. RESULTADOS GRIP, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27	316
FIGURA A5 7. RESULTADOS MUMETER, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 – EL COYOL.	317
FIGURA A5 8. RESULTADOS MUMETER, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27 ..	318
FIGURA A5 9. RESULTADOS NOTAS Q, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL....	319
FIGURA A5 10. RESULTADOS NOTAS Q, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27..	320



FIGURA A5 11. RESULTADOS BACHEO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL ... 321

FIGURA A5 12. RESULTADOS BACHEO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27 ... 322

FIGURA A5 13. RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL 323

FIGURA A5 14. RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL – RUTA NACIONAL 27 324

FIGURA A5 15. RESULTADOS EXUDACIÓN, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 – EL COYOL 325

FIGURA A5 16. RESULTADOS EXUDACIÓN, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL – RUTA NACIONAL 27 326

FIGURA A5 17. RESULTADOS AGRIETAMIENTO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL – RUTA NACIONAL 27 327

FIGURA A5 18. RESULTADOS AGRIETAMIENTO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 – EL COYOL 328

FIGURA A5 19. RESULTADOS FWD, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS..... 329

FIGURA A5 20. RESULTADOS FWD, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27 330

FIGURA A5 21. RESULTADOS IRI, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS 331

FIGURA A5 22. RESULTADOS IRI, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27 332

FIGURA A5 23. RESULTADOS GRIP, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS 333

FIGURA A5 24. RESULTADOS GRIP, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27 334

FIGURA A5 25. RESULTADOS MUMETER, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS 335

FIGURA A5 26. RESULTADOS MUMETER, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27 336

FIGURA A5 27. RESULTADOS NOTAS Q, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS 337

FIGURA A5 28. RESULTADOS NOTAS Q, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27 338

FIGURA A5 29. RESULTADOS BACHEO, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS 339

FIGURA A5 30. RESULTADOS BACHEO, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27 340

FIGURA A5 31. RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS 341

FIGURA A5 32. RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27 342

FIGURA A5 33. RESULTADOS EXUDACIÓN, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 – ATENAS 343

FIGURA A5 34. RESULTADOS EXUDACIÓN, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS – RUTA NACIONAL 27 344

FIGURA A5 35. RESULTADOS AGRIETAMIENTO, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 – ATENAS 345

FIGURA A5 36. RESULTADOS AGRIETAMIENTO, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS – RUTA NACIONAL 27 346



RESUMEN

Bajo el marco de la Ley No. 8114, le corresponde al LanammeUCR realizar una evaluación anual de las carreteras administradas bajo la modalidad de concesión de obra pública, cumpliendo la función de ser un instrumento eficaz e imparcial contribuyendo a garantizar la calidad y el mantenimiento de los niveles de servicio del patrimonio vial en manos de empresas concesionarias. En este informe se evalúa la condición actual de la Concesión de Obra Pública Ruta Nacional 27 Carretera San José – Caldera para el periodo 2021 – 2022.

Para valorar de forma objetiva la calidad y desempeño de un proyecto en concesión y el mantenimiento de los niveles de servicio a lo largo de la vida útil del mismo, es necesario contar con especificaciones técnicas que definan estándares mínimos de calidad. En el caso de especificaciones contractuales en un estudio anterior se identificó poca exigencia o ambigüedad en los parámetros, equipos o procedimientos de medición, la *Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del Programa de Infraestructura de Transporte del LanammeUCR*, realizó la valoración de acuerdo con los estándares de calidad, equipos y procedimientos establecidos internacionalmente para este tipo de proyectos. El análisis de las especificaciones contractuales ya fue presentado en el informe *LM-PI-ERV-40-2010*, emitido el 18 de octubre del año 2010.

Los parámetros técnicos con los que se realizó la evaluación de este proyecto están relacionados directamente con la vida útil o de servicio del proyecto, con el costo de operación de la flota vehicular que por allí circula y con los niveles de seguridad vial que se brindan. Para el análisis de la capacidad estructural, se utilizó el *Deflectómetro de Impacto (FWD)* para medir las deflexiones obtenidas al someter al pavimento a una fuerza que simula cargas de tránsito, lo que permite calcular la capacidad del paquete estructural del pavimento. Para el análisis de la capacidad funcional, se utilizó el *Perfilómetro Láser*, que mide las irregularidades superficiales (*IRI*) de las vías, asociadas tanto al confort percibido por los usuarios, como con los costos de operación de los vehículos que circulan por un tramo de ruta.

En el tema de seguridad vial, la *Unidad de Seguridad Vial y Transporte del Programa de Infraestructura de Transporte del LanammeUCR*, utilizó dos equipos para medir la condición de deslizamiento de la superficie del pavimento, conocidos por su nombre en inglés como GripTester y el MuMeter: ambos equipos miden el coeficiente de fricción del pavimento en mojado (condición crítica), parámetro que podría incidir en los choques viales ante condiciones de baja fricción entre la vía y las ruedas de los vehículos.

También, mediante el equipo de inventario móvil, se realizó la evaluación de los sistemas de contención vehicular en condición colisionada o deficiente, así como la



evaluación de las señales verticales y demarcación horizontal de la troncal principal y de las radiales. A nivel de choques viales, se analizaron los sitios con mayor ocurrencia de atropellos y los tramos de concentración de choques viales sobre la troncal principal.

Por último, con el Equipo de Imágenes Georreferenciadas de Alta Resolución, se realizó un levantamiento completo tanto de la troncal principal, como de las radiales del proyecto, lo cual permite tener un registro histórico del estado de la ruta al momento de dicha evaluación, así como la obtención de la ubicación, tipo y severidad de ciertos deterioros que afectan su superficie.

Reconocimiento

Se extiende un reconocimiento al Ing. Stephan Rodríguez Shum, especialista en seguridad vial, quien coordinó los análisis respectivos en temas de movilidad y seguridad vial.

Asimismo, se extiende un reconocimiento por la valiosa colaboración brindada en el desarrollo de este informe a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil que cumplen con labores de asistencia, los cuales son:

Unidad de gestión de la red vial nacional (UGERVN)

- Sophia Calderón Trigueros
- Alejandro Vargas Vargas

Unidad de seguridad vial y transporte (USVT)

- Sofía Abarca Rodríguez
- Andrés Monge Zúñiga

Sin su valioso aporte no sería posible esta importante herramienta de gestión y evaluación de la infraestructura Nacional.



1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

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 anual de los proyectos y puentes en concesión.

De conformidad con lo señalado, el presente es un informe de evaluación que se enmarca en las funciones de fiscalizador que la citada ley le confiere al LanammeUCR. El trabajo realizado tiene como uno de los puntos de partida el levantamiento y la obtención de datos realizados por parte del Laboratorio de Evaluación de Pavimentos con los distintos equipos de alta tecnología con los que cuenta el LanammeUCR. Cabe destacar su alto nivel profesional y técnico a la hora de recabar información en sitio, lo que permite obtener resultados altamente confiables para el análisis incluido en este informe.

La calidad final de un proyecto vial administrado bajo la modalidad de concesión de obra pública depende principalmente de dos aspectos: 1. La rigurosa fundamentación técnica de las especificaciones establecidas en el contrato, tomando en consideración que el proyecto debe brindar a los usuarios un servicio eficiente, confortable y seguro, considerando que además debe darse una recuperación del patrimonio vial representado por el proyecto específico, ya que eventualmente su gestión volverá a manos de la Administración; y 2. Que el Estado o el ente encargado de fiscalizar el cumplimiento contractual, tenga acceso o cuente con los recursos, capacidad técnica, conocimiento y tecnología suficiente para velar por el mantenimiento de los niveles de servicio a lo largo de la vida útil del proyecto, y exigir al *Concesionario* el cumplimiento de los estándares establecidos.

El LanammeUCR ha evaluado este proyecto desde el año 2010, lo que representa una experiencia de aproximadamente 1.640 km acumulado evaluados hasta el año 2021 con equipos de alta tecnología, lo cual garantiza un alto nivel de profesionalismo y calidad en la evaluación de proyectos de este tipo. Cabe destacar que la principal diferencia entre evaluar un proyecto en concesión en comparación con la *Red Vial Nacional* no radica en los parámetros que se evalúan, sino en el nivel de detalle de la información que se genera; es decir, mientras una evaluación a nivel de red permite realizar mediciones con frecuencias mayores (ej. cada 500 metros) para poder calificar la condición de las vías, en evaluaciones a nivel de proyecto es necesario realizar mediciones con intervalos menores (ej. cada 50 metros).



Tomando en consideración lo explicado anteriormente, la evaluación realizada en este proyecto se representa en el siguiente esquema operativo (Figura 1):

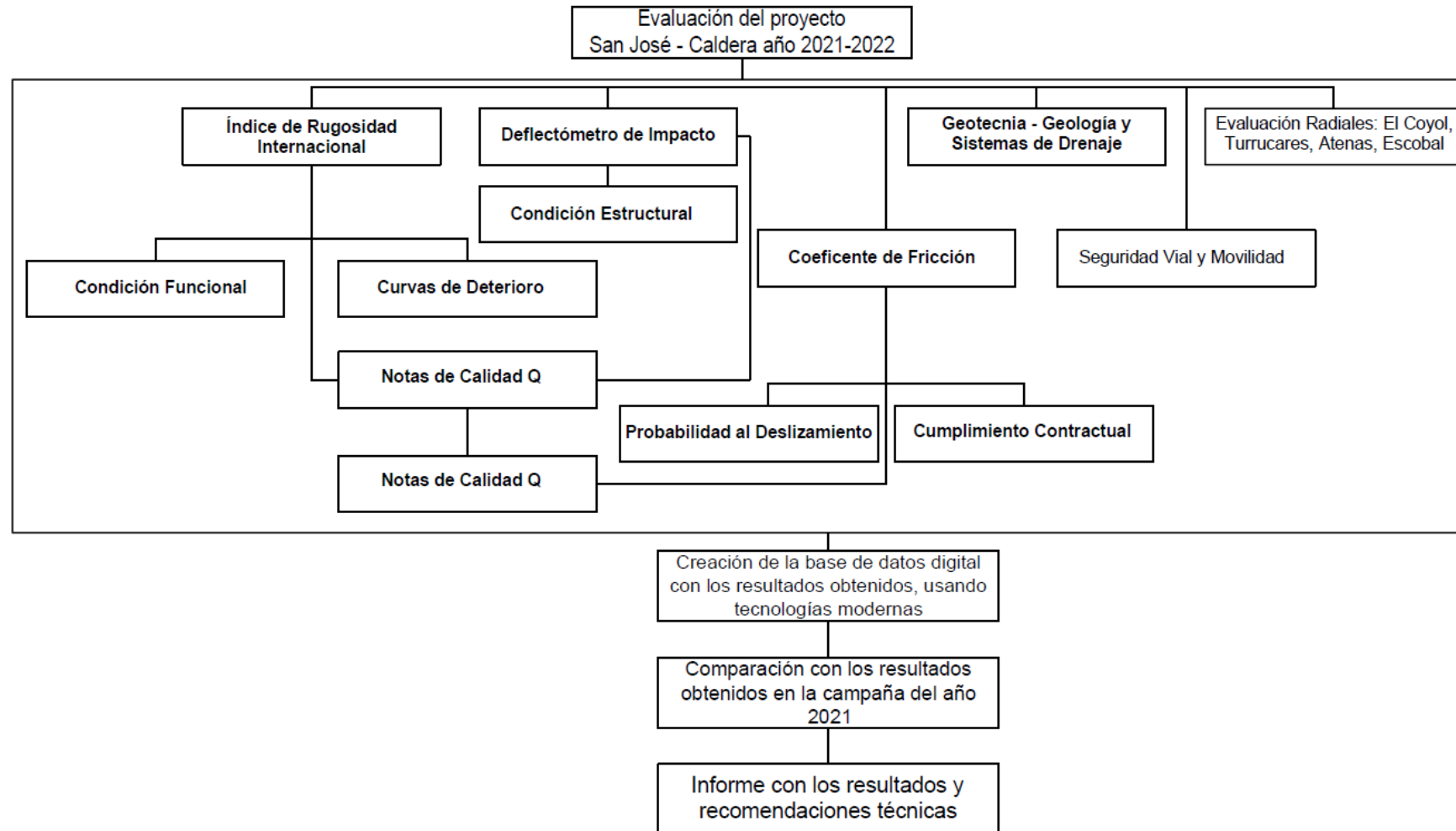


Figura 1: Diagrama de la evaluación del proyecto San José – Caldera Ruta 27, años 2021 - 2022.



Como parte de las obras realizadas por la concesionaria en la carretera San José - Caldera, se incluyó en el proyecto la construcción de las siguientes radiales:

- Radial El Coyol de Alajuela (4,1 km)
- Radial Turrúcares (0,1 km)
- Radial Atenas (3,30 km)
- Radial Escobal (0,30 km)

Los mismos equipos y parámetros de evaluación aplicados a la troncal principal, fueron utilizados en la evaluación de estas radiales.

Se realizó la evaluación de dispositivos que inciden en la seguridad vial de la Ruta Nacional 27 y sus radiales, por medio de la implementación de diversas técnicas y equipos, tales como observación directa y el uso de imágenes georreferenciadas, como lo son los sistemas de contención vehicular, la señalización vertical y la demarcación horizontal. De forma complementaria, a partir de los datos de choques viales se identificaron tramos con mayor ocurrencia de atropellos y mayor concentración de choques viales sobre la troncal principal y sus radiales, tramos en los que se realizó una evaluación específica y se propusieron medidas a implementar en el corto y largo plazo.

Se presenta un análisis geológico y geotécnico en sitios de interés por medio de la combinación de distintas técnicas y equipos, tales como giras al sitio, observación directa, uso de VANT entre otras: específicamente en cinco taludes aledaños a la ruta, así como un control de aquellos sitios que han presentado, en el pasado, problemas como deslizamientos y drenaje ácido. Para la realización de esta evaluación se siguió la siguiente metodología:

1. Seguimiento por medio de observación y registro de imágenes georreferenciadas de la condición de sitios de la carretera que históricamente han presentado problemas que son de interés para las áreas de geología y geotecnia, así como seguimiento a aquellos sitios que han sido evaluados en informes anteriores del LanammeUCR.
2. Evaluaciones por medio de observación y registro de imágenes georreferenciadas de campo periódicas con los siguientes objetivos:
 - 2.1 Descripción de las condiciones geológicas de los sitios de interés, en especial aquellas que afectan el desempeño de las obras construidas por el Concesionario. Esto incluye la observación y determinación del grado de meteorización por métodos comparativos y alteración de los materiales en relación con su origen geológico, sitios que presentan Drenaje Ácido de Rocas, entre otros.



- 2.2 Descripción de condiciones geotécnicas de los sitios y las obras de interés. Esto incluye la identificación y descripción de sitios con materiales que evidencien inestabilidad, así como el riesgo potencial que representan según la altura del talud o ladera, la cercanía con la carretera y su condición de deterioro. Descripción de nuevas obras geotécnicas, criterio del equipo evaluador sobre la efectividad de las nuevas intervenciones que haya realizado el Concesionario en este campo, descripción de la condición y la evolución de las obras geotécnicas anteriormente construidas y evaluadas, tales como obras de retención, rellenos y sistemas de drenaje en los taludes, incluyendo deterioros, evidencia o falta de mantenimiento, problemas de erosión, deformaciones u otros cambios observables, registro fotográfico de la pérdida de funcionalidad en aquellos casos donde las intervenciones no hayan logrado mantener la integridad del talud intervenido, entre otros.
- 2.3 Levantamiento de datos mediante el registro fotográfico de la condición de estos activos geotécnicos y generación de modelos de elevación digital mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados.
- 2.4 Monitoreo geotécnico de sitios de interés. En los sitios en los que el LanammeUCR mantiene activos los equipos que se utilizan para el monitoreo de obras geotécnicas, se realiza el respectivo levantamiento de los datos, la descripción de la condición de dichas obras, registro de nuevos deterioros identificados tanto en la obra geotécnica como en el pavimento de la carretera, descripción de la consecuente afectación a los usuarios, valoración de la necesidad de comunicar alguna situación particular al Consejo Nacional de Concesiones, entre otros. La instalación de los equipos de monitoreo geotécnico se realiza en coordinación con el CNC, con el fin de que este a su vez informe al Concesionario sobre las actividades de monitoreo que realiza el LanammeUCR.
3. Comunicación con el Consejo Nacional de Concesiones (CNC). En los casos que se considera oportuno se realizan consultas al CNC sobre información requerida para llevar a cabo la evaluación de la ruta en concesión. Además, si producto del seguimiento de la condición de los activos geotécnicos, en algún momento se considera necesario informar al CNC sobre alguna condición particular que se considere de alto riesgo potencial para los usuarios, inmediatamente se prepara un oficio con el detalle de la información pertinente según sea el caso.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 24

4. Procesamiento de los datos obtenidos. Los datos obtenidos en las evaluaciones de campo, así como toda la información recopilada durante el año de evaluación es procesada y organizada, con el fin de identificar los aspectos más relevantes que serán posteriormente desarrollados para aportar al informe de evaluación anual de esta ruta en concesión.
5. Generación del capítulo de evaluación de la condición geológica y geotécnica de esta Ruta Nacional.

2 OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO EN CONCESIÓN SAN JOSÉ – CALDERA, AÑOS 2021 - 2022

2.1 Objetivo General

Evaluar el desempeño del proyecto en concesión San José – Caldera, Ruta Nacional 27, en el plazo comprendido entre julio del 2021 y junio 2022, cuantificando de manera sistemática su evolución a lo largo del tiempo. Esta evaluación se realiza con el propósito de brindar a la Administración, información oportuna y confiable que permita complementar los controles de fiscalización que son también potestad del Estado.

2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la resistencia estructural de los pavimentos construidos, con el *Deflectómetro de Impacto* y clasificarla según rangos de estado.
- Evaluar el estado de la regularidad superficial y roderas del pavimento del proyecto concesionado con el *Perfilómetro Láser* y clasificarlo en rangos de estado.
- Evaluar el coeficiente de rozamiento de la superficie de los pavimentos en el proyecto concesionado, con los *Medidores de Coeficiente de Rozamiento*.
- Evaluar para la troncal y sus radiales la condición superficial de aquellos deterioros que puedan medirse adecuadamente a través de imágenes digitales georreferenciadas.
- Comparar técnicamente las condiciones actuales del estado del proyecto concesionado con aquellas obtenidas en años anteriores.
- Elaborar curvas de deterioro que permitan extrapolar la condición en que se podría encontrar la carretera en años futuros, según las tendencias obtenidas con base en las evaluaciones de la condición funcional realizadas a la fecha.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 25

- Evaluar la condición de taludes, deslizamientos y sistemas de drenaje desde el punto de vista geológico y geotécnico, a partir de observaciones realizadas en visitas.
- Evaluar las condiciones de seguridad vial de la troncal y sus radiales desde el punto de vista de una movilidad segura de todos los usuarios viales.
- Mantener una base de datos actualizada de los parámetros técnicos del proyecto, que sea útil para la planificación de obras destinada al mejoramiento de la vía.

3 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN, PERIODO EVALUACIÓN 2021 – 2022

3.1 Capacidad estructural, deflexiones obtenidas mediante el FWD, troncal principal

3.1.1 Equipo utilizado y criterios de clasificación

Los detalles del *Deflectómetro de Impacto* utilizado, y la metodología seguida de evaluación aparecen en la Ficha Técnica *FT-UGERVN-02-13*, disponible en el sitio Internet del *LanammeUCR* (www.lanamme.ucr.ac.cr).

La evaluación del proyecto abarcó la totalidad de su longitud, es decir aproximadamente 153 km (76,6 km en cada sentido)¹ de carretera pavimentada, con mediciones cada 50 metros. En aquellos tramos con sólo un carril por sentido, fueron evaluados ambos carriles; mientras que en aquellos tramos con dos o más carriles por sentido se evaluó el carril externo, considerándolo como el carril de diseño por ser el que resiste las mayores concentraciones de carga vehicular y, se considera homogeneidad de la condición estructural en el sentido transversal de las secciones evaluadas.

Como parte de las investigaciones realizadas en el año 2008, en el *LanammeUCR* se desarrolló una metodología para calcular los distintos rangos de deflectometría, con base en la estructura de pavimento que presenta cada tramo de carretera². Estos rangos, mostrados en la Tabla 1, tienen por objeto calificar la condición estructural del proyecto considerando el diseño estructural realizado por el Concesionario, por lo que fueron utilizados en la presente evaluación para clasificar los resultados.

¹ Dentro de esta longitud no se incluye las cinco radiales.

² El informe *Determinación de Rangos de Clasificación para la Red Vial Nacional, UI-PE-03-08*, del *LanammeUCR* explica la metodología para establecer los rangos de FWD e IRI para clasificar el proyecto. Los rangos de FWD fueron calculados específicamente para esta ruta, tomando en consideración las distintas estructuras del pavimento.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 26

Tabla 1. Rangos de deflexión, utilizados para clasificar los datos de deflectometría del proyecto

Tramo	San José - Escazú (0+000 – 3+605)	Escazú – Ciudad Colón (3+605 – 14+025)	Ciudad Colón - Orotina (14+025 – 51+720)	Orotina - Caldera (51+720 – 76+310)
Categorías deflexión	Rangos (en mm ⁻³)			
Bajas	menor a 520	menor a 360	menor a 470	menor a 500
Moderadas	520 – 570	360 – 400	470 – 520	500 – 580
Altas	570 – 710	400 – 490	520 – 660	580 – 800
Muy Altas	mayor a 710	mayor a 490	mayor a 660	mayor a 800

3.1.2 Resultados obtenidos, mes de septiembre del 2021

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos por medio del deflectómetro de impacto en el sentido San José - Caldera, para la campaña de evaluación 2021 – 2022; la Figura 2 muestra en forma gráfica este resultado.

Tabla 2. Deflexiones FWD obtenidas para el sentido San José - Caldera, campaña 2021-2022

Tipo de Deflexiones	Longitud (km)	Porcentajes (%)
Bajas	75	97,40
Moderadas	1	1,30
Altas	1	1,30
Muy Altas	0	0,0
Total	77	100

Deflexión en Estructura de Pavimento San José - Caldera, 2021-2022

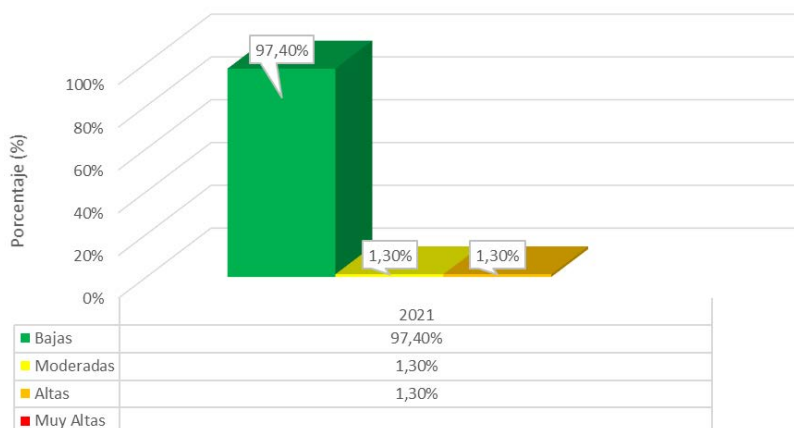


Figura 2. Estado general de la capacidad estructural por medio de deflexiones en sentido San José – Caldera, campaña 2021 – 2022



En la Figura 3 se muestra la ubicación geográfica de algunos tramos que cuentan con valores de deflectometría entre moderados y altos, para el sentido de San José – Caldera.

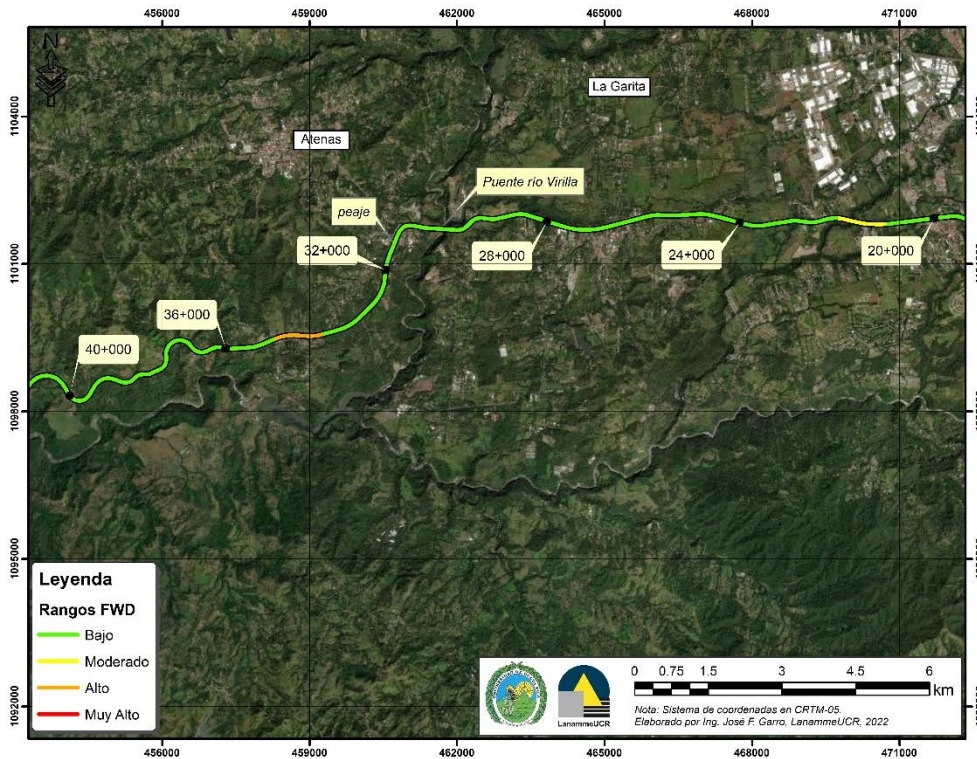


Figura 3. Ubicación de algunos tramos con deflexiones moderados, altas y bajas, sentido San José - Caldera.

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos en este parámetro para el sentido de Caldera – San José; la Figura 4 muestra en forma gráfica este resultado.

Tabla 3. Deflexiones FWD obtenidas para el sentido Caldera – San José, campaña 2021-2022

Tipo de Deflexiones	Longitud (km)	Porcentajes (%)
Bajas	72	93,50
Moderadas	3	3,90
Altas	2	2,60
Muy Altas	0	0
Total	77	100



Deflexión en Estructura de Pavimento Caldera - San José, 2021-2022

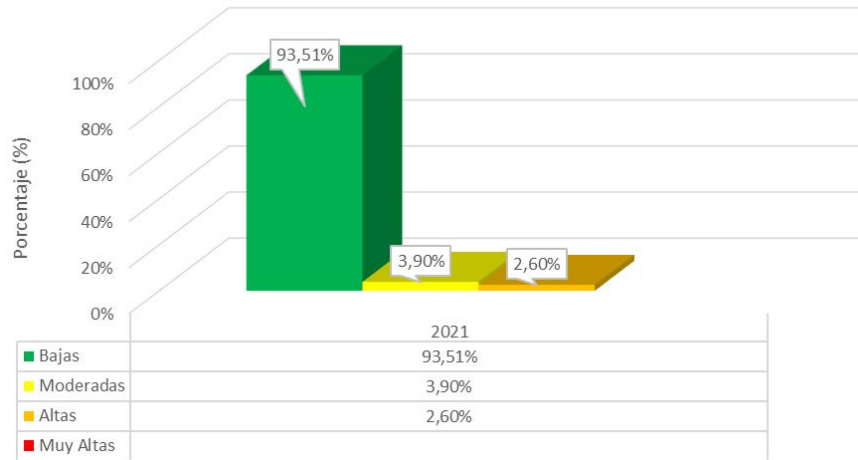


Figura 4. Estado general de la capacidad estructural sentido Caldera – San José, según los valores de deflexión FWD obtenidos, campaña 2021 – 2022

En la Figura 5 se muestra la ubicación geográfica de tramos con deflexiones en el rango de moderadas, para el sentido Caldera - San José.

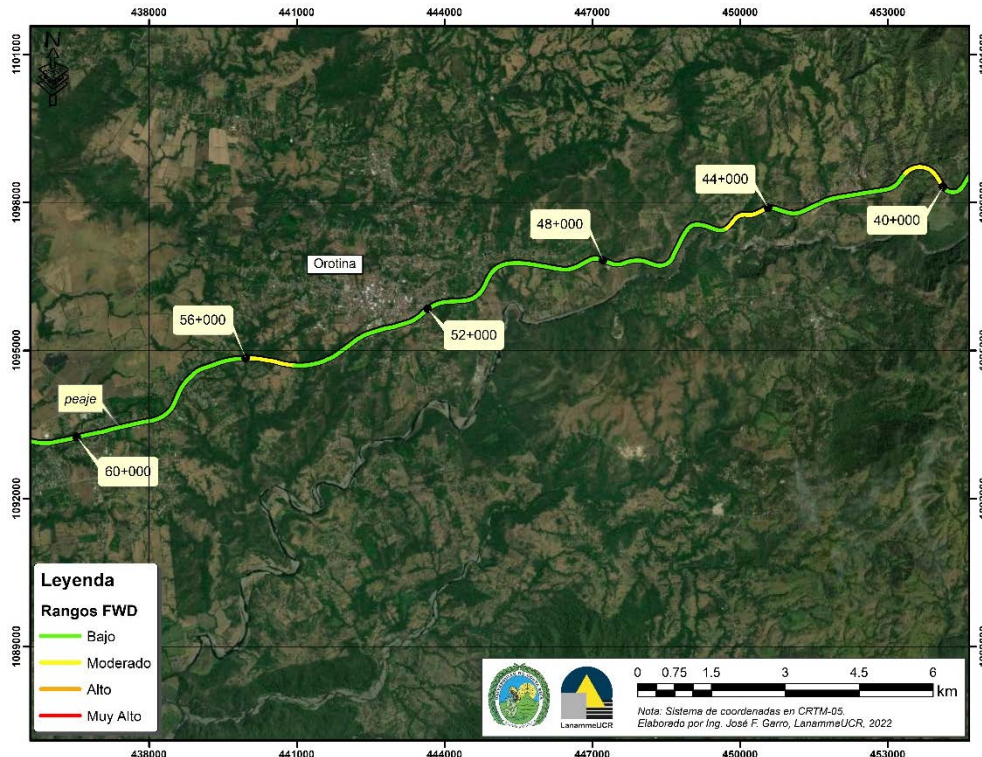


Figura 5. Ubicación de algunos tramos con deflexiones moderadas y bajas, sentido Caldera – San José.

3.1.3 *Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad estructural con el ensayo de deflectometría*

De los resultados obtenidos a partir de la prueba realizada con el *Deflectómetro de Impacto*, se puede observar que alrededor de un 97 % de la estructura del pavimento en el Sentido San José – Caldera y poco más de un 93 % en el Sentido Caldera – San José cuenta con muy buena capacidad para soportar las cargas del tránsito que circulan por ella, puesto que presenta deflexiones bajas. Esta valoración estructural representa la condición de soporte del pavimento al momento de realizar la medición, es decir entre el 06 al 23 de setiembre del año 2021. Los cambios de temperatura en la superficie del pavimento y las variaciones en los niveles de humedad en las capas inferiores durante la época lluviosa pueden generar variaciones significativas en los valores obtenidos a la hora de medir la capacidad estructural del proyecto. Este efecto puede ser valorado a lo largo del tiempo en evaluaciones posteriores.

En términos generales la troncal principal presenta una buena capacidad estructural en ambos sentidos, una de las ventajas de contar con estas evaluaciones de tipo no destructivas consistente en la posibilidad de ubicar espacialmente con mucha precisión los



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 30

tramos donde se detecta pérdida de capacidad estructural. Es muy conveniente realizar intervenciones oportunas de los sitios donde se detecta esta pérdida de capacidad ya que esta condición suele progresar mostrando deterioros superficiales que afectan el flujo vehicular, así como la seguridad de los usuarios y, además, resulta en una enorme pérdida del patrimonio vial del proyecto.

3.2 Capacidad funcional, condición según regularidad superficial (IRI) y roderas en la troncal principal

3.2.1 Equipo utilizado y criterios de clasificación

Los detalles del *Perfilómetro Láser* utilizado, 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).

La evaluación del proyecto con este equipo abarcó la totalidad de la longitud de la ruta. Debido a la importancia del IRI para calificar la calidad de un proyecto vial, se midió el perfil longitudinal en los dos sentidos.

Es importante recordar que el IRI se correlaciona, entre otros factores, con los costos de operación vehicular, la movilidad de los usuarios y su confort. Los rangos de clasificación de la regularidad superficial en pavimentos se muestran en la Tabla 4.



Tabla 4. Rangos de clasificación del Índice de Regularidad Internacional (IRI)

Rango de regularidad m / km	Clasificación
menor a 1,0	regularidad superficial muy buena
entre 1,0 y 1,9	regularidad superficial buena
entre 1,9 y 3,6	regularidad superficial regular
entre 3,6 y 6,4	regularidad superficial deficiente
mayor a 6,4	regularidad superficial muy deficiente

Fuente: *Determinación de rangos de clasificación para la Red Vial Nacional, UI-03-08, LanammeUCR, 2008*

Los datos del perfil longitudinal están procesados en tramos de 100 metros de longitud, y representa el promedio de las medidas de los sensores izquierdo y derecho del *perfilómetro*, que se hacen coincidir con la huella de los vehículos. Se excluye los elementos que se consideran como singularidades por medio de análisis estadísticos, los cuales se definen como:

“Cualquier alteración del perfil longitudinal del camino que no provenga de fallas constructivas y que incremente el valor del IRI en el tramo en que se encuentra. Entre ellas se pueden citar puentes, badenes, tapas de alcantarillas, cuñas, cruces de calles y otras, que por diseño geométrico alteren el perfil del camino”³

Para poder obtener el ahuellamiento, se utiliza un láser denominado “Láser de Ahuellamiento” (Wing), el cual es un dispositivo que se agrega al Perfilómetro Láser en el costado derecho y por triangulación, permite tener el valor de ahuellamiento con mayor precisión según la frecuencia que se ha definido previamente para obtener este el dato.

El Manual de Auscultación Visual 2016 (MAV-2016) define el ahuellamiento o roderas como: *“Una rodera es una depresión en las huellas del vehículo. Se puede dar un levantamiento en los bordes de las roderas, pero generalmente las roderas sólo se notan luego de que llueve, pues las huellas se llenan de agua. Las roderas se derivan de una deformación permanente que puede proceder de cualquier capa del pavimento o de la subrasante, usualmente su causa se asocia a consolidación o movimiento lateral de los materiales.”*

³ El informe *Determinación de un procedimiento de ensayo para Cálculo del IRI, UI-03-08, del LanammeUCR explica la metodología para el cálculo de IRI y parámetros a considerar en el análisis de este indicador*



El MAV-2016 define tres criterios de severidad a saber:

- Bajo:** La profundidad promedio es de 6 mm a 13 mm.
- Medio:** La profundidad promedio es de 13 mm a 25 mm.
- Alto:** La profundidad promedio es mayor a 25 mm.

Por otra parte, el Contrato Concesión de la Carretera San José – Caldera, en la sección **2.15.2 Indicadores para Pavimento Asfáltico** (su equivalente en el Cartel de Licitación es **2.5.2 Indicadores para Pavimento Asfáltico**), establece como indicador máximo, un valor de Ahuellamiento menor a 15 mm y no más de 50 m/km.

3.2.2 Resultados del Índice de Regularidad Internacional (IRI)

La Tabla 5 muestra los resultados obtenidos en la evaluación de la regularidad superficial del proyecto en el mes de agosto del 2020; la Figura 6 y Figura 7 muestran en forma gráfica la evaluación para este periodo, en cada sentido de circulación.



Tabla 5. Resultados obtenidos en regularidad superficial, Ruta 27

Rango IRI (^m /km)	Sentido			
	San José – Caldera		Caldera – San José	
menor a 1,0	0 km	0,0 %	0 km	0,0 %
entre 1,0 y 1,9	25 km	32,47 %	24 km	31,17 %
entre 1,9 y 3,6	52 km	67,53 %	53 km	68,83 %
entre 3,6 y 6,4	0 km	0,0 %	0 km	0,00 %
mayor a 6,4	0 km	0,0 %	0 km	0,00 %
Total	77 km	100 %	77 km	100 %

Capacidad Funcional San José - Caldera, 2021-2022

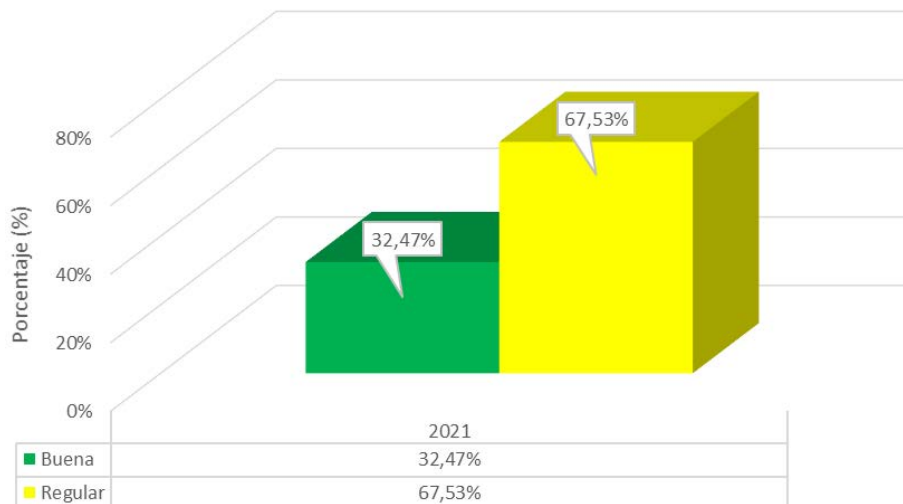


Figura 6. Resultados obtenidos en el parámetro IRI, sentido San José – Caldera



Capacidad Funcional Caldera - San José, 2021-2022

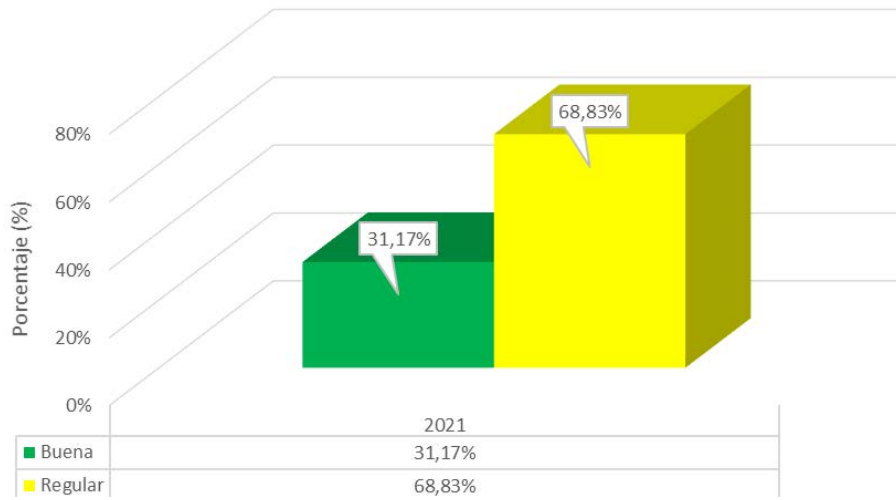


Figura 7. Resultados obtenidos en el parámetro IRI, sentido Caldera – San José

En la Figura 8 se muestran algunos tramos que cuentan con una condición funcional regular, para ambos sentidos de la ruta.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 35

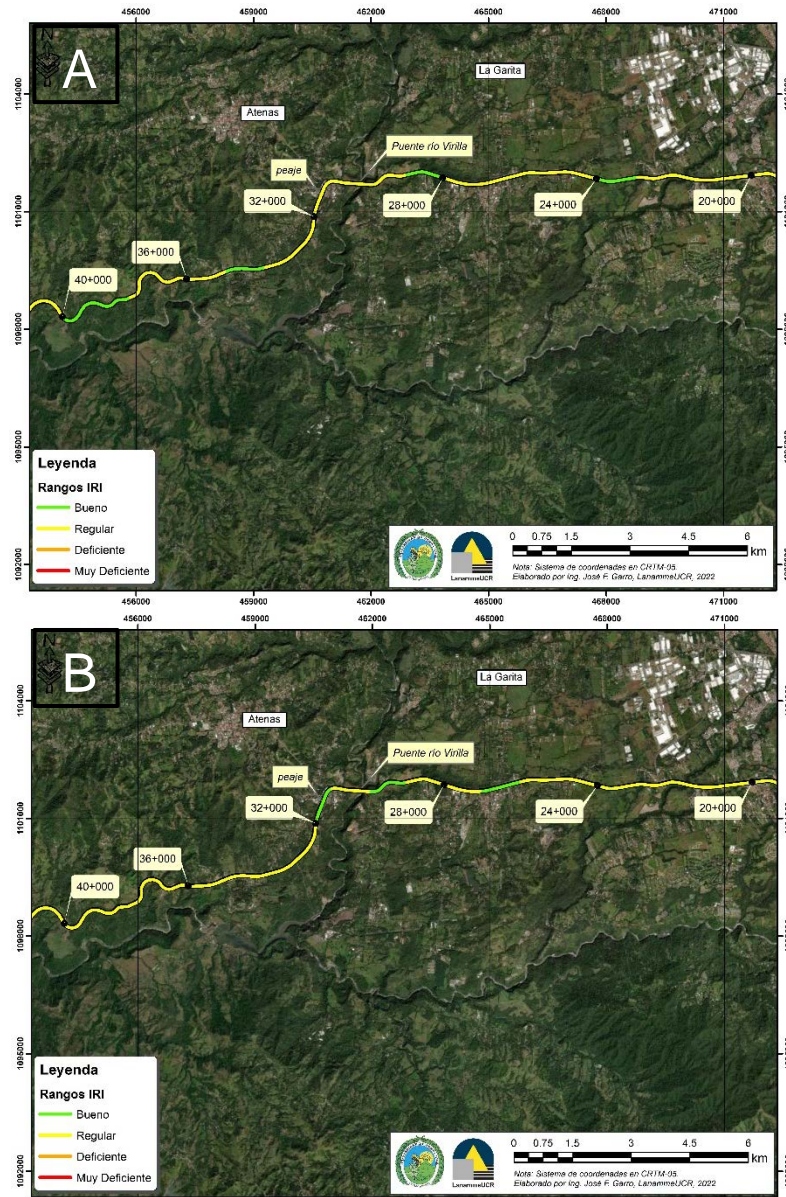


Figura 8. Ubicación de tramos con un IRI entre moderado y bajo.
A) sentido San José - Caldera, B) sentido Caldera - San José

En el Anexo 2 se muestran los mapas con la ubicación geográfica de los valores de IRI según su categoría.



En la Figura 9 se presenta la comparación de los resultados obtenidos para determinar el ahuellamiento según la clasificación definida en el MAV-2016 en ambos sentidos de circulación en la troncal principal.

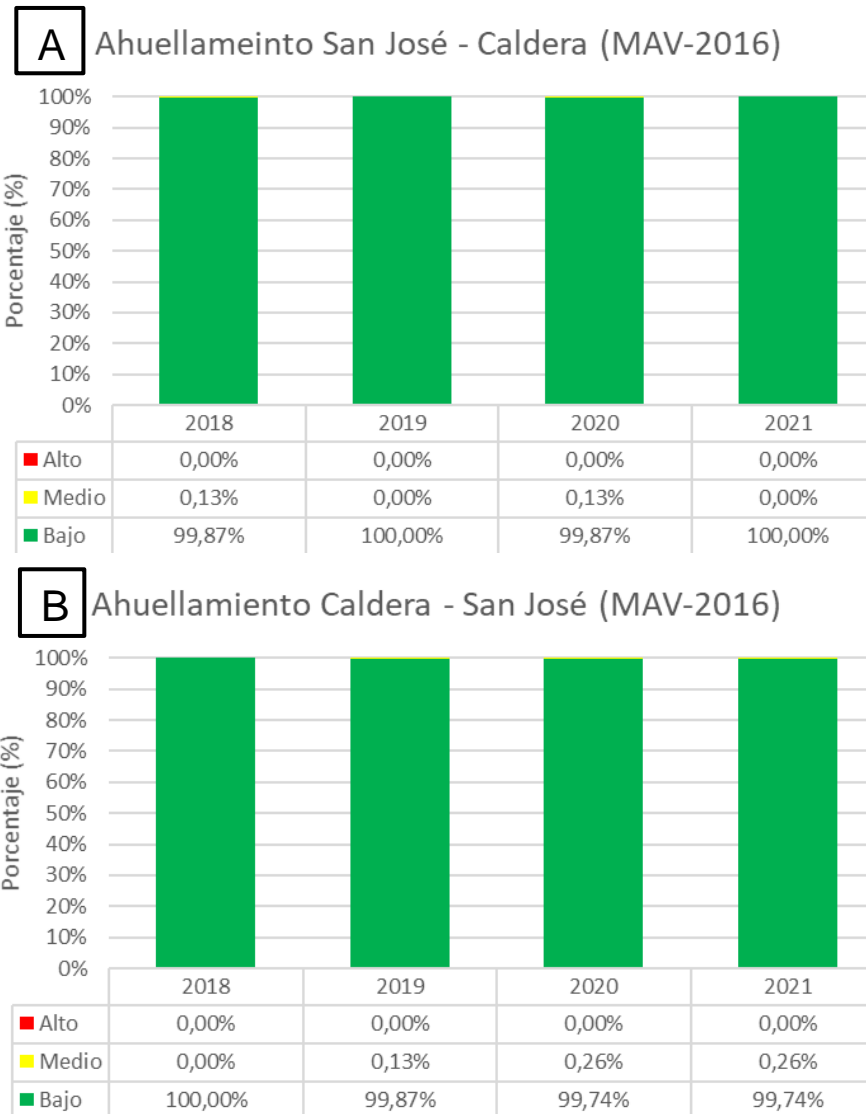


Figura 9. Resultados obtenidos del Ahuellamiento según el MAV-2016.

A) sentido San José - Caldera, B) sentido Caldera - San José

En siguiente figura se muestran los resultados de ahuellamiento según los parámetros estipulados el contrato.

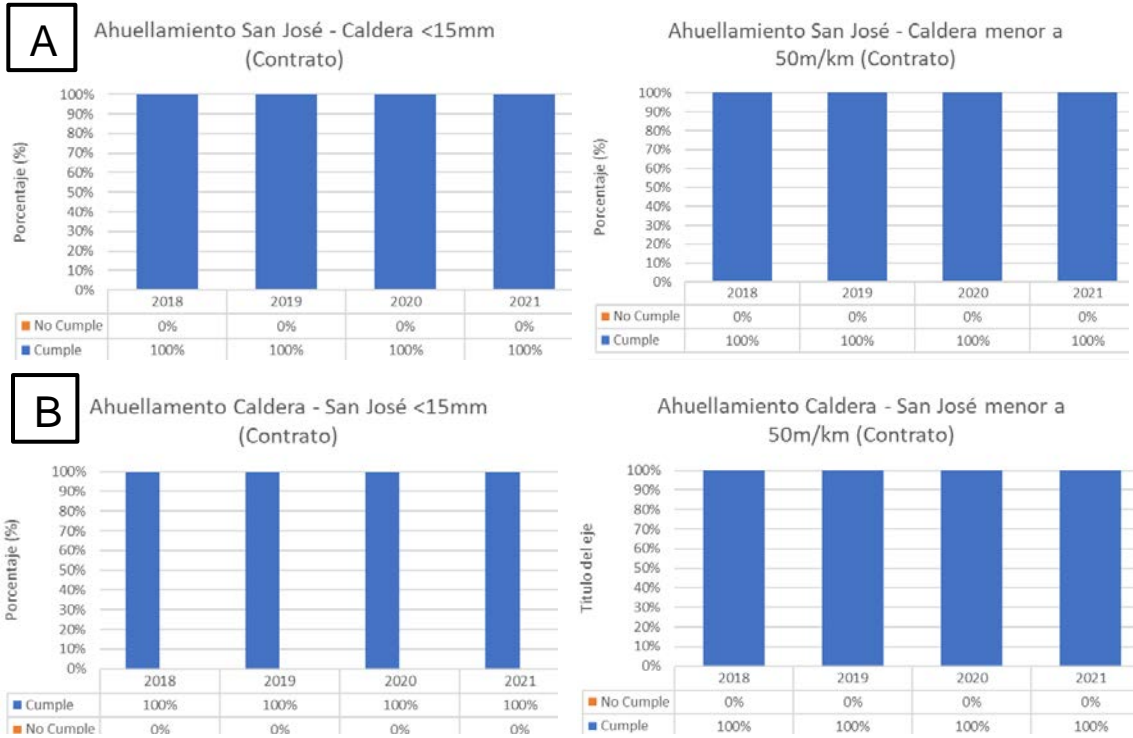


Figura 10. Resultados obtenidos del Ahuellamiento según Contrato.
A) sentido San José - Caldera, B) sentido Caldera - San José

3.2.3 Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad funcional y ahuellamiento con el Perfilómetro Láser.

Con base en los valores obtenidos para este parámetro, un porcentaje importante (67,53 % y 68,83 % San José – Caldera y Caldera – San José respectivamente) de la longitud del proyecto evaluado, presenta valores de *IRI* en condición regular, lo cual como se ha mencionado en informes anteriores, además de influir de manera negativa en los costos de operación de la flota vehicular, incide de cierta manera en la estructura del pavimento, acelerando su deterioro. Como se mostrará en el apartado 4.4 Análisis de Notas de Calidad Q, troncal principal, años 2021 – 202, con actividades de bajo impacto y costo, es posible mantener y mejorar los valores que se obtienen con este indicador.

En relación con los valores obtenidos para Ahuellamiento, para ambos sentidos se pudo observar que, en su gran mayoría, se encuentran dentro de la clasificación que cuenta con valores bajos de ahuellamiento según el MAV-2016. Con respecto a los límites máximos establecidos en el contrato, se pudo observar que, tanto para los valores individuales como para el acumulado por kilómetro, cumplen con los parámetros establecidos.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 38

3.3 Resultados obtenidos del coeficiente de rozamiento de pavimentos, troncal principal

3.3.1 Equipo utilizado y criterios de clasificación

Para esta campaña de evaluación, se utilizaron 2 equipos para estudiar el agarre superficial que presenta el pavimento de la ruta por medio del coeficiente de fricción, los cuales se muestran a continuación.

3.3.1.1 Grip Tester



Figura 11. Grip Tester

La evaluación de la Ruta Nacional No. 27 con este equipo abarcó la totalidad de la superficie pavimentada de la troncal principal, en ambos sentidos. Todas las mediciones se realizan a una velocidad promedio de 50 km/hora \pm 5 km/hora, en condición húmeda (condición crítica).

El rango de clasificación que se utilizó para evaluar la resistencia al deslizamiento es utilizado a nivel internacional, y relaciona los valores del *Grip Number* (GN) con el nivel de deslizamiento como se muestra en la Tabla 6.



Tabla 6. Clasificación internacional del pavimento según el GN

GN	Condición	Nivel			Tipo de Pavimento característico
		Deslizamiento	Peligrosidad	Riesgo medio de accidentabilidad*	
< 0,50	Malo	Muy deslizante	Muy peligroso	mayor a 20	Pavimento flexible compuesto de agregado calizo o pulido
0,50 – 0,60	Regular	Deslizante	Peligroso	16 a 20	Pavimento flexible con alto grado de exudación y/o pérdida de micro textura
0,60 – 0,78	Bueno	Poco deslizante	Moderado	10 a 16	Pavimento rígido y flexible con buena textura
> 0,78	Muy Bueno	No deslizante	Seguro	menor a 10	Pavimento nuevo o sobrecapas con buen agarre

* 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.

3.3.1.2 Mu Meter



Figura 12. Mu Meter



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 40

El *MuMeter* es usado principalmente para medir el coeficiente de rozamiento en pistas de aeropuertos por medio de la reacción de una celda de carga en respuesta a la fuerza de desviación que generan 2 ruedas que cuentan con un ángulo de desviación de 7° respecto al eje central del equipo. Es por esta razón que su uso en redes viales no es común; los resultados obtenidos con este equipo no son comparables con aquellos obtenidos con el *GripTester*⁴.

3.3.2 Resultados de coeficiente de rozamiento con el *GripTester* y *MuMeter*

En total, se evaluaron y procesaron con el *GripTester* más de 30,000 secciones de 5 metros de longitud, las cuales se agruparon en datos por kilómetro para tener una mejor representación y control de los datos. Los resultados de las mediciones obtenidas para este proyecto en ambos sentidos San José – Caldera, Caldera – San José se presentan respectivamente en la Tabla 7, Tabla 8, Figura 13 y Figura 14.

Se debe aclarar que para los resultados del *GripTester* existen rangos de estado (ver Tabla 6), lo cual no es el caso con los resultados obtenidos del *MuMeter*, debido a lo mencionado, anteriormente, sobre su uso poco común en redes viales. Por ello, se remite a lo indicado en el contrato de la concesión, para definir si se encuentra dentro de los parámetros estipulados en él, o fuera de ellos.

Tabla 7. Resultados obtenidos con el *GripTester*

Sentido	Longitud en cada rango (km), %								Total (km)
	Muy Deslizante		Deslizante		Poco Deslizante		No Deslizante		
	km	%	km	%	km	%	km	%	
San José – Caldera	4	5,19	21	27,27	51	66,23	1	1,30	77
Caldera – San José	3	3,90	24	31,17	50	64,94	0	0,0	77

⁴ El *GripTester* posee sólo una rueda con la que se mide la fricción de la superficie de rueda, la cual se coloca sobre una de las huellas de los vehículos. Con el *MuMeter* esto no es posible, dado que mientras una de sus ruedas medidoras se coloca sobre la huella, la otra rueda medidora siempre se encontrará fuera de esta, lo que genera variaciones en los resultados obtenidos.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

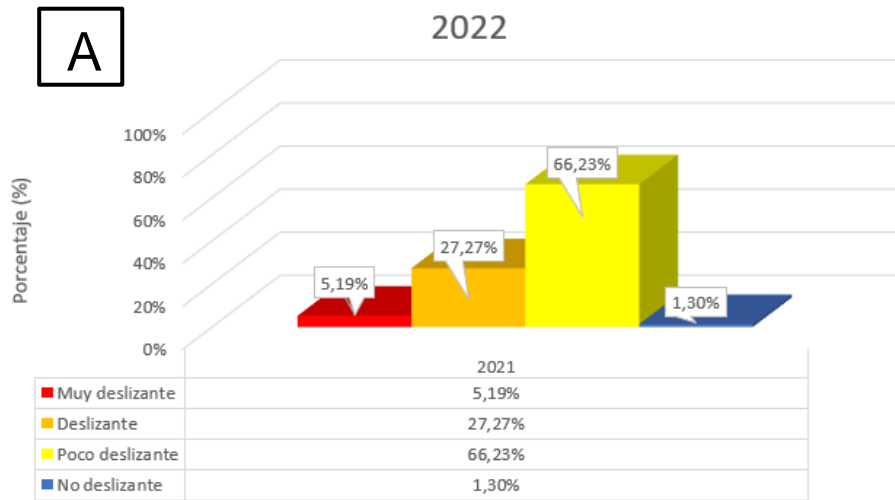
Página 41

Tabla 8. Resultados obtenidos con el MuMeter

Sentido	Longitud en cada rango (km), %				Total (km)
	Dentro contrato		Fuera contrato		
	km	%	km	%	
San José – Caldera	76	98,70	1	1,30	77
Caldera – San José	76	98,70	1	1,30	77



Coeficiente rozamiento GN San José - Caldera, 2021-2022



Coeficiente rozamiento Mu San José - Caldera, 2021-2022

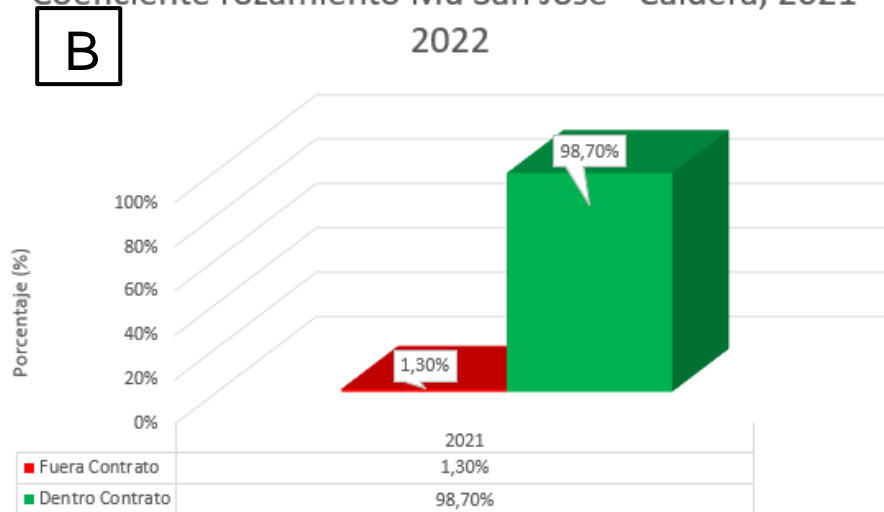
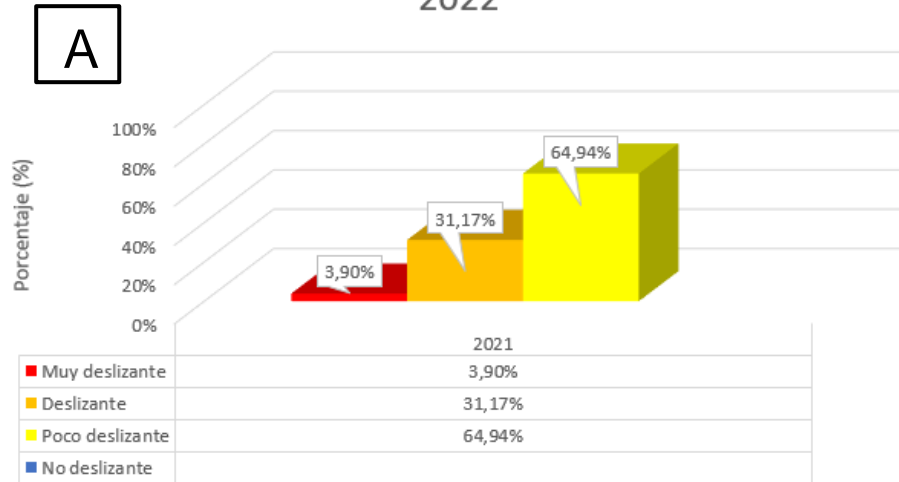


Figura 13. Resultados de las pruebas de A) Grip Tester y B) MuMeter.
Nota: Los rangos del Mu Meter corresponden a los indicados en el contrato.



Coeficiente rozamiento GN Caldera - San José , 2021-2022



Coeficiente rozamiento Mu Caldera - San José, 2021-2022

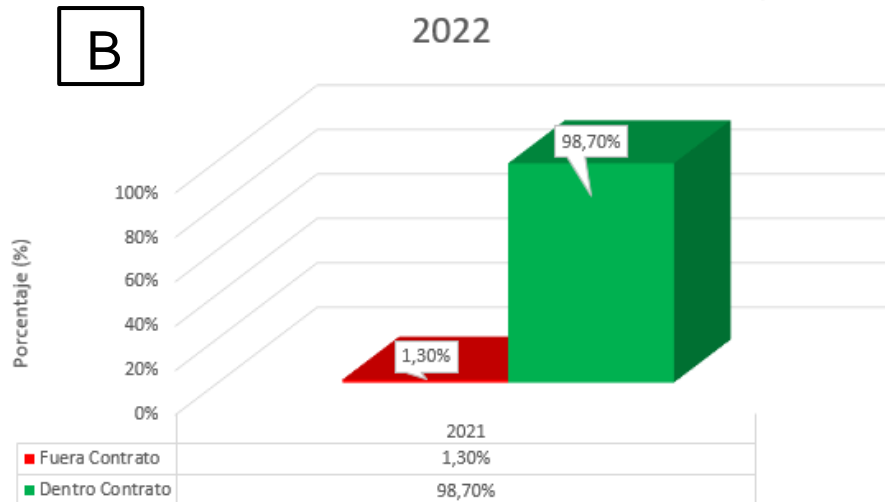


Figura 14. Resultados de las pruebas de a) Grip Tester y b) Mu Meter.
Nota: Los rangos del Mu Meter corresponden a los indicados en el contrato.

En la Figura 15 se muestra la ubicación geográfica de algunos tramos con valores bajos de fricción, según el análisis realizado con el *GripTester*.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 44

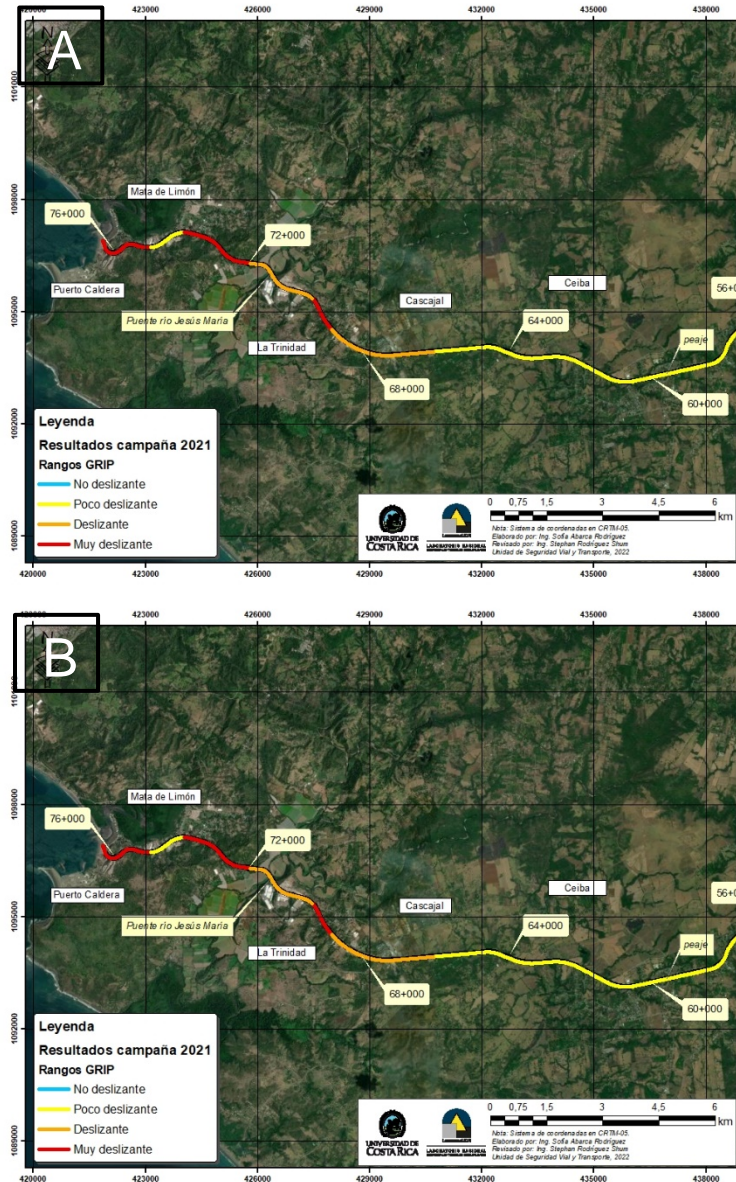


Figura 15. Ubicación de tramos con valores de fricción de poco deslizante a muy deslizante.
A) sentido San José – Caldera, B) Caldera – San José

En el Anexo 3 se muestran los mapas de ubicación por kilómetro de los valores de fricción obtenidos.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 45

3.3.3 *Análisis general de resultados de la evaluación de la resistencia al deslizamiento*

Para el caso del *MuMeter*, se utilizan los valores límites indicados en el contrato⁵, donde se especifica que para pendientes mayores del 6 % y en intersecciones, el valor mínimo es de 0,55 mientras que, para tramos rectos con pendientes menores al 6 % el valor mínimo es de 0,45⁶.

Al analizar los resultados de la Tabla 8 obtenidos para el sentido San José – Caldera se puede observar que alrededor del 1,3 % de la longitud no cumple con los parámetros que se indican en el contrato para este indicador, al igual que en el sentido Caldera – San José.

En la Figura 16 se muestra los tramos donde hay mayor presencia de valores que incumplen con los rangos indicados en el contrato.

⁵ Contrato Concesión de la carretera San José - Caldera, apartado "2.15.2 Indicadores para Pavimento Asfáltico, inciso f. Resistencia al resbalamiento (m)", donde el *MuMeter* se denomina como *Miu-meter*.

⁶ Es necesario aclarar que estos rangos deben ser revisados en el contrato ya que este equipo no se ve afectado por los cambios de pendiente de la carretera.

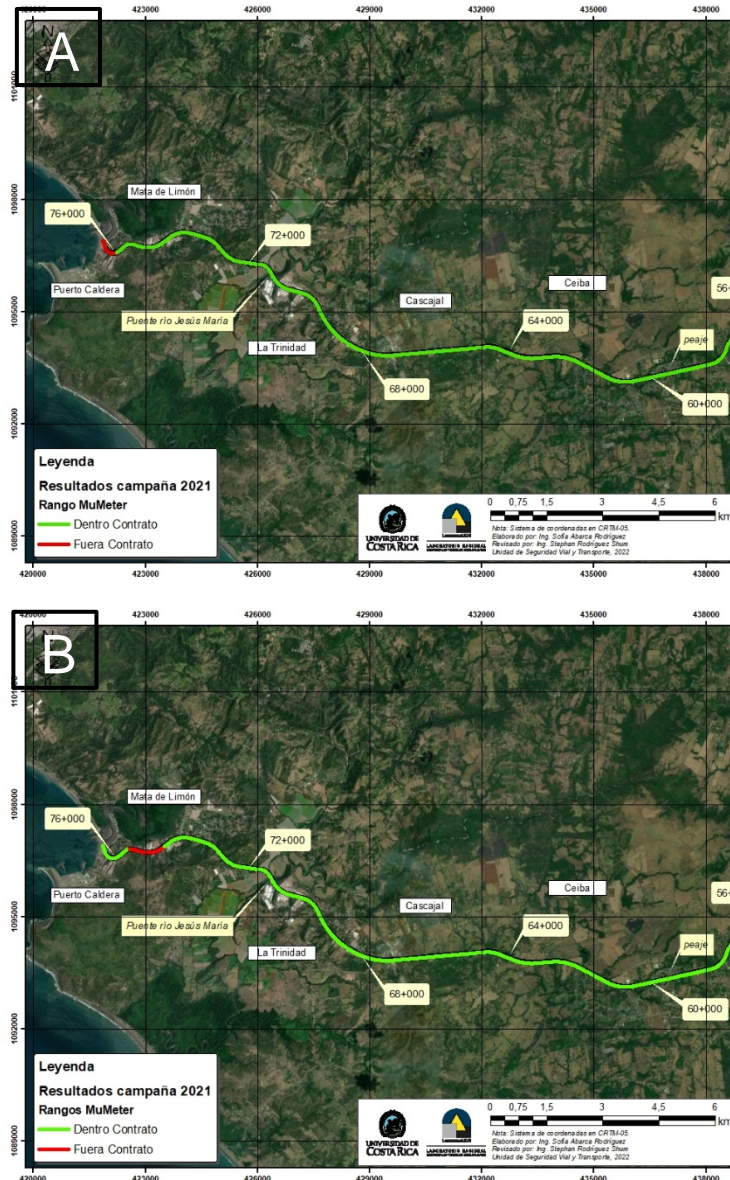


Figura 16. Ubicación de tramos con valores de fricción que cumplen o incumplen con el contrato.
A) sentido San José – Caldera, B) sentido Caldera – San José

Por su parte, los resultados de la Tabla 7 obtenidos con el GripTester muestran que alrededor del 27 % de la longitud de la ruta en el sentido San José – Caldera presenta condiciones Deslizantes, un 66 % de la ruta muestra condiciones Poco Deslizantes, y un 5 %, aproximadamente, muestra condiciones Muy Deslizantes. Por su parte, en el sentido



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 47

Caldera – San José, cerca de un 4 % de la longitud cuenta con una condición Muy Deslizante, un 65 % muestra una condición Poco Deslizante, y un 31 % una condición Deslizante.

Es así como, con el GripTester se identifican zonas donde puede aumentar la probabilidad de que ocurran choques viales al presentar coeficientes de fricción bajos, además se evidencian diferencias de criterio entre el porcentaje de vía que presenta condiciones muy deslizantes y deslizantes, contra los tramos que contractualmente cumplen con el MuMeter.

3.4 Análisis de Notas de Calidad Q, troncal principal, años 2021 – 2022

Para la definición de las Notas de Calidad Q, se clasifica las unidades de análisis según la condición estructural (FWD), funcional (IRI) y de resistencia al deslizamiento (GN). Posteriormente, para cada de estas unidades de análisis, se combinan los resultados obtenidos de los indicadores que se mostraron anteriormente y se define una nueva calificación, conocida como Nota de Calidad (Nota Q), donde se establece el diagnóstico final de la condición de la sección y permite establecer una estrategia general de intervención final, tal como se muestra en la Figura 17.

INDICADOR ESTRUCTURAL		CATEGORIAS DE FWD				
		BAJAS	MODERADA	ALTAS	MUY ALTAS	
INDICADOR FUNCIONAL		▼	▼	▼	▼	
Rangos de IRI (m/Km)	< 1,9 (Bueno)	▶	Q1	Q3	Q6	R-1
	1,9 – 3,6 (Regular)	▶	Q2	Q5	Q8	R-2
	3,6 – 6,4 (Malo)	▶	Q4	Q7	Q9	R-3
	> 6,4 (Muy Malo)	▶	M-RF	RH-RF	R-3	NP

Figura 17. Distribución de las Notas de Calidad Q para la troncal principal. A) San José – Caldera, B) Caldera – San José

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



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 48

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 de 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.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 49

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.

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.

Con base en los datos obtenidos en la evaluación de la condición estructural y funcional, se procedió a calcular las Notas de Calidad Q en tramos de un kilómetro de longitud en la troncal principal, para ambos sentidos (Figura 19). Los resultados muestran de manera general un pavimento en buenas condiciones tanto desde el punto de vista estructural como funcional dado que, en ambos sentidos, alrededor de un 95 % de su longitud se encuentra en las notas Q1 y Q2. Sin embargo, resalta que en el sentido San José – Caldera, alrededor de un 4 % de longitud presenta una nota de Q5 y un 5 % en el sentido Caldera – San José, condición que se presenta debido a los valores de deflectometría Moderados y de IRI en el rango de regular. Adicionalmente, se detectan tramos que presentan una nota de Q6 es decir Rehabilitación Mayor (Ver Figura 18) (que representan alrededor del 1 %) se caracteriza por valores de deflectometría altos, que caracteriza una estructura de pavimento que presenta una disminución en su capacidad estructural.

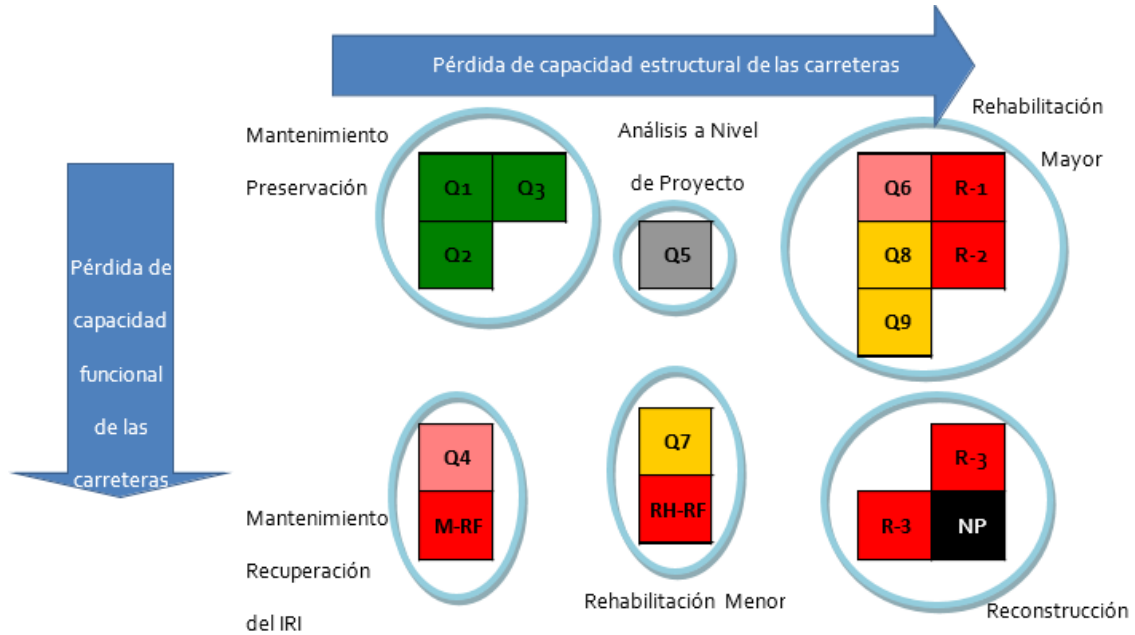
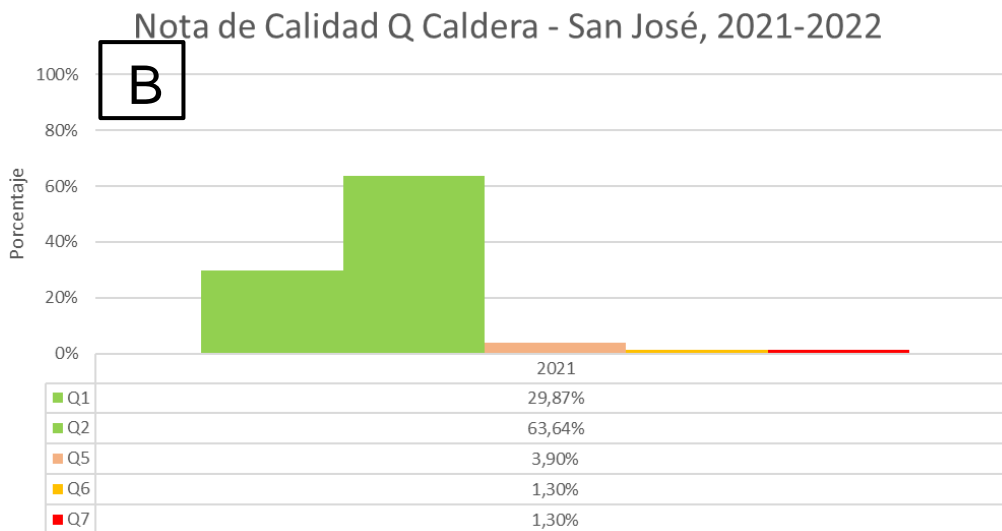
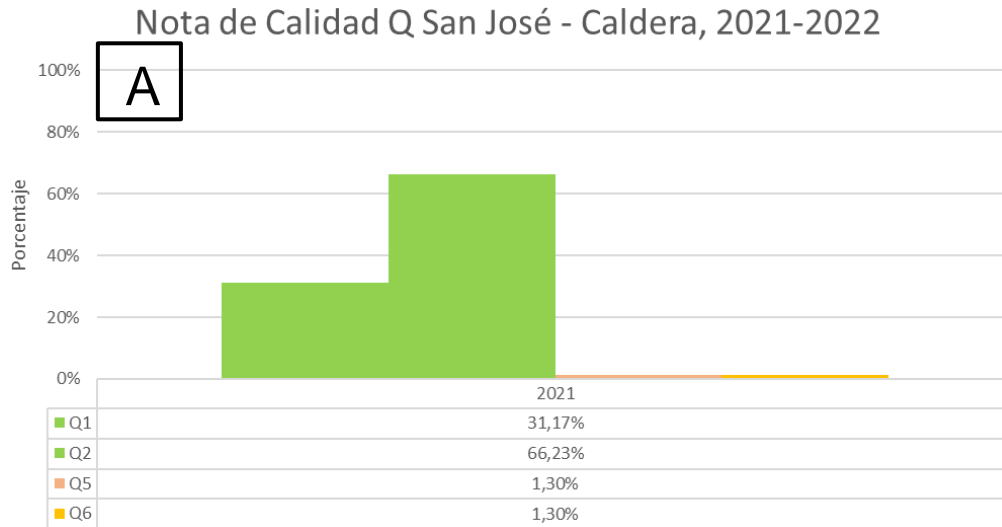


Figura 18. Agrupación de las notas de calidad para definición de estrategias generales de intervención
Fuente: Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011



b)

Figura 19.: Distribución de las Notas de Calidad Q para la troncal principal. A) San José – Caldera, B) Caldera – San José

En la Figura 20 se muestran ejemplos de la ubicación de tramos con diversas Notas de Calidad Q.

En el Anexo IV se muestran los resultados obtenidos en este parámetro, según su ubicación geográfica.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 52

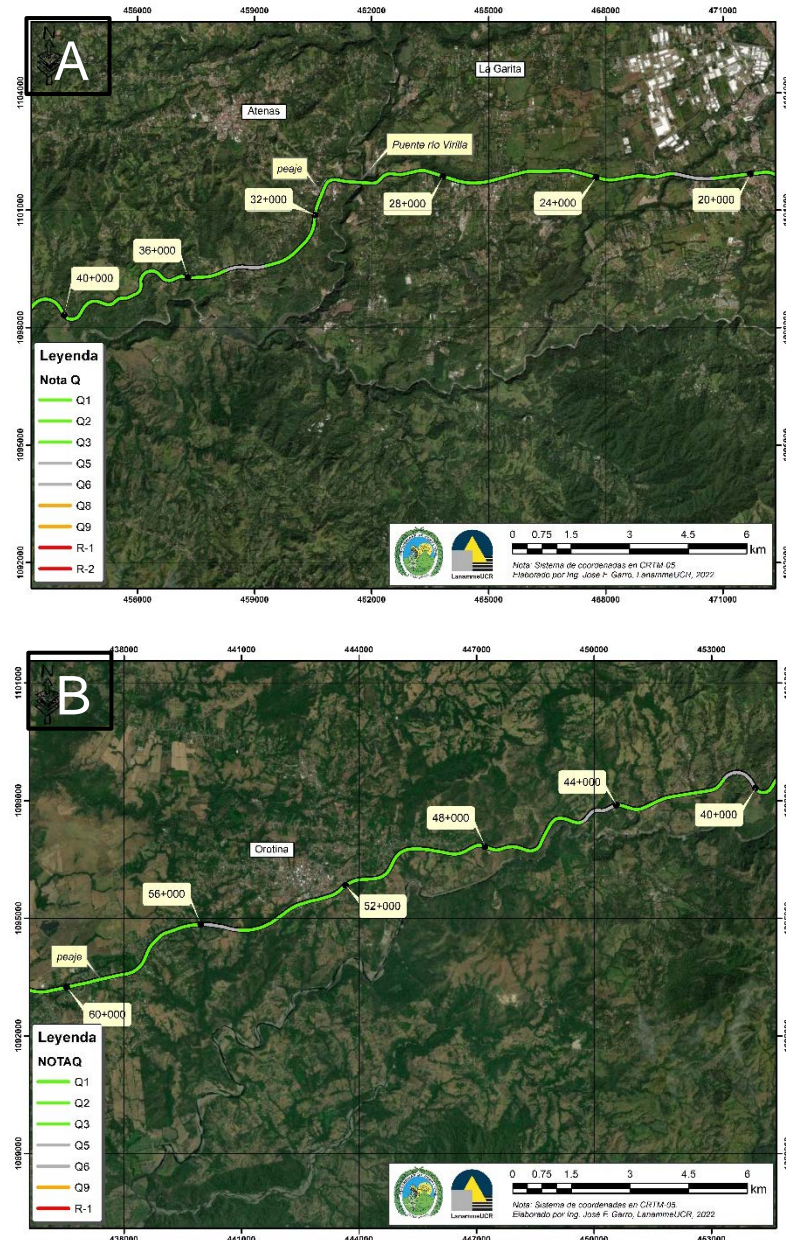


Figura 20. Ubicación de tramos con Notas de Calidad entre Q1 – Q3, y Q5.
A) Sentido San José – Cadera, B) sentido Caldera – San José.

Debido al nivel de agarre Muy Deslizante y Deslizante, según el Grip Tester, que presenta un porcentaje importante de la longitud del proyecto, cerca de un 33 % sentido San José-Caldera y alrededor de un 35 % sentido Caldera-San José (ver Sección 4.3



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 53

Resultados obtenidos del coeficiente de rozamiento de pavimentos, troncal principal), las *Estrategias de Intervención* (ver Figura 21) a realizar se enmarcan en labores de recuperación de la textura superficial de la ruta, tales como tratamientos superficiales, que buscan obtener mejores niveles de agarre superficial. Los resultados de las estrategias obtenidas se muestran en la Figura 22.

Grip Number	Posibilidades de Intervención en función de la Nota Q		
	Q1	Q2	Q3
> 0,78	N.I.	N.I.	SS ChS1 (TS1)
0,6 - 0,78	N.I.	SS ChS1 (TS1)	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3)
0,5 - 0,6	SS ChS1 (TS1)	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3)	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry
< 0,5	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry	ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry <u>Micropavimentos</u>

Figura 21: Distribución de las labores de rehabilitación en porcentajes, en la troncal principal, A) San José – Caldera, B) Caldera – San José

Dentro de las muchas opciones existentes para tratamientos de preservación, que pueden ser valoradas para atender y minimizar los distintos niveles de peligrosidad ante resistencia al deslizamiento, estas recomendaciones se definen así:

N.I.: No intervención. El nivel de resistencia al deslizamiento es muy bueno y no requiere de intervenciones para atender la resistencia al deslizamiento.

SS: Sand Seal o sello de arena. Aplicación de una emulsión asfáltica o asfalto diluido sobre la superficie del pavimento a una tasa de colocación definida, posteriormente se aplica una capa de arena graduada para mejorar o retardar condiciones de desprendimientos, desnudamientos o sellado de fisuras menores.

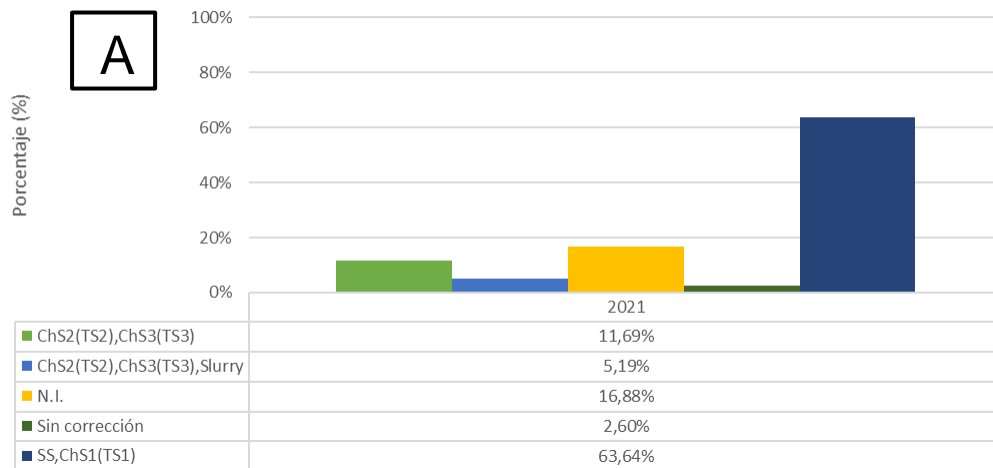
ChS1,2 y 3: Chip seal o sello de agregado. También conocido como “tratamientos superficiales” del tipo 1 (TS-1), tipo 2 (Ts-2) y tipo 3(TS-3). Aplicación de una emulsión asfáltica o asfalto diluido sobre la superficie del pavimento a una tasa de colocación definida, posteriormente se aplica una capa de agregado graduado en capas desde 1 a 3 variando el tamaño del agregado para mejorar o retardar condiciones de desprendimientos, desnudamientos exudación, mala fricción o sellado de fisuras menores.



Slurry seal: Sello de lechada asfáltica. Aplicación de una mezcla de emulsión asfáltica combinada con un agregado fino, por medio de equipos especializados puede ser utilizada para mejorar o retardar condiciones de desprendimientos, desnudamientos exudación, mala fricción o sellado de fisuras menores.

Micro-pavimentos: Es un tipo de slurry seal que utiliza una emulsión modificada con polímeros plásticos, agregados de alta calidad y aditivos especiales.

Estrat. Intervención San José - Caldera, 2021-2022



Estrat. Intervención Caldera - San José, 2021-2022

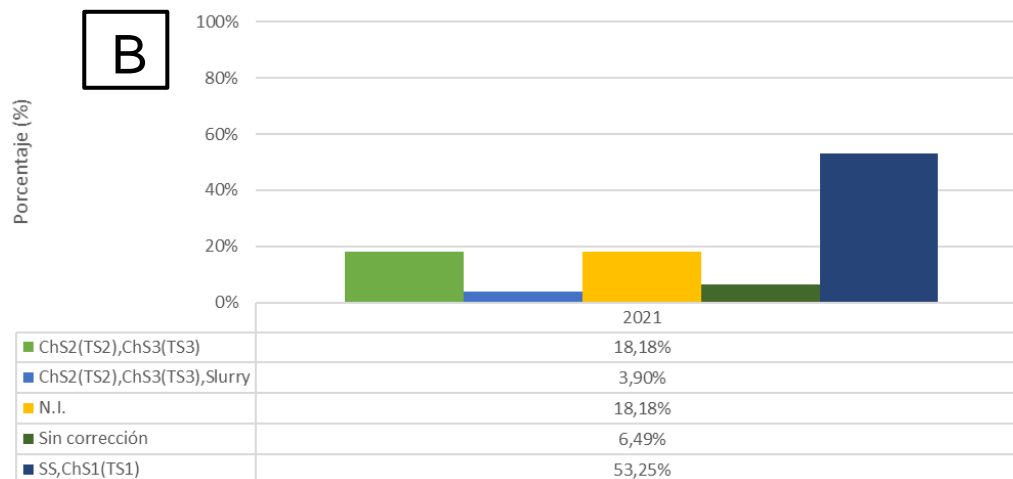


Figura 22. Distribución de las labores de rehabilitación en porcentajes, en la troncal principal, A) San José – Caldera, B) Caldera – San José. Según resultados del Grip Tester.

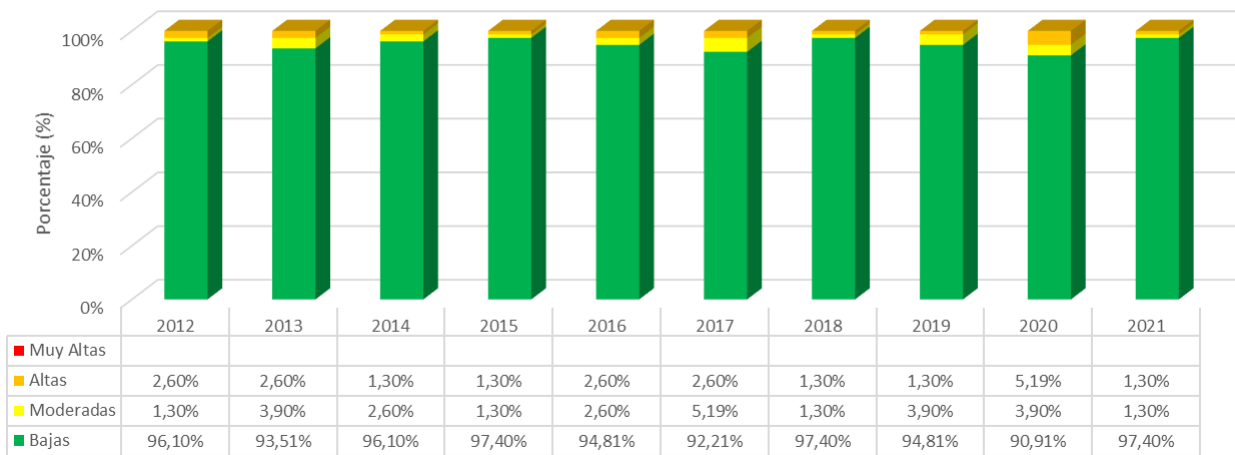


3.5 Comparación de indicadores en la troncal principal, años 2012 al 2021

3.5.1 Evaluación con el Deflectómetro de Impacto

La Figura 23 muestra el comportamiento de la ruta en su condición estructural, para ambos sentidos para las últimas 10 campañas de evaluación. Debido a que las longitudes evaluadas entre campañas varían en menos del 1 %, los resultados son comparables.

Deflexión en Estructura de Pavimento San José - Caldera, 2012-2021



Deflexión en Estructura de Pavimento Caldera - San José , 2012-2021

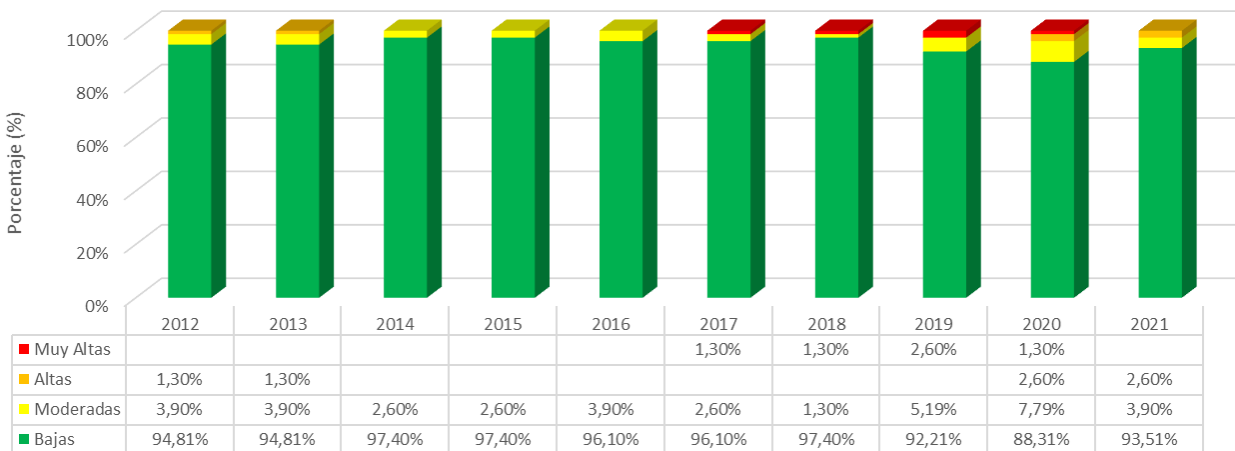


Figura 23. Resultados obtenidos en la evaluación de las deflexiones del pavimento para las campañas 2012 al 2021 de la Ruta Nacional 27



Este indicador refleja que la estructura del pavimento en general presenta una muy buena condición a lo largo de las evaluaciones realizadas, demostrando que su paquete estructural ha mantenido deflexiones bajas a lo largo de las diez evaluaciones.

En el sentido San José – Caldera, los tramos que presentan las categorías *moderada* y *alta* representan alrededor de un 2,5 % en promedio de la superficie de ruedo entre los años 2012 y 2021, mientras que en el sentido Caldera – San José, representa alrededor de un 3 % en promedio de la superficie de ruedo entre los años 2012 al 2021 en las categorías de *moderadas a muy altas*. Se debe mencionar que el deterioro en la capacidad estructural es normal en cualquier pavimento, debido a que conforme pasan los vehículos (especialmente vehículos pesados, como camiones de 3 o más ejes y cargas livianas), el paquete estructural va perdiendo capacidad soportante, producto del fenómeno conocido como fatiga del material que compone las diferentes capas del pavimento. De ahí la importancia de este parámetro, con el que es posible programar estrategias de intervención para mantener o mejorar su condición estructural.

3.5.2 Evaluación con el Perfilómetro Láser

Del análisis de las Figura 24, se observa que para el sentido San José – Caldera para años del 2013 a 2018, se da un aumento constante en la categoría *Regular*, para el 2019 se da una mejora considerable, pero en las evaluaciones de los años 2020 y 2021, se observa que continúa la tendencia que estaba presente en las evaluaciones anteriores al año 2019, ya que presenta con mayor presencia la condición regular.

A partir del año 2014 y hasta el 2018, se aprecia un incremento cercano un 30 % en la condición regular para el sentido Caldera – San José, presentando una leve mejora cercana al 8 % en el año 2019, para los años 2020 y 2021, al igual que en el caso del sentido San José – Caldera, se continúa la tendencia en desmejora de este indicador.



Capacidad Funcional San José - Caldera, 2012-2021

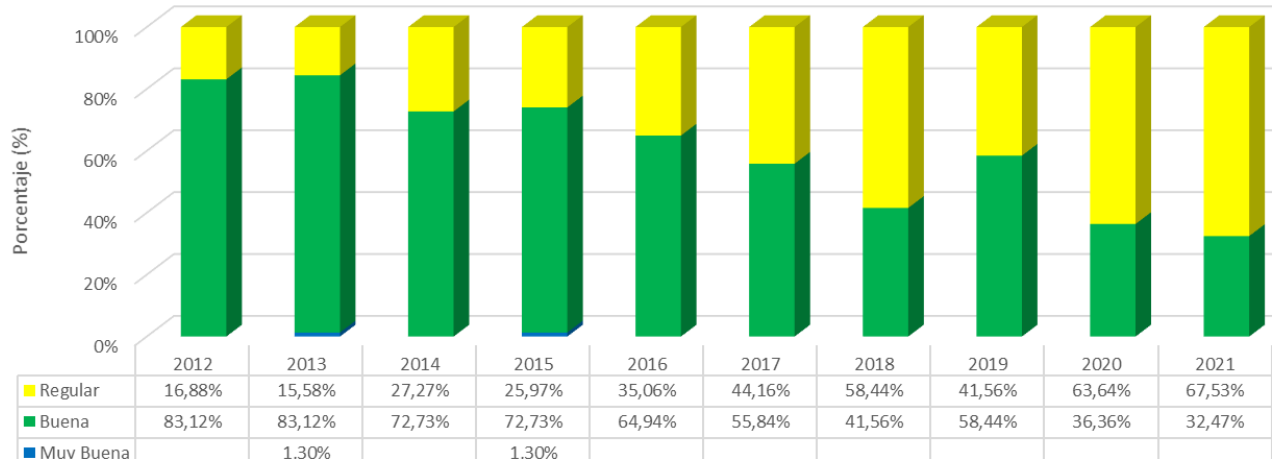


Figura 24. Resultados obtenidos en la evaluación de las regularidades superficiales del pavimento para las campañas 2012 al 2021, sentido San José – Caldera de la Ruta Nacional 27

Capacidad Funcional Caldera - San José, 2012-2021

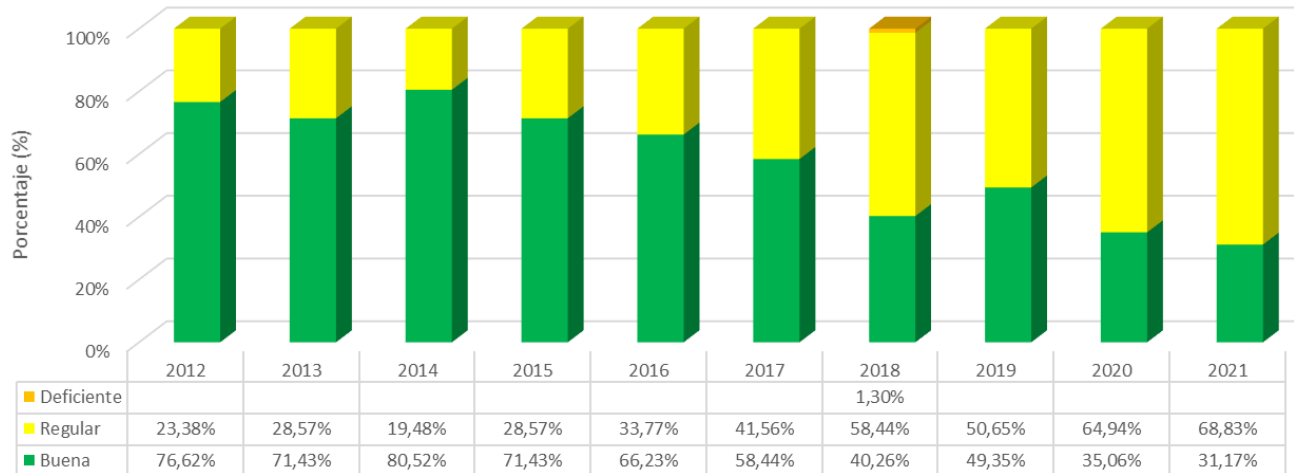


Figura 25. Resultados obtenidos en la evaluación de las regularidades superficiales del pavimento para las campañas 2012 al 2021, sentido Caldera – San José de la Ruta Nacional 27

3.5.3 Evaluación del coeficiente de rozamiento superficial con el Grip Tester

La Figura 26 se muestra que en el sentido San José – Caldera, desde el 2018 al año 2021, ha mejorado el parámetro, ya que pasó de una condición Muy deslizante de 33,77 % en el año 2018 a



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 58

5,19 % para el año 2021. En el caso de la categoría Deslizante, el parámetro empeoró con respecto al año 2020, ya que para este año se presentó un 9,09 % en esta categoría y para el año 2021 aumentó a 27,27 %. Cabe destacar que, la categoría Poco Deslizante disminuyó con respecto al año 2020, de 80,52 % a 66,23 %.

En la Figura 27 sentido Caldera – San José, los resultados del 2018 a la fecha también evidencian una tendencia hacia la mejora del parámetro al compararlo con el año 2021. En la clasificación Muy Deslizante para el año 2018, se registró un valor de 37,66 % de la vía con esta condición crítica, valor que para el año 2021 se redujo a 3,9 %. Para la categoría Deslizante, pasó de 16,88 % en el año 2020 a 31,17 % en el año 2021. Al igual que para el sentido San José – Caldera, para el año 2021 la condición Poco Deslizante disminuyó en comparación con el año 2020, pasó de 72,73 % a 64,94 %.

Es importante destacar que la meta a nivel del parámetro de deslizamiento superficial del pavimento corresponde a la condición No deslizante y este valor para el año 2021 presenta un valor de 1,3 % en el sentido San José – Caldera y 0,0 % en el sentido Caldera – San José. Cabe resaltar que la condición No deslizante del 2012 al 2021 no ha excedido un valor de 11,84 % para el sentido San José – Caldera, valor identificado en el año 2013 y que ha tendido hacia un valor de 0 % en ambos sentidos de la vía en los registros históricos.

Coeficiente rozamiento GN San José - Caldera, 2012-2021

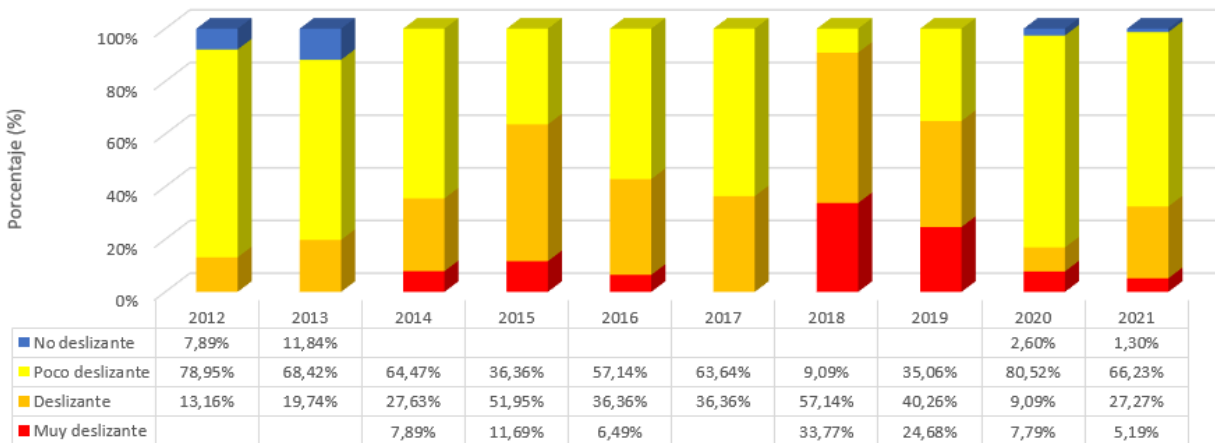


Figura 26. Resultados obtenidos en la evaluación del nivel de deslizamiento superficial del pavimento para las campañas 2012 al 2021, sentido San José – Caldera de la Ruta Nacional 27



Coficiente rozamiento GN Caldera - San José, 2012-2021

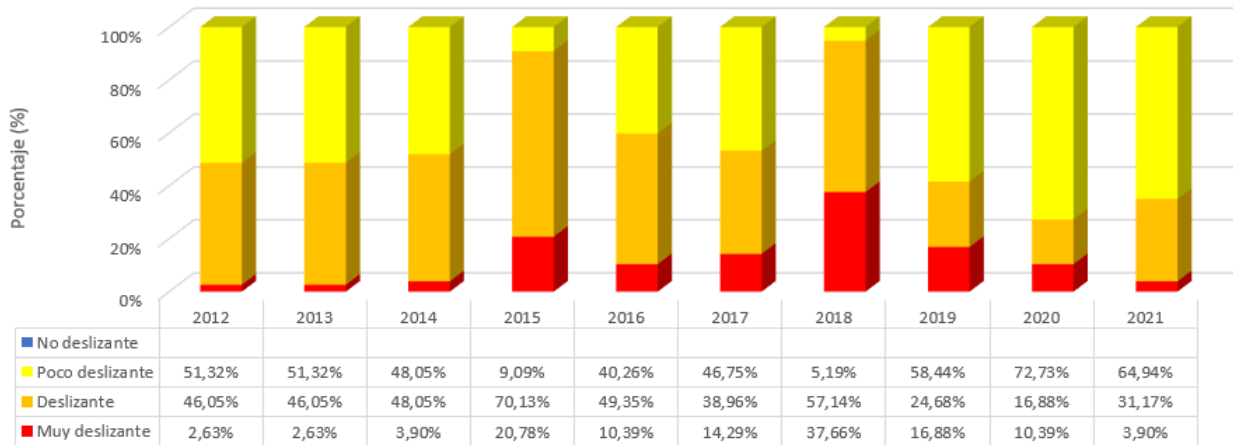


Figura 27. Resultados obtenidos en la evaluación del nivel de deslizamiento superficial del pavimento para las campañas 2012 al 2021 sentido Caldera – San José de la Ruta Nacional 27

3.6 Comparación de las notas Q obtenidas para la Ruta 27, años 2012 al 2021

Por medio de la utilización de la metodología para el cálculo de las Notas de Calidad Q, el LanammeUCR introduce un indicador de condición del proyecto, que permite evaluar la evolución del deterioro del corredor en forma integral. Las Notas de Calidad Q ponderan la condición estructural y la condición funcional en un único indicador, y correlaciona esta nota con los valores de agarre superficial, para establecer niveles de intervención; es decir, actividades que van desde el mantenimiento hasta la reconstrucción total de una vía.

Calculando las notas de calidad Q para el corredor de la troncal principal y comparándola con sus equivalentes en evaluaciones anteriores, se puede conocer el nivel de calidad del proyecto y su desempeño en el tiempo (Figura 28).

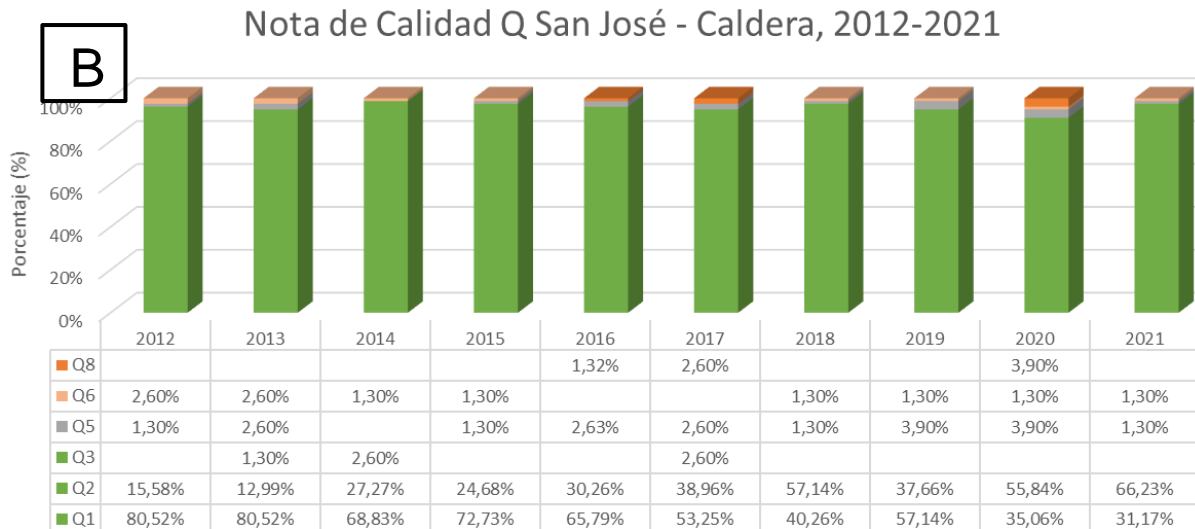
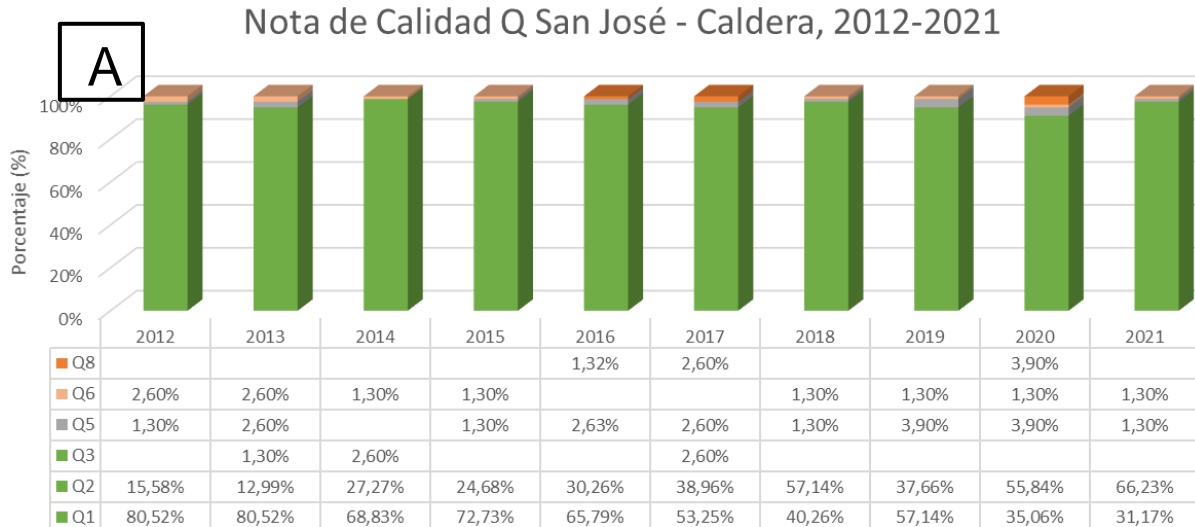


Figura 28. Resultados obtenidos en la comparación de Notas Q para las campañas 2012 al 2021. A) San José – Caldera, B) Caldera – San José

Para ambos sentidos de circulación se puede apreciar en la figura anterior que conforme va disminuyendo la condición funcional y, en menor medida, la condición estructural, se va presentando una disminución constante de la longitud del proyecto con nota de calidad Q1, evolucionando hacia Q2 principalmente.

Con respecto a las estrategias de intervención, la comparación de resultados entre evaluaciones desde el año 2012 al 2021 se muestra en la Figura 29.

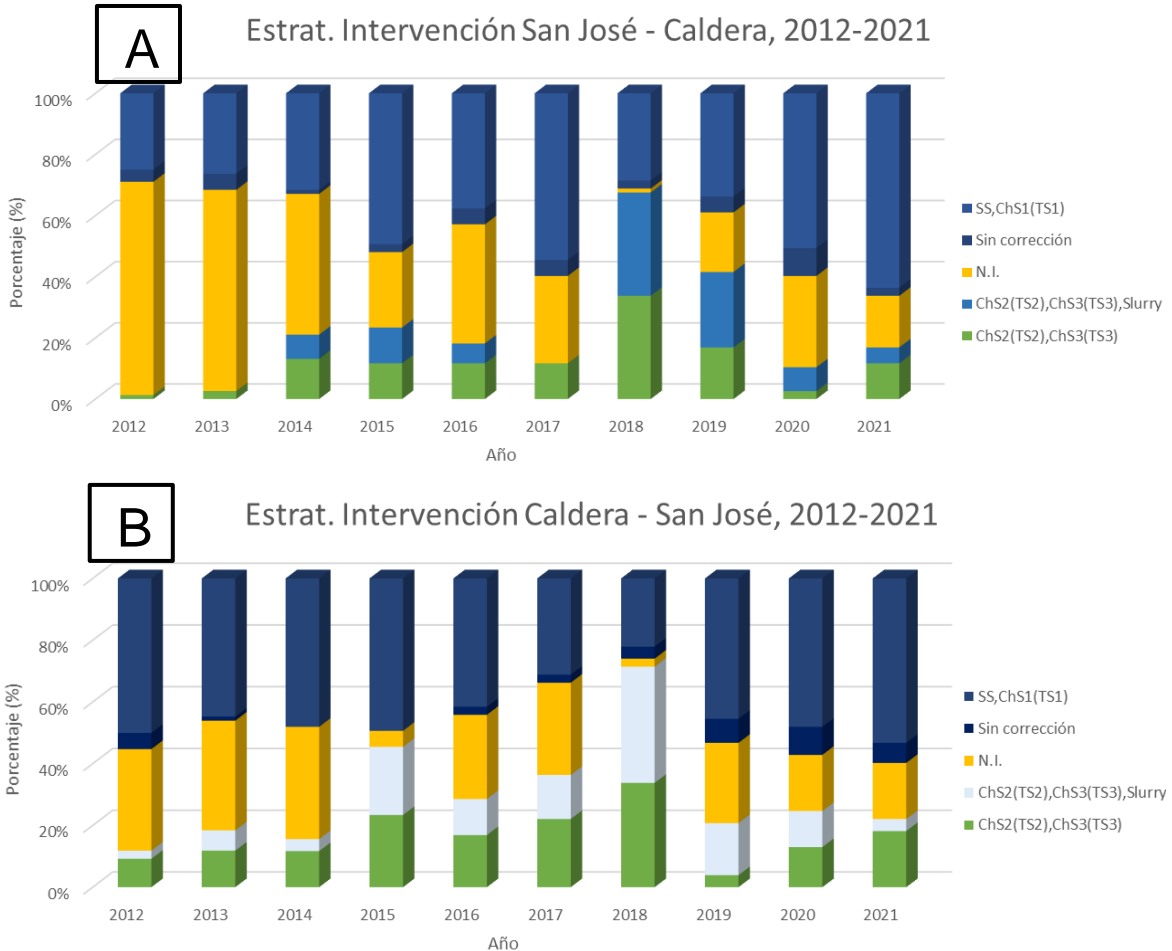


Figura 29.: Resultados obtenidos en la comparación de estrategias de intervención para las campañas 2012 al 2021. A) San José – Caldera, B) Caldera – San José

Estas estrategias están definidas con el objeto de mejorar las condiciones generales de la ruta relacionados principalmente a la condición funcional y resistencia al deslizamiento. En la figura anterior se muestra que a lo largo de los años evaluados en el sentido San José – Caldera, la longitud de la ruta que no requería de alguna intervención (N.I.) ha disminuido en las últimas dos evaluaciones, incrementando la categoría *Sin Corrección*, puesto que, como se observa en las secciones 3.5 a, 3.5 b y 3.5 c, se ha dado un incremento del deterioro en la condición del pavimento, principalmente en la condición funcional y agarre superficial.



3.7 Análisis de la condición superficial. Evaluaciones realizadas en setiembre 2021

3.7.1 Equipo utilizado y criterios de clasificación

El *Equipo de Imágenes digitales Georreferenciadas* usado, cuenta con dos cámaras fotogramétricas ubicadas en dos distintas posiciones sobre el vehículo, permitiendo tener una visión más general del proyecto, para de esta forma, hacer una evaluación superficial de pavimento con la ubicación de las cámaras en la parte trasera del vehículo y analizar aspectos de seguridad, ubicando las cámaras en la parte frontal del vehículo.

Los criterios de severidad que se utilizaron para la realización de la evaluación de la superficie de ruedo, se establecen de acuerdo a lo definido en la norma ASTM *D6433* para deterioros superficiales en pavimentos flexibles, y el *Manual de Auscultación Visual de Pavimentos para Profesionales* (MAV-2016). Al contar con la información obtenida en el periodo 2011 - 2020 referente a los deterioros presentes en esta ruta, se pudo hacer un análisis comparativo por sentido de circulación, que permitió identificar los cambios superficiales ocurridos, lo cual a su vez se puede reflejar en las Notas de Calidad Q.

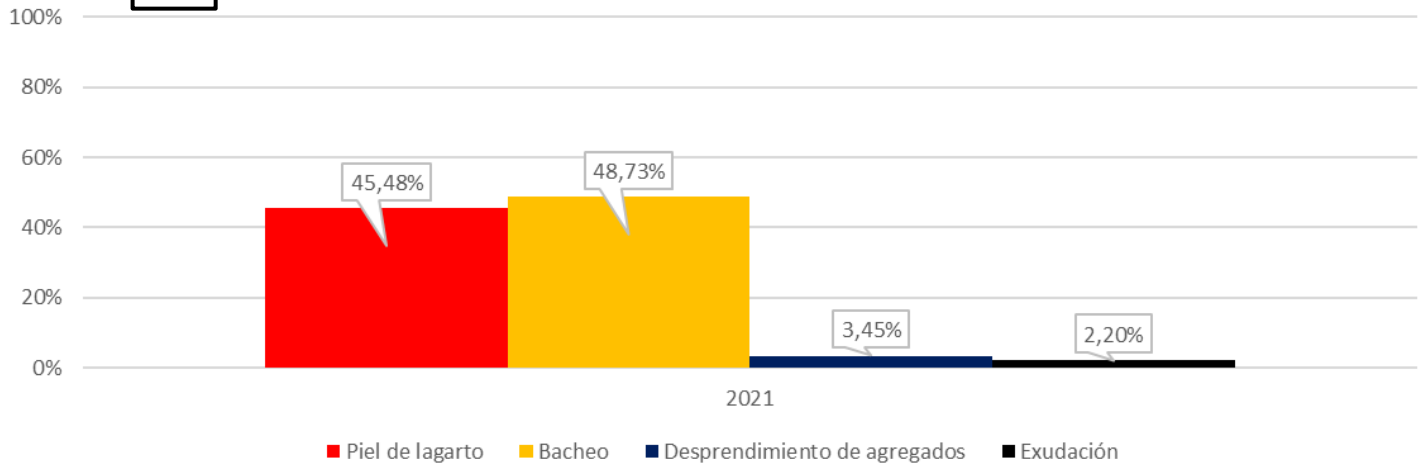
3.7.2 Resumen de resultados de la evaluación visual de deterioros superficiales.

En la Figura 30, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación de deterioros realizada en la troncal principal en ambos sentidos de circulación. En total, se registraron 62.835,1 m² afectados por deterioros tipo área (piel de lagarto, bacheo, exudación y desprendimiento de agregado), en donde el área afectada por Bacheo representa un 43 % del área evaluada en la troncal principal del sentido San José – Caldera.



A

Porcentaje Relativo de Área deteriorada San José - Cadera 2021



B

Porcentaje Relativo de Área deteriorada Caldera - San José 2021

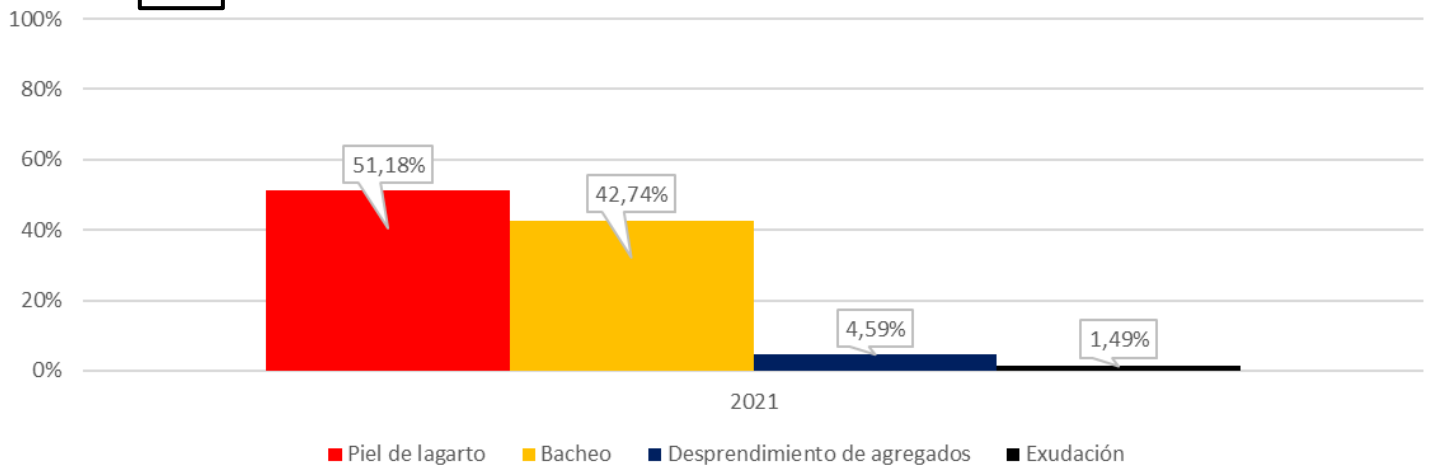


Figura 30 Resultados de deterioros, sentido San José – Caldera.

A) Deterioros por área, B) Deterioros por longitud

Como se observa, el deterioro tipo *Piel de Lagarto* representa en promedio el 48 % del área deteriorada de cada segmento evaluado seguido por *Bacheo*, con presencia de exudación en un 2 % y 6 % aproximadamente en los sentidos San José – Caldera y Caldera – San José, respectivamente.

Como un caso particular de análisis, se detectó que hay una concentración de sello de grietas tanto para grietas longitudinales y transversales (en menor medida) y un uso



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 64

generalizado en zonas afectadas con piel de lagarto en los primeros 14 km del proyecto, como se ejemplifica en la Figura 31.

Esta práctica puede representar posibles afectaciones a este tramo de la ruta:

1. La primera afectación, está relacionada con el no cumplimiento del objetivo de prevenir o reparar el deterioro que se ha detectado en la superficie de ruedo, el cual, en su mayoría, es Piel de Lagarto. Este tipo de deterioro representa un problema más allá de grietas en la capa superficial de la estructura del pavimento, puesto que, puede llegar a representar un problema en todo el paquete estructural, ya que estas grietas tienen su origen en la fibra inferior de la capa de mezcla asfáltica, que son provocadas por fatiga del material, dada la acción repetida de las cargas de tránsito, por lo que, al ya ser visibles las grietas en la superficie de ruedo, se ha dado paso el ingreso de agua a la estructura del pavimento, favoreciendo que éste empiece a debilitarse según se dan las cargas vehiculares que circulan sobre éste, por lo que al usar sello de grietas no previene ni repara el problema, en el mejor de los casos, lo retarda, puesto que no es un problema funcional, sino más bien, es un problema estructural.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 65



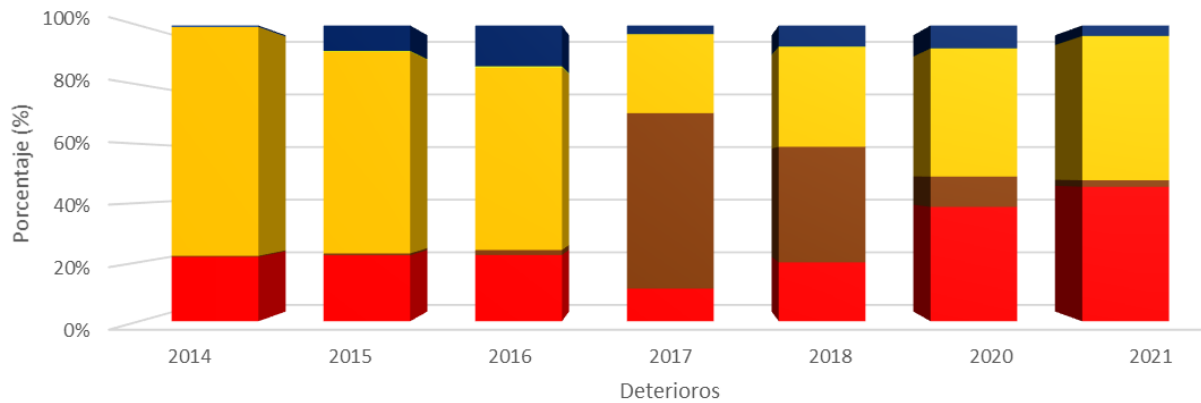
Figura 31. Sellos de grietas

3.7.3 Comparación de resultados entre los años 2014 - 2021 de la evaluación visual de deterioros superficiales.

En la Figura 32 se muestra la comparación para las últimas 7 evaluaciones, para el sentido San José – Caldera. En los deterioros que se registran según el área deteriorada, se ha dado un incremento constante en la superficie afectada por Piel de Lagarto y Bacheos, mientras que la longitud deteriora han arrojado resultados aproximadamente similares en las últimas 2 campañas de evaluación, de donde se puede observar un crecimiento acelerado, por lo que de seguirse la tendencia, es posible que en el corto plazo se llegue alcanzar los porcentajes máximos fijados en el cartel de licitación, Cláusula 2.5.2 *Indicadores para Pavimento Asfáltico en el inciso c) Agrietamiento (%)*.

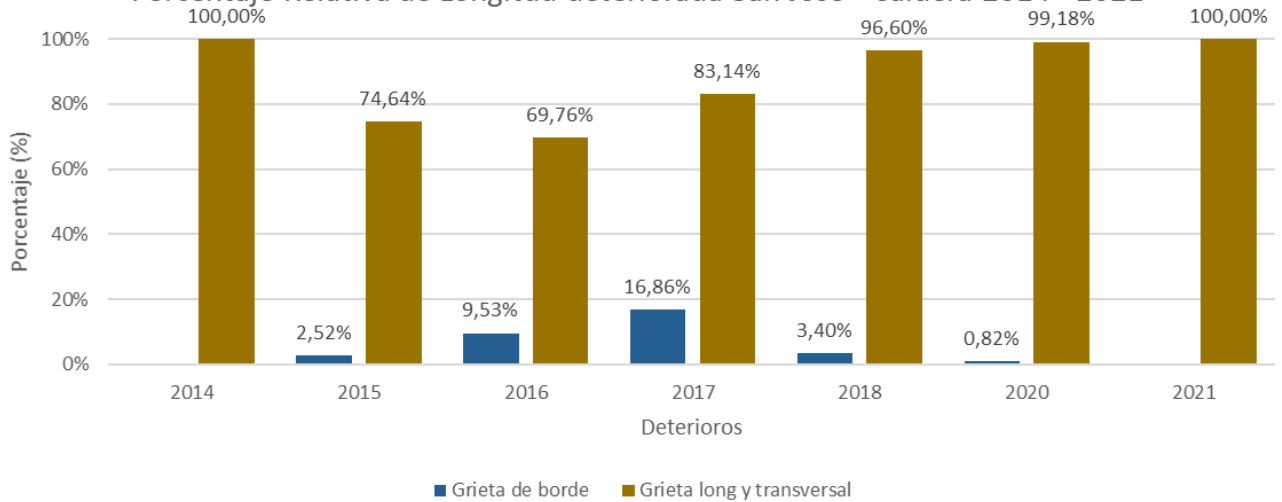


Porcentaje Relativo de Área deteriorada San José - Caldera 2014 - 2021



■ Piel de lagarto
 ■ Exudación
 ■ Bacheo
 ■ Pulimento de agregados
 ■ Huecos
 ■ Grietas de arco
 ■ Desprendimiento de agregados

Porcentaje Relativo de Longitud deteriorada San José - Caldera 2014 - 2021



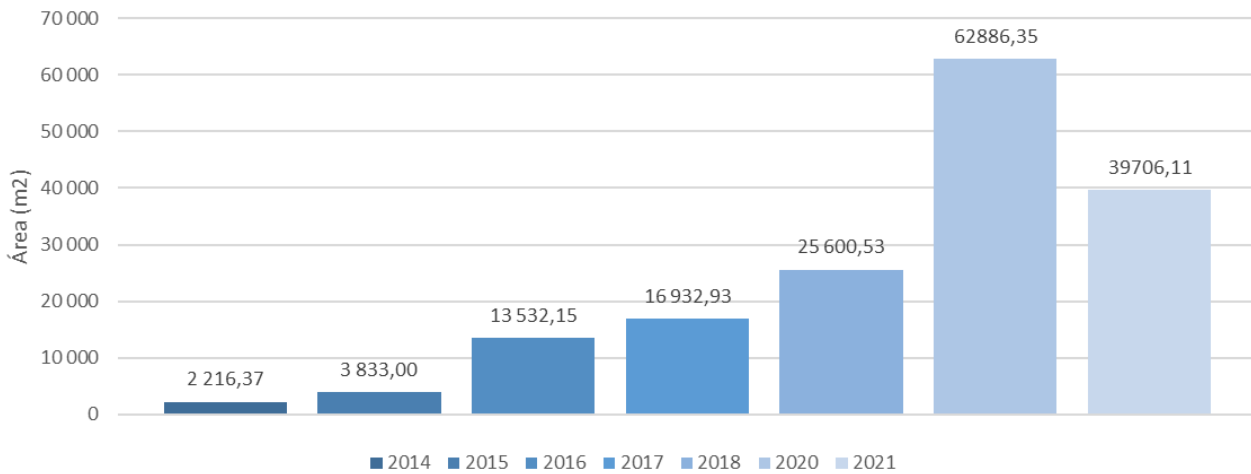
■ Grieta de borde
 ■ Grieta long y transversal

Figura 32: Comparación deterioro superficial 2014 al 2021 en el Sentido San José - Caldera.
a) Área deteriorada; b) Longitud deteriorada

Al desglosar los deterioros según sea el área o longitud deteriorada (Figura 32), algunos de estos han disminuido su área relativa con cada evaluación (Figura 32a). En la longitud que presenta deterioro (Figura 32b), se detectó que la grieta de borde disminuyó considerablemente en relación con el año 2018. En la Figura 33 se muestra el aumento del área y longitud que presenta los diferentes tipos de deterioros, siendo evidente la tendencia acelerada en el aumento del deterioro superficial presente en la troncal principal.

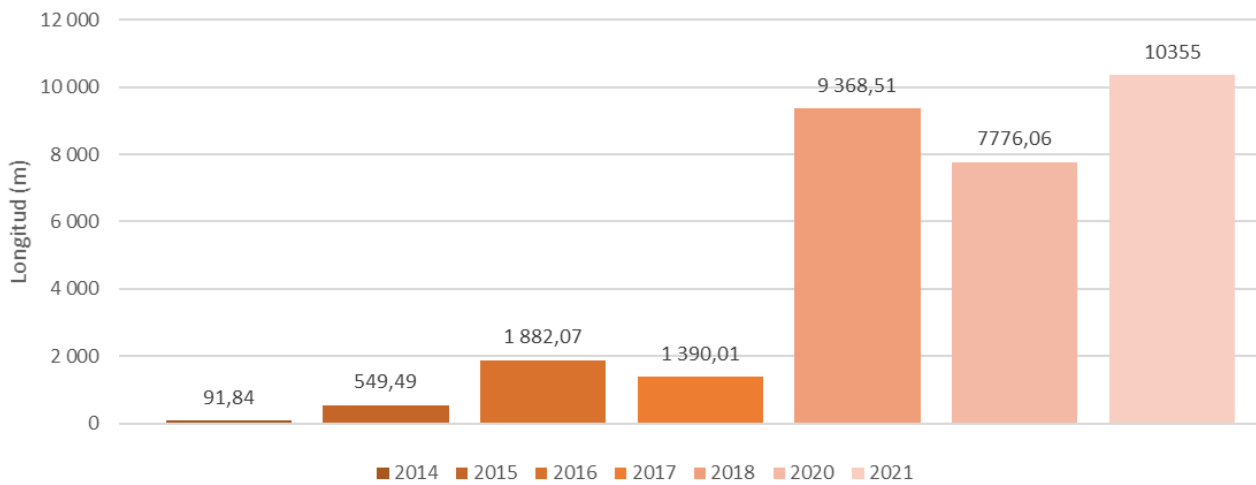


Área deteriorada San José - Caldera 2014 - 2021



a)

Longitud deteriorada San José - Caldera 2014 - 2021



b)

Figura 33 Cantidad de deterioro entre el 2014 al 2021 en el Sentido San José - Caldera.
a) Deterioros por área; b) Deterioros por longitud

Lo presentado anteriormente, fue el análisis para el sentido San José - Caldera. En el sentido Caldera – San José, se realiza un análisis similar.

La Figura 32a muestra los resultados obtenidos en la afectación de la superficie de ruedo por deterioros, para las últimas 7 campañas de evaluación. Para los deterioros tipo *área*, para el sentido San José – Caldera, se dio una disminución alrededor de 23 mil m² en



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 68

el año 2021. Caso contrario para los deterioros que se registran según la longitud deteriorada, mientras que para la campaña de evaluación 2020 se detectó poco más de 7,7 kilómetros afectados, para la evaluación del 2021, se dio un aumento alrededor de 2,5 kilómetros.

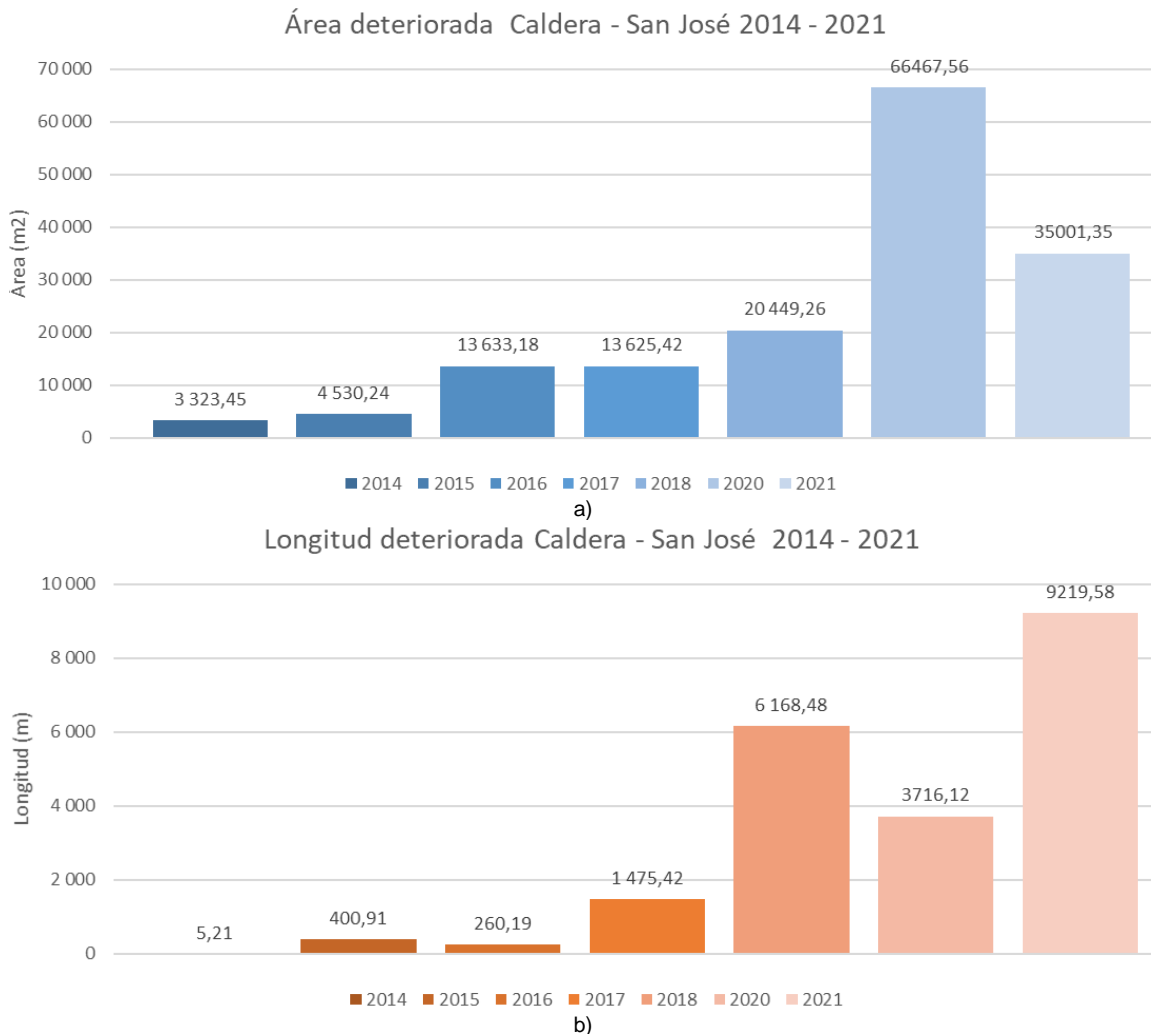


Figura 34: Comparación deterioro superficial 2014 al 2021 en el Sentido Caldera - San José.
a) Deterioros tipo área; b) Deterioros tipo grieta

Al realizar el desglose por tipo de deterioro, para esta evaluación la *piel de lagarto* ha disminuido con relación a la evaluación anterior y el *bacheo* ha presentado un incremento de aproximadamente un 25 % (Figura 35a).



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 69

Por otra parte, las grietas de borde (Figura 35b) aumentaron desde la campaña 2016, en relación con las grietas longitudinales y transversales.

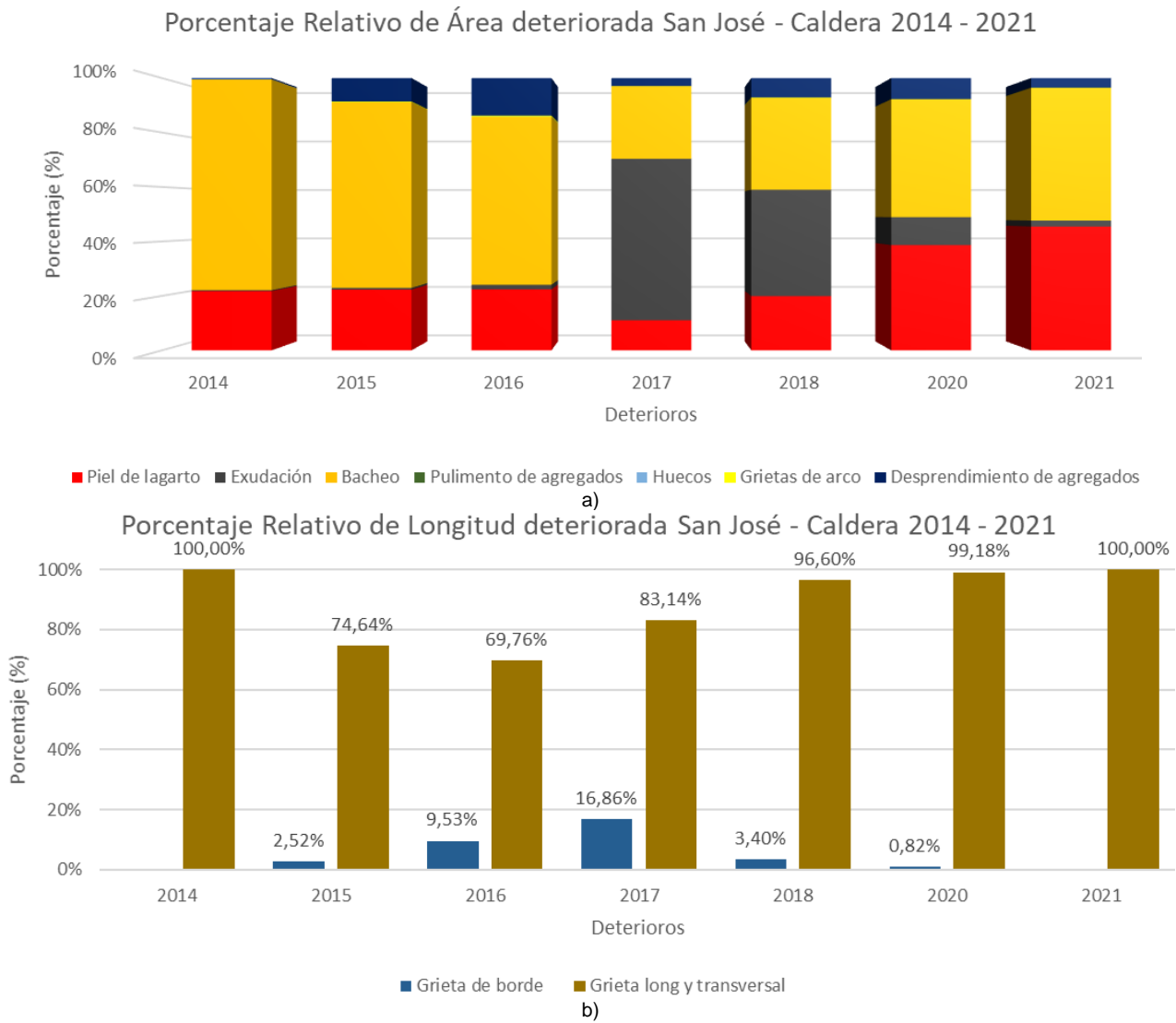


Figura 35: Comparación deterioro superficial 2014 al 2021 en el Sentido Caldera - San José. a) Deterioros tipo área; b) Deterioros tipo grieta



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 70

4 EVALUACIÓN DE LAS RADIALES

4.1 Aspectos Generales

El proyecto de la Ruta Nacional 27 Carretera San José – Caldera, tal y como fue concesionado, comprende tanto la troncal principal como 4 radiales de acceso, a saber:

- **Radial de El Coyol:** conecta el proyecto en concesión en el estacionamiento 22+450 con la Ruta Nacional 1 Carretera Interamericana Norte, en las cercanías de El Coyol de Alajuela. Es la radial más reciente construida y, además la más larga, con 3.800 metros de longitud.
- **Radial de Turrúcares:** conecta la Ruta 27 en el estacionamiento 26+350 con el poblado de Turrúcares de Alajuela. Es la radial más corta, con 200 metros de longitud.
- **Radial de Atenas:** cerca del peaje de Atenas (estacionamiento 31+560), conecta proyecto concesionado con el poblado de Atenas. Tiene una longitud de 3.300 metros.
- **Radial de Escobal:** permite la comunicación desde la Ruta 27 en el estacionamiento 42+150 al poblado de Escobal. Tiene una longitud de 400 metros.

La longitud indicada anteriormente es el recorrido principal de cada radial, sin incluir las rampas o rotondas de conexión. Todas las radiales presentan accesos desde la troncal principal, mediante carriles de aceleración / desaceleración, intersecciones e intercambios con rotondas; asimismo todas presentan un carril por sentido de circulación. La Figura 36 muestra la ubicación de estas radiales.

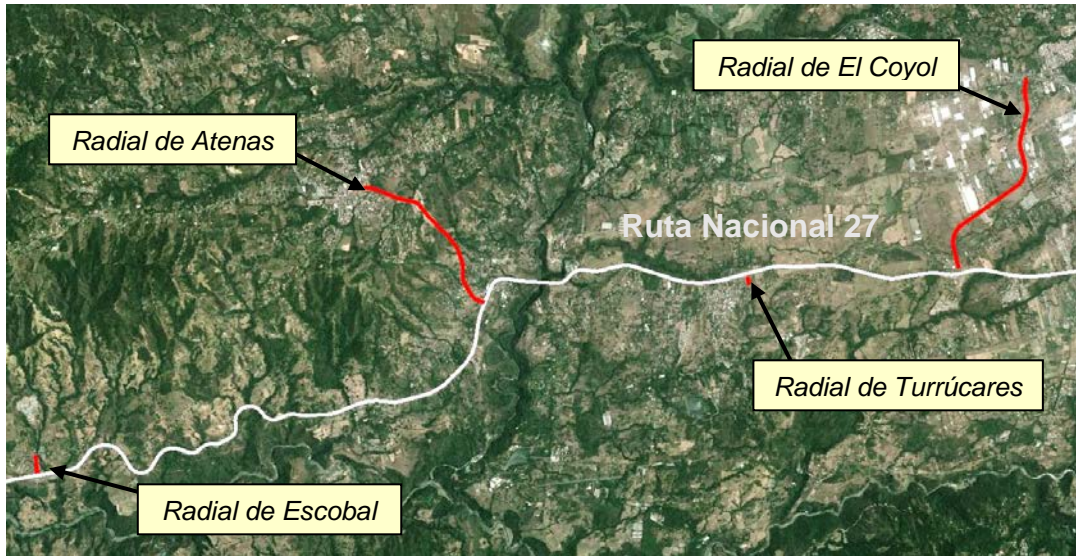


Figura 36. Ubicación de las radiales en la Ruta Nacional 27.

Como parte de la Campaña de Evaluación 2020 – 2021 de la Ruta Nacional 27, se evaluaron las radiales en los parámetros de capacidad estructural con el *Deflectómetro de Impacto*, capacidad funcional con el *Perfilómetro Láser*, seguridad vial con el *Medidor de Agarre Superficial* y nivel de deterioros en la superficie del pavimento con el *Equipo de Imágenes Digitales Georreferenciadas*. En el Anexo VII se muestra de manera gráfica los principales deterioros detectados, y los indicadores del estado del pavimento.

4.2 Resultados obtenidos: Capacidad Estructural

La Figura 37 muestra para cada radial, los resultados obtenidos con el *Deflectómetro de Impacto*, en porcentajes relativos para la longitud de cada una. Según el contrato de la concesión en la Sección 2.3.2.1.5 *Diseño Geométrico*, el concesionario debe considerar como mínimo las velocidades de diseño y las secciones transversales típicas contenidos en los diseños, planos y anteproyectos proporcionados por el Concejo Nacional de Concesiones (CNC) y dar mantenimiento y rehabilitación a las radiales especificadas en el contrato.

Al momento de realizar este análisis no se contó con la información referente a la estructura de cada radial, ya que desde el 2010 se solicitó la configuración del paquete estructural y no se obtuvo respuesta, por lo que se considera un espesor de capa asfáltica igual a la estructura de la sección a la cual pertenecen: dado que todas las radiales se encuentran en la Sección 2 de la ruta, se asumirá su estructura para el cálculo de las deflexiones.

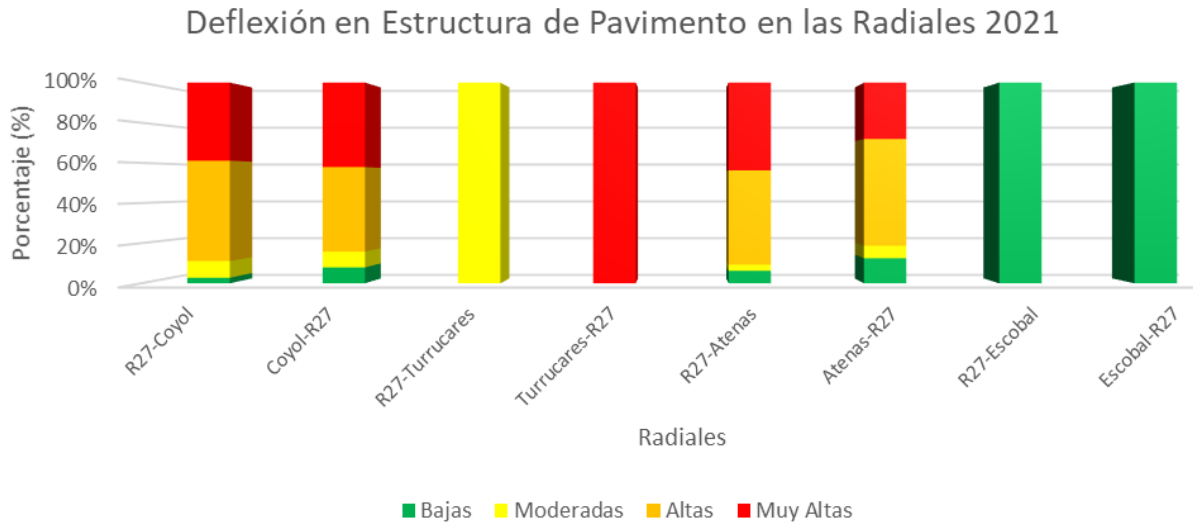


Figura 37. Resultados obtenidos con el Deflectómetro de Impacto, para las radiales de la Ruta 27, en porcentajes para cada categoría.

De la figura anterior se puede notar que las dos radiales con mayor longitud del proyecto (Atenas y El Coyol), son las que presentan los valores más altos de deflexiones, lo que representa que estas radiales cuentan con una capacidad deficiente para soportar las cargas vehiculares. No obstante, en el sentido Turrúcares – Ruta 27 presenta deflexiones muy altas. Por su parte, la de Escobal cuenta con deflexiones que representan una muy buena condición estructural.

4.3 Resultados obtenidos: Condición Funcional

En la Figura 38 se muestran los resultados obtenidos con el equipo *Perfilómetro Láser*. Similar a los datos presentados de deflectometría, en esta figura se muestran los porcentajes relativos obtenidos para cada categoría, según la longitud total de cada radial.

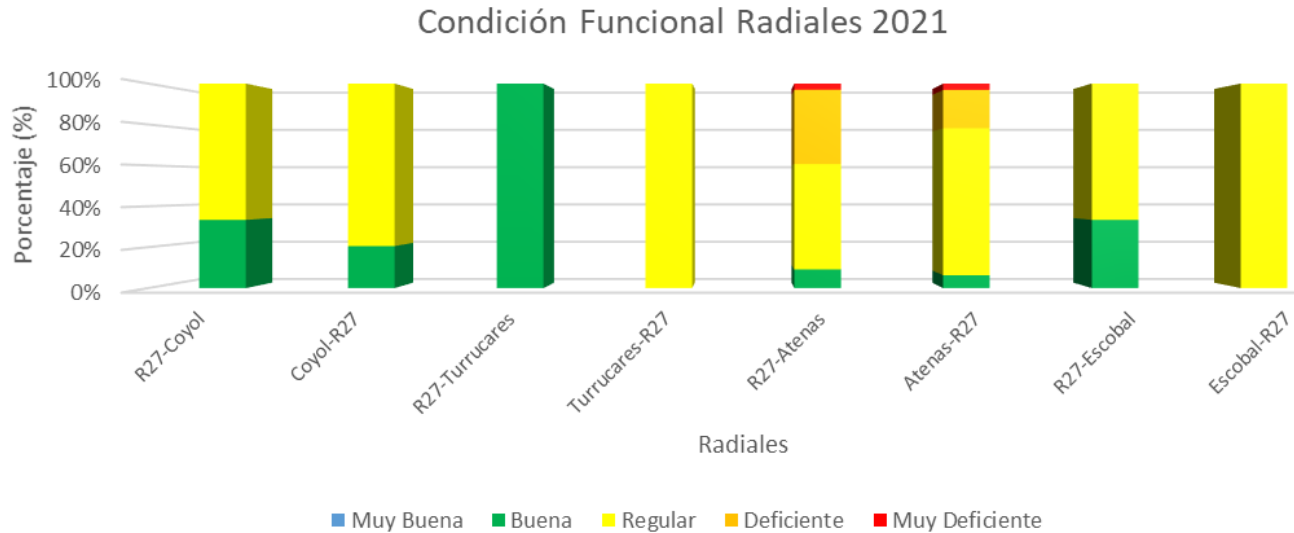


Figura 38. Resultados obtenidos con el Perfilómetro Láser, para las radiales de la Ruta 27, en porcentajes para cada rango.

Como se observa en la figura anterior, la mayor parte de la longitud de cada radial se encuentra en la categoría de *Regular*, excepto la Radial de Turrúcares en el sentido Ruta 27 – Turrúcares, que presenta a todo lo largo de tramo una *Buena* condición. La radial de Atenas, presenta además una longitud importante dentro del rango *Deficiente*.

4.4 Resultados obtenidos: Coeficiente de Fricción

La Figura 39 y Figura 40 muestran los resultados obtenidos en la evaluación de agarre superficial, con los 2 equipos usados también en la troncal principal (GripTester, MuMeter). Resalta que la Radial Turrúcares presenta un 100 % de incumplimiento en ambos sentidos de circulación.

Para la Radial El Coyol en el sentido El Coyol – Ruta Nacional 27, presenta 35,00 % en condición Muy deslizante, 42,50 % Deslizante y 22,50 % Poco deslizante, mientras que para el sentido Ruta Nacional 27 – El Coyol la proporción pasa a 35,00 % en condición Muy deslizante, 30,77 % en condición Deslizante y 35,90 % en condición Poco deslizante.

Asociado a los resultados obtenidos con el GripTester, se presenta en la Radial Turrúcares, en ambos sentidos, un 100 % en condición Muy deslizante.

En la Radial Atenas para el sentido Ruta Nacional 27 – Atenas, se presenta un 25,00 % en condición Muy deslizante, 28,13 % en condición Deslizante y 46,88 % en condición Poco deslizante, mientras que en el sentido Atenas – Ruta Nacional 27, se distribuye la



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 74

condición en 6,06 % Muy deslizante, 24,24 % en condición Deslizante y 69,70 % Poco deslizante.

Finalmente, en la Radial a Escobal en el sentido Escobal – Ruta Nacional 27 cuenta con un 25,00 % en condición Muy deslizante, 50,00 % en condición Deslizante y 25 % en condición Poco deslizante, por su parte, en el sentido Ruta Nacional 27 – Escobal, el 50 % de su longitud se encuentra en condición Deslizante, mientras que presenta un 50 % en condición Poco deslizante.

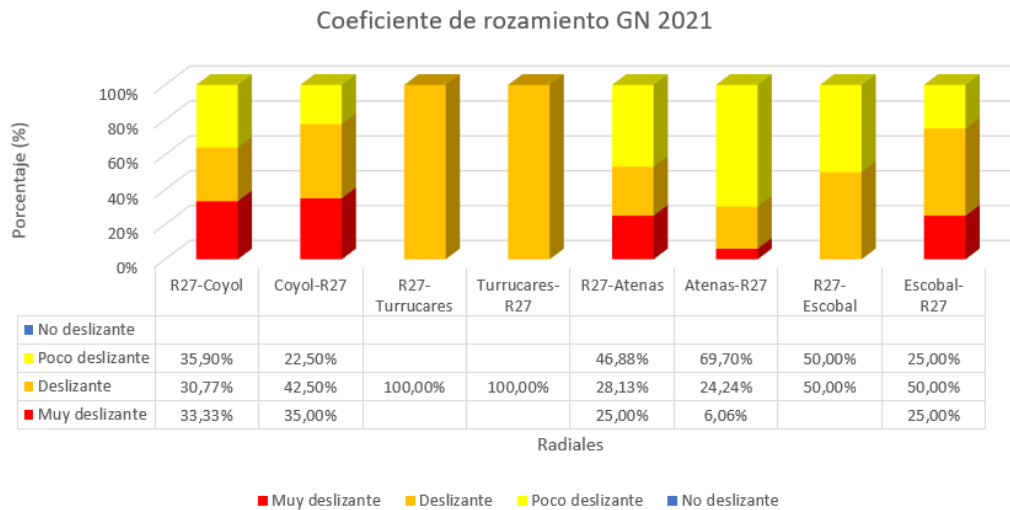


Figura 39. Resultados obtenidos con el Grip Tester, para las radiales del proyecto concesionado, en porcentajes para cada rango.



Coefficiente de rozamiento Mu 2021

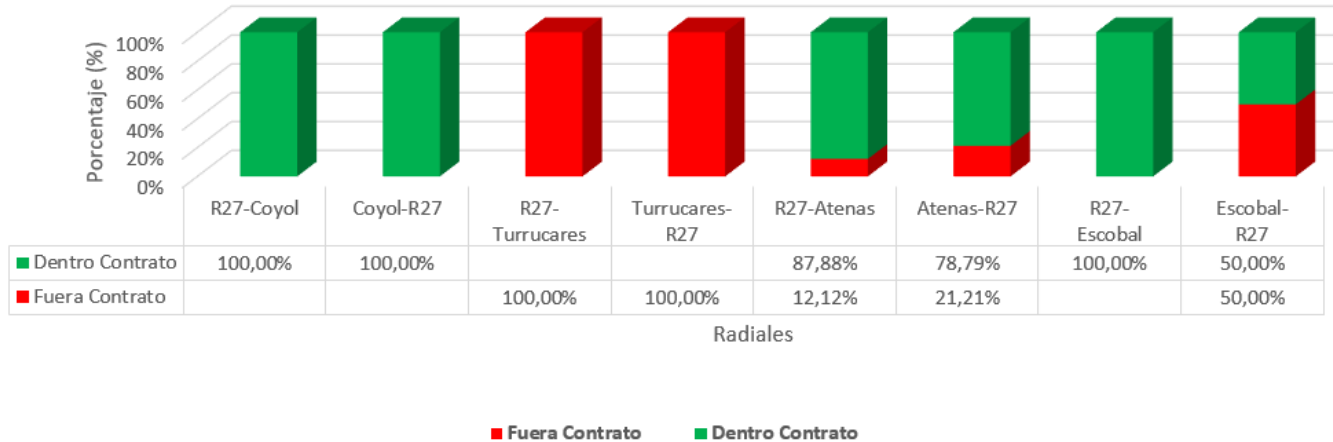
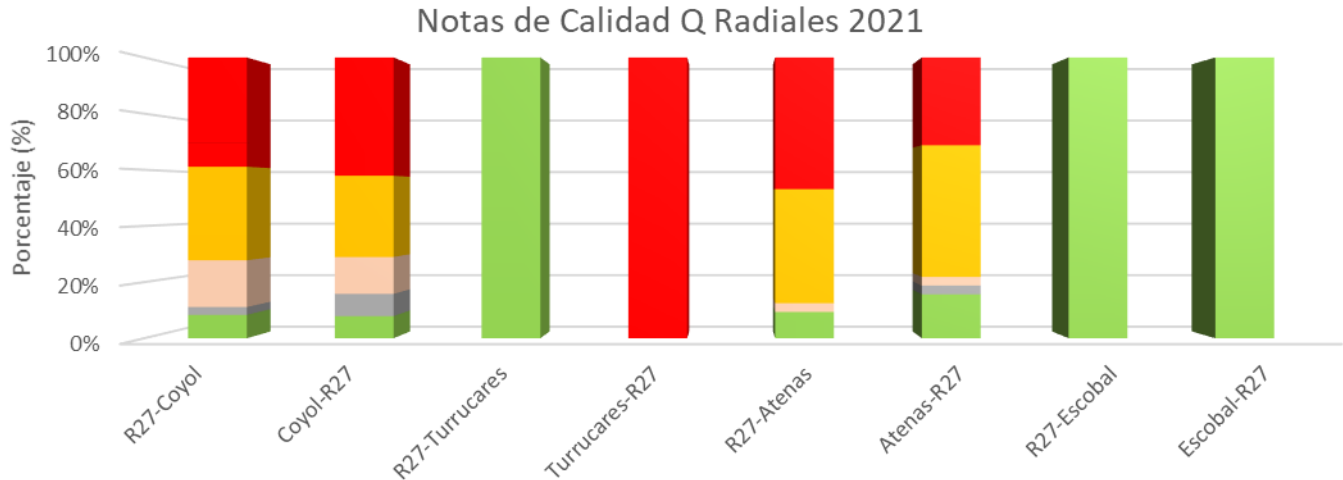


Figura 40. Resultados obtenidos con el Mu-Meter, para las radiales de la Ruta 27, en porcentajes para cada rango.

4.5 Notas de Calidad Q para las radiales

Con base en los resultados obtenidos en deflectometría y regularidad superficial, se procede a estimar las notas Q para cada radial (dividida en tramos de 100 metros de longitud para poder contar con unidades de análisis comparables en el tiempo). Los resultados (Figura 41) muestran que, excepto por la radial a Escobal, las demás radiales presentan porcentajes importantes de su longitud con Notas Q R1, R2 y R3 que presentan altos niveles de deterioro, desde el punto de vista estructural y funcional, lo que se traduce en que la alternativa de intervención recomendada es la reconstrucción del pavimento.



	R27-Coyol	Coyol-R27	R27-Turrucare	Turrucare-R27	R27-Atenas	Atenas-R27	R27-Escobal	Escobal-R27
R-3					15,63%	9,38%		
R-2	30,56%	34,21%		100,00%	31,25%	21,88%		
R-1	8,33%	7,89%						
Q9					21,88%	12,50%		
Q8	33,33%	28,95%			18,75%	34,38%		
Q7								
Q6	16,67%	13,16%			3,13%	3,13%		
Q5	2,78%	7,89%				3,13%		
Q4								
Q3	5,56%		100,00%		3,13%	3,13%		
Q2		7,89%			3,13%	12,50%	66,67%	100,00%
Q1	2,78%				3,13%		33,33%	

Figura 41. Notas Q para las Radiales.

4.6 Resultados obtenidos: análisis de deterioros superficiales

Con el *Equipo de Imágenes Digitales Georeferenciadas*, se realizó un levantamiento detallado de la superficie pavimentada de cada radial. Con esto, fue posible ubicar los deterioros en cada radial, así como su extensión y severidad.

En la campaña de evaluación 2021 – 2022, se muestra que, al hacer una comparación relativa del área deteriorada versus el área total aproximada de cada radial (Figura 42), se puede notar que la radial a El Coyol es la que presenta mayor porcentaje de área deteriorada. Además, se puede apreciar que los deterioros dominantes son Piel de Lagarto, Exudación y Bacheo, en donde para la Radial a El Coyol la Piel de Lagarto representa alrededor de un 10 % del área deteriorada.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 77

Estos resultados concuerdan con los valores obtenidos en la sección 5.5 Notas de Calidad Q para las radiales, puesto que un porcentaje importante de longitud para cada radial requieren de actividades de rehabilitación e incluso reconstrucción, dado el nivel que presenta tanto, desde el punto de vista estructural como funcional y de deterioros superficiales.

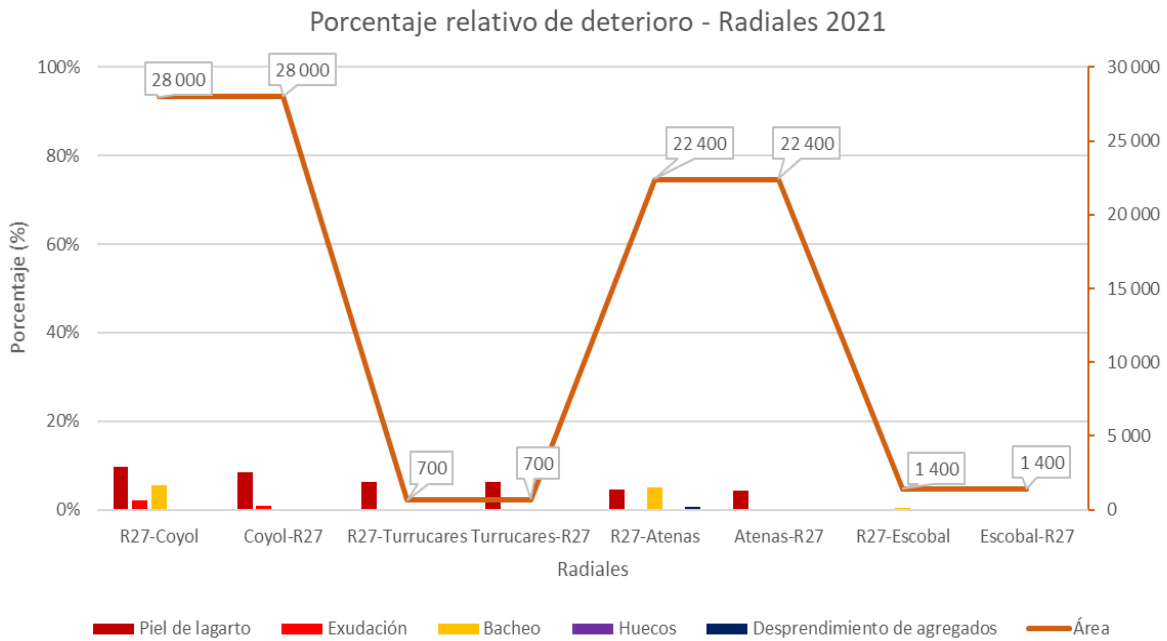


Figura 42. Distribución de deterioros en las radiales con área deteriorada por radial, Ruta Nacional 27



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 78

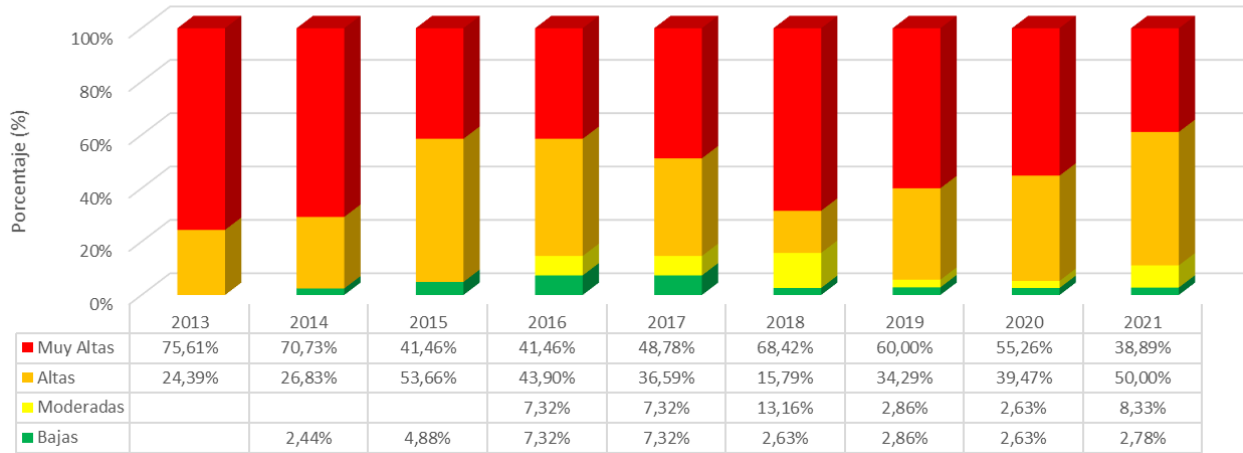
4.7 Comparación de la condición de las radiales, campañas 2013 – 2021

4.7.1 Evaluación con el deflectómetro de impacto

Las Figura 43, Figura 44, Figura 45 y Figura 46 muestran para cada sentido de las radiales, la comparación de los resultados obtenidos en las campañas de evaluación de la capacidad estructural, entre los años 2013 a 2021. Del estudio de estas figuras, no se determina una tendencia clara hacia la mejora, pero lo que si resulta claro es que, al comparar el estado estructural de las radiales con la de la troncal principal, los resultados muestran que, a lo largo de las últimas campañas de evaluación, excepto la Radial de Escobal que mantiene buena capacidad estructural, no se evidencia un plan de intervenciones para su conservación.



Deflexión en Estructura de Pavimento Ruta 27 - El Coyol, 2013-2021



Deflexión en Estructura de Pavimento El Coyol - Ruta 27, 2013-2021

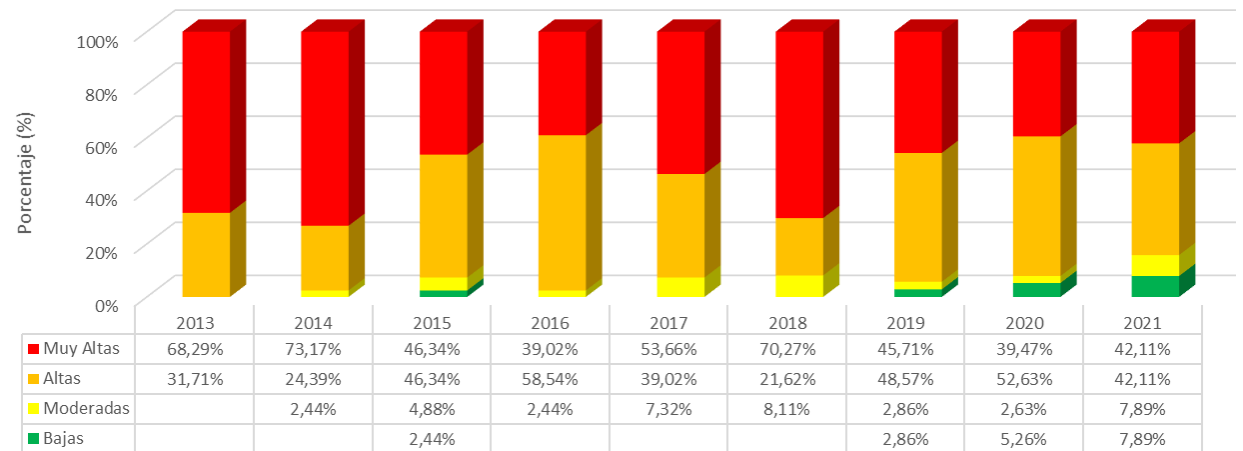
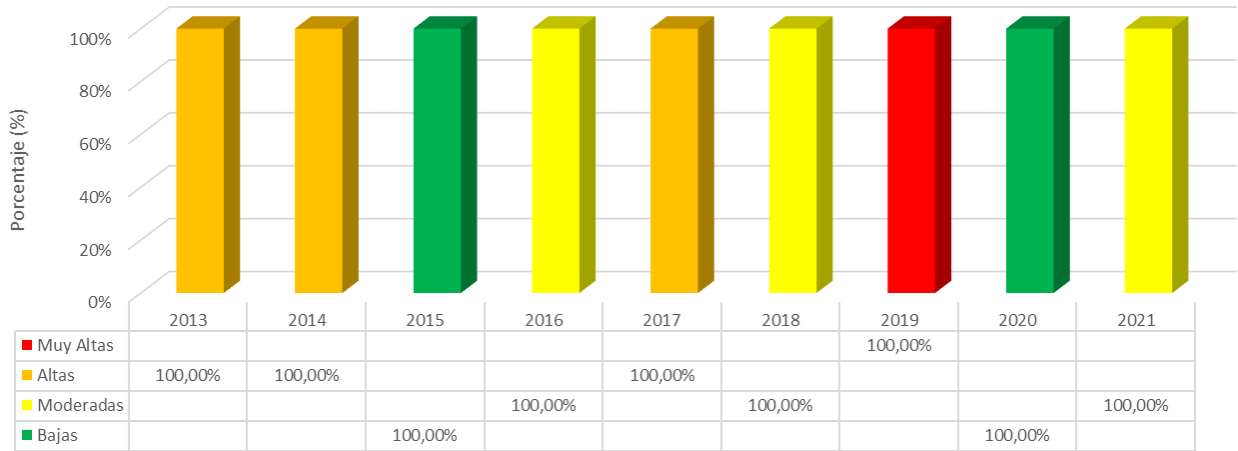


Figura 43. Comparativo Deflexiones de Radial El Coyol años 2013-2021



Deflexión en Estructura de Pavimento Ruta 27 - Turrucare, 2013-2021



Deflexión en Estructura de Pavimento Turrucare - Ruta 27, 2013-2021

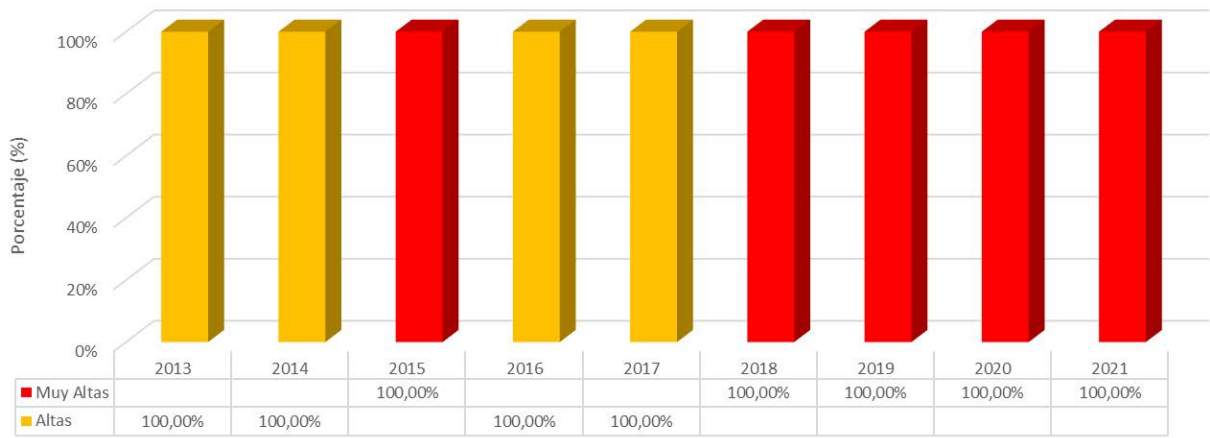
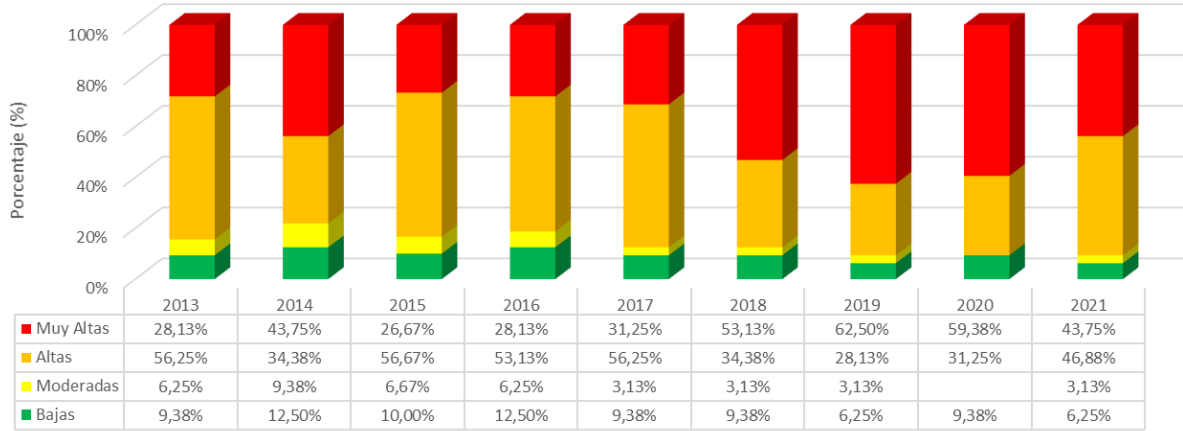


Figura 44. Comparativo Deflexiones de Radial Turrúcares años 2013-2021



Deflexión en Estructura de Pavimento Ruta 27 - Atenas, 2013-2021



Deflexión en Estructura de Pavimento Atenas - Ruta 27, 2013-2021

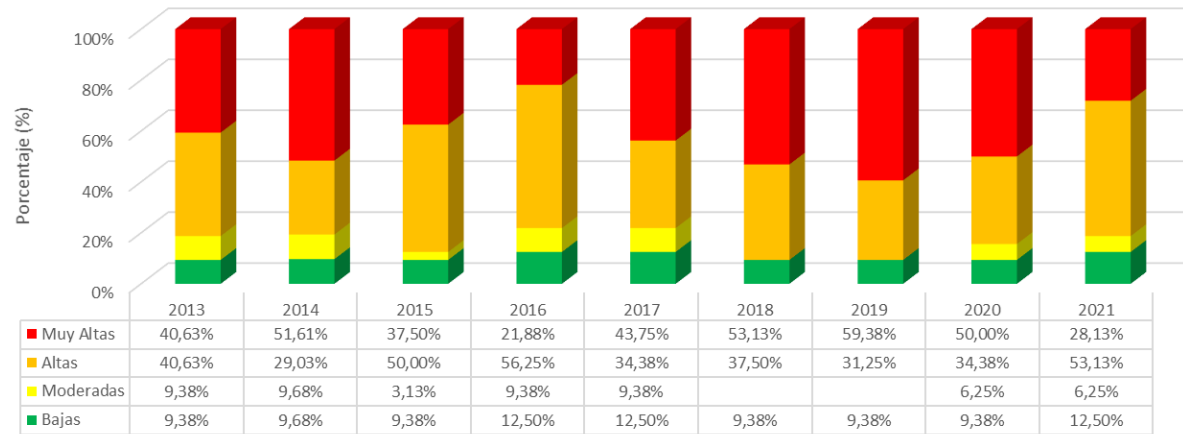
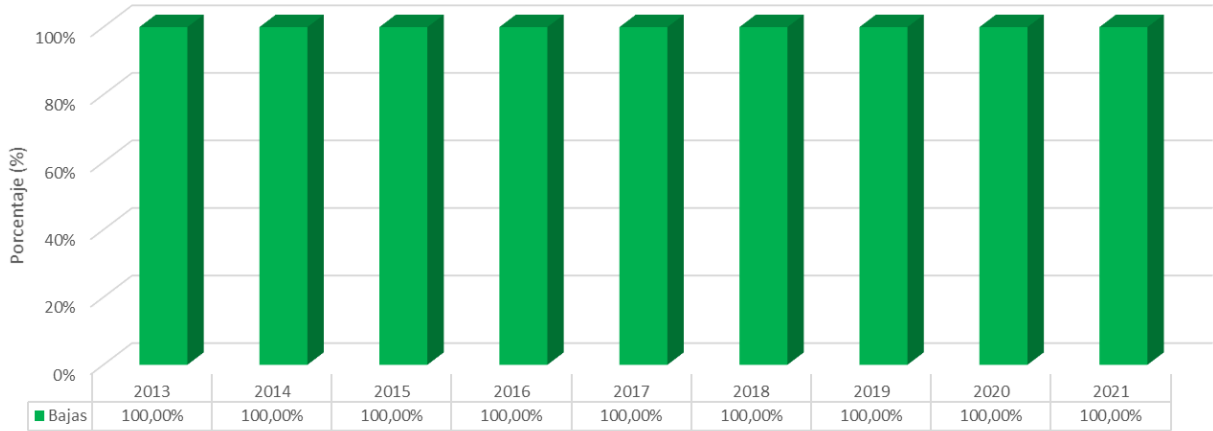


Figura 45. Comparativo Deflexiones de Radial Atenas años 2013-2021



Deflexión en Estructura de Pavimento Ruta 27 - Escobal, 2013-2021



Deflexión en Estructura de Pavimento Escobal - Ruta 27, 2013-2021

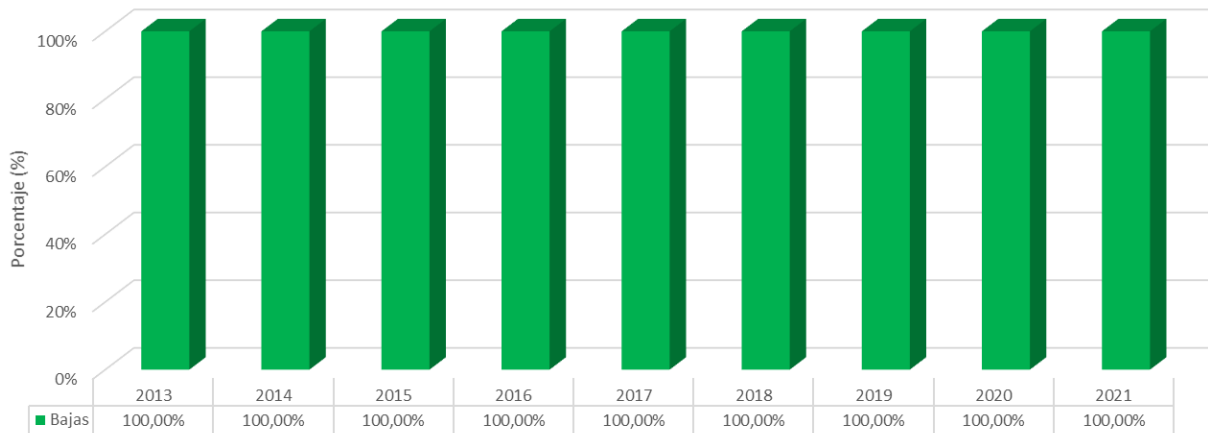


Figura 46. Comparativo Deflexiones de Radial Escobal años 2013-2021



4.7.2 *Evaluación con el perfilómetro láser superficial*

En las Figura 47, Figura 48, Figura 49 y Figura 50, se muestra la comparación de resultados obtenidos en la evaluación de la regularidad superficial, para las campañas 2013 a 2021. A continuación, se analiza esta información:

- **Radial El Coyol:**
 - En el sentido Ruta 27 – El Coyol para los años 2013 y 2014 se presentaba una condición superficial buena, a partir del 2015 se presenta una variación constante, sin definir claramente una tendencia a la mejora; particularmente entre los años 2019 y 2021 se presenta poca variación en los porcentajes de regular y buena.
 - En el sentido El Coyol – Ruta 27 entre los años 2013 y 2015 se aprecia una mayor presencia de una condición buena, a partir del 2016 se presenta una variación constante, marcando una tendencia a la desmejora hasta el año 2018, ya que a partir del 2019 hay un cambio a la mejora, puesto que disminuye el porcentaje deficiente y se incrementa levemente la condición de buena, pero para el 2021 el porcentaje de condición buena baja un 13 % respecto al año anterior.
- **Radial a Turrúcares:**
 - En el sentido Ruta 27 – Turrúcares se puede observar, en el 2013 se contaba con una condición muy deficiente, presentando una mejora que se mantuvo entre el 2014 y 2018 en una condición regular y para los años 2019 y 2021 presenta una mejora más, situando este indicador en una condición buena.
 - En el sentido Turrúcares – Ruta 27 se tuvo que entre el 2013 al 2016 estuvo variando la condición entre deficiente y muy deficiente, mejorando su condición a partir del año 2017 a la categoría de regular.
- **Radial Atenas:**
 - En el sentido Ruta 27 – Atenas desde el año 2013 cuenta mayoritariamente una condición regular, a partir del año 2018 se observa el incremento de la condición deficiente, siendo la segunda condición más dominante.
 - En el sentido Atenas – Ruta 27 en los años 2018 al 2021 ha venido en incremento las categorías de regular, deficiente y muy deficiente, donde la condición regular, la cual es la que tiene mayor presencia en este tramo, paso de 62 % en el 2018 a casi un 72 % en el 2021.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 84

- **Radial Escobal:**

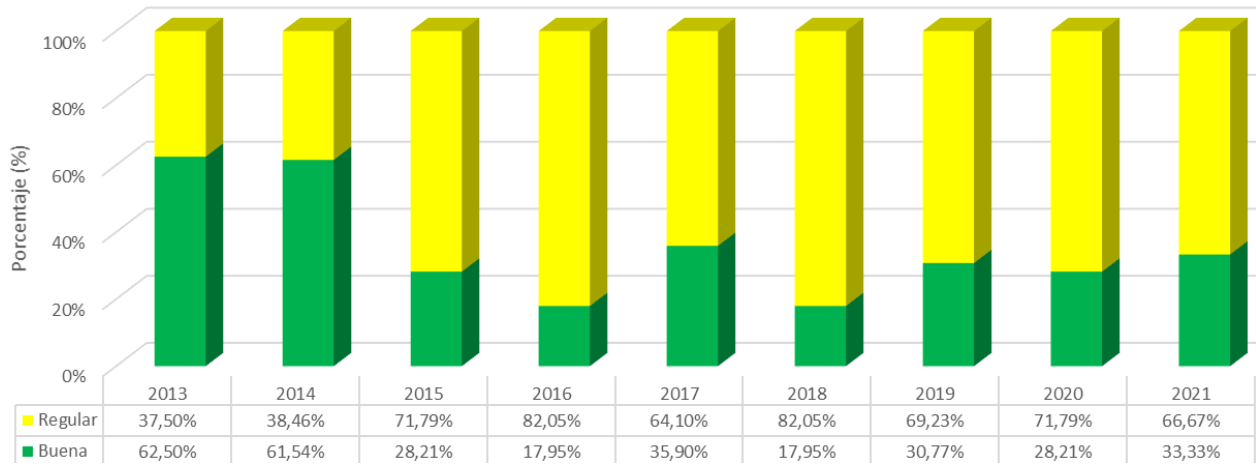
- En el sentido Ruta 27 – Escobal se presenta un comportamiento sostenido desde el 2013 hasta el 2019 con dominancia de la condición regular, para el año 2020 se presenta una variación que mejora la condición funcional, puesto que hay tramos con condición de muy buena y buena equiparado con la condición regular, pero ya en el 2021 no se cuenta con la condición muy buena, incrementando la condición regular en casi un 34 % respecto al año anterior.
- En el sentido Escobal – Ruta 27 ha mantenido la condición funcional en categoría regular desde al año 2013 hasta la actual evaluación.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 85

Capacidad Funcional Ruta 27 - El Coyal, 2013-2021



Capacidad Funcional El Coyal - Ruta 27, 2013-2021

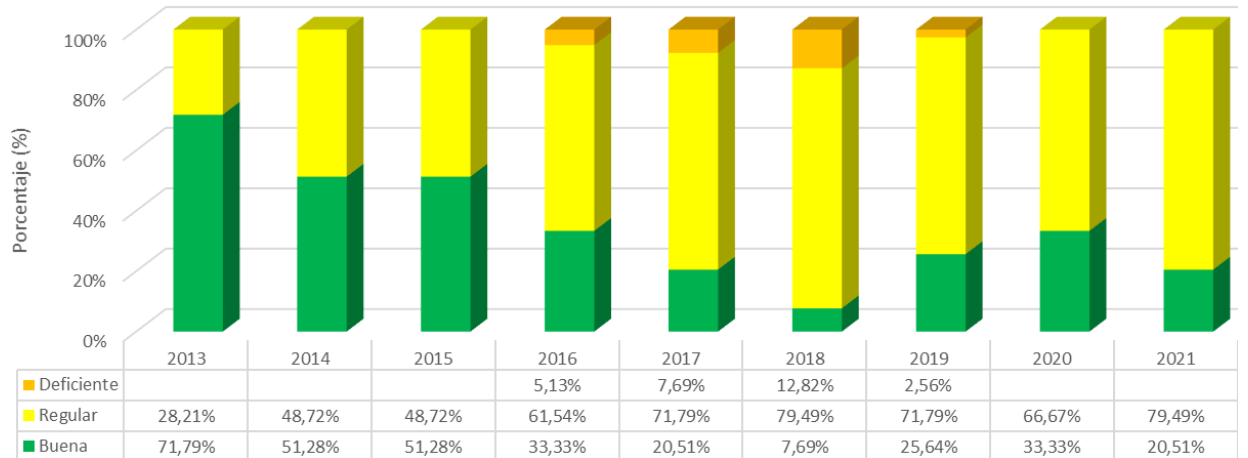
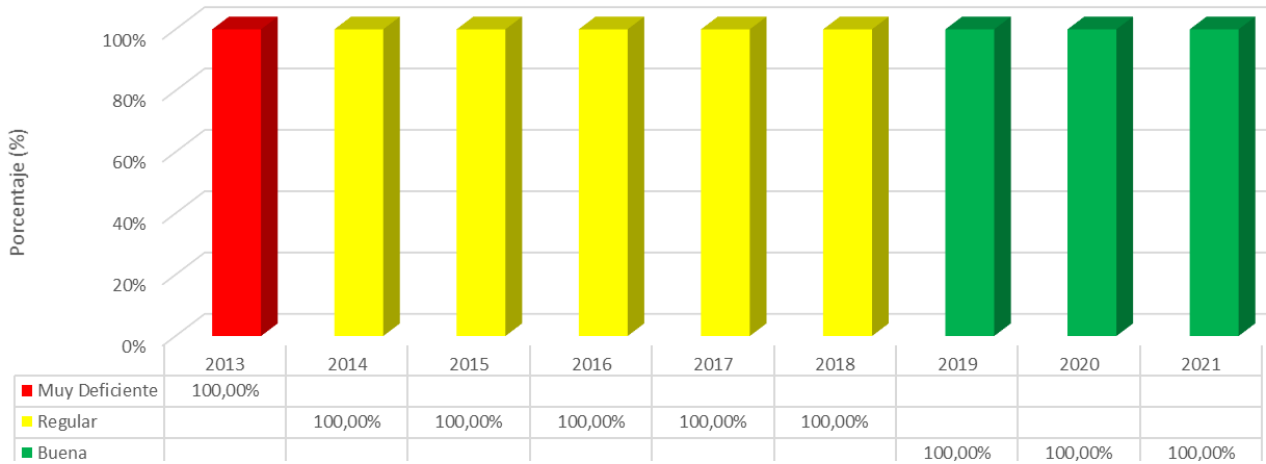


Figura 47. Comparativo Regularidad Superficial de Radial El Coyal años 2013-2021



Capacidad Funcional Ruta 27 - Turrucare, 2013-2021



Capacidad Funcional Turrucare - Ruta 27, 2013-2021

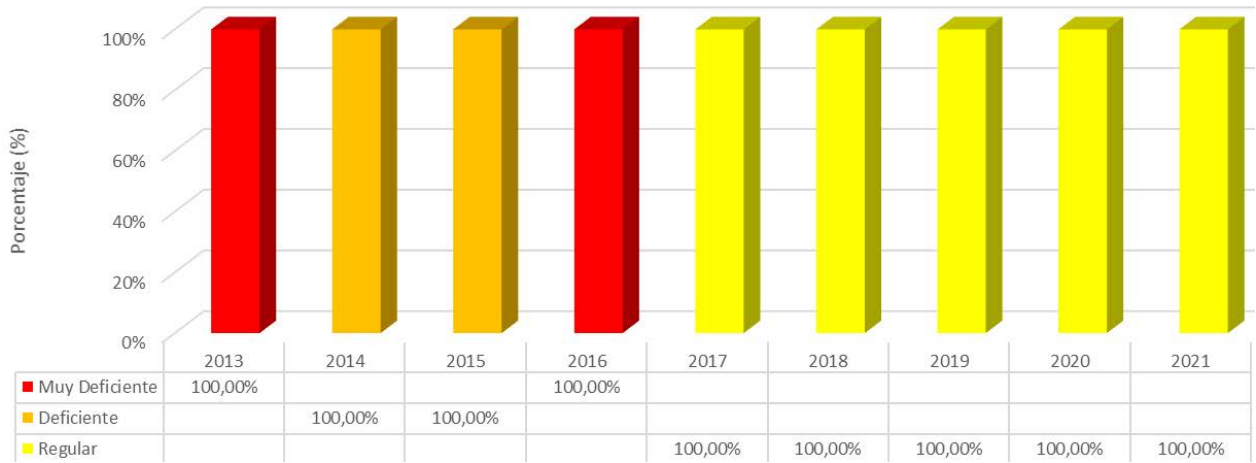
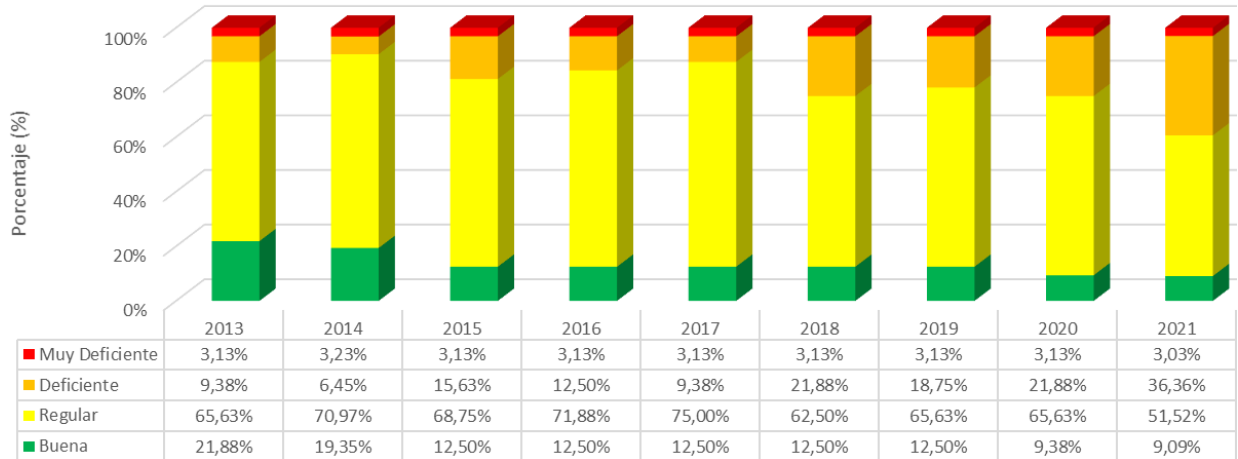


Figura 48. Comparativo Regularidad Superficial de Radial Turrúcares años 2013-2021



Capacidad Funcional Ruta 27 - Atenas, 2013-2021



Capacidad Funcional Atenas - Ruta 27, 2013-2021

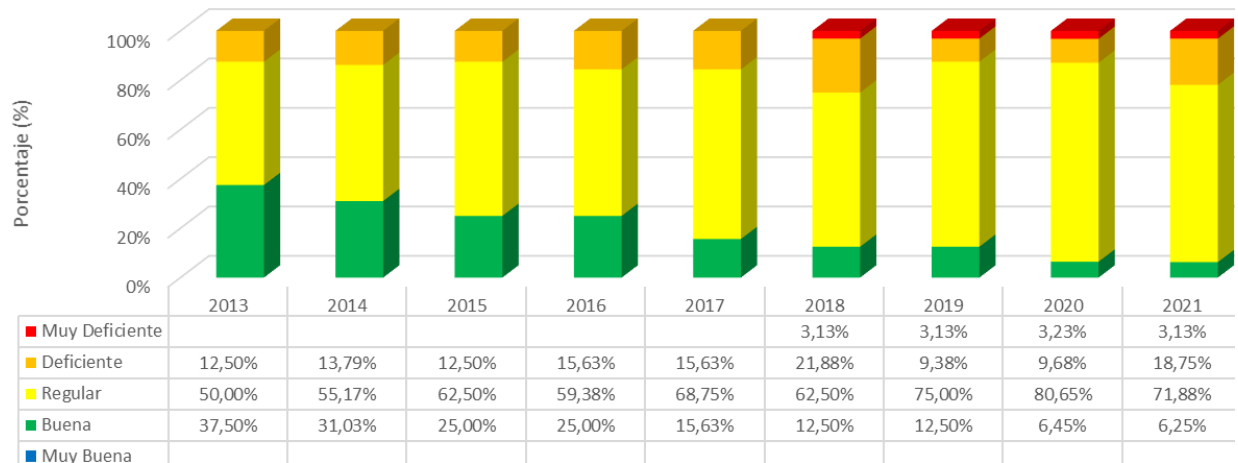
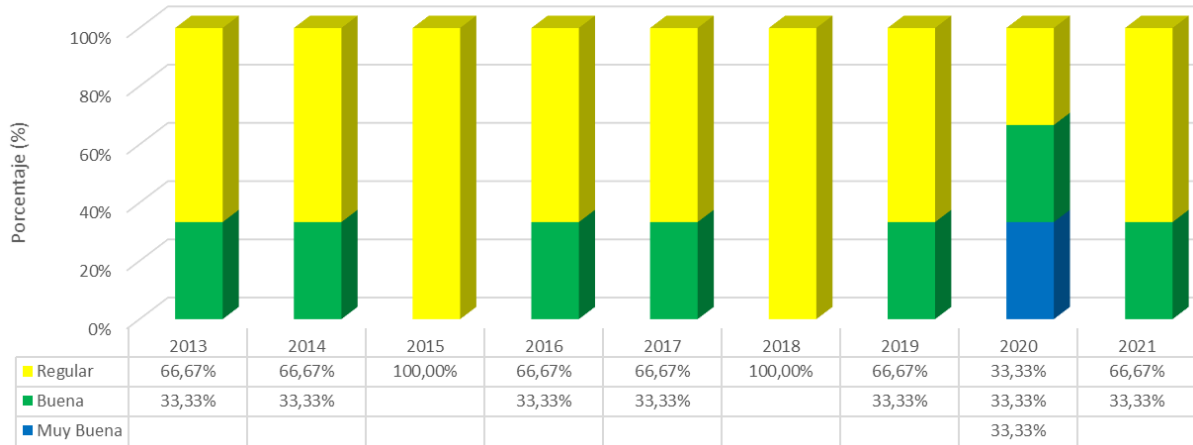


Figura 49. Comparativo Regularidad Superficial de Radial Atenas años 2013-2021



Capacidad Funcional Ruta 27 - Escobal, 2013-2021



Capacidad Funcional Escobal - Ruta 27, 2013-2021

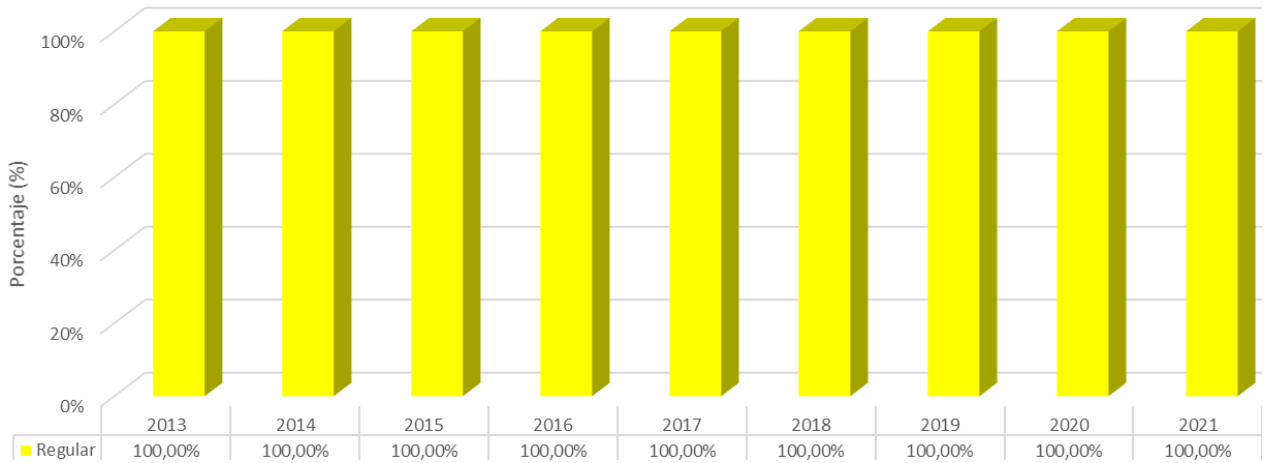


Figura 50. Comparativo Regularidad Superficial de Radial Escobal años 2013-2021



4.7.3 Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial

En las Figura 51, Figura 52, Figura 53 y Figura 54 se muestra la comparación de los resultados del ensayo con el GripTester para las radiales en las campañas del 2013 hasta el 2020. Al respecto se tienen tendencias variadas, tal y como se analizan a continuación:

- **Radial El Coyol**

- Sentido Ruta Nacional 27-El Coyol: desde la evaluación del año 2013 a la fecha, no se presentan registros en la categoría *No deslizante*. Al comparar los registros del 2020 y 2021, se evidenció un deterioro generalizado del parámetro, donde la condición *Muy deslizante* pasó de 0,0 % para el año 2020 a un 33,3 % para el año 2021. En cuanto a la categoría *Poco deslizante*, se redujo la condición, al pasar de un 70,0 % para el año 2020 a un 35,9 % para el año 2021.
- Sentido El Coyol-Ruta Nacional 27: el estado anual ha sido variable, dentro de los que predomina una tendencia desde el año 2016 a la fecha de presentar tramos de vía predominantemente con condiciones de *Muy deslizantes* a *Deslizantes*. Para la presente evaluación se registró un 35,0 % en condición *Muy deslizante* y 42,5 % para la condición *Deslizante*, datos que en total suman un 77,5 % del trayecto con condiciones de riesgo.

- **Radial Turrúcares:**

- Sentido Ruta 27-Turrúcares: no hay combinación de condiciones, sino que la condición identificada se presenta en la totalidad del tramo, 100%, en cada año. Lo anterior pues, en el 2013 es *Deslizante* y se mantiene constante durante el periodo que va del 2014 al 2017, terminando el 2018 y 2019 como *Muy deslizante* y al 2020 y 2021 como *Deslizante*.
- Sentido Turrúcares-Ruta 27: las condiciones varían del 2013 a la fecha generalmente en un 100 % con condición *Deslizante* y *Muy deslizante*, esto de forma consistente desde el año 2017 al 2021.

- **Radial Atenas:**

- Sentido Ruta-27 Atenas: del 2013 al 2015 se presente una tendencia de *Poco deslizante* y algunos tramos *No deslizantes*. En el 2016 la condición *Deslizante* predomina con un 75 %, estado que empeora en el 2017 al contar con un 53 % en condición *Deslizante* y un 34 % en condición *Muy deslizante*. Del 2017 al 2020 se observa una mejoría en el estado del coeficiente de rozamiento, pero no se alcanza en ningún año el estado *No deslizante*. Al año 2021, se



evidencia el deterioro de las categorías con respecto al año anterior, donde resalta un 25,0 % en condición *Muy deslizante* y 28,13 en condición *Deslizante*.

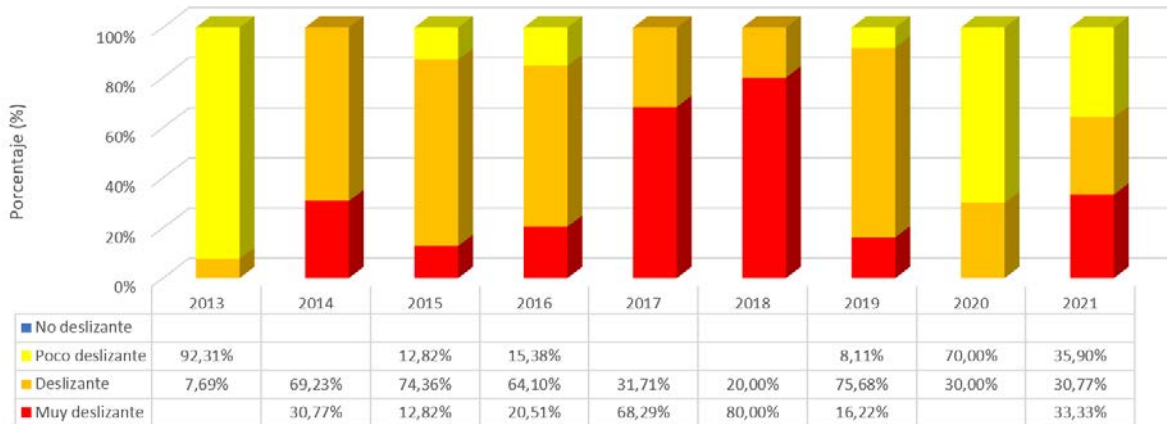
- Sentido Atenas-Ruta 27: predomina la condición *Poco deslizante*, con valores altos en el 2013, 2017, 2019, 2020 y 2021. El estado al 2021 en general empeoró con respecto al 2020, ya que aumentan los segmentos en condición *Deslizante* y se reduce la condición *Poco deslizante* de los registros.

- **Radial Escobal:**

- Sentido Ruta 27-Escobal: en el 2013 domina la condición *Poco deslizante* seguido de *Deslizante*. En el 2014 toda su longitud llega a la condición *Muy deslizante*, al año siguiente mejora y toda su longitud cae en la condición de *Poco deslizante*. Desde el 2016 hasta el 2018 se mantiene como *Deslizante* y baja considerablemente en el 2019 pero, adicionalmente, surge de nuevo la condición de *Poco deslizante*. Para la condición 2020, se observan mejoras al pasar a un estado 100 % *Poco deslizante*, sin embargo, para el año 2021 empeora la condición al presentar un 50,0 % para la condición *Poco deslizante* y 50,0 % para la condición *Muy deslizante*.
- Sentido Escobal-Ruta 27: en el 2013 toda su longitud resulta *Poco deslizante* al año siguiente es totalmente *Muy deslizante*. Vuelve a *Poco deslizante* en el 2015 y en el 2016 presenta en su totalidad condición *Deslizante* y en el 2017 pasa a ser *Muy deslizante*. En el 2018 mejora la condición baja su condición a *Muy deslizante* (33 %) y el resto de la longitud pasa a *Deslizante* (67 %), cierra el 2019 con una condición *Poco Deslizante*. Al 2020 el estado empeora con respecto al año anterior y baja a un 100 % en condición *Deslizante*, condición que para el 2021 se ve afectada de forma negativa, ya que se registró un 25,0 % en condición *Muy deslizante*.



Coefficiente rozamiento GN Ruta 27 - El Coyal, 2013-2021



Coefficiente rozamiento GN El Coyal - Ruta 27, 2013-2021

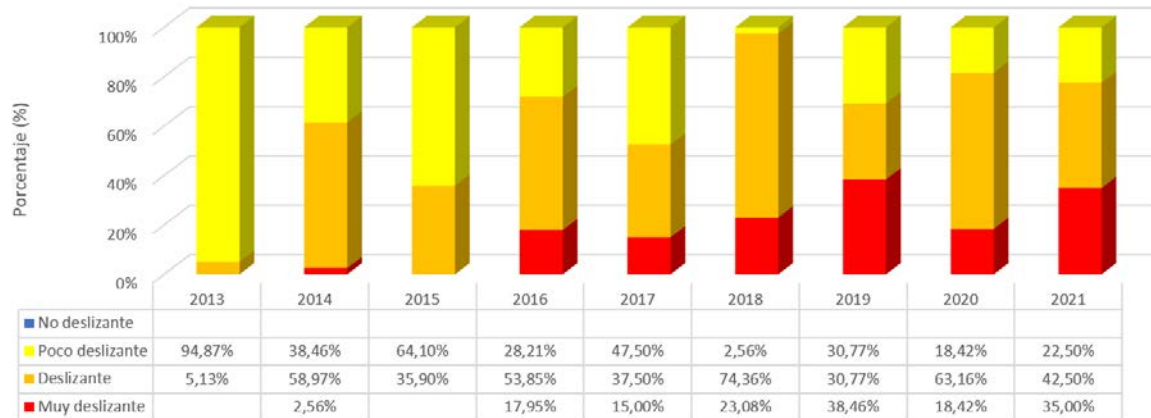
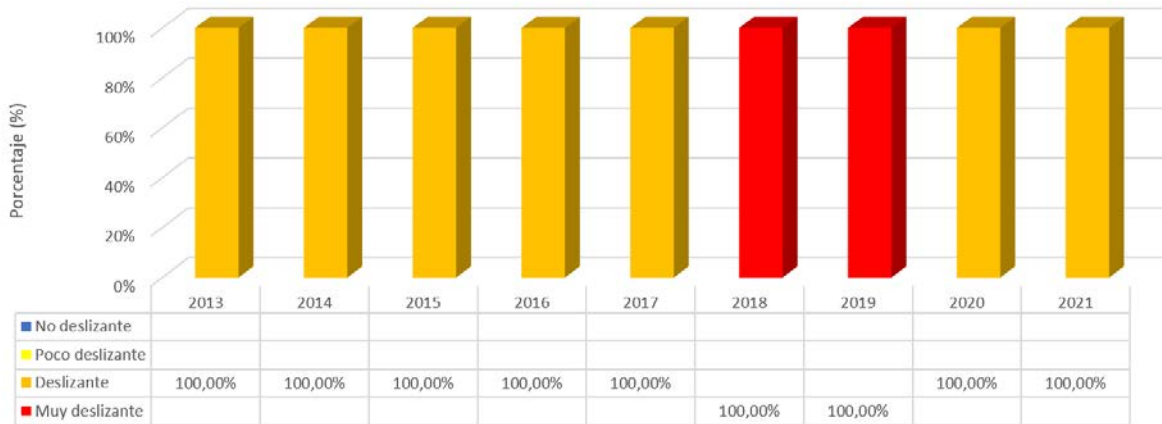


Figura 51. Comparativo Coeficiente de Rozamiento Superficial (GripTester) Radial El Coyal 2013-2021



Coeficiente rozamiento GN Ruta 27 - Turrúcares, 2013-2021



Coeficiente rozamiento GN Turrúcares - Ruta 27, 2013-2021

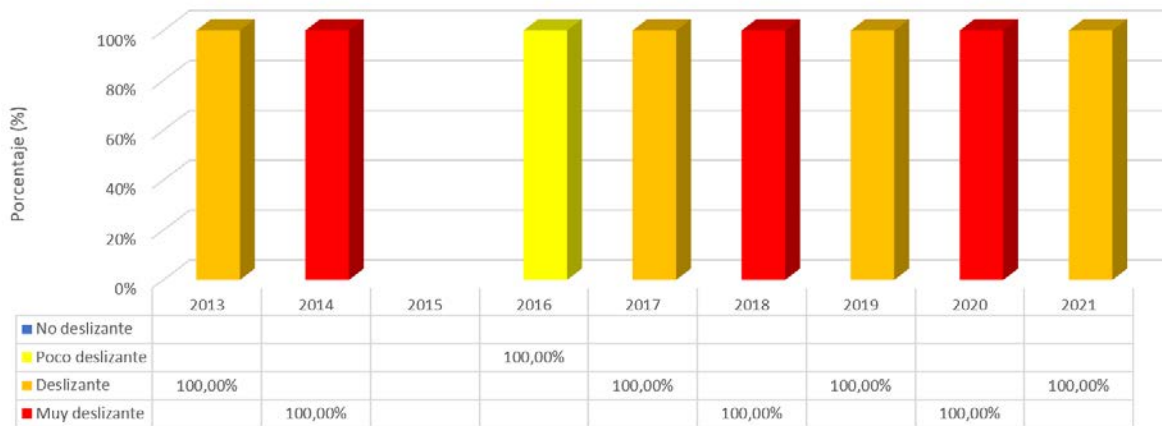
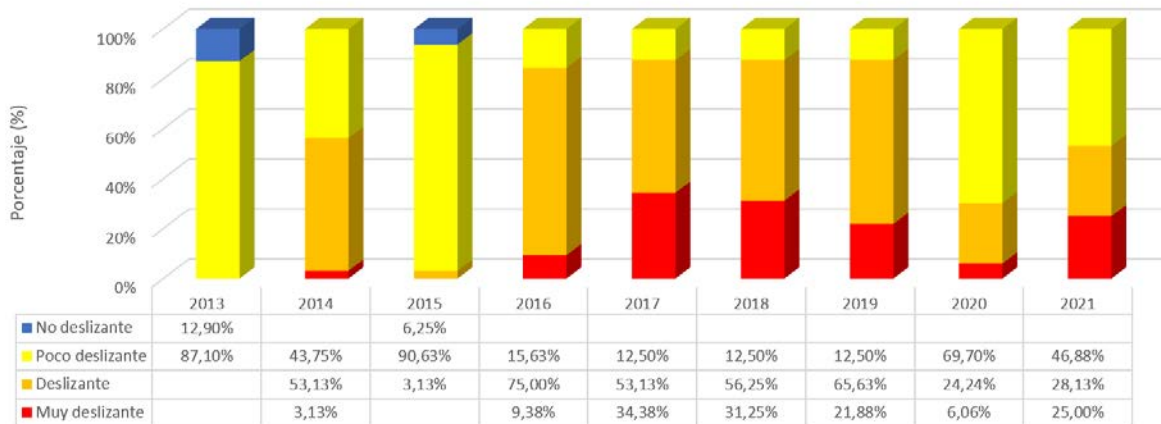


Figura 52. Comparativo Coeficiente de Rozamiento Superficial (GripTester) Radial Turrúcares 2013-2021



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 93

Coeficiente rozamiento GN Ruta 27 - Atenas, 2013-2021



Coeficiente rozamiento GN Atenas - Ruta 27, 2013-2021

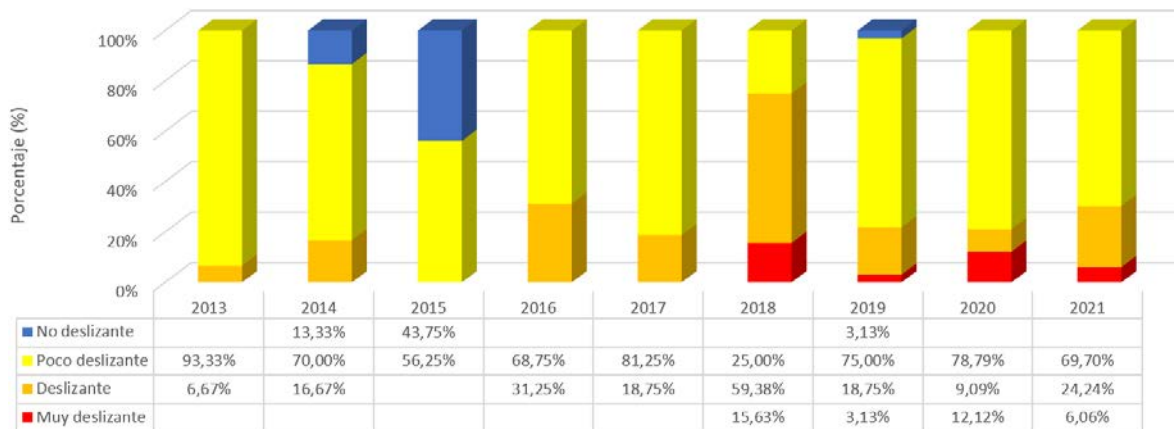


Figura 53. Comparativo Coeficiente de Rozamiento Superficial (GripTester) Radial Atenas 2013-2021



Coeficiente rozamiento GN Ruta 27 - Escobal, 2013-2021



Coeficiente rozamiento GN Escobal - Ruta 27, 2013-2021

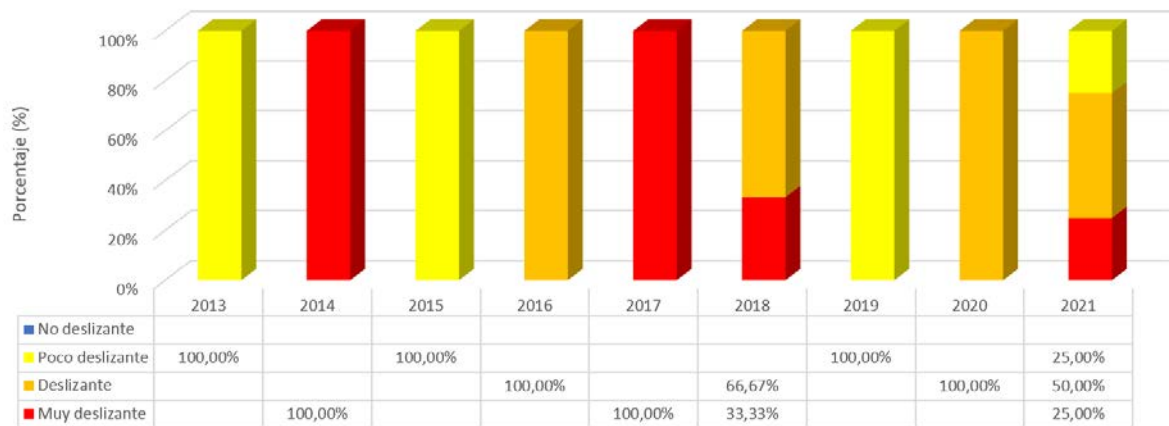


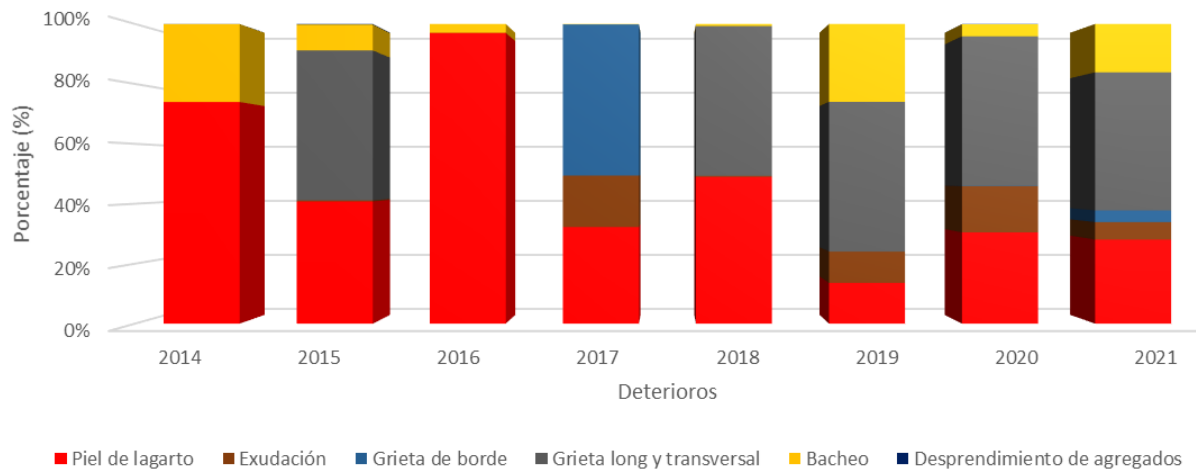
Figura 54. Comparativo Coeficiente de Rozamiento Superficial (GripTester) Radial Escobal 2013-2021



4.7.4 Evaluación visual de Deterioro Superficial.

Al desglosar los deterioros por tipo para el periodo de evaluación 2014 – 2021, el mayor porcentaje por área lo ocupa la *piel de lagarto*, seguido por el *bacheo* (Figura 55, Figura 56 y Figura 57). Destaca el incremento importante en el área afectada por piel de lagarto, para el año 2020, en las radiales analizadas.

Porcentaje Relativa de Área deteriorada Ruta 27 - El Coyal 2014 - 2021



Porcentaje Relativa de Área deteriorada El Coyal- Ruta 27 2014 - 2021

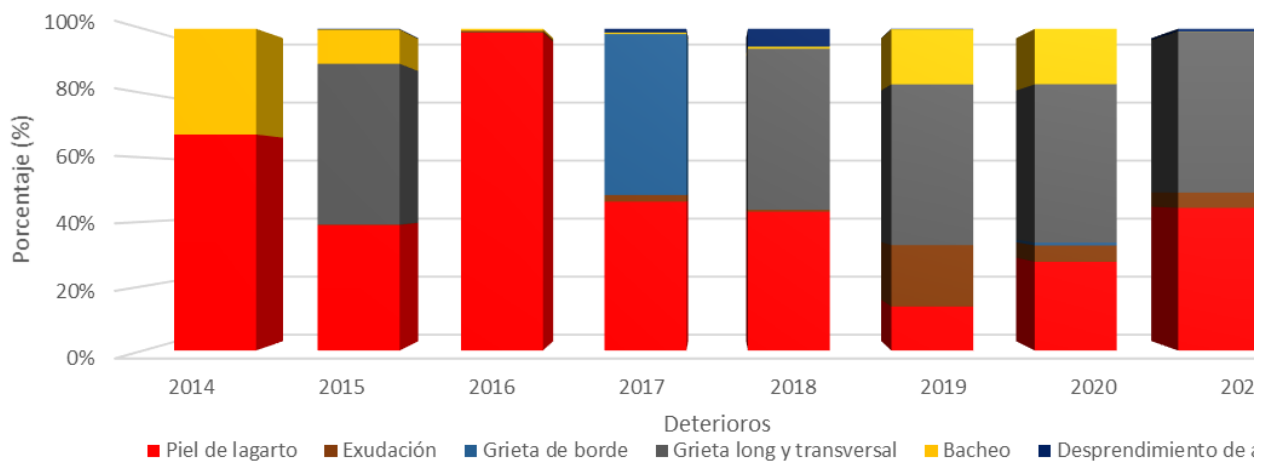


Figura 55. Condición superficial en Radial El Coyal



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 96

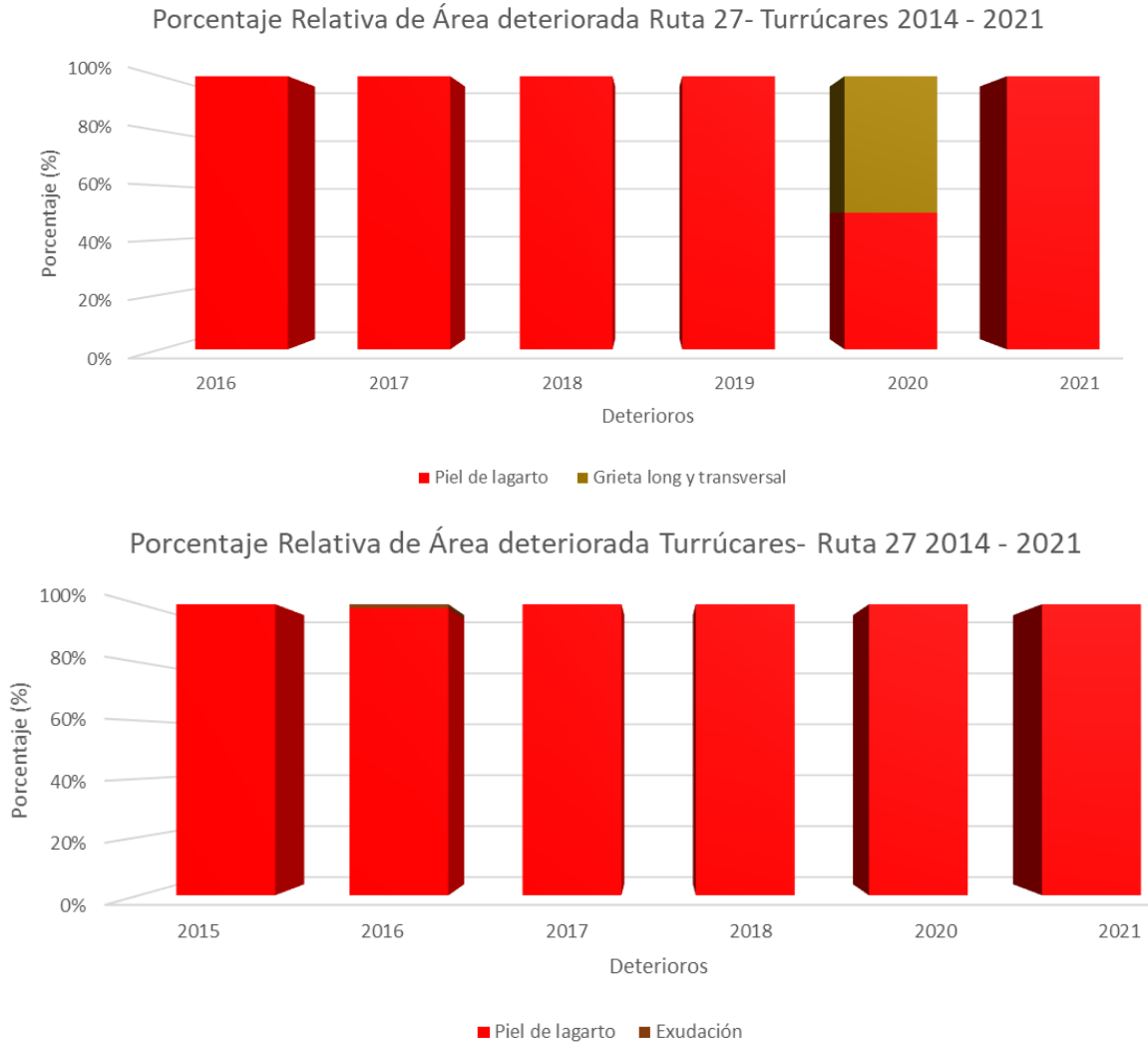


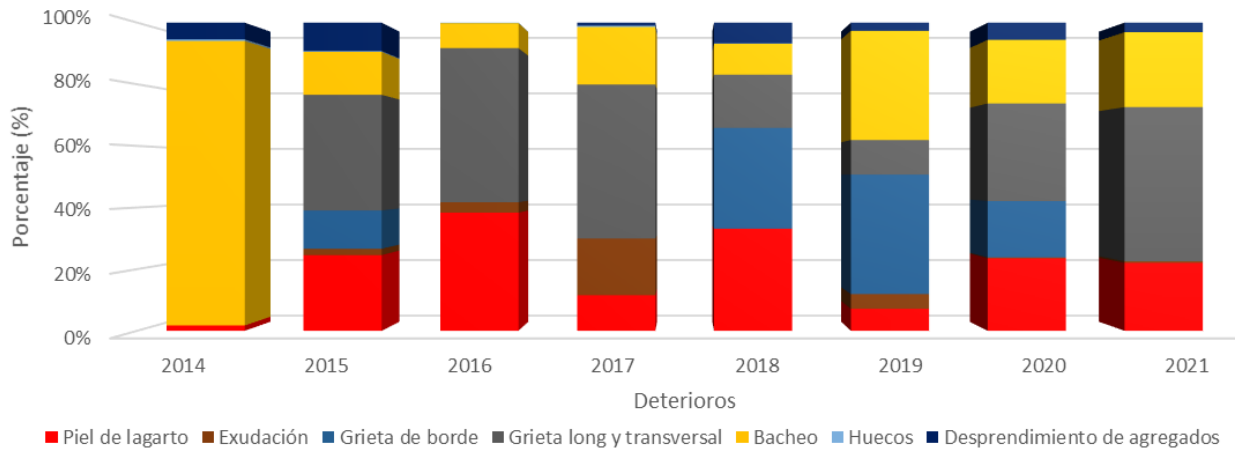
Figura 56. Condición superficial en Radial Turrúcares



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 97

Porcentaje Relativa de Área deteriorada Ruta 27 - Atenas 2014 - 2021



Porcentaje Relativa de Área deteriorada Atenas - Ruta 27 2014 - 2021

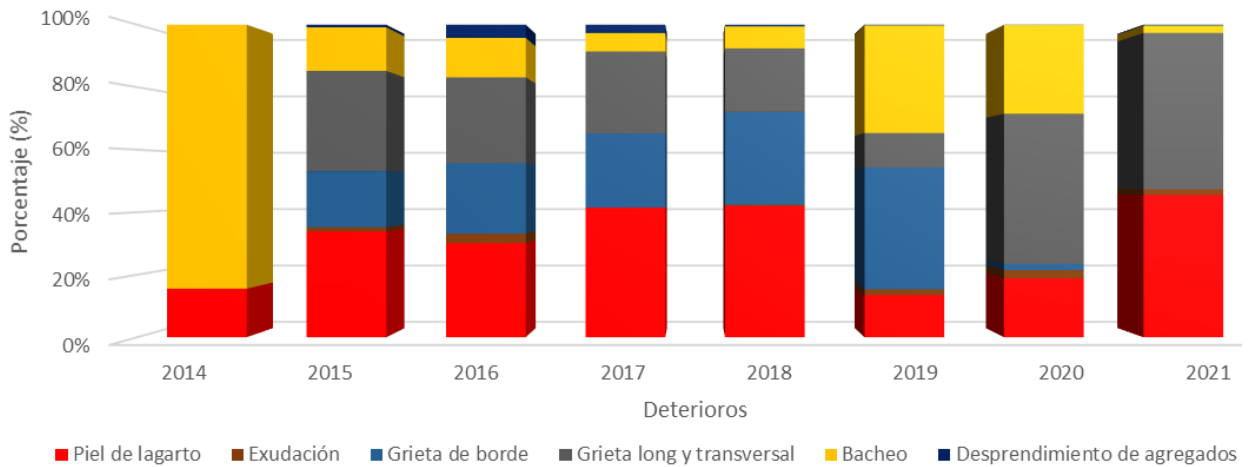


Figura 57. Condición superficial en Radial Atenas



5 Modelos de Deterioro

Los modelos de deterioro son una herramienta que, dentro del marco de la administración de pavimentos, permiten predecir de manera aproximada el daño que éstos pueden sufrir a lo largo de su vida útil. Básicamente, son modelos matemáticos que toman en cuenta una cantidad establecidas de variables, con el fin de determinar el estado a futuro, de tramos dentro de la infraestructura vial. Estos modelos surgen a partir de desarrollos empíricos, los cuales se originan a partir de bases de datos reales de pavimentos existentes, con información que cubre estado actual, tránsito, datos de diseño, entre otros.

Existen los modelos probabilísticos, que estudian las relaciones entre las variables seleccionadas, usando estadísticas y modelos de probabilidad, para predecir condiciones a futuro. Por su parte, los modelos determinísticos hacen uso de las propiedades físicas y mecánicas de las capas que componen un pavimento, para predecir dicha condición a futuro. Para la aplicación del modelo de deterioro a esta ruta, se utiliza un modelo determinístico, el cual será presentado a continuación.

5.1 Aplicación del Modelo de Deterioro

En el informe *LM-PI-UMP-010-R1* (Aguiar, Ávila, Badilla, 2013) se determina la correlación entre los parámetros subjetivos de serviciabilidad de un pavimento *PSI* a través de la percepción humana, con los valores objetivos de *IRI*, para Costa Rica, usando para ello la metodología aplicada por la *AASHTO*. El modelo obtenido se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Rango de aplicación del Modelo para el cálculo del PSI Costa Rica

Modelo	Rango de Aplicación*
1. $PSI_{CR} = 0,015 * IRI^2 - 0,470 * IRI + 4,989$	0 – 10 ^m /km

* Rango de aplicación se refiere a los valores permitidos de *IRI* donde el modelo es válido.

Para el análisis de curvas de deterioro en la Ruta Nacional 27, sólo para la troncal, se utilizaron los valores del *IRI* medidos a partir del año 2011 en ambos sentidos de la vía, con una frecuencia de cada 100 m, sin considerar las singularidades de la carretera que puedan alterar sus valores. Con base en la estructura presente, se procedió con la segmentación la ruta en 4 secciones homogéneas, las cuales se muestran en la Tabla 10.



Tabla 10. Secciones de control

Tramo	Estacionamiento
1	0+000 a 3+605
2	3+605 a 14+025
3	14+025 a 51+720
4	51+720 a 76+310

Con los valores de IRI para cada tramo homogéneo de cada sentido de la ruta, se calculó el PSI según lo mostrado en la Tabla 9. Con esto, se procede a graficar los valores obtenidos para cada año: el modelo de deterioro para dicho tramo será por tanto la curva de mejor ajuste. Un ejemplo de curva obtenida se muestra en la Figura 58.

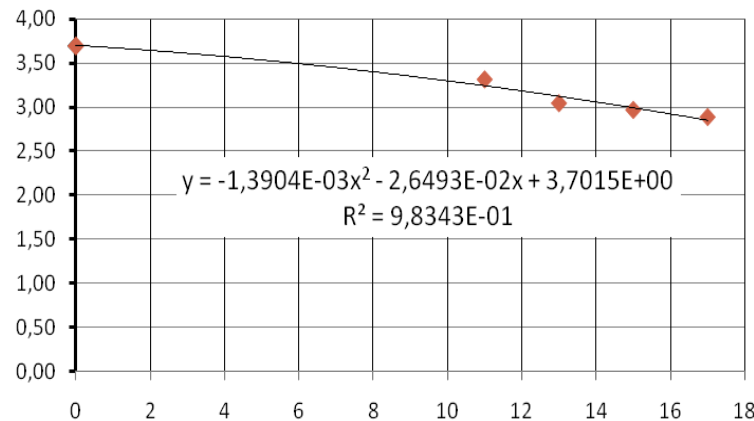


Figura 58. Ejemplo de curva obtenida a partir de los datos del PSI

En la Figura 59 se muestra como una ecuación cuadrática característica de un tramo evaluado, permite proyectar la condición funcional de una sección en años posteriores (línea verde).



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 100

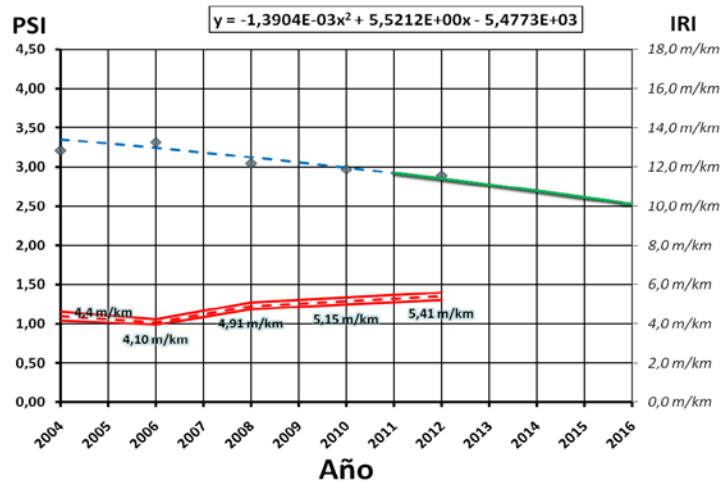


Figura 59. Gráfica ejemplo PSI vs Año, e IRI vs Año

El valor del R^2 obtenido con la curva de mejor ajuste, no es el más acertado para describir modelos de esta naturaleza. Por lo tanto, se utiliza un coeficiente de determinación ajustado, definido por

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

donde el valor SSE es el enfoque del análisis de varianza que utiliza la suma cuadrática de los errores, definido como

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

y el valor SST es la suma total de los cuadrados corregida, que representa la variación en los valores de respuesta que idealmente serían explicados en el modelo

$$SST = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2$$

Los valores teóricos obtenidos del análisis están representados por \hat{y}_i , los valores reales (aquellos de la base de datos de las evaluaciones) están representados por y_i , y n representa el número de datos usados para determinar la envolvente de la curva de deterioro.

Luego de obtener el análisis completo de cada tramo homogéneo, se procede a realizar una ficha representativa donde se muestra el resumen de los parámetros utilizados y valores obtenidos, como se muestra en las Figura 60 y Figura 61.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 101

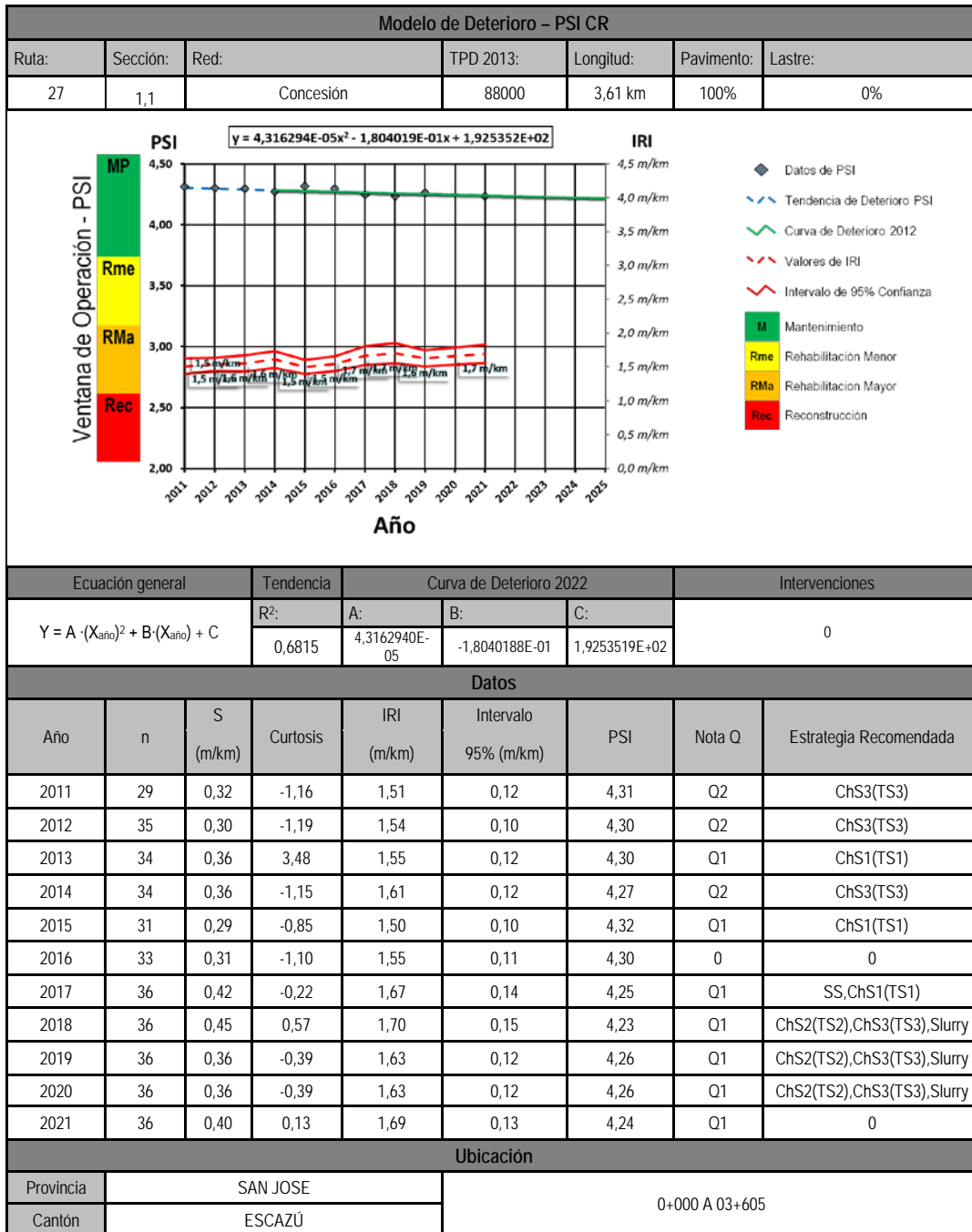


Figura 60: Modelo de deterioro para el tramo 1, sentido San José - Caldera.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 102

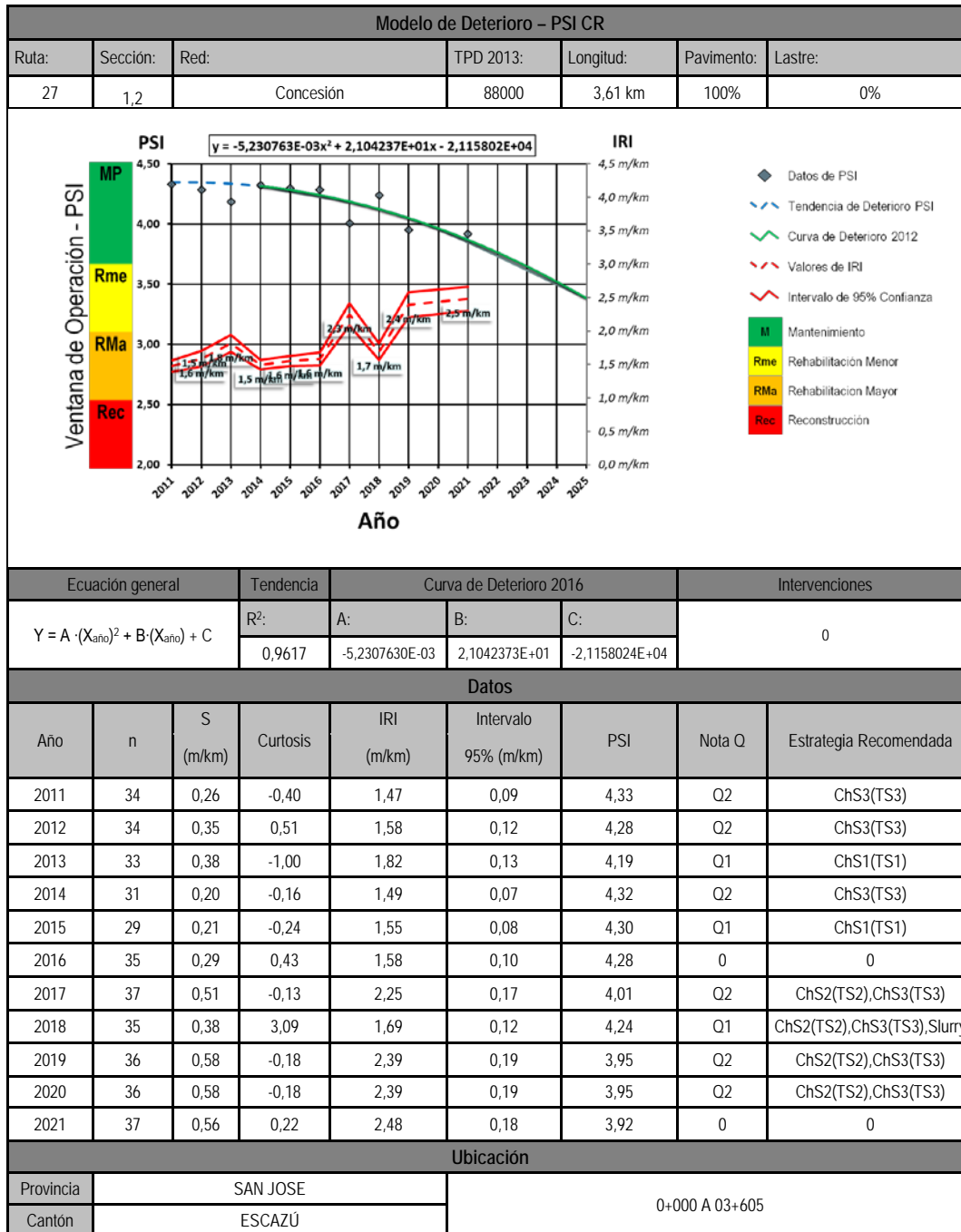


Figura 61: Modelo de deterioro para el tramo 1, sentido Caldera - San José.

5.2 Análisis de Resultados

Partiendo de la base de que un pavimento nuevo debe presentar un valor de PSI cercano a 4,5 y que se va deteriorando en el tiempo con el paso de las cargas vehiculares y las condiciones climáticas, reduciendo dicho valor. Al analizar este índice a lo largo de la vida de un proyecto, es posible establecer umbrales para realizar intervenciones, con el objeto de conservar el nivel de servicio en niveles óptimos (Figura 62).

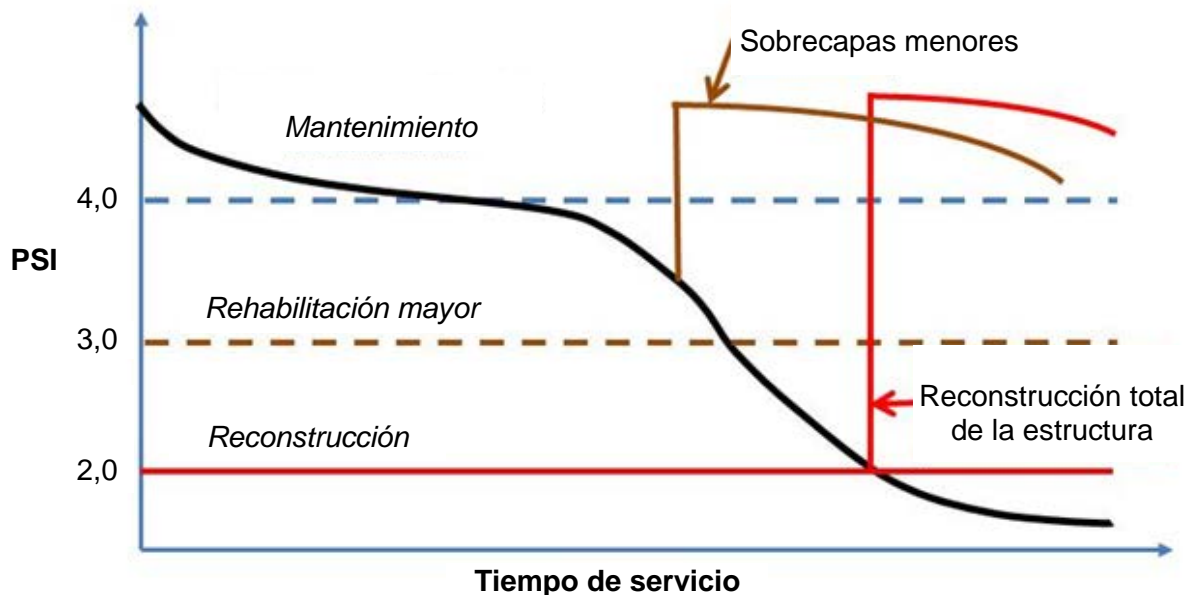


Figura 62. Concepto del PSI, y el respectivo cambio del valor con el tiempo para un pavimento (línea negra), contra valores umbral (líneas horizontales).

La figura anterior muestra el cambio del índice de serviciabilidad para un pavimento a lo largo de su tiempo de servicio. Es posible, mediante intervenciones menores, conservar valores PSI altos. A nivel internacional, es aceptado que cuando un pavimento llega a un valor de PSI igual a tres, para recuperar una condición cercana a la inicial es necesario realizar una rehabilitación mayor (curva café). Asimismo, cuando se alcanzan valores cercanos a dos, el tipo de intervención es su reconstrucción total (curva roja), con el impacto económico y de tiempo que esto significa.

Con los modelos de deterioro explicados en la sección anterior, es posible obtener la tendencia del cambio del valor *PSI* para cada tramo homogéneo, estableciendo el punto en el tiempo en el que el mismo alcanzará un valor de tres (*rehabilitación mayor*). Si bien en cada tramo, año con año se realizan intervenciones en puntos específicos, lo que se



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 104

analiza acá es la tendencia del cambio del valor del PSI para la totalidad del tramo homogéneo, por lo que el modelo es aplicable. Además, con cada evaluación sucesiva a partir de ésta, se obtendrá el nuevo valor del PSI, el cual permitirá ir calibrando la curva de manera más precisa.

Con los modelos de deterioro obtenidos (y cuya totalidad se muestra en el Anexo VI), la Tabla 11 muestra el resumen de resultados, con el valor PSI de la presente evaluación, así como el tiempo necesario en años, para alcanzar el valor de 3.

Tabla 11, Año en el que el PSI alcanza el valor de 3,0 (umbral de rehabilitación mayor)

Tramo	Sentido	Descripción	PSI-2021	PSI=3	PSI		Delta años
1,1	San José - Caldera	0+000 A 03+605	4,24	2035	4,16	2021	14
2,1	San José - Caldera	03+605 A 14+025	4,27	2035	4,05	2021	14
3,1	San José - Caldera	14+025 A 51+720	4,02	2035	3,22	2021	14
4,1	San José - Caldera	51+720 A 76+310	4,03	2035	3,52	2021	14
1,2	Caldera - San José	0+000 A 03+605	3,87	2027	3,08	2021	6
2,2	Caldera - San José	03+605 A 14+025	4,04	2029	3,00	2021	8
3,2	Caldera - San José	14+025 A 51+720	4,07	2035	3,39	2021	14
4,4	Caldera - San José	51+720 A 76+310	4,14	2035	3,22	2021	14

Con base en estos resultados, los tramos homogéneos muestran que según las condiciones actuales, los tramos 1 y 2 en el sentido Caldera – San José requerirán de una intervención de rehabilitación mayor dentro de 6 y 8 años (respectivamente), es decir, a 8 y 6 años antes de que culmine el contrato de la actual concesión.



6 CONDICIONES GEOTÉNICAS Y SISTEMAS DE DRENAJE

6.1 Análisis de los deslizamientos históricos en la Ruta Nacional No. 27

En esta sección se analizaron los datos recopilados sobre los deslizamientos que han ocurrido en la toda la Ruta Nacional No. 27 desde que inició su operación como obra en concesión y hasta setiembre del 2022. El objetivo principal de esta sección del informe es determinar y explicar relaciones entre la ocurrencia de los deslizamientos históricos con aspectos como: ubicación geográfica de los taludes, condiciones geológicas y de precipitación. Estos insumos podrían ser utilizados para el entendimiento de estos procesos y la definición de una mejor estrategia de gestión por parte consejo nacional de concesiones.

Con los datos disponibles en la bibliografía y documentados por el LanammeUCR, los deslizamientos se categorizaron por: momento del año en que se ocurrieron (fecha), sitio donde ocurrieron (estacionamiento-kilometraje, tramo), afectación directa o indirecta a los usuarios de la ruta, descripción de la afectación y su intervención, así como una descripción básica de los materiales geológicos presentes en el sitio. También se relacionaron los datos de ocurrencia de deslizamientos junto con los datos de precipitación del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) entre 2010 y 2022 en los sectores de interés, con el fin de identificar alguna relación causa – efecto entre los deslizamientos y las precipitaciones como elemento disparador. Finalmente, se hizo la revisión de si alguno de los principales eventos sísmicos ocurridos en la última década pudo haberse constituido como elementos disparadores de los deslizamientos en la ruta.

6.1.1 Fuentes de información

Desde el año 2010 y hasta la elaboración de este informe, a lo largo de los 76 kilómetros de la RN-27 se han documentado al menos 63 deslizamientos en los que el material de los taludes de corte (rocas, suelo, concreto lanzado, entre otros) cayó sobre la carretera, así como dos hundimientos en los que el relleno que da soporte al pavimento ha fallado, afectando el tránsito vehicular.

Los registros presentados aquí provienen de las siguientes fuentes de información: Informes elaborados por la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional (UGERVN) de LanammeUCR, informes de visitas realizadas por el Colegio de Geólogos de Costa Rica y la Asociación Costarricense de Geotecnia (ACG), artículos de prensa (periódicos, televisión y prensa digital) así como, eventos registrados en cuentas reconocidas de redes sociales que informan sobre incidentes en carreteras nacionales



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 106

como por ejemplo: "Ruta Alternativa" o "Accidentes en Costa Rica", estas últimas fuentes de información a pesar de no ser oficiales, proporcionan los datos mínimos que se consideraron para la base de datos de esta sección del informe (ubicación, fecha, fotografía del evento), en varios casos, estos datos fueron revisados y verificados en campo la tabla con los datos de los eventos recopilados se puede ver en el anexo VII.

Para conocer las condiciones climáticas generales que se presentan en los diferentes tramos de la RN-27, se utilizó el sistema de las Zonas de Vida de Holdridge que dan rangos máximos y mínimos de precipitación. Como se verá más adelante en este informe, en el tramo entre Ciudad Colón y Orotina (tramo 2), específicamente cerca del sector de Atenas, es en donde se han presentado la mayor cantidad de deslizamientos a lo largo de los años de operación del proyecto, Debido a esto es que se hace un análisis específico de las estaciones pluviométricas del IMN cercanas a este sector para así estudiar la correlación de lluvias como elemento disparador de los deslizamientos.

Los datos de precipitación utilizados para la correlación y evaluación del disparador de lluvia fueron obtenidos mediante una solicitud formal al Instituto Meteorológico Nacional (IMN), por medio de su sitio web. Según el registro de datos recibidos, para las estaciones meteorológicas de Sabana Larga (2009-2021), Escuela Ganadería (2009-2022), Balsa-Atenas (2009-2022), Barrio Mercedes (2009-2022), se obtuvo la precipitación acumulada mensual (lluvia mensual en mm) de cada una de las estaciones y se realizó el análisis con el promedio de datos disponibles de ese sector de la Ruta Nacional No.27. No se incluyen otras estaciones meteorológicas de los tramos 1 y 3, debido a que del total de los eventos estudiados, solamente 4 deslizamientos se han dado en esos tramos.

Los datos de eventos sísmicos importantes fueron obtenidos del sitio web de la Red Sismológica Nacional de la Universidad de Costa Rica (RSN, 2021). Se utilizó el catálogo de sismos disponibles, los eventos localizados en un radio de 5 km a cada lado de la ruta fueron filtrados por el número de estaciones con los que fue localizado el evento y que presente un *Root Mean Square* (RMS) < 0.5 que indica que más de tres estaciones sismológicas registraron ese sismo y da una idea de la exactitud de la localización. Los datos de aceleración de los eventos principales, fueron consultados en el sitio web del Laboratorio de Ingeniería Sísmica (LIS).

6.1.2 Alcances y limitantes

Al trabajar con los datos sobre los deslizamientos ocurridos en la Ruta Nacional No.27 entre el 2010 y el 2022, se observó que no todos los eventos encontrados en informes, y artículos de prensa fueron documentados de forma sistemática y no cuentan



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 107

con datos esenciales tales como: fecha y ubicación, esto principalmente se encontró en los eventos que ocurrieron en los primeros tres años de operación. En la revisión de documentos, se encontró que los deslizamientos de los primeros años de operación no tienen una ubicación exacta y sólo se indica que ocurrieron en el tramo entre Balsa y Orotina, también se presenta el caso de eventos que no presentaban una fecha exacta en la que ocurrió. Esos deslizamientos fueron filtrados y no fueron considerados para el análisis estadístico que se presenta a continuación en este informe, en total se trabajó con 63 eventos que cumplen con todos los requerimientos antes mencionados, pero, es posible que el dato real de deslizamientos sea mayor debido a que no se pudieron incluir todos los eventos. Al menos se descartaron 10 eventos por la situación antes mencionada.

Por otro lado, el hundimiento que se dio en el estacionamiento Pk 46+780 en el año 2010 y el que actualmente está afectando el estacionamiento Pk 44+500, se analizan de forma independiente de los 63 deslizamientos en taludes de corte, ya que por su formación gradual no se les puede asignar una fecha exacta de inicio o de ocurrencia, además pueden permanecer activos por varios años como el hundimiento del estacionamiento Pk 44+500. A este tipo de eventos, sí se les pudo determinar su impacto en los usuarios y el servicio que se brinda cuando ocurren en la carretera. Incluyendo estos dos hundimientos, en este informe, se trabajó en total con 65 eventos de movimientos de masa documentados.

6.1.3 *Eventos registrados entre 2010 y 2022*

Los deslizamientos en la Ruta Nacional No.27 documentados durante los últimos doce años se presentan en la Figura 63. Según se observa, del total de los 63 deslizamientos en taludes de corte registrados durante el periodo de estudio, el año en que más eventos se documentaron corresponde con el 2011, con 17 deslizamientos.

Del total de los eventos registrados entre 2010 y 2022, un 52 % ocurrieron en los primeros tres años de operación de la concesión (2010 a 2012), según los reportes consultados, la gran mayoría de estos eventos se presentaron en el tramo entre Ciudad Colón y Orotina, y algunos generaron el cierre total de la vía, estos eventos serán analizados en la siguiente sección. El 48 % restante de los deslizamientos ocurrieron entre los años 2013 y el 2022, siendo el 2014 y 2020 los años en que se presentaron más eventos (6 eventos en cada año).

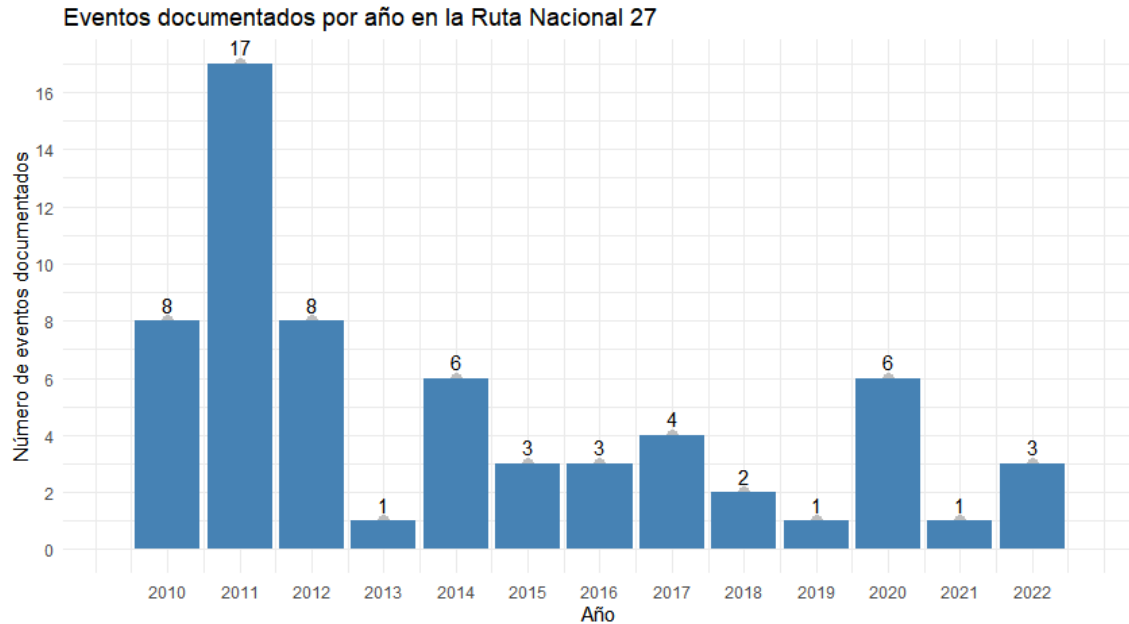


Figura 63. Eventos de deslizamientos registrados y documentados en la Ruta Nacional No. 27 a lo largo de los 12 años de operación

En este año 2022 al mes de setiembre se han registrado tres eventos, uno de ellos generó el cierre completo de la vía en el estacionamiento Pk 46+200 y es analizado con mayor detalle en este informe en la sección 6.3. Los demás eventos históricos que han generado cierres completos de un tramo de la RN-27 se analizan en la siguiente sección.

6.1.4 Hundimientos en la vía entre 2010 y 2022

Del hundimiento en el estacionamiento Pk 46+780 se tienen referencias documentadas desde inicios del año 2010 (INF-PITRA-005-2010). Este hundimiento generó una afectación directa a los usuarios, en ese sentido el momento más crítico fue entre setiembre y octubre del 2010, cuando debido al movimiento del relleno bajo el pavimento se tuvo que cerrar el tramo entre Balsa y Orotina. Para reanudar el tránsito se colocaron dos puentes modulares tipo Bailey (Figura 64), esto mientras se construían las obras geotécnicas de estabilización del relleno.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 109



Figura 64. Puentes modulares tipo Bailey colocados en el estacionamiento 46+780 en octubre del 2010, para restablecer el tránsito mientras se construían las obras geotécnicas de estabilización del relleno que había fallado

Las obras de estabilización concluyeron en el año 2011, sin que se registraran problemas posteriores de estabilidad en este tramo de la carretera.

Del hundimiento que actualmente está activo en el estacionamiento Pk 44+500, se tienen referencias documentadas en informes del LanammeUCR desde el año 2011 (INF – PITRA-010-2011). Adicionalmente el LanammeUCR ha dado seguimiento más detallado a este hundimiento desde el año 2018 (INF-PI-UGERVN-12-2020) mediante la instalación y uso de instrumentos en el campo como: inclinómetros, GPS y mediante la comparación de modelos de velación digital generados con datos LIDAR y fotogrametría. Más adelante en este informe se presentan detalles actuales de este sitio.

6.1.5 Cierres en la Ruta Nacional 27 debido a deslizamientos

El tamaño y tipo de deslizamientos que han ocurrido a lo largo de los años en la RN-27 ha sido variable. Dependiendo de sus dimensiones, del sitio donde caen los materiales



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 110

con respecto a la carretera y el nivel de afectación directa o indirecta a los usuarios, en varios de estos eventos se ha implementado el cierre de la vía por un determinado tiempo.

En este informe se lograron documentar once eventos que han generado el cierre completo de la vía en alguno de los tramos de la RN-27. En la Tabla 12 se muestran algunas de las características de estos eventos y se detallan algunas de sus condiciones y efectos.

Tabla 12. Resumen de los deslizamientos que han generado cierres completos en la RN-27

Deslizamientos que han generado cierres totales en la RN-27			
Fecha	Estacionamiento	Duración	Afectación directa a usuarios *
22 de febrero 2010	km 47+000	Horas	Directa
23 de mayo 2010	km 28+850	Horas	Directa (1 muerto)
Setiembre – Octubre 2010	km 48+780	5 semanas	Indirecta
14 de setiembre 2014	Km 19+000	Horas	Indirecta
2 de noviembre 2014	Km 40+700	1 día	Directa
4 de junio 2015	Km 45+000	Horas	Indirecta
4 a 6 de octubre 2017	Varios (Atenas - Orotina)	2 días	Indirecta
4 de noviembre 2020	km 38+600	Horas	Directa
10 de noviembre 2020	km 40+800	Horas	Directa
7 de marzo 2021	km 75+000	Horas	Directa
10 de mayo 2022	km 46+200	Horas	Directa

Nota: * Se consideró afectación directa a los usuarios cuando el evento implicó golpe del material caído a vehículos, personas heridas o fallecidas.

El tramo con más cierres debido a deslizamientos se encuentra entre Ciudad Colón y Orotina (91 % de los eventos analizados). Se identificaron sectores donde los deslizamientos a lo largo del tiempo han sido recurrentes y se han dado al menos dos cierres de la vía por caída de rocas o materiales que han afectado ambos sentidos de circulación, estos sitios se ubican entre el km 40 - 41 y entre el km 46 - 47. El cierre más prolongado que se ha dado se presentó entre setiembre y octubre de 2010, debido al hundimiento en el estacionamiento 46+800 y duró varias semanas, mientras se colocaban puentes modulares y se trabajaba en la estabilización del sitio. El segundo cierre más prolongado que se ha presentado se debió a la tormenta Nate en el año 2017 y duró tres días, fue en el sector entre Ciudad Colón y Orotina.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 111

El otro tramo con al menos un deslizamiento que originó el cierre completo de la vía, es el tramo 3, específicamente cerca del estacionamiento entre el km 74 – 75, cercano al sector de Caldera y la conexión con la Ruta Nacional No.23. En el tramo 1, entre La Sabana y Ciudad Colón no se han dado cierres completos debido a deslizamientos. A continuación, se detallan algunas características de los eventos que han generado cierres completos en la vía desde el año 2010 en los tramos 2 y 3.

6.1.5.1 22 de febrero 2010 – Pk 47+000.

Este es el primer deslizamiento del que se tiene registros que haya generado un cierre completo de la vía en el tramo entre Balsa de Atenas y Orotina. El evento ocurrió en el estacionamiento Pk 47+000 y generó caída de bloques de roca tipo lava y brecha volcánica de la Formación Grifo Alto que cubrieron ambos carriles (Tabla 12).

6.1.5.2 23 de mayo 2010 – Pk 28+850.

La caída de rocas que ocurrió el 23 de mayo del 2010 en el estacionamiento Pk 28+850 impactó vehículos y afectó de forma directa a los usuarios. El material que cayó sobre la carretera no cubrió los dos carriles de circulación, sin embargo, uno de los bloques de roca impactó una motocicleta y le provocó la muerte a la persona que la conducía (Tabla 12). Este es el único evento de deslizamientos que se ha registrado en la RN-27 que ocasionó la muerte de un usuario. Debido a las labores de levantamiento del cuerpo, la ruta se tuvo que cerrar en ese sector en ambos sentidos por varias horas.

6.1.5.3 Setiembre a octubre del 2010 – Pk 46+780

Este ha sido el cierre más prolongado que se ha presentado debido a un hundimiento en la vía en el sitio conocido como Paso Dantas producto de un deslizamiento de la zona. El movimiento se fue generando de forma gradual durante el año 2010 y en setiembre los desniveles presentes en la vía la hacían intransitable. Se hicieron varias intervenciones antes del cierre completo que no fueron satisfactorias. Temporalmente se colocaron dos puentes modulares para permitir el paso mientras se construían las obras de estabilización permanentes (INF-PITRA-005-2010).

6.1.5.4 14 de setiembre 2014 – Salida Pk 19+000

La caída de material (tobas meteorizadas y suelo) en el talud del lado derecho de la vía (sentido San José - Caldera) en el estacionamiento PK 19+000 generó un cierre total de esa salida de la RN-27.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 112

6.1.5.5 2 de noviembre 2014 - Pk 40+700

Se presentó la caída de materiales como tobas alteradas en el talud del lado derecho (sentido San José - Caldera) del estacionamiento Pk 40+700, bloqueando los dos carriles (Figura 65) y golpeando un vehículo. La ruta se mantuvo cerrada en el tramo entre Balsa de Atenas y Orotina, el 2 y 3 de noviembre. A pesar de que este talud había sido intervenido para mejorar su estabilidad después de este evento, como se mostrará más adelante en este informe, en este sitio se presentó nuevamente el cierre de ambos carriles debido al colapso del talud que provocó caída de material.



Figura 65. Fotografía aérea del primer deslizamiento que bloqueo la ruta en el km 40+700, noviembre 2014.

6.1.5.6 4 de junio 2015 – Pk 45+000.

Este es uno de los primeros eventos registrados que haya tenido lugar en este sector. A partir de allí, la caída de bloques de roca (lava y brechas alteradas) ha sido recurrente. Este deslizamiento se presentó en el talud derecho (sentido San José – Caldera). En el sector entre el Puente del río Concepción y el estacionamiento Pk 46+000, la caída de material del macizo rocoso del lado derecho cubrió los dos carriles generando el cierre en el tramo entre Balsa de Atenas y Orotina (Figura 66).



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 113



Figura 66. Deslizamiento en el estacionamiento Pk 46+000 que generó el cierre completo de la vía entre Balsa-Atenas y Orotina, junio 2015.

6.1.5.7 4 al 6 de octubre 2017 - Varios sitios entre Atenas y Orotina (Tormenta Nate)

Este fue uno de los cierres más importantes y el segundo de mayor duración que se ha dado en la RN-27, debido a los deslizamientos que se presentaron en diferentes puntos de la vía (Tabla 12). El cierre se realizó entre Ciudad Colón y Orotina, y se relacionó con los efectos que generó la Tormenta Nate. Este evento hidrometeorológico afectó el país de forma indirecta desde los primeros días del mes de octubre, específicamente los días 5 y 6 de octubre del 2017. El tramo entre Balsa de Atenas y Orotina se mantuvo cerrado desde el miércoles 4 en la noche hasta las 17:00 horas del viernes 6 de octubre debido a deslizamientos y caída de bloques que ocurrieron en ese sector. Los eventos que se documentaron para este informe se dieron en los estacionamientos Pk 38+000, Pk 46+000 y Pk 48+400, donde bloques de tamaño métrico cayeron sobre la calzada (Figura 67).



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 114



Figura 67. Fotografía de uno de los bloques de roca métricos que cayeron sobre la vía en el estacionamiento Pk 48 y por lo que se tuvo que cerrar la vía mientras se removía, octubre 2017.

6.1.5.8 4 de noviembre 2020 - Pk 38+600

Colapso de sección del talud del lado derecho (sentido San José - Caldera) debido a lluvias generadas por la tormenta Eta. Se presentó la caída de concreto lanzado y brechas volcánicas afectados por drenaje ácido de roca en el estacionamiento Pk 38+600. El material cubrió ambos carriles y generó el cierre de la vía en el tramo entre Atenas y Orotina (Figura 68).

En este sitio ya había tenido lugar un evento similar en el año 2015, sin embargo, el material que cayó en ese año no cubrió ambos carriles como sí ocurrió en el año 2020. Debido a este evento, este talud se intervino en su totalidad disminuyendo la pendiente del talud y construyendo obras para el manejo de aguas.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 115



Figura 68. Estacionamiento 38+600. Remoción de los materiales que cayeron en los dos carriles de la vía el 4 de noviembre del 2020.

6.1.5.9 10 de noviembre 2020 - Pk 40+800

Este fue el segundo deslizamiento que tuvo lugar en este talud que obligara al cierre de ambos carriles, en el tramo entre Balsa de Atenas y Orotina. En esta ocasión el deslizamiento también ocurrió en el talud del lado derecho (sentido San José – Caldera), específicamente en el estacionamiento Pk 40+800, el material (tobas alteradas) que cayó cubrió ambos carriles e impactó los vehículos de varios usuarios (Figura 69).



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 116



Figura 69. Fotografías del segundo deslizamiento en el talud ubicado en el estacionamiento 40+800, noviembre 2020.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 117

6.1.5.10 7 de marzo 2021 - Pk 75+000

La caída de rocas cerca del estacionamiento Pk 75+000 generó el cierre de los dos carriles y la sección entre Caldera y Cruce a Jacó (Figura 70). En este sitio ya se habían presentado deslizamientos similares, aunque de menor tamaño y sin necesidad de cerrar ambos carriles. En este evento no hubo lluvias ni sismos registrados que se puedan relacionar con la ocurrencia de este deslizamiento. Este sitio es un punto crítico de la carretera, ya que al cerrarse ese tramo de la RN-27 se impide el ingreso de los vehículos que provienen de la Ruta Nacional No. 23 y la Ruta Nacional No. 1.



Figura 70. Serie de fotografías de los bloques de roca de tamaño métrico que cayeron sobre la Ruta Nacional No.27, en el estacionamiento Pk 75+000 y provocaron el cierre de la vía en ambos sentidos, marzo 2021.

6.1.5.11 10 de mayo 2022 - Pk 46+200

Este es el evento más reciente que ha requerido el cierre completo de la vía en el tramo Escobal – Orotina. Se presentó en el estacionamiento Pk 46+200 y consistió en la caída de suelo y rocas de un talud al lado derecho de la vía en el sentido San José – Caldera (Figura 71). Las rocas cubrieron completamente los dos carriles, además el material que cayó golpeó a varios vehículos livianos y uno de carga. En el tramo entre el km 46 - 47 han ocurrido varios eventos a lo largo de los años, este talud fue intervenido unos meses después de este evento.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 118



Figura 71. Deslizamiento en km 46+200 el 10 de mayo del 2022

6.1.6 *Ubicación y caracterización de los deslizamientos a lo largo de la ruta 27*

En la Figura 72 se puede observar la distribución del total de los deslizamientos presentados en este informe a lo largo de la RN-27.

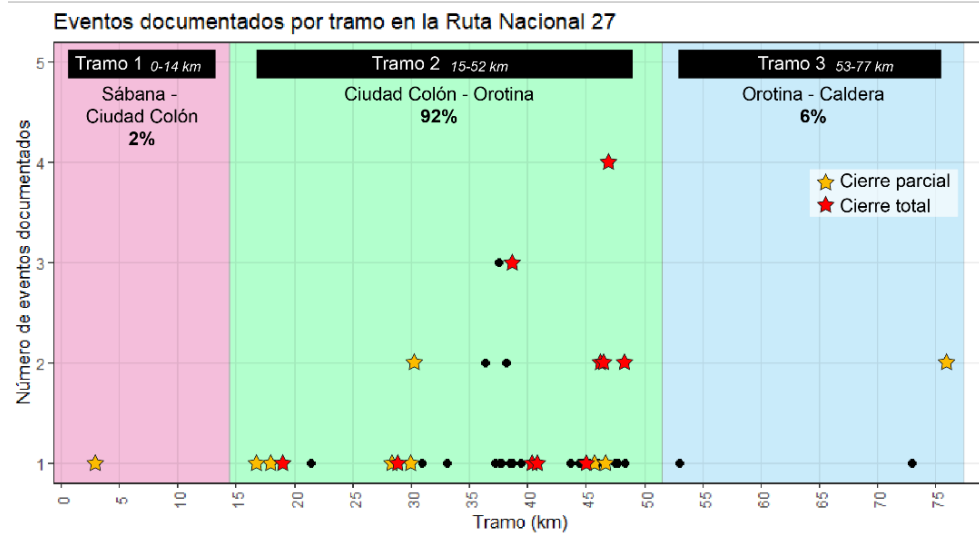


Figura 72. Distribución de los deslizamientos registrados en la RN-27 entre 2010 y 2022. Los puntos negros representan deslizamientos que no generaron ningún tipo de cierre.

Como se puede observar en la Figura 72, el 92 % de los eventos registrados han ocurrido en el tramo entre Ciudad Colón y Orotina. Ese tramo fue construido entre los años 2007 y 2009 para completar la carretera y permitir el paso entre los puentes mayores que ya estaban construidos. Además, es el tramo más extenso de la ruta y el que cuenta con mayor cantidad de taludes en el sector de montaña.

Con respecto al tipo de materiales geológicos en que han ocurrido los diferentes deslizamientos, los eventos del tramo 1 (Sabana – Ciudad Colón) se dieron en sitios donde aflora material del abanico aluvial de Escazú. Los deslizamientos en el tramo 2 (Ciudad Colón – Orotina) se presentan en taludes de corte, así como rellenos, donde afloran rocas principalmente de la Formación Grifo Alto y del Grupo Aguacate, que está constituida por una variedad de rocas de origen volcánico, como lavas, brechas volcanoclásticas, tobas y flujos piroclásticos con diferentes grados de alteración y meteorización. En los estacionamientos Pk 38+600, 45+000, 47+000 y 48+000, debido a alteración hidrotermal, la exposición al ambiente y la humedad que afectan a minerales como la pirita, se ha generado drenaje ácido de roca aumentando la susceptibilidad litológica de esos materiales. Finalmente, los eventos que se han dado en los últimos kilómetros del tramo 3, corresponden con sitios afloran rocas sedimentarias de la Formación Punta Carballo.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 120

6.1.7 Distribución de los deslizamientos a lo largo del año y su relación con la precipitación.

6.1.7.1 Factores climáticos

La Ruta Nacional No.27 (RN-27) inicia en el sector de La Sabana a una altitud aproximada de 1140 m s.n.m. y concluye en Puerto Caldera al nivel del mar, se presentan a lo largo del trayecto diferentes tipos de clima con diferencias de precipitación anual media. Para este informe no se cuenta con los datos históricos de todas las estaciones meteorológicas de las diferentes zonas que atraviesa la RN-27, por lo tanto, se utilizó la clasificación de las Zonas de Vida de Holdridge (Figura 73) para conocer y categorizar este componente y tener una mejor aproximación de la cantidad de lluvia a la que está expuesta anualmente la carretera. Según esta clasificación la RN-27 se divide en tres tramos cada uno con una Zona de Vida diferente.

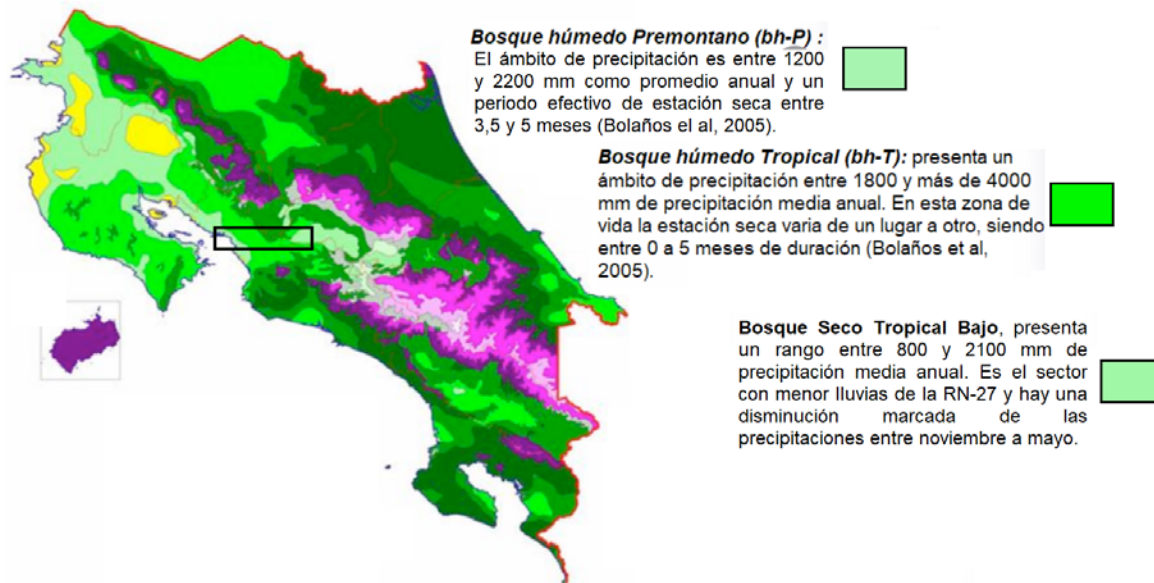


Figura 73. Clasificación de las Zonas de Vida de Holdridge para la Ruta Nacional No. 27

En el tramo 1 entre San José y Ciudad Colón pertenece a la zona de vida llamada Bosque Húmedo Premontano, donde el ámbito de precipitación es entre 1200 y 2200 mm como promedio anual y un periodo efectivo de estación seca entre 3,5 y 5 meses (Bolaños et al, 2005).



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 121

El tramo 2 es entre Ciudad Colón y Orotina, la zona de vida presente en este tramo es llamada Bosque Húmedo Tropical, su rango de precipitación es entre 1800 y 4000 mm de precipitación media anual. En esta zona de vida la estación seca tiene una duración de 5 meses aproximadamente. Es la región donde más lluvias se presentan anualmente en la RN-27. Para este informe se caracterizó mejor este tramo con los datos de las estaciones de IMN ubicadas en Atenas, cerca del tramo entre Balsa y Orotina, que como se vio anteriormente es donde más deslizamientos se han presentado en los últimos 12 años en la RN-27 (Figura 72).

El tramo 3 es entre Orotina y Caldera, este corresponde con la zona de vida tipo Bosque Seco Tropical Bajo, presenta un rango entre 800 y 2100 mm de precipitación media anual. Es el sector con menor precipitación de la RN-27, hay una disminución marcada de las precipitaciones entre noviembre a mayo (Figura 73).

6.1.7.2 *Análisis de precipitación y deslizamientos*

Como se observó en la Figura 63, los años en que los que más deslizamientos se registraron fue el periodo entre el 2010 y el 2013, con un 52 % de todos los eventos. En los siete años posteriores se registraron el resto de los deslizamientos y se distribuyen de una manera uniforme con picos en el 2014 y 2020.

Si se considera la lluvia como un elemento importante en la generación de los deslizamientos en la RN-27 y se compara la cantidad total de lluvia acumulada por año (Figura 74), se obtiene que el 2010 fue uno de los años con mayor cantidad de lluvia acumulada, principalmente debido al paso de la Tormentas Alex, Mathew, Nicole y Tomas (IMN, 2010). Efectivamente ese es el año en que más eventos se han registrado (17).

También, hay que considerar que la región del Pacífico de América Central, incluyendo la región del Pacífico de Costa Rica presentó un periodo de sequía entre los años 2014 y 2016 a causa del evento climático del Niño, y que los valores de lluvia anual y mensual para esos años fueron menores que el promedio que para la zona de estudio que está entre 1800 – 4000 mm a pesar de eso, se presentaron 6 eventos ese año. A partir del año 2017 se muestra un leve repunte de las lluvias y para el 2020 se estaban alcanzando los rangos promedio de la zona y hay otro repunte de deslizamientos por año.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 122

En la Figura 74, se puede observar como en el sector de Balsa de Atenas, donde se ubican las estaciones meteorológicas analizadas, los valores anuales para el año 2015 y 2016 son muy bajos en comparación con otros años.

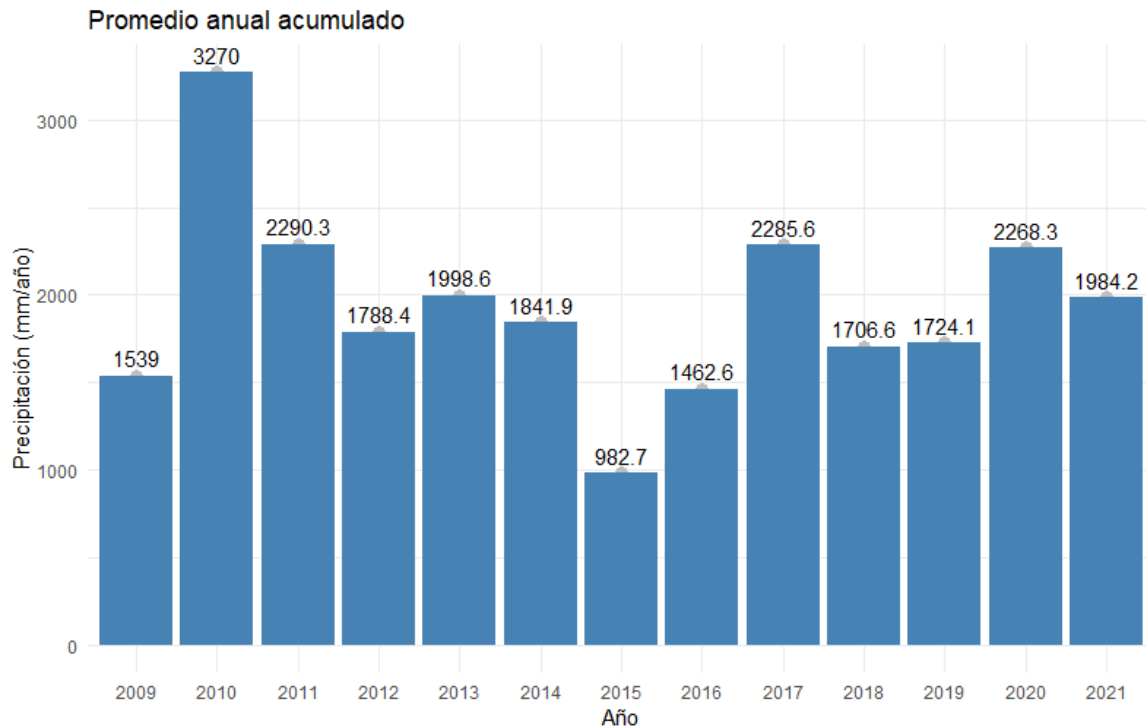


Figura 74. Promedio anual acumulado de lluvias por año en el sector de Balsa de Atenas. Se puede observar como el año 2010 fue el año con mayor cantidad de lluvia acumulada y como el 2015 y el 2016 los de menor precipitación, ese periodo coincide con los años de sequía debido a la presencia de el Niño en país según datos del IMN

Al realizar un análisis de la ocurrencia de los deslizamientos históricos por mes, se observa que noviembre es el mes en que más recurrencia de eventos se han dado a lo largo de los años; mayo, junio y setiembre le siguen en cantidad de deslizamientos (Figura 75). Los meses de diciembre y enero no han registrado eventos en la base de datos que se utilizó para este informe, febrero, marzo y abril presentan algunos deslizamientos a pesar de ser meses en los que no hay precipitaciones importantes.

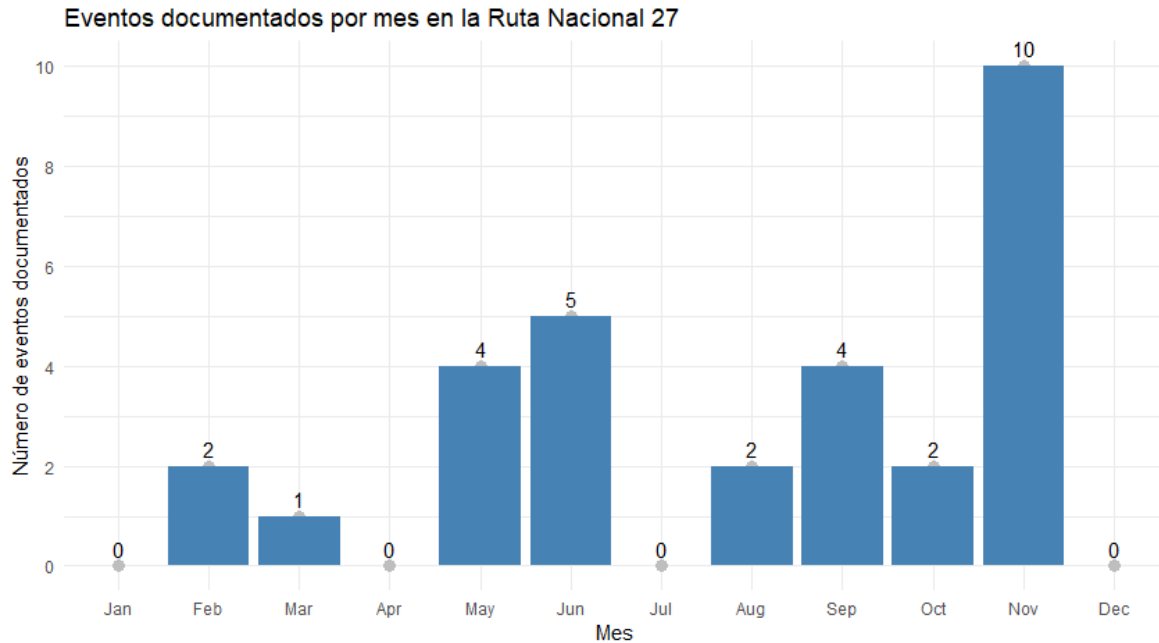


Figura 75. Gráfico generado con los eventos que fueron ubicados en el tiempo en el tramo 2 (Ciudad Colón Orotina). Se observa la cantidad total de deslizamientos que se han registrado por mes desde el 2010. Noviembre es el mes en el que se registran más deslizamientos

Para procurar comprender la tendencia de la incidencia de deslizamientos en el tramo 2 en el mes de noviembre, es importante conocer las tendencias de las precipitaciones en la zona. Para ello, se puede analizar la Figura 76 donde se presenta el acumulado de lluvia mensual desde el 2009 en el sector de Atenas. En este gráfico se observa que hay un comportamiento que se repite cada año con algunas leves variaciones.

En el mes de abril inician las lluvias, en mayo y junio hay un aumento en la precipitación que coincide con el inicio de la estación lluviosa, luego en julio hay un leve descenso en la cantidad de lluvia (se puede relacionar con las Canículas). Entre agosto y octubre se dan los meses en que más precipitación se registra para luego empezar a decaer en noviembre (mes de transición a la estación seca). Entre diciembre y abril se registran los niveles más bajos de lluvia y corresponde con los 5 meses de la estación seca. Por lo tanto, los meses de setiembre y octubre representan la cúspide de la estación lluviosa, mientras que noviembre muestra el inicio de la disminución de las precipitaciones, aunque aún presenta una cantidad importante de ellas, por lo que estos 3 meses pueden significar el momento en que la saturación de suelos es mayor y por ende más propenso a presentar



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 124

deslizamientos. Los meses que corresponden con la estación seca (entre diciembre y abril) son los que presentan menor número de eventos.

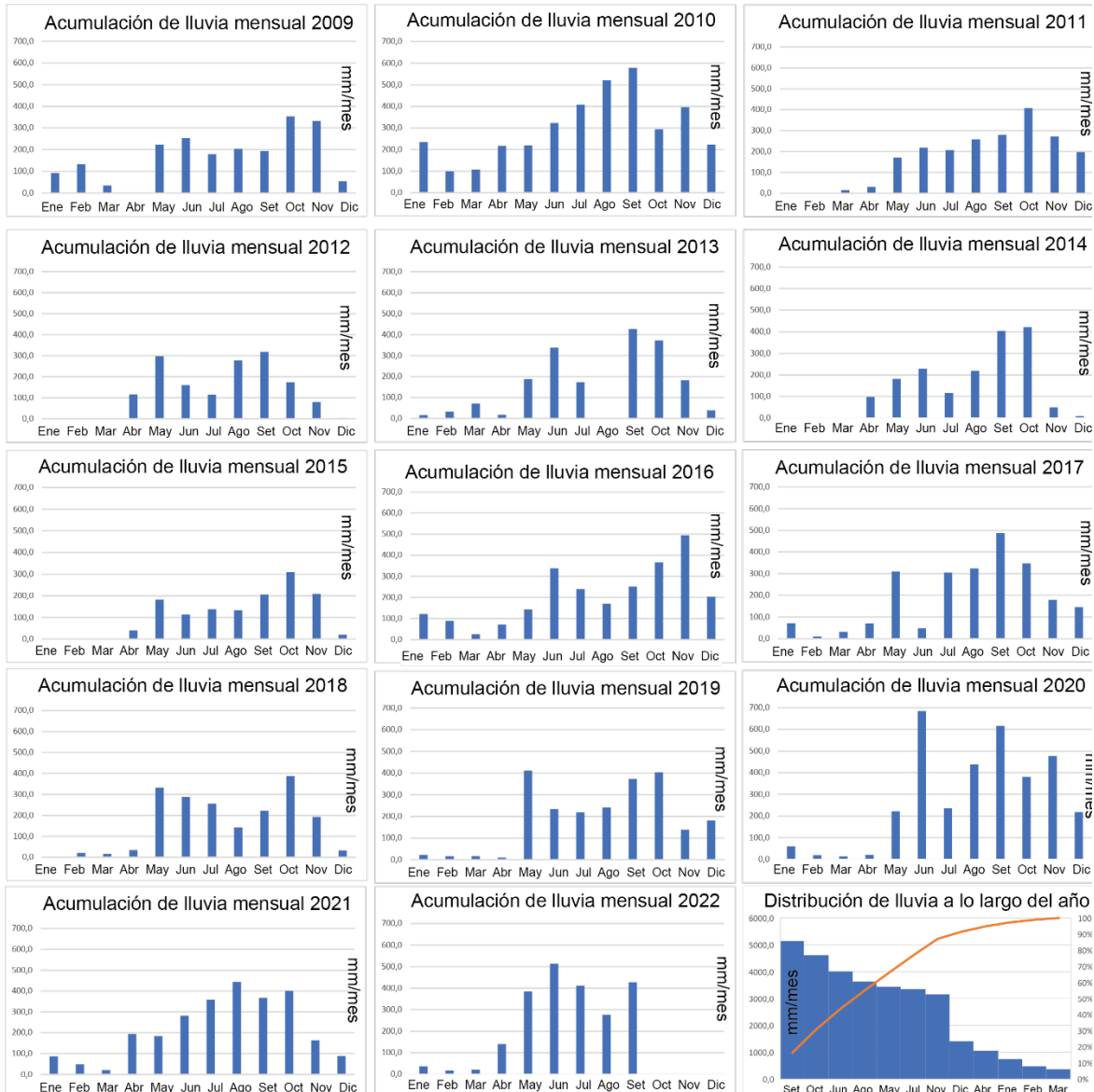


Figura 76. Datos de cantidad de lluvia (mm) acumula por mes en la Estación de Balsa Atenas entre el año 2010 y setiembre del 2022. Los meses con mayor cantidad de lluvia se dan a partir del mayo y hasta octubre, siendo setiembre, octubre y junio los meses con mayor cantidad de lluvia



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 125

De la figura anterior, en el gráfico de distribución de lluvia a lo largo del año, se muestra que setiembre es el mes en ocurren más precipitaciones, le siguen octubre y junio, todas como más de 400 mm/mes.

6.1.8 *Revisión de sismos como generadores de deslizamientos en la Ruta Nacional N°27*

En el estudio realizado para este informe no se identificaron deslizamientos que se puedan atribuir de forma directa a los efectos del Terremoto de Sámara (7,6 Mw) del 4 de setiembre del 2012, tampoco se encontraron deslizamientos directamente disparados por el sismo de Jacó (6,3 Mw) del 12 de noviembre del 2017.

El Sismo de mayor magnitud sentido en Costa Rica durante el 2017 fue de 6,3 Mw. Este evento ocurrió el 12 de noviembre, 19 km al sur de Jacó. Este es el sismo más importante por las intensidades generadas (6,3 Mw) al sur de Jacó. Este evento fue sentido en todo el país, con una intensidad de Mercalli Modificada (IMM) de hasta VI+ en la zona epicentral. En Jacó, Esterillos y Parrita se reportó la caída de objetos y daños estructurales leves. En el Área Metropolitana, la IMM fue de IV. Además, fue percibido inclusive en algunas localidades del oeste de Panamá. Este sismo disparó un deslizamiento aguas abajo del puente sobre el río Virilla en la RN-27 (Figura 77). Aunque el deslizamiento no tuvo ningún impacto en el puente, este tipo de eventos podrían repetirse en el futuro y deben considerarse en las evaluaciones de la zona.

Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 126

Ruta Nacional No. 27 - Puente sobre Río Virilla

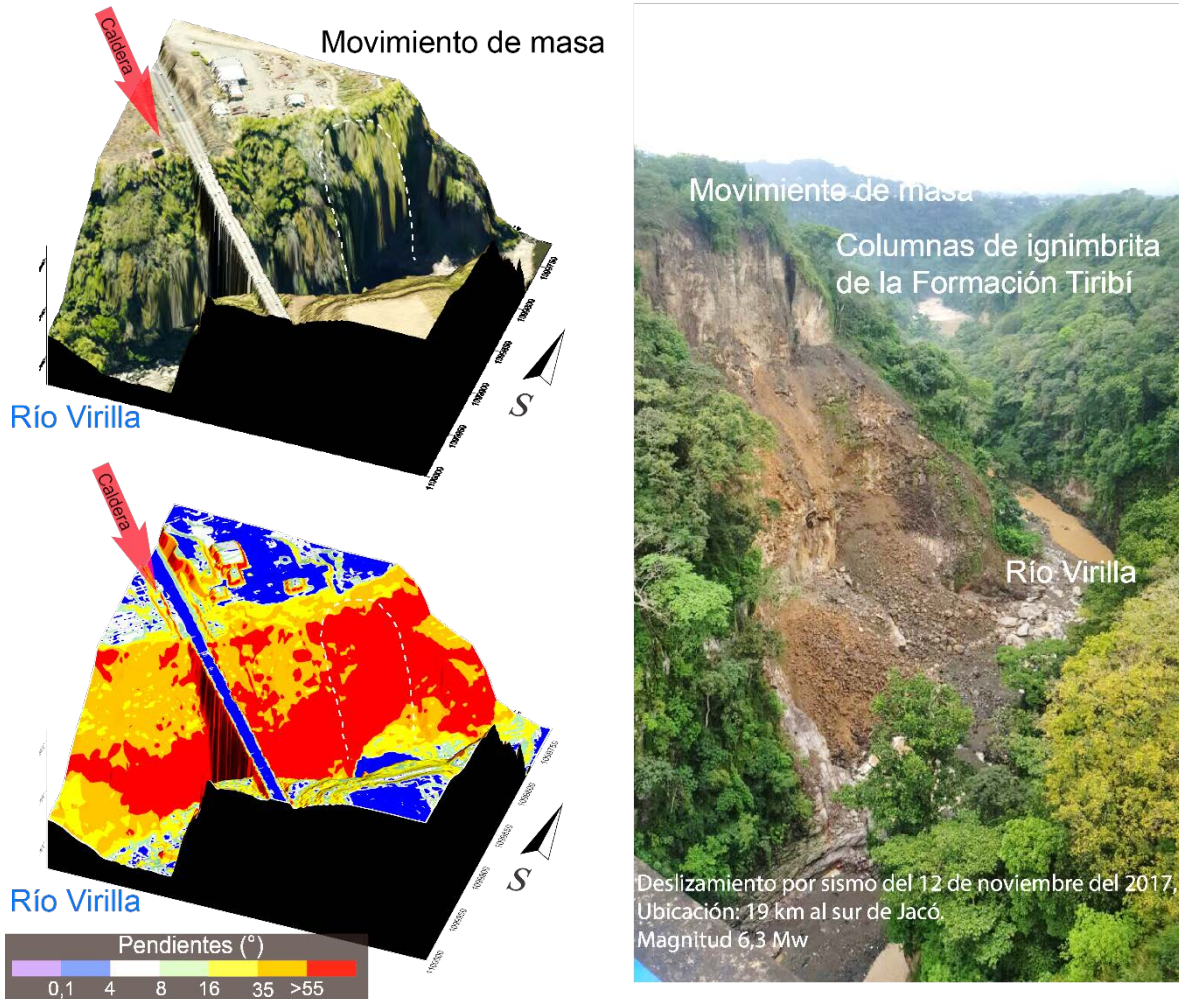


Figura 77. Modelos de elevación digital y fotografías del deslizamiento en la margen izquierda del río Virilla, cerca del puente de la RN-27 y que fue generado por el sismo de 6,3 Mw del 12 de noviembre del 2017

6.2 Evaluación de taludes durante el período 2021 y 2022

En este apartado, se muestran las evaluaciones realizadas a taludes de interés de la Ruta Nacional No.27. Estos fueron elegidos por haber presentado eventos durante el período de estudio.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 127

6.2.1 Evaluación talud en PK 17+065

El día 18 de setiembre de 2022, debido a intensas lluvias en este sitio se presentó un nuevo deslizamiento, desplazando gran cantidad de material (Figura 78). Hay grietas identificadas en el terreno que se ubican a una distancia aproximada de 60 m del bastión de la margen izquierda del puente en la RN-27.



Figura 78. Vista aérea del deslizamiento que ocurrió el 18 de setiembre del 2022 en la margen izquierda del río Virilla, aguas abajo del Puente de la RN-27

Este deslizamiento es analizado más específicamente de manera preliminar en el informe EIC-Lanamme-INF-1711-2022.

6.2.2 Evaluación talud en PK 44+500

En este tramo de la carretera se hizo un análisis fotogramétrico para determinar los cambios topográficos que se han dado entre los años 2017, 2019 y 2022. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 79 a continuación.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 128

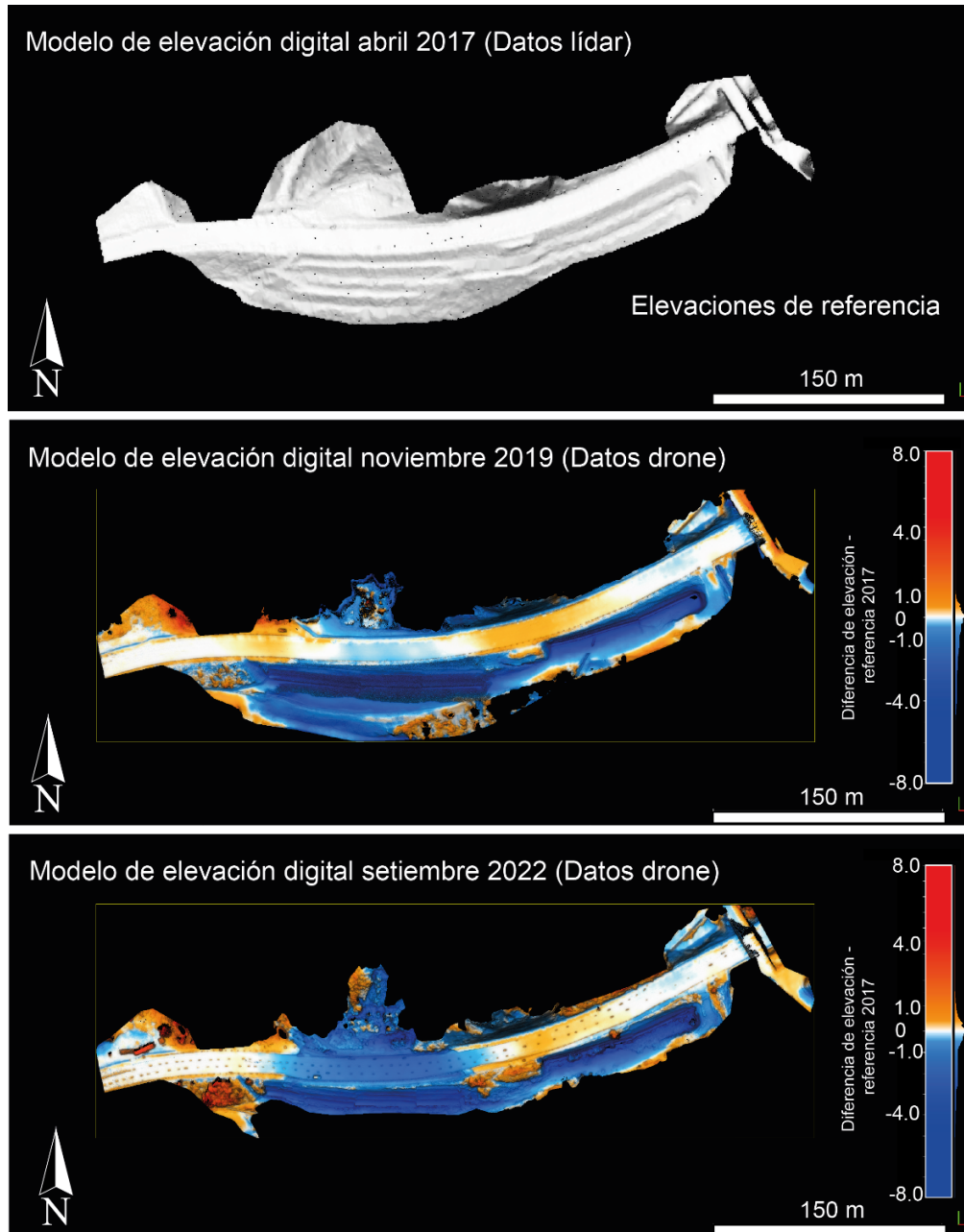


Figura 79. Comparación de modelos de elevación digital generados con datos LIDAR (2017) y fotogrametría (2019 y 2022) en los que se puede observar en tonos azules los cambios negativos (hacia abajo) y en tonos anaranjados los cambios positivos (hacia arriba) con respecto a la superficie del año 2017, la escala vertical es en el orden de metros.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 129

Para hacer este análisis se obtuvo la topografía del terreno mediante modelos de elevación digital (MED), uno para cada momento de evaluación. A partir de la comparación numérica de los MED, mediante programas especializados, se determinan los desplazamientos verticales que se han presentado en la superficie de la carretera en el sector de este hundimiento. Para esto se realizó un análisis de mínimos cuadrados mediante el programa Cloud-Compare.

Tal como se puede apreciar en la Figura 79, al comparar la superficie del pavimento del año 2017 con la superficie del 2019 y el 2022, queda en evidencia la magnitud métrica de las variaciones que se han presentado. Las zonas en color azul han experimentado cambios verticales relativos hacia abajo, coincidiendo con el movimiento del terreno que se está deslizando y cuyos efectos se han observado en el sitio.

Por su parte, las zonas de color rojo y naranja han experimentado cambios en su superficie en sentido vertical hacia arriba, hecho que puede ser explicado por las modificaciones que el Concesionario ha realizado en la superficie de ruedo de esta zona, mediante el perfilado y la colocación de nuevas capas de asfalto, lo que puede generar estas zonas que se observan elevadas con respecto a la superficie del año 2017.

En esta Figura 80 también se observa como las zonas azules se localizan tanto directamente en la superficie de ruedo como en varias zonas aledañas, adyacentes a la estructura del pavimento, siendo evidencia de la extensión de la zona que continúa presentando inestabilidad en este tramo de la Ruta Nacional No.27.

Con estos modelos de elevación digital de diferentes años, se hicieron comparaciones de los cambios que ha tenido el perfil de la ruta debido a los movimientos del terreno y las labores de colocación de asfalto en la vía para permitir el tránsito (Figura 80).

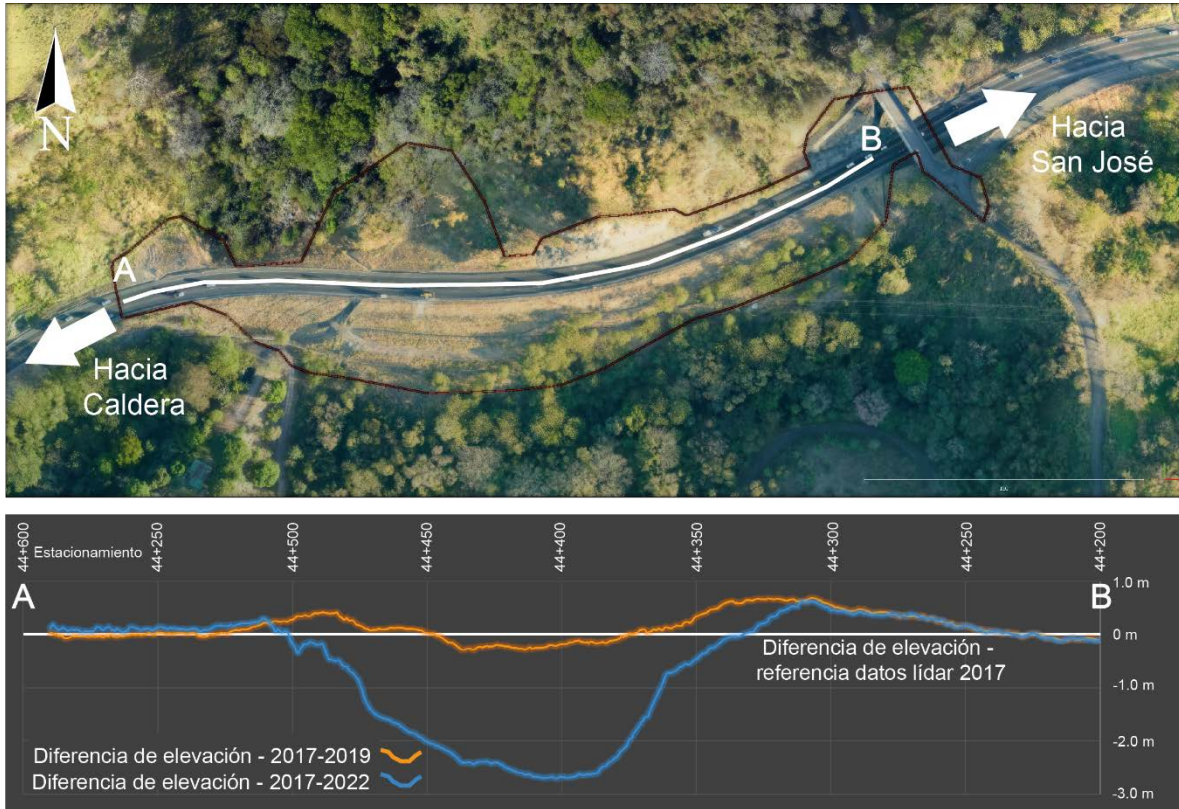


Figura 80. Cambios en la rasante de la vía el 2017 y el 2022. En la parte superior se muestra una fotografía aérea del sitio de abril del 2017, antes de que se construyeran las obras de estabilización. En el gráfico de la parte inferior se muestran las líneas del perfil AB, de los años 2019 y 2022 (generados con fotogrametría) y los cambios que presentan en comparación con el perfil del año 2017 a partir de datos LIDAR

Según se observa en esta Figura 81, cerca del estacionamiento Pk 44+400 el desplazamiento vertical relativo de la superficie de la carretera entre el año 2017 y el año 2022 es cercano a los 3 metros, siendo esta una de las principales afectaciones que han experimentado los usuarios al recorrer este tramo de la ruta.

Adicionalmente, en este tramo se ha visto afectada la capacidad de la carretera de dar servicio a los usuarios, debido al cierre completo de un carril y la disminución de la velocidad de operación a la que tienen que circular los vehículos, especialmente los vehículos de carga articulados (Figura 81) Esto genera colas de vehículos a ambos lados del hundimiento.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 131

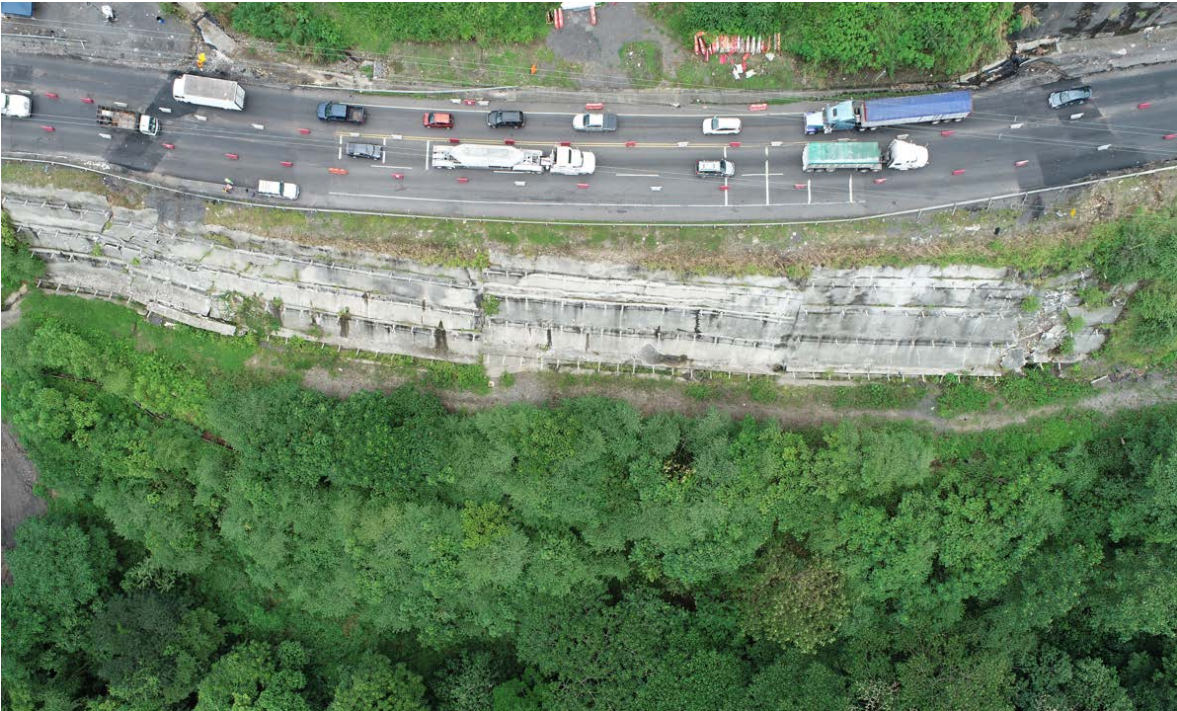


Figura 81. Fotografía aérea del sitio del hundimiento Pk 44+500. Se observan varios vehículos livianos y pesados transitando la zona con mayor deformación y en la que se debe de reducir la velocidad. De tres carriles construidos, actualmente solo dos están en operación, fotografía de setiembre 2022.

7 EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL Y MOVILIDAD

7.1 Generalidades

La presente evaluación de seguridad vial y movilidad de la Ruta Nacional 27 y sus Radiales contempla por segunda ocasión la valoración de distintos elementos en la infraestructura vial que afectan la seguridad vial, esto a partir de un sistema de inventario móvil. Esta condición permitió comparar las variaciones a nivel de los elementos evaluados a través del tiempo.

Sumado a los registros generados mediante el sistema de inventario móvil, se documentan de forma periódica los registros de choques viales, donde a la fecha se presentan los registros del año 2016 al 2021, suministrados por el Consejo Nacional de Concesiones para la vía Troncal y por el Consejo de Seguridad Vial para las Radiales. También, se identificaron los tramos de concentración de choques viales sobre la Ruta



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 132

Nacional 27 y sus Radiales, esto a partir de los registros de choques del periodo 2016 – 2021 y se evaluaron los segmentos de vía con mayor ocurrencia de atropellos.

7.1.1 *Tramos homogéneos*

Los tramos homogéneos corresponden al fraccionamiento de la vía para analizarla en segmentos con características funcionales, geométricas y de uso de suelo similares. Estos tramos fueron utilizados como unidades de análisis para identificar los tramos de concentración de choques y para visualizar el estado de algunos elementos viales. Se utilizó como base los tramos homogéneos realizados por Moya, Agüero, Zamora y Jiménez (2019).

7.1.2 *Evaluación del señalamiento vial y sistemas de contención vehicular*

A partir del equipo de inventario móvil Imajing, se realizó la evaluación de la demarcación horizontal en función de los tramos homogéneos, el inventario de la señalamiento vertical y registro de los sistemas de contención vehicular con deficiencias o colisiones.

7.1.2.1 *Evaluación del señalamiento vertical*

El señalamiento vertical fue inventariado en su totalidad, en función de las secciones visibles a través del Imajing, esto para la Ruta Nacional 27 y sus radiales. Adicional al inventario de cada señal, se evaluaron según los siguientes criterios:

1. Cada señal vertical se evaluó en función de los criterios visuales de la Figura 82.
2. Cada señal vertical se categorizó según los siguientes tipos:
 - a. Señal de reglamentación
 - b. Señal de prevención
 - c. Señal de información
 - d. Señal informal: corresponde a señales que no se encuentran reglamentadas por el manual de la SIECA (2014), mayormente de publicidad.
 - e. Señal indefinida: corresponde a señales donde solo permanece el poste, sin el panel de la señal con su lámina retrorreflectiva.
 - f. Señal temporal
3. En el caso de grupos de señales tipo Chevron o delineadores, se caracterizó únicamente una en función del estado general del grupo de señales.



Figura 82. Clasificación visual en función del estado del señalamiento vertical

Nota: Tomado de Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica. LanammeUCR, 2011

7.1.2.2 Evaluación de la demarcación horizontal.

Para evaluar el estado de la demarcación horizontal, se midió la extensión de demarcación con mayor grado de deterioro a través de toda la sección del proyecto, esto únicamente para la categoría de Mala en la clasificación presente en la Figura 83.



Figura 83. Clasificación visual en función del estado del señalamiento vertical

Nota: Tomado de Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica. LanammeUCR, 2011.

A partir de la evaluación es posible segregar los datos en función de los siguientes parámetros:

- Tipo: Línea continua, línea discontinua, figura, letras y números.
- Color: Blanco y amarillo.
- Ubicación: Línea de carril (divisoria de carriles en el mismo sentido de circulación), línea centro (divisoria de carriles en sentidos opuestos de circulación), línea borde interno, línea borde externo y figura, letras y números.

Nota: Figuras se refiere a flechas, símbolos y marcas auxiliares que se presenten en la vía.

7.1.2.3 Evaluación de los sistemas de contención vehicular

Se evaluaron todos los sistemas de contención vehicular (SCV) con colisiones o deficiencias que limiten su correcto funcionamiento, esto para la Ruta Nacional 27 y sus radiales. La evaluación se realizó según los parámetros de la Tabla 13, Tabla 14 y Tabla 15.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 135

Tabla 13. Parámetros y criterios para evaluación de SCV

Parámetro	Criterio	Definición
Condición	Colisionado	Elemento que presenta deterioro causado por un choque vial.
	Deficiente	Mala práctica de diseño o constructiva que por su condición aumenta la severidad de un choque.
Estado	Regular	Elementos colisionados que no aumentan sustancialmente el riesgo o condiciones deficientes que presenten posibilidades de mejora.
	Crítico	Todos los elementos colisionados y deficientes que representen un riesgo potencial ante un posible choque.
Ubicación	Lateral	Elementos ubicados en los márgenes derechos o izquierdos, aledaños al carril externo.
	Mediana	Elementos ubicados aledaños al carril interno y que dividan los flujos de circulación.
	Otro	Otras ubicaciones, tales como zonas de peajes.

Tabla 14. Parámetros y criterios de evaluación para SCV (continuación)

Parámetro	Criterio	Definición
Sentido (RN27)	A-B	Sentido desde San José hacia Caldera.
	B-A	Sentido desde Caldera hacia San José.
	Ambos	Afectación en ambos sentidos.
Sentido (Radial)	A-B	Sentido desde la R.N. 27 hacia la Radial.
	B-A	Sentido desde la Radial hacia la R.N. 27.
	Ambos	Afectación en ambos sentidos.
Tipo de dispositivo	Barrera	Dispositivo de contención vehicular ubicado longitudinalmente en el sector lateral o en la mediana.
	Puente	Dispositivo de contención vehicular ubicado longitudinalmente en el sector lateral o en la mediana, pero ubicado sobre un puente o paso a desnivel.
	Transición	Dispositivo de contención vehicular que conecta distintos tipos de sistemas de contención vehicular.
	Amortiguador	Dispositivo de contención vehicular ubicado en bifurcaciones, medianas o peajes que reduce la severidad de un choque al amortiguar el impacto y absorber la energía de la colisión.
	Terminal	Dispositivo de contención vehicular ubicado al principio o final de una barrera lateral.
Material	Metal	Dispositivo cuya estructura se conforma principalmente por metal.
	Concreto	Dispositivo cuya estructura se conforma principalmente por concreto.



NA No aplica, corresponde para el caso de discontinuidades.

En el caso específico de los elementos de concreto que se ubican frente a las casetas de peajes, se realizó una única valoración por peaje y por sentido.

Para las distintas discontinuidades, que se definen como elemento o ausencia de sección que limita la conexión entre dispositivo de contención vehicular consecutivos, se generó la lista.

Tabla 15. Parámetros y criterios de evaluación para discontinuidades

Parámetro	Criterio	Definición
Discontinuidad	Luminaria	Poste de luminaria.
	Vacío	Espacio vacío entre sistemas de contención vehicular.
	Estructura señal tipo pórtico	Estructura de soporte para señal tipo pórtico
	Poste	Elemento tubular metálico o de concreto sin luminaria.
	Pila de puente	Base de soporte de puente o paso a desnivel.

7.1.3 Caracterización de anchos de espaldón

A partir del equipo de inventario móvil Imajing, se realizó la medición de anchos de espaldones internos y externos por cada tramo homogéneo sobre la Ruta Nacional 27 y sus radiales.

7.1.4 Identificación de puentes peatonales e infraestructura de transporte público

A partir del equipo de inventario móvil Imajing, se realizó la identificación y caracterización de los puentes peatonales e infraestructura de transporte público sobre la Ruta Nacional 27 y sus radiales.

7.1.4.1 Identificación de puentes peatonales

Los puentes peatonales fueron ubicados geográficamente y categorizados en función del método de accesibilidad: escalera, rampa, escalera y rampa y otros.

7.1.4.2 Identificación de infraestructura de transporte público

La infraestructura de transporte público fue ubicada geográficamente y segmentada en paradas de autobús y bahías de autobús.



7.1.5 Choques viales

El Consejo Nacional de Concesiones suministró al LanammeUCR los datos de choques viales de la Ruta Nacional 27 para el periodo 2016 – 2021, distribuidos en choques con fallecidos, heridos graves, heridos leves y daños materiales. En el caso de las Radiales, se recurrió a las bases de datos del Consejo de Seguridad Vial, con eventos clasificados en: fallecidos, heridos graves y heridos leves.

7.1.5.1 Identificación de tramos con presencia de atropellos

Para identificar los sitios con presencia de atropellos se cuantificó la presencia de atropellos a peatones y ciclistas por tramo homogéneo y se analizó la presencia del evento y proximidad entre los tramos homogéneos para seleccionar los segmentos de análisis.

7.1.5.2 Identificación de tramos de concentración de choques viales

A partir de los datos de choques viales, se realizó un análisis específico para determinar los tramos de concentración de choques viales, basado en el análisis de choques totales y choques equivalentes.

- Choques totales: considera la suma de todos los choques, indiferentemente de su severidad.
- Choques equivalentes: considera un factor de equivalencia entre los choques con solo daños materiales y los choques con fallecidos, heridos graves y leves.

Los métodos aplicados en general se basaron en el Road Safety Manual (PIARC Technical Committee on Road Safety, 2003) y el Highway Safety Manual (AASHTO, 2010), donde detallan los métodos:

- Frecuencia de choques con choques totales
- Tasa de choques con choques totales
- Tasa crítica de choques con choques totales
- Equivalencia a solo daños materiales

De forma complementaria, y a partir de la investigación realizada por Rodríguez, et al (2019), se incorporaron los siguientes métodos:



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 138

- Frecuencia de choques con choques equivalentes
- Tasa de choques con choques equivalentes
- Tasa crítica de choques con choques equivalentes

El uso de 7 métodos con insumos y características distintas permite subsanar en alguna medida las limitaciones inherentes de cada método, asociadas a su simplicidad, sin embargo, como criterio de selección para los tramos de concentración de choques, se utilizó como indicador la frecuencia en la que un mismo tramo homogéneo resulta crítico entre los diversos métodos de forma simultánea, valor que se presenta en la Tabla 16 como “Riesgo de siniestralidad”.

Tabla 16. Clasificación de exposición al riesgo por choques viales

Riesgo de siniestralidad	Clasificación
0	Sin evidencia de riesgos a partir de choques viales
1	Riesgo medio de ocurrencia de choques viales
2	
3	Riesgo alto de ocurrencia de choques viales
4	
5	Riesgo muy alto de ocurrencia de choques viales
6	
7	

De forma específica, para la Ruta Nacional 27 se evaluaron los tramos homogéneos donde la clasificación de la Tabla 16 corresponde a un “Riesgo alto de ocurrencia de choques viales”, asociada a un riesgo de siniestralidad tipo 5, 6 y 7. En el caso específico de las Radiales, al no contar con todas las severidades de los choques viales, se analizaron los que cumplen con la clasificación “Riesgo alto de ocurrencia de choques viales”, correspondiente a un riesgo de siniestralidad tipo 3 y 4. La evaluación se generó mediante el equipo Imajing y los registros de choques viales.

7.2 Evaluación del señalamiento vial

A partir del equipo de inventario móvil Imajing y los criterios de la Sección 7.1.2.2 *Evaluación del señalamiento vertical* y Sección 7.1.2.1 *Evaluación de la demarcación horizontal* se presentan los resultados de la evaluación del señalamiento vial segmentado para la Ruta Nacional 27 y las radiales.



7.2.1 Señales verticales: Ruta Nacional 27

Para el periodo de estudio se identificaron 1387 señales sobre la Ruta Nacional 27, esto para ambos sentidos de circulación, de las cuales su estado presentó un 91,6 % (1270 señales) clasificado como *Bueno*, 3,7 % (52 señales) como *Regular* y un 4,7 % (65 señales) como *Malo*, condiciones que se observan en la Figura 84. Al segregar el total de señales, según el tipo de señal, es posible identificar que la vía cuenta predominantemente con señales oficiales en buen estado, donde las señales reglamentarias, preventivas y de información en estado *Bueno* representan un 88,5 % del total, condición presente en la Figura 85. En la Tabla 17 se desglosa el estado de las señales en función de su tipología.

Estado de las señales verticales sobre la Ruta Nacional 27

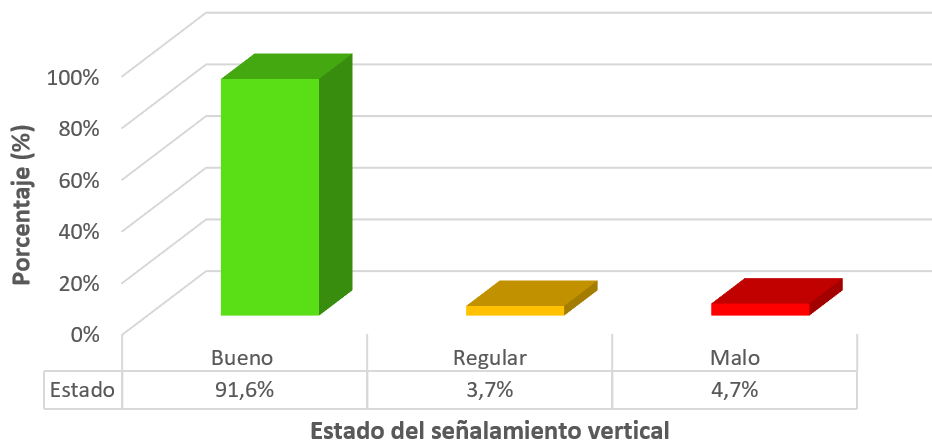


Figura 84. Estado de las señales verticales sobre la Ruta Nacional 27

Tabla 17. Registro de señales segmentadas por tipo y estado sobre la Ruta Nacional 27

Estado	Reglamentación		Prevención		Información		Temporal		Informal		Indefinido	
Bueno	460	33,2 %	290	20,9 %	477	34,4 %	13	0,9 %	29	2,1 %	1	0,1 %
Regular	24	1,7 %	10	0,7 %	13	0,9 %	1	0,1 %	4	0,3 %	0	0,0 %
Malo	13	0,9 %	3	0,2 %	16	1,2 %	1	0,1 %	0	0,0 %	32	2,3 %
Subtotal	497	36 %	303	22 %	506	36 %	15	1 %	33	2 %	33	2 %
Total	1387											



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 140

Estado de las señales verticales según tipo de señal sobre la Ruta Nacional 27

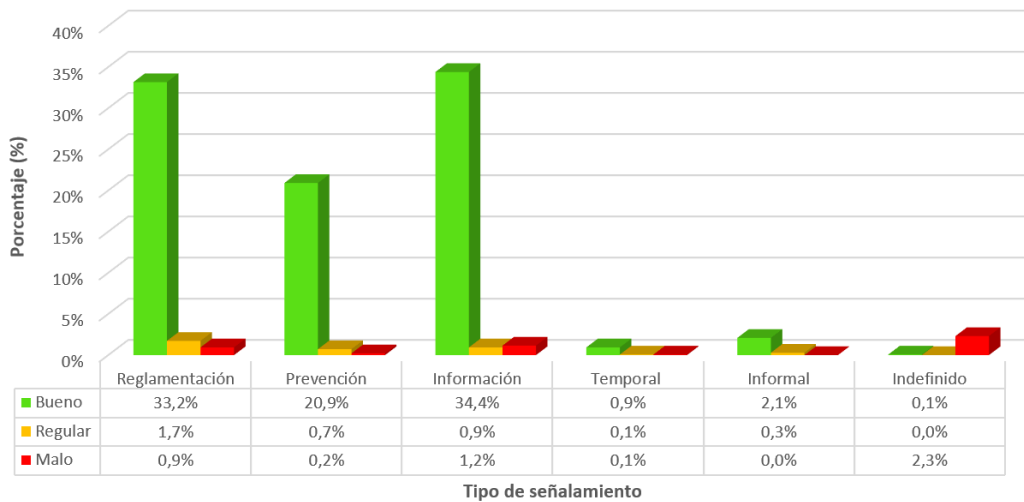


Figura 85. Estado de las señales verticales por tipo sobre la Ruta Nacional 27

En la Figura 86 se registra la primera comparación histórica del estado de las señales verticales sobre la Ruta Nacional 27, de esta se evidencia que la ruta mantiene un estado entre Buena y Regular predominante, con una mejora en el estado Buena, que pasó de 84 % a 92 %, entre los periodos 2020-2021 y 2021-2022

Histórico del estado de las señales verticales sobre la Ruta Nacional 27

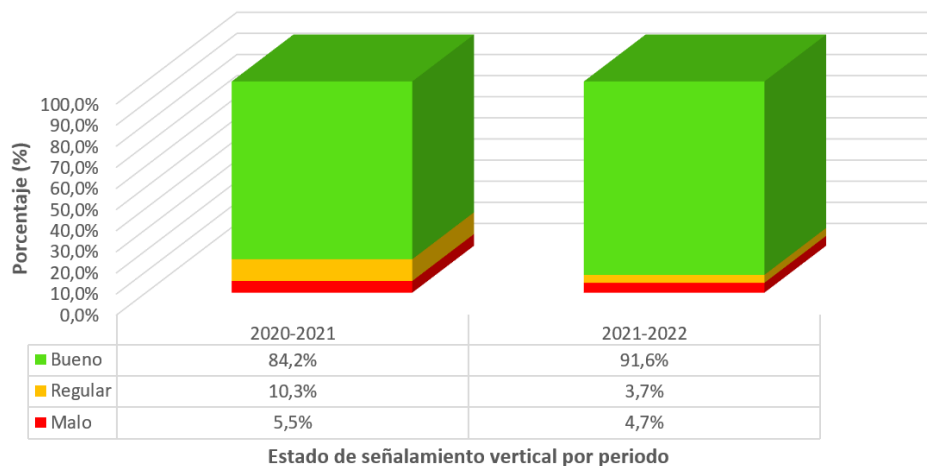


Figura 86. Evolución histórica del estado de las señales verticales sobre la Ruta Nacional 27



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 141

En la Figura 87, Figura 88, Figura 89 y Figura 90 se evidencia mediante los mapas que la mayoría de las señales presentan un estado *Bueno*, condición visible mediante los elementos de color verde. Cabe destacar que esta evaluación se realizó de forma diurna y mediante auscultación visual, por lo que no sustituye un estudio que mida la capacidad de retrorreflectividad de los viniles de las señales verticales.

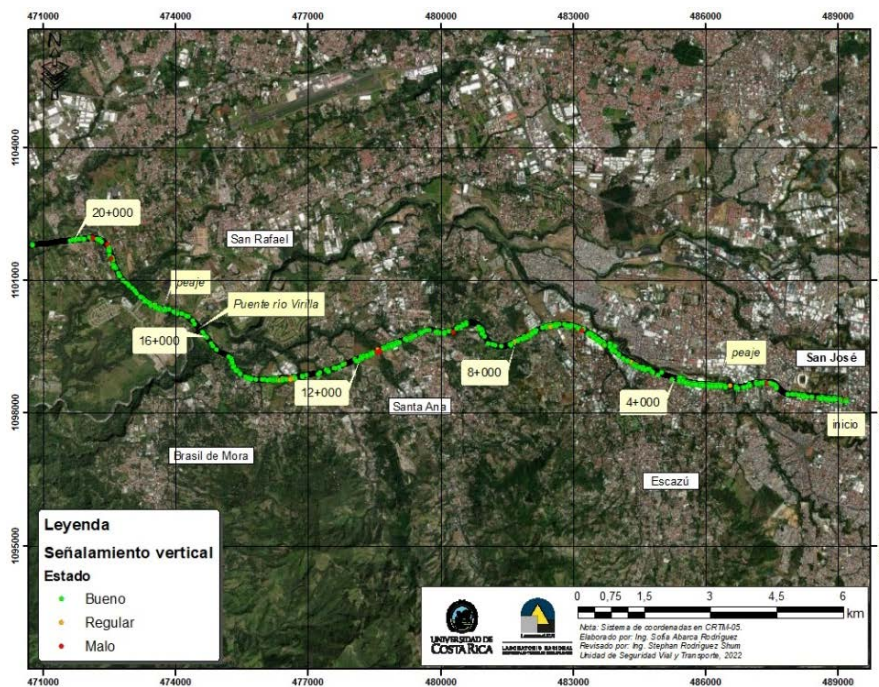


Figura 87. Inventario de señales verticales, RN27, sección 0+000 – 20+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 142

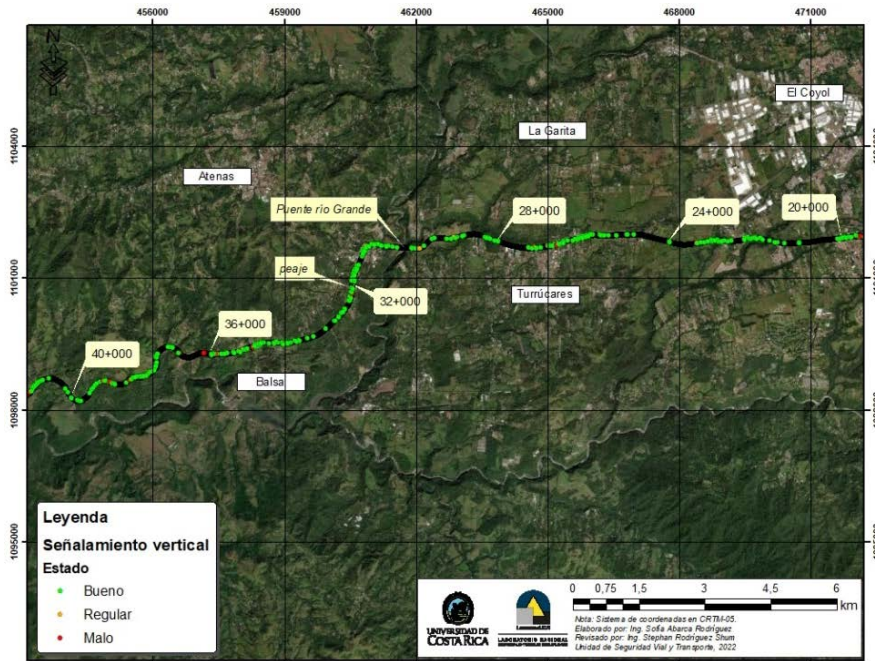


Figura 88. Inventario de señales verticales, RN27, sección 20+000 – 40+000

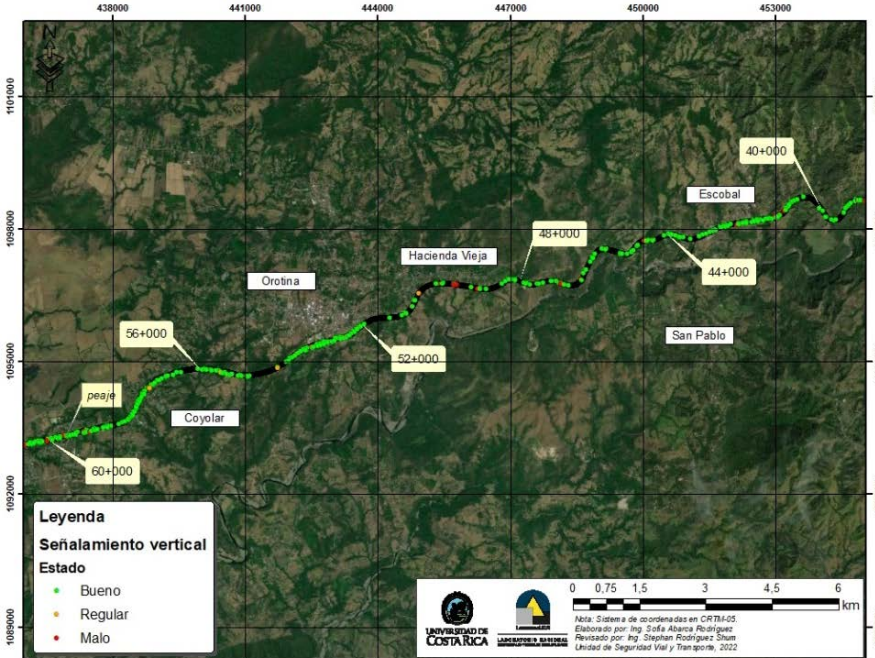


Figura 89. Inventario de señales verticales, RN27, sección 40+000 – 60+000

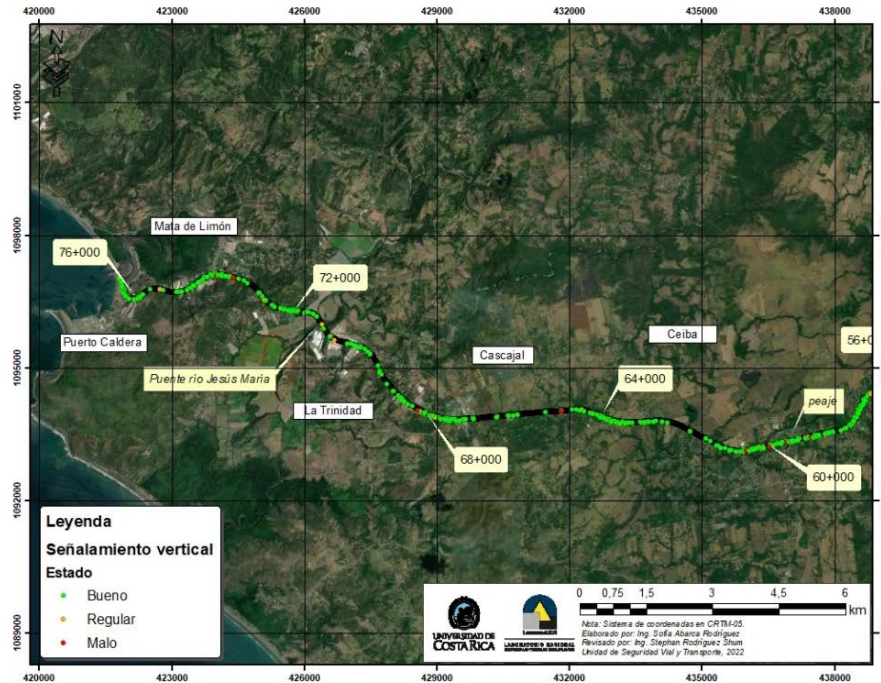


Figura 90. Inventario de señales verticales, RN27, sección 60+000 – 76+000

7.2.2 Señales verticales: Radiales

Para el periodo de estudio se identificaron 331 señales sobre la Radial El Coyal, Turrúcares, Atenas y Escobal, de las cuales su estado presentó un 88,8 % clasificado como *Buena*, 6,3 % como *Regular* y 4,8 % como *Mala*, condiciones que se observan en la Figura 91.

Al segregar el total de señales por radial y tipo, es posible identificar deficiencias puntuales:

- Radial El Coyal: se registraron 146 señales verticales y su estado se segrega por tipo en la Tabla 18 y la Figura 92, resalta que un 87 %, equivalente a 127 señales, presentan una condición *Buena*, sin embargo, un 6 % de todas las señales, correspondiente a 9 señales se clasificaron como informales, condiciones que requieren atención por parte de la Concesionaria.
- Radial Turrúcares: se registraron 53 señales verticales y su estado se segrega por tipo en la Tabla 19 y la Figura 93, de estas resalta un 11,3 % con condición *Mala*, correspondiente a 6 señales de tipo *Indefinido*.
- Radial Atenas: se registraron 34 señales verticales y su estado se segrega por tipo en la



- Tabla 20 y la Figura 94. Según su estado se identificaron 5,4 % en condición *Mala* y 10,8 % en condición *Regular*, correspondiente a un 16,2 % de las señales. Sin embargo, al sumar las señales informales en estado *Bueno*, se alcanza un total de 23 señales o un 24,7 % de las señales en condición que requieren atención por parte de la Concesionaria.
- Radial Escobal: se registraron 39 señales verticales y su estado se segrega por tipo en la Tabla 21 y la Figura 95, un 94,9 %, correspondiente a 37 señales, presenta un estado *Bueno*.

Tabla 18. Registro de señales segmentadas por tipo y estado sobre la Radial El Coyoil

Estado	Reglamentación		Prevención		Información		Temporal		Informal		Indefinido	
Bueno	57	39,0%	45	30,8%	23	15,8%	2	1,4%	8	5,5%	0	0,0%
Regular	4	2,7%	2	1,4%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,7%	0	0,0%
Malo	2	1,4%	0	0,0%	2	1,4%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Subtotal	63	43,0%	47	32,0%	25	17,0%	2	1,0%	9	6,0%	0	0,0%
Total	146											

Tabla 19. Registro de señales segmentadas por tipo y estado sobre la Radial Turrúcares

Estado	Reglamentación		Prevención		Información		Temporal		Informal		Indefinido	
Bueno	10	18,9%	23	43,4%	10	18,9%	0	0,0%	1	1,9%	0	0,0%
Regular	2	3,8%	0	0,0%	1	1,9%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Malo	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	6	11,3%
Subtotal	12	22,6%	23	43,4%	11	20,8%	0	0,0%	1	1,9%	6	11,3%
Total	53											

Tabla 20. Registro de señales segmentadas por tipo y estado sobre la Radial Atenas

Estado	Reglamentación		Prevención		Información		Temporal		Informal		Indefinido	
Bueno	29	31,2%	24	25,8%	17	18,3%	0	0,0%	8	8,6%	0	0,0%
Regular	1	1,1%	1	1,1%	2	2,2%	0	0,0%	6	6,5%	0	0,0%
Malo	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	5	5,4%
Subtotal	30	32,3%	25	26,9%	19	20,4%	0	0,0%	14	15,1%	5	5,4%
Total	93											



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 145

Tabla 21. Registro de señales segmentadas por tipo y estado sobre la Radial Escobal

Estado	Reglamentación	Prevención	Información	Temporal	Informal	Indefinido
Bueno	14	35,9%	11	28,2%	12	30,8%
Regular	1	2,6%	0	0,0%	0	0,0%
Malo	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Subtotal	15	38,0%	11	28,0%	12	31,0%
Total	39					

Estado de las señales verticales sobre las Radiales

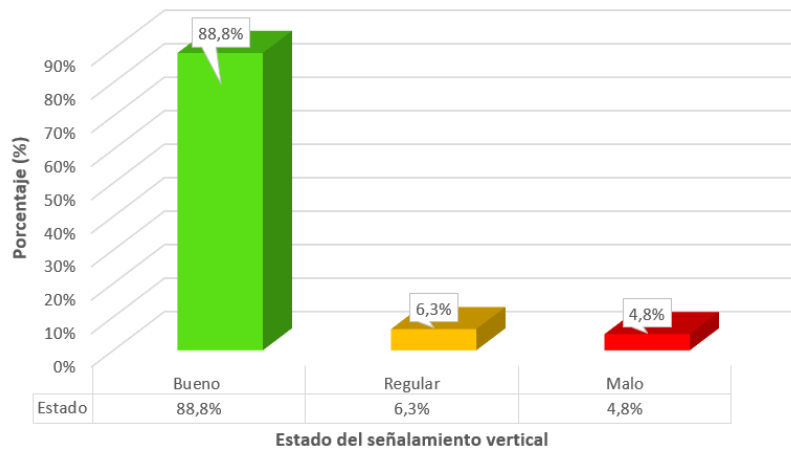


Figura 91. Estado de las señales verticales sobre las Radiales



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 146

Estado de las señales verticales según tipo sobre la radial El Coyo

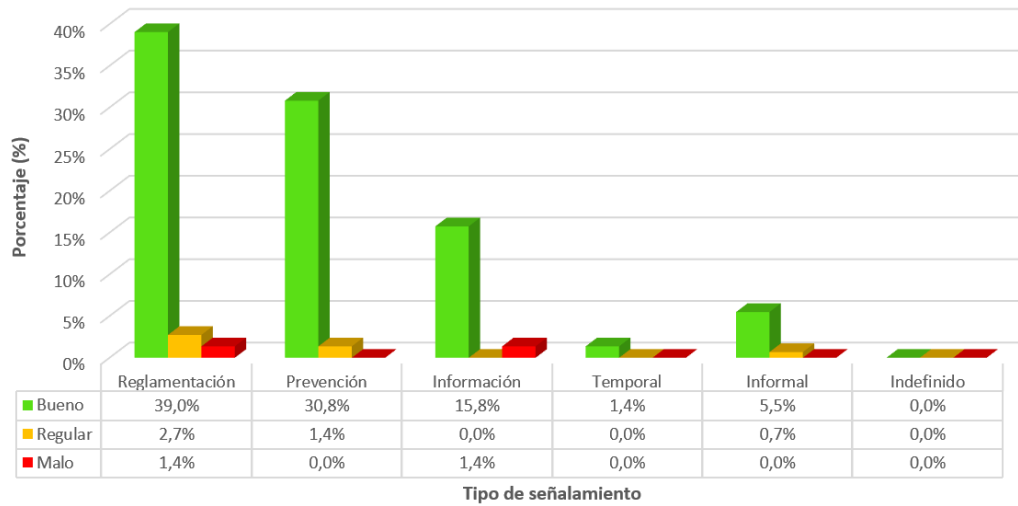


Figura 92. Estado de las señales verticales por tipo sobre la Radial El Coyo

Estado de las señales verticales según tipo de señal sobre la radial Turrúcares

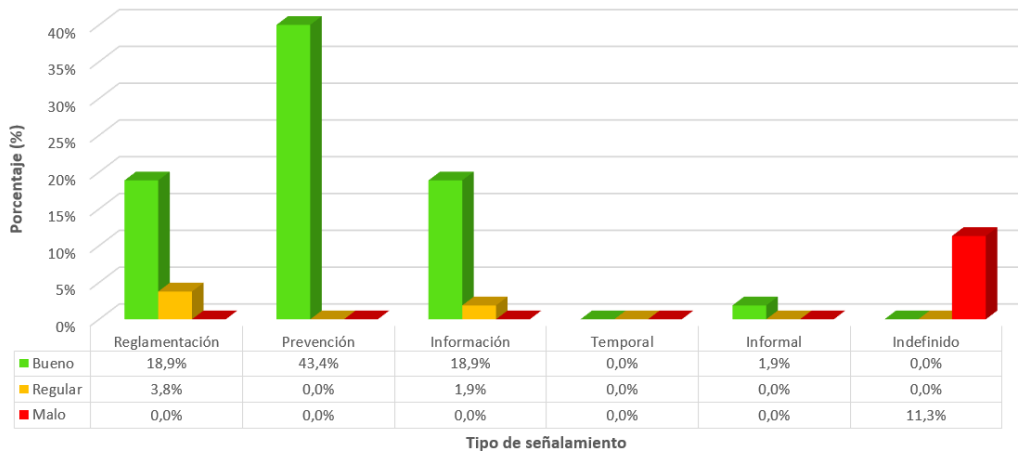


Figura 93. Estado de las señales verticales por tipo sobre la Radial Turrúcares



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 147

Estado de las señales verticales según tipo sobre la radial Atenas

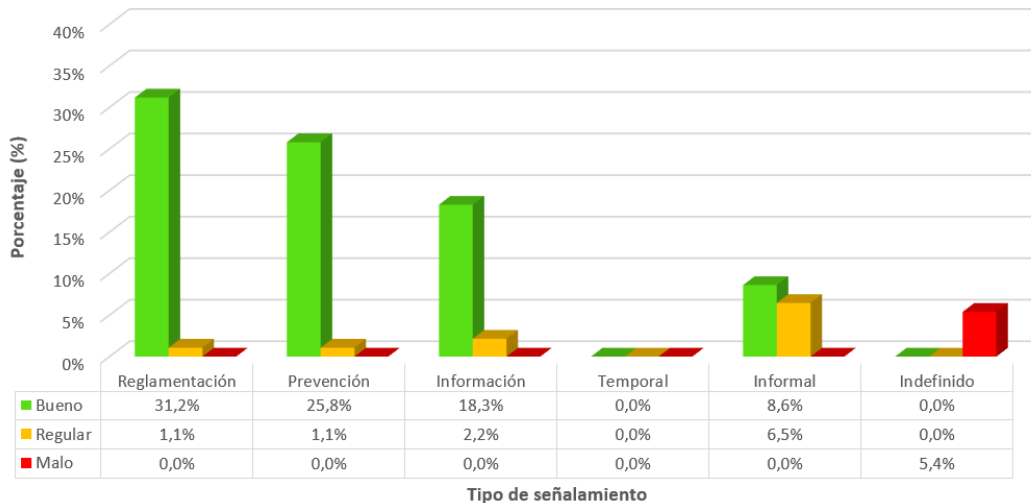


Figura 94. Estado de las señales verticales por tipo sobre la Radial Atenas

Estado de las señales verticales según tipo sobre la radial Escobal

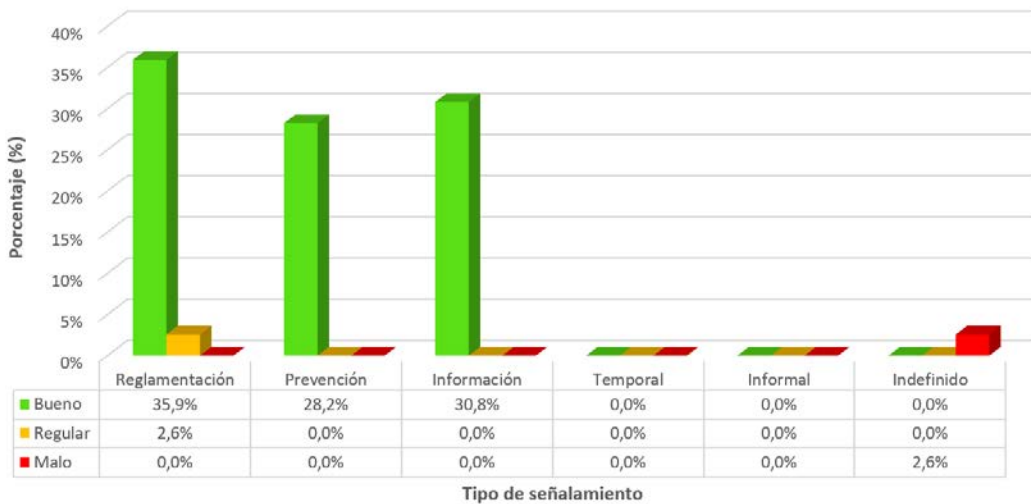


Figura 95. Estado de las señales verticales por tipo sobre la Radial Escobal

En la Figura 96 y Figura 97 se muestra el registro histórico de la evaluación de las señales verticales para cada radial, segmentado para el periodo 2020-2021 y 2021-2022. No se realizan comparaciones directas, ya que a partir del periodo 2021-2022 se evaluaron las señales sobre las rampas de conexión entre la Ruta Nacional 27 y las radiales. Sin



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 148

embargo, se evidencia que en términos generales las condiciones se mantienen estables o mejoran.

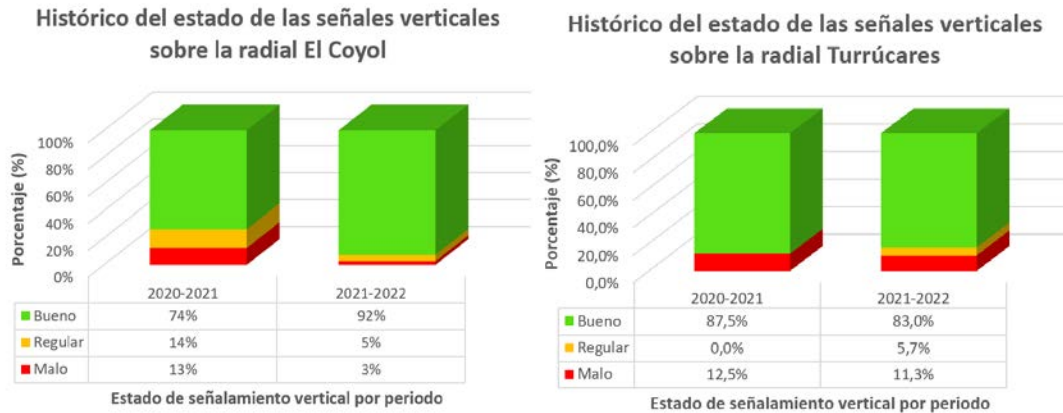


Figura 96. Registro histórico de la evaluación de las señales verticales de la Radial El Coyol y Radial Turrúcares

Nota: A partir del periodo 2021-2022 se evaluaron las señales de las rampas de conexión entre la R.N.27 y las radiales.

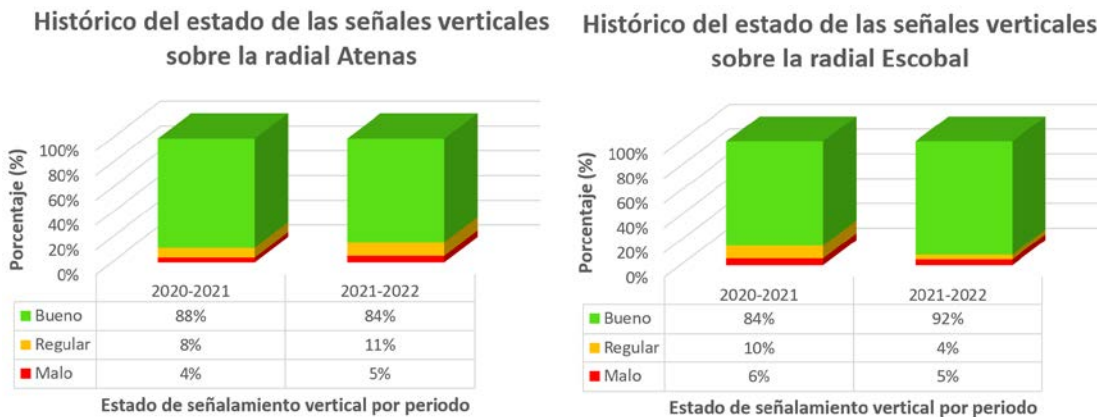


Figura 97. Registro histórico de la evaluación de las señales verticales de la Radial Atenas y Radial Escobal

Nota: A partir del periodo 2021-2022 se evaluaron las señales de las rampas de conexión entre la R.N.27 y las radiales.

De forma complementaria, en la Figura 98 Figura 99 y Figura 132 se evidencia mediante los mapas que la mayoría de las señales presentan un estado *Bueno*, condición visible mediante los elementos de color verde. Cabe destacar que esta evaluación se realizó de forma diurna y mediante auscultación visual, por lo que no sustituye un estudio que mida la capacidad de retrorreflectividad de los viniles de las señales verticales.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 149

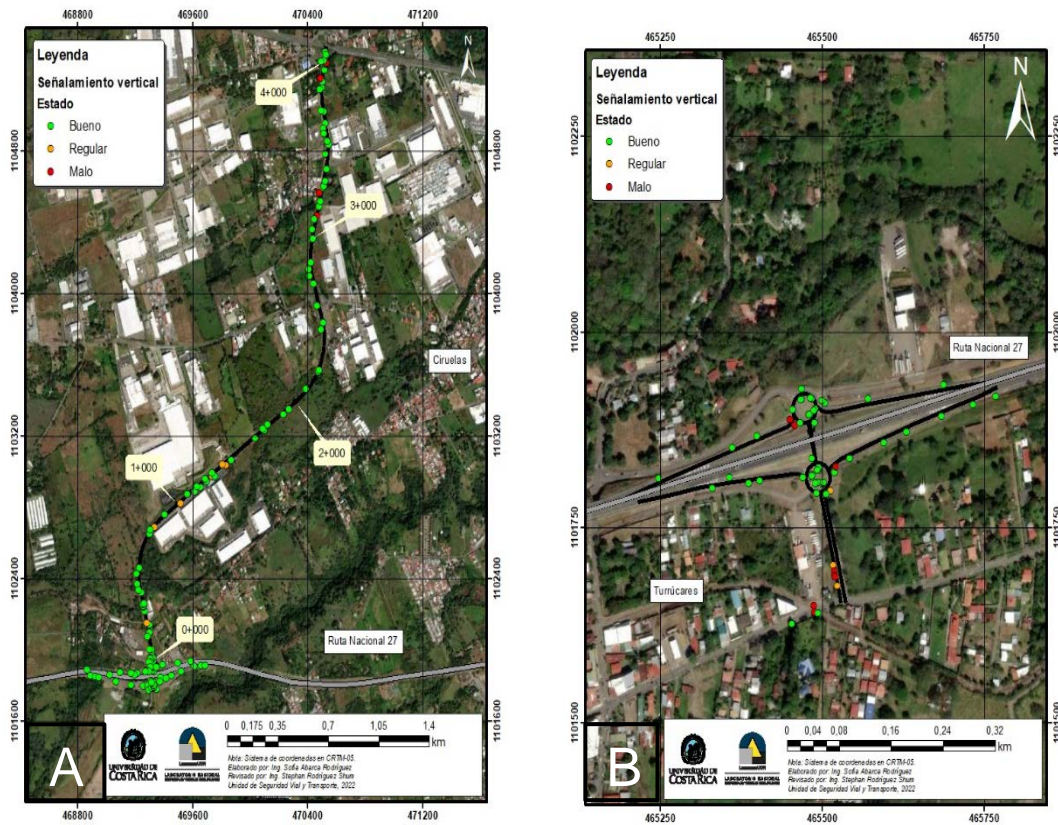


Figura 98. Inventario de señales verticales A) Radial Coyol, B) Radial Turrúcares



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 150

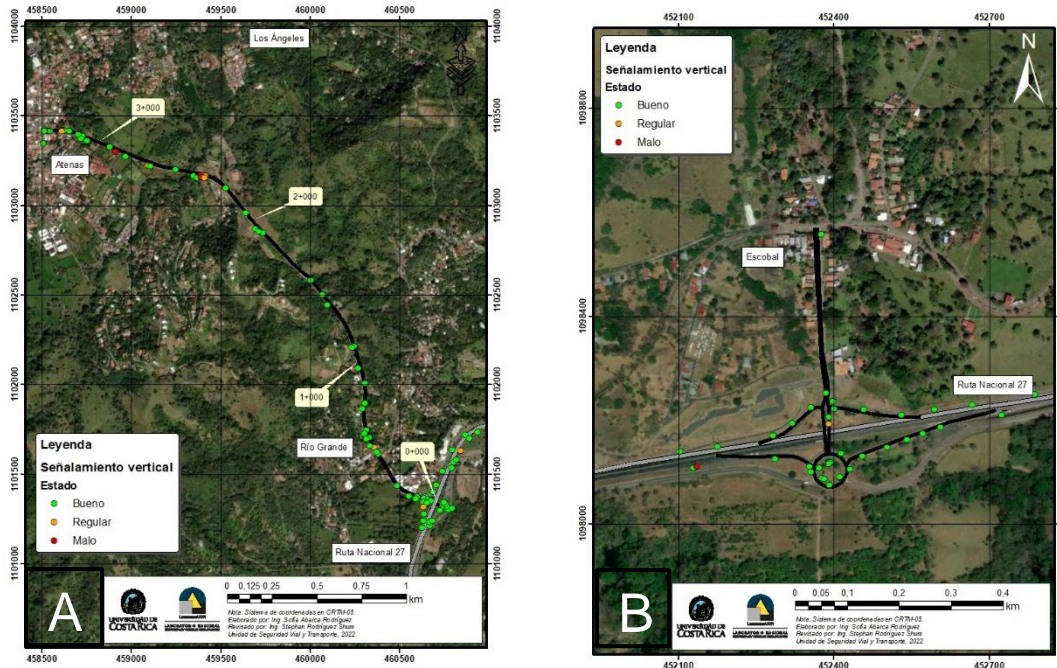


Figura 99. Inventario de señales verticales A) Radial Atenas, B) Radial Escobal

7.2.3 Demarcación horizontal: Ruta Nacional 27

A partir de la evaluación de la demarcación horizontal en estado *Malo* o deteriorado, se generó la valoración en función del tipo, color y ubicación sobre la Ruta Nacional 27, donde se logra caracterizar 896 tramos y sitios con necesidades de mejora, equivalentes a 18,32 km lineales equivalentes de demarcación continua.

En función del tipo de demarcación horizontal, se logró evidenciar que un total de 68,3 % de los sitios identificados con un estado *Malo* presentan deterioro en las líneas continuas (612 tramos y sitios), seguido de un 19,2 % en líneas discontinuas (172 tramos y sitios) y en menor medida un 12,5 % para las figuras, letras y números (112 sitios), como se desglosa en la Figura 100 y Tabla 22.

Adicionalmente, a partir del análisis presente en la Tabla 22, se logró cuantificar la cantidad de km equivalentes de demarcación horizontal continua en estado *Malo* o deteriorado, donde 11,89 km corresponden al tipo línea continua, 5,84 km a líneas discontinuas y 0,57 km a figuras, letras y números.



Demarcación horizontal deteriorada por tipo sobre la Ruta Nacional 27

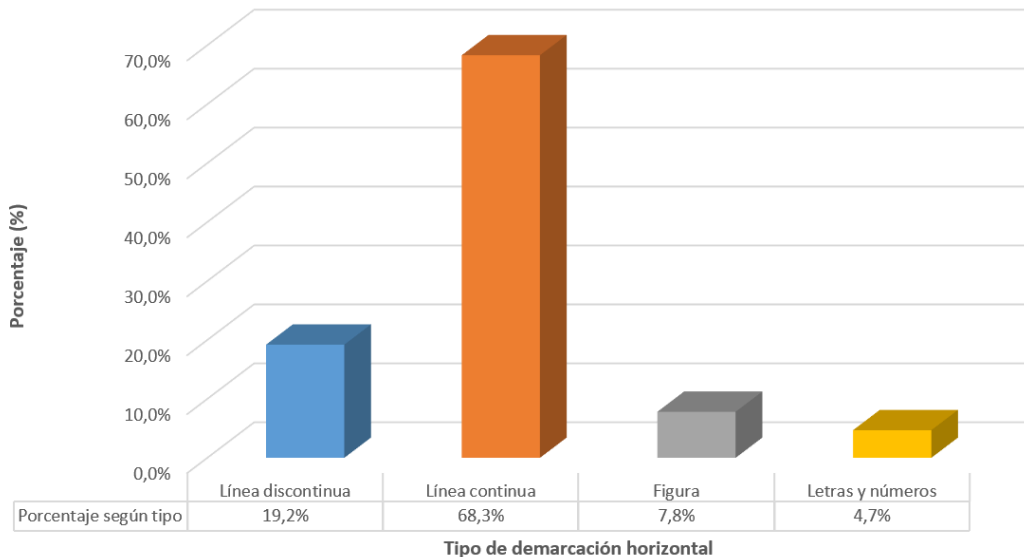


Figura 100. Demarcación horizontal deteriorada por tipo sobre la Ruta Nacional 27

Nota: Se entiende por Bueno: sección con todos los elementos de la demarcación en estado bueno, Regular: sección con al menos 1 elemento de la demarcación regular o mala y Malo: sección con el 50% de los elementos en estado malo.

Tabla 22. Demarcación horizontal deteriorada por tipo sobre la Ruta Nacional 27

Tipo	#	%	Longitud (km)
Línea discontinua (tramo)	172	19,2%	5,84
Línea continua (tramo)	612	68,3%	11,89
Figura (sitio)	70	7,8%	0,47
Letras y números (sitio)	42	4,7%	0,12
Total	896	100,0%	18,32

En función del color de la demarcación horizontal, se registró un deterioro predominante en la demarcación color blanca, con una ocurrencia del 83,1 %, equivalente a 745 tramos y sitios con deterioros con una extensión de 14,98 km lineales equivalentes. De forma análoga, la demarcación color amarillo presentó un 16,9 % de ocurrencia, equivalente a 151 tramos con deterioros con una extensión de 3,34 km lineales equivalentes, como se desglosa en la Figura 101 y Tabla 23.



Demarcación horizontal deteriorada por color sobre la Ruta Nacional 27

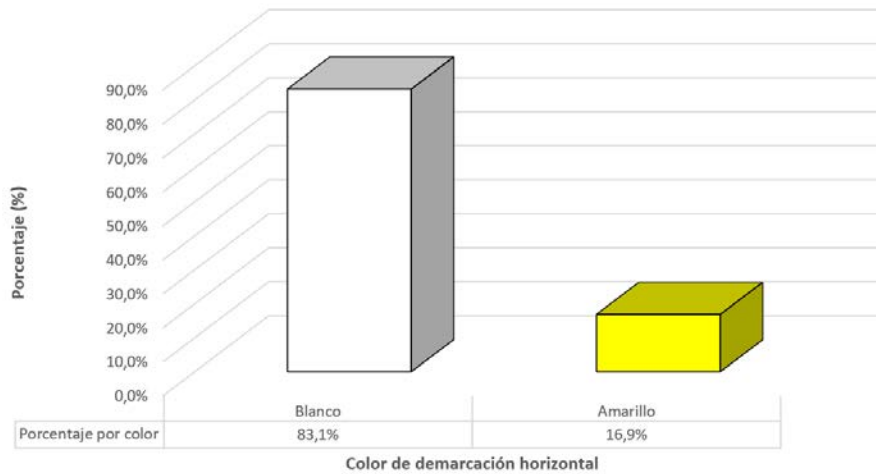


Figura 101. Demarcación horizontal deteriorada por color sobre la Ruta Nacional 27

Tabla 23. Demarcación horizontal deteriorada por color sobre la Ruta Nacional 27

Color	#	%	Longitud (km)
Blanco (tramos y sitios)	745	83,1%	14,98
Amarillo (tramos)	151	16,9%	3,34
Total	896	100,0%	18,32

Con respecto a la ubicación de la demarcación horizontal, predominantemente se detectaron deterioros en la línea del borde externo de los carriles, con una ocurrencia del 45,3 % del total, equivalente a 406 tramos y sitios registrados y 8,06 km lineales equivalentes. La segunda ubicación con mayor ocurrencia fue la línea de carril, demarcación que genera la divisora entre los carriles del mismo sentido de circulación. De estos, se detectó un 19,2 % de ocurrencia, correspondiente a 219 tramos y sitios y 6,20 km lineales equivalentes. El desglose para cada ubicación se presenta en la Figura 102 y Tabla 24.



Demarcación horizontal deteriorada por ubicación sobre la Ruta Nacional 27

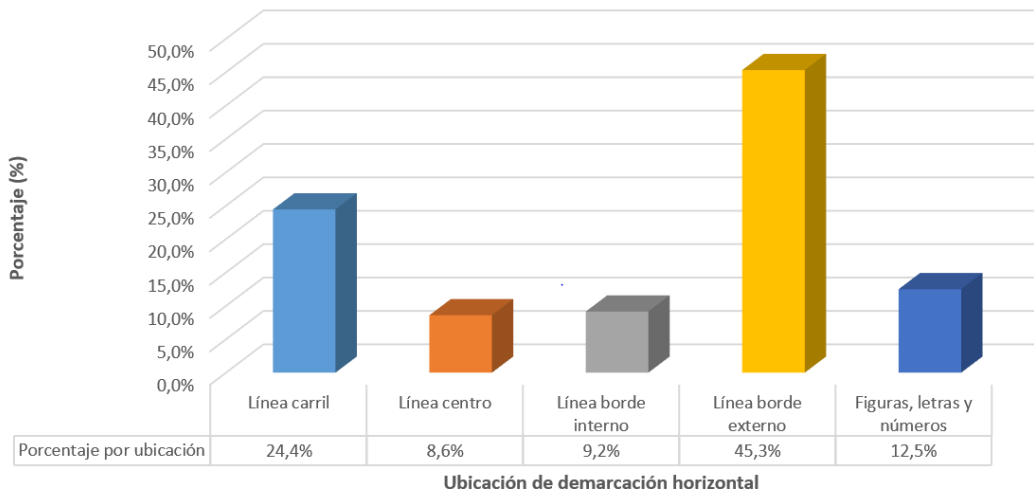


Figura 102. Demarcación horizontal deteriorada por ubicación sobre la Ruta Nacional 27

Tabla 24. Demarcación horizontal deteriorada por ubicación sobre la Ruta Nacional 27

Ubicación	#	%	Longitud (km)
Línea carril (tramo)	219	24,4%	6,20
Línea centro (tramo)	77	8,6%	1,28
Línea borde interno (tramo)	82	9,2%	2,19
Línea borde externo (tramo)	406	45,3%	8,06
Figuras, letras y números (sitio)	112	12,5%	0,59
Total	896	100%	18,32

Cabe destacar que la auscultación visual permitió determinar el estado visual del material utilizado para la demarcación horizontal, condición que, a pesar de no sustituir una evaluación de la retrorreflectividad del material, indica que la vía presenta condiciones deficientes de mantenimiento que deben atenderse y que podrían incidir en bajo niveles de retrorreflectividad de la demarcación horizontal.

En la Figura 103, Figura 104, Figura 105 y Figura 106 se muestran los mapas donde se ubican los sitios donde se presenta la demarcación horizontal deteriorada, condición que permite evidenciar los tramos de la vía con mayor requerimiento de intervención en su demarcación horizontal, donde resalta el último segmento, presente en la Figura 106.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 154

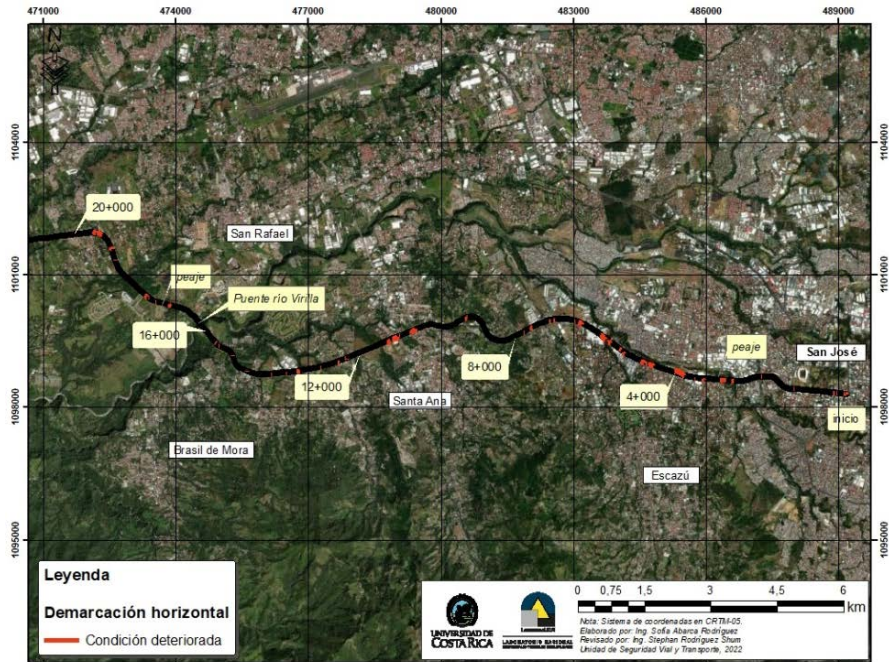


Figura 103. Evaluación de la demarcación horizontal, RN27, sección 0+000 – 20+000

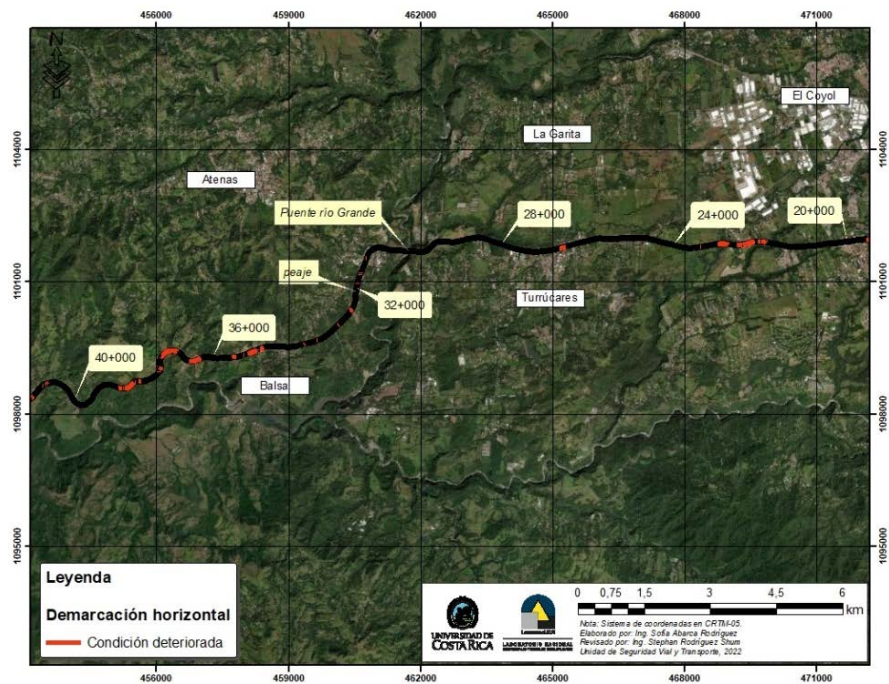


Figura 104. Evaluación de la demarcación horizontal, RN27, sección 20+000 – 40+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 155

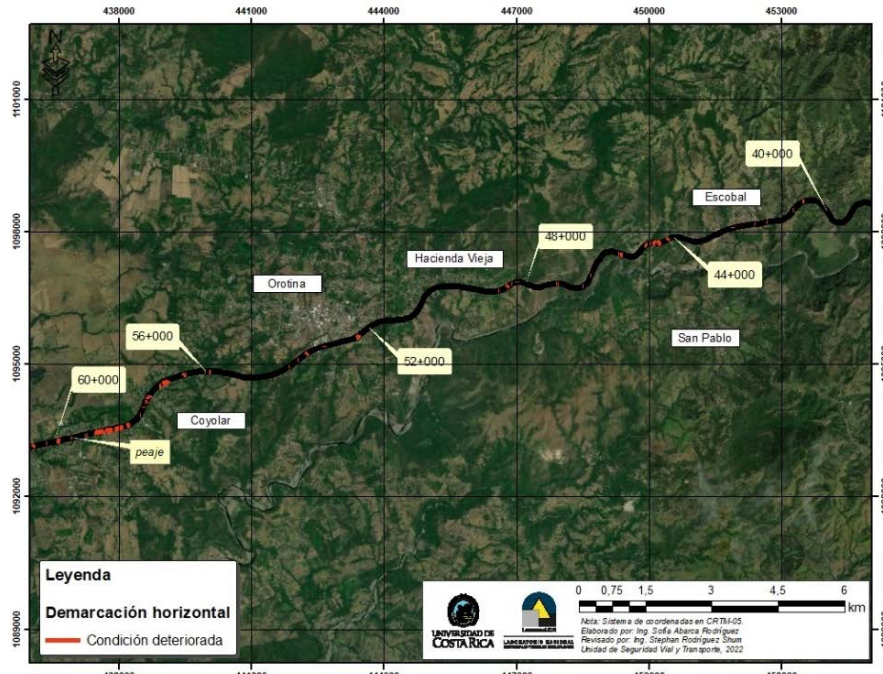


Figura 105. Evaluación de la demarcación horizontal, RN27, sección 40+000 – 60+000

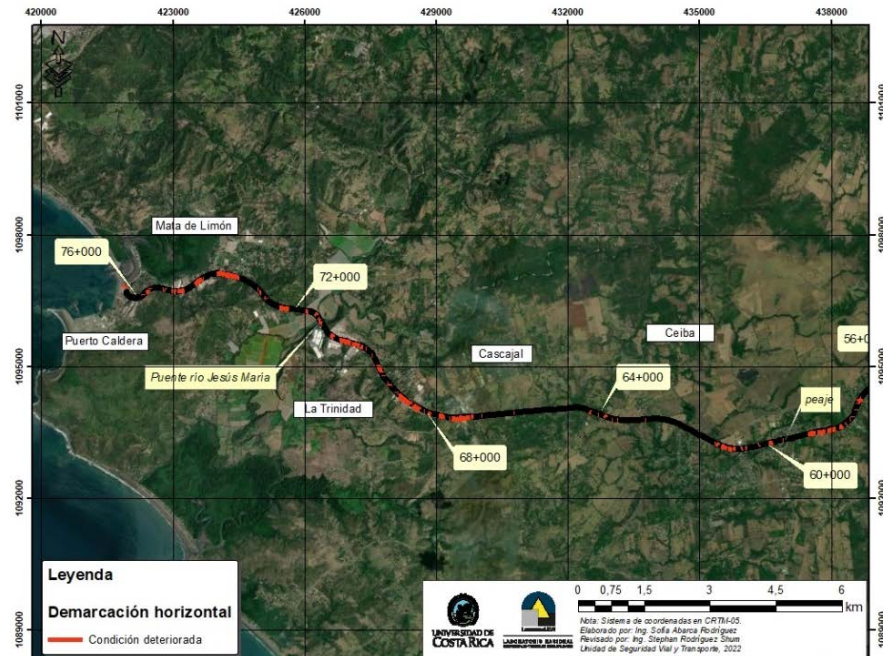


Figura 106. Evaluación de la demarcación horizontal, RN27, sección 60+000 – 76+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 156

7.2.4 Demarcación horizontal: Radiales

A partir de la evaluación de la demarcación horizontal en estado Malo o deteriorado, se generó la valoración en función del tipo, color y ubicación sobre las Radiales, donde se logra caracterizar 234 tramos y sitios con necesidades de mejora, equivalentes a 7,42 km lineales equivalentes de demarcación continua.

En función del tipo de demarcación horizontal, se logró evidenciar que un total de 72,2 % de los tramos y sitios identificados con un estado Malo presentan deterioro en las líneas continuas (169 tramos), seguido de un 19,3 % en figuras, letras y números (45 sitios) y en menor medida un 8,5 % para las líneas discontinuas (20 tramos), como se desglosa en la Figura 107y Tabla 25.

Adicionalmente, a partir del análisis presente en la Tabla 25, se logró cuantificar la cantidad de km equivalentes de demarcación horizontal continua en estado *Malo* o deteriorado, donde 6,26 km corresponden al tipo línea continua, 0,18 km a figuras, letras y números y 0,99 km a líneas discontinuas.

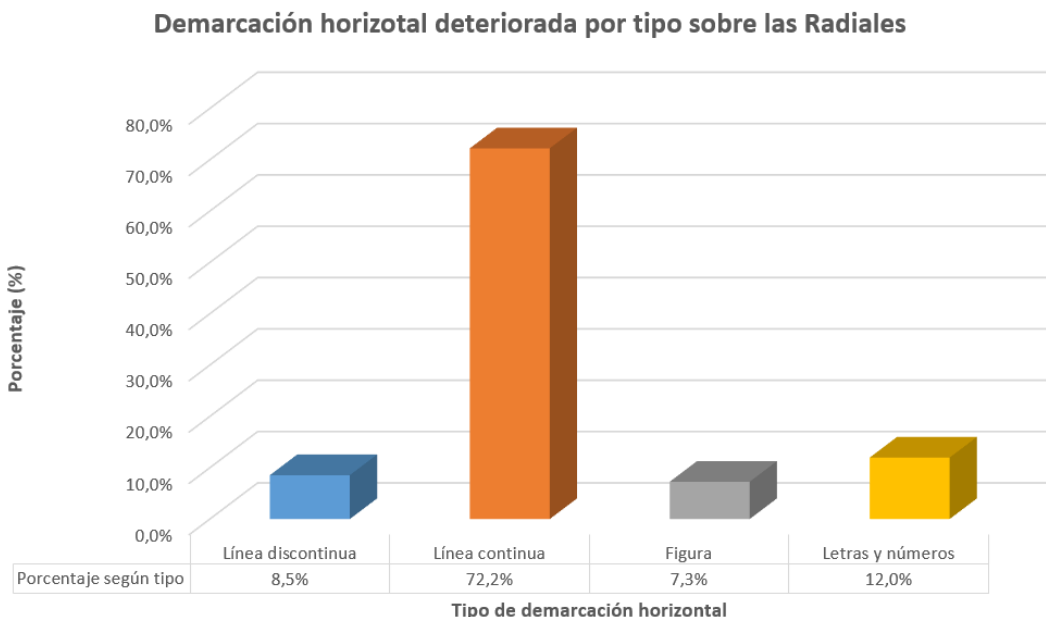


Figura 107. Demarcación horizontal deteriorada por tipo sobre las Radiales



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 157

Tabla 25. Demarcación horizontal deteriorada por tipo sobre las Radiales

Tipo	Cantidad	%	Longitud (km)
Línea discontinua (tramos)	20	8,5%	0,99
Línea continua (tramos)	169	72,2%	6,26
Figura (sitios)	17	7,3%	0,10
Letras y números (sitios)	28	12,0%	0,08
Total	234	100,0%	7,42

En función del color de la demarcación horizontal, se registró un deterioro predominante en la demarcación color blanco, con una ocurrencia del 79,5 %, equivalente a 186 tramos y sitios con deterioros con una extensión de 5,59 km lineales equivalentes. De forma análoga, la demarcación color amarillo presentó un 20,5 % de ocurrencia, equivalente a 48 tramos con deterioros con una extensión de 1,83 km lineales equivalentes, como se desglosa en la Figura 108 y Tabla 26

Demarcación horizontal deteriorada por color sobre las Radiales

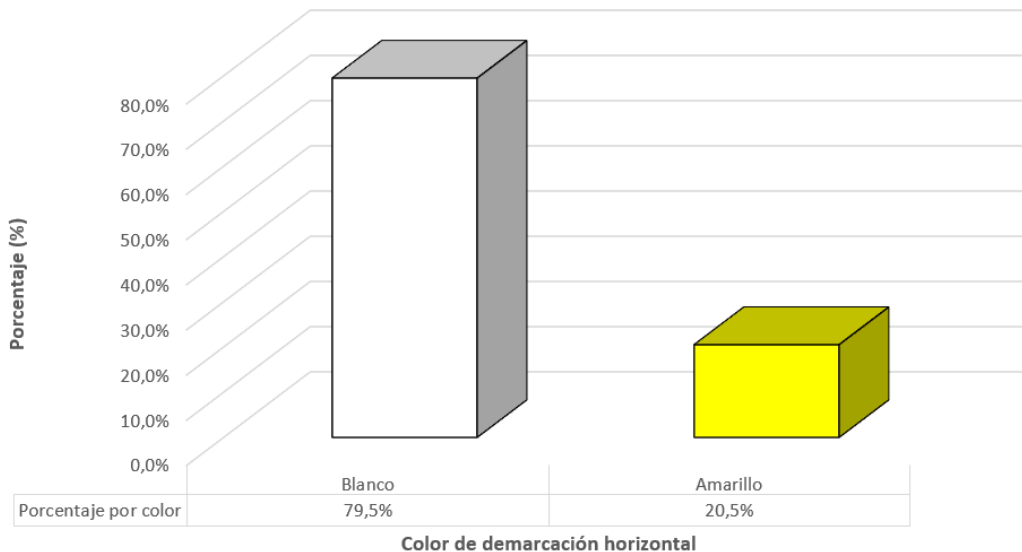


Figura 108. Demarcación horizontal deteriorada por color sobre las Radiales

Tabla 26. Demarcación horizontal deteriorada por color sobre las Radiales

Color	#	%	Longitud (km)
Blanco (tramos y sitios)	186	79,5%	5,59
Amarillo (tramos)	48	20,5%	1,83
Total	234	100,0%	7,42



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 158

Con respecto a la ubicación de la demarcación horizontal, predominantemente se detectaron deterioros en la línea del borde externo de los carriles, con una ocurrencia del 47,9 % del total de sitios, equivalente a 112 tramos registrados y 4,35 km lineales equivalentes. La segunda ubicación con mayor ocurrencia fue al centro del carril, zona donde se ubican las letras, figuras y números. De estos, se detectó un 19,2 % de ocurrencia, correspondiente a 45 sitios y 0,18 km lineales equivalentes. El desglose para cada ubicación se presenta en la Figura 109 y Tabla 27

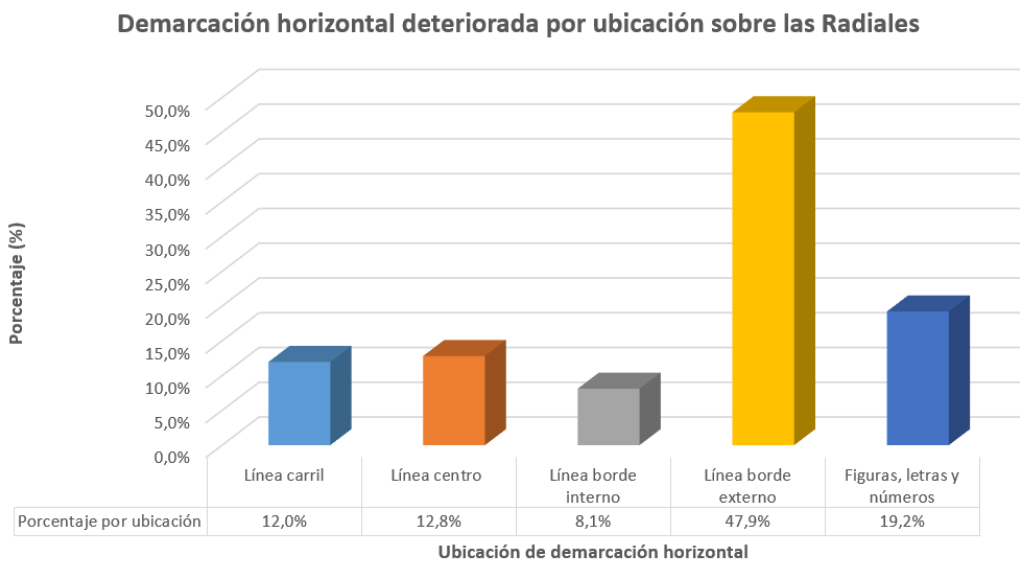


Figura 109. Demarcación horizontal deteriorada por ubicación sobre las Radiales

Tabla 27. Demarcación horizontal deteriorada por ubicación sobre las Radiales

Ubicación	#	%	Longitud (km)
Línea carril (tramos)	28	12,0%	0,99
Línea centro (tramos)	30	12,8%	1,65
Línea borde interno (tramos)	19	8,1%	0,25
Línea borde externo (tramos)	112	47,9%	4,35
Figura, letras y números (sitios)	45	19,2%	0,18
Total	234	100%	7,42



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 159

Cabe destacar que la auscultación visual permitió determinar el estado visual del material utilizado para la demarcación horizontal, condición que, a pesar de no sustituir una evaluación de la retrorreflectividad del material, indica que la vía presenta condiciones deficientes de mantenimiento que deben atenderse y que podrían incidir en bajo niveles de retrorreflectividad de la demarcación horizontal.

En la Figura 110 y Figura 111 se muestran los mapas donde se ubican los sitios donde se presenta la demarcación horizontal deteriorada, condición que permite evidenciar los tramos de la vía con mayor requerimiento de intervención en su demarcación horizontal, donde resalta que en general las radiales en toda su extensión presentan condiciones que requieren de intervención.

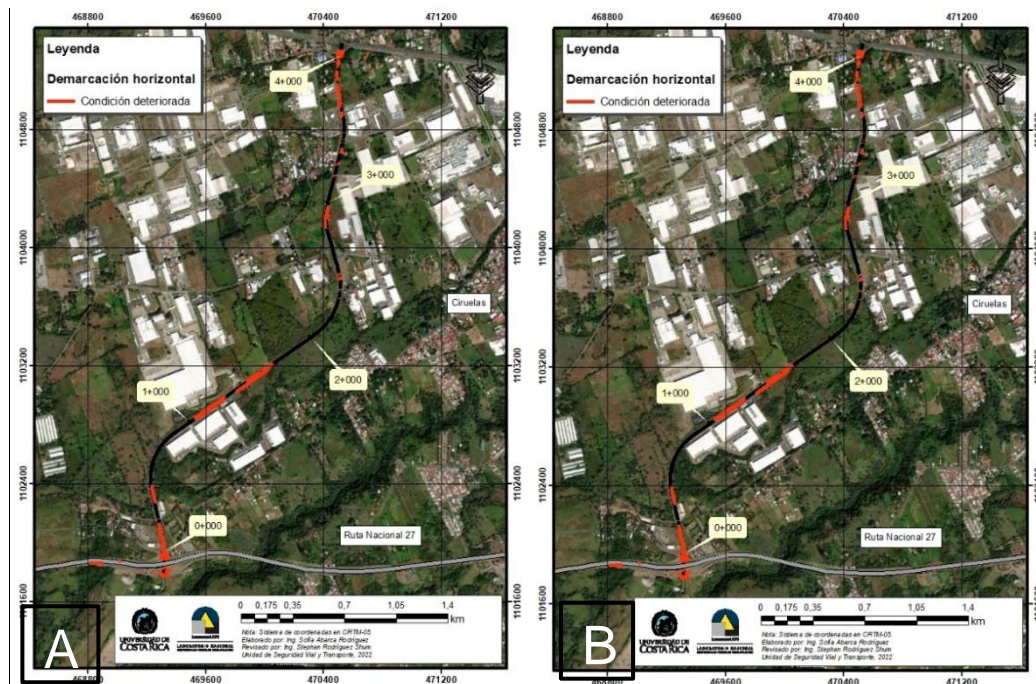


Figura 110 Evaluación de la demarcación horizontal A) Radial Coyol, B) Radial Turrúcares

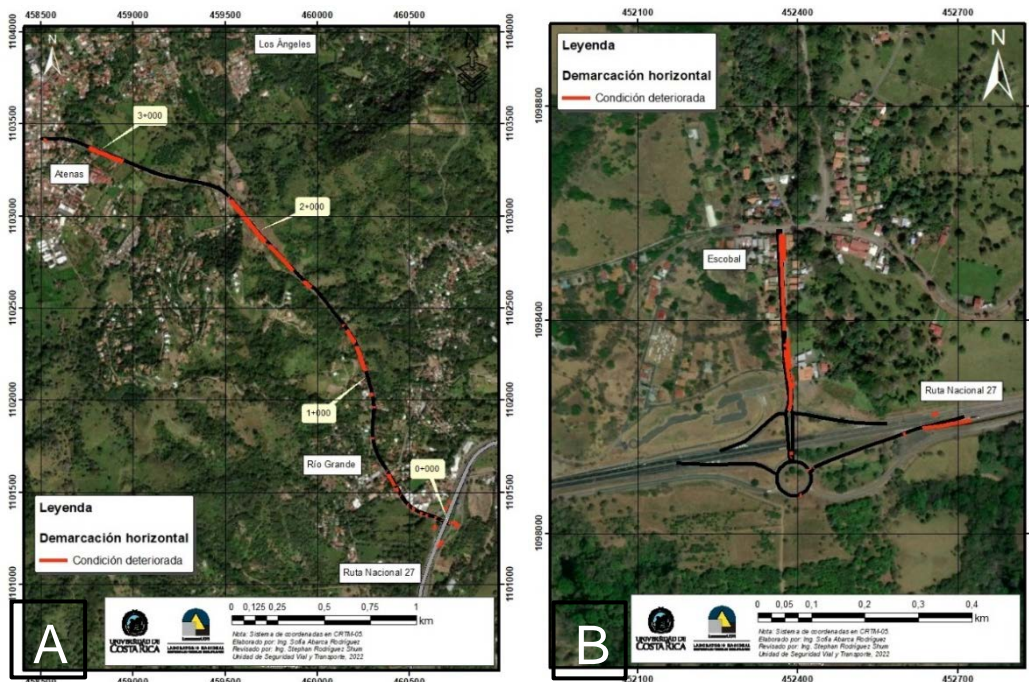


Figura 111. Evaluación de la demarcación horizontal A) Radial Atenas, B) Radial Escobal

7.3 Evaluación de sistemas de contención vehicular

En función de los criterios expuestos en la *Sección 7.1.2.3 Evaluación de los sistemas de contención vehicular*, se presenta la evaluación segmentada para la Ruta Nacional 27 y las radiales.

7.3.1 Ruta Nacional 27

A partir de evaluación de los sistemas de contención vehicular (SCV) sobre la Ruta Nacional 27, se identificaron 712 dispositivos con algún grado de deficiencia o deterioro, de los cuales se evidenció un 1,1 % (8 elementos) en condición *Colisionado* y un 98,9 % (704 elementos) en condición *Deficiente*. Ambas condiciones podrían propiciar la ocurrencia de choques viales o aumentar la severidad del evento. En la Figura 112 y Tabla 28 se detallan los porcentajes y cantidades antes expuestos asociados a los SCV en condición *Deficiente* y *Colisionado*. A su vez, para ambas condiciones, los SCV se clasificaron en estado *Regular* o *Crítico*. Para el caso de los SCV en condición *Deficiente* (98,9 % del total), se identifica un 80,3 % (572 elementos) en estado *Crítico* y un 18,5 % (132 elementos) en estado *Regular*.



Estado general de los sistemas de contención vehicular sobre la Ruta Nacional 27

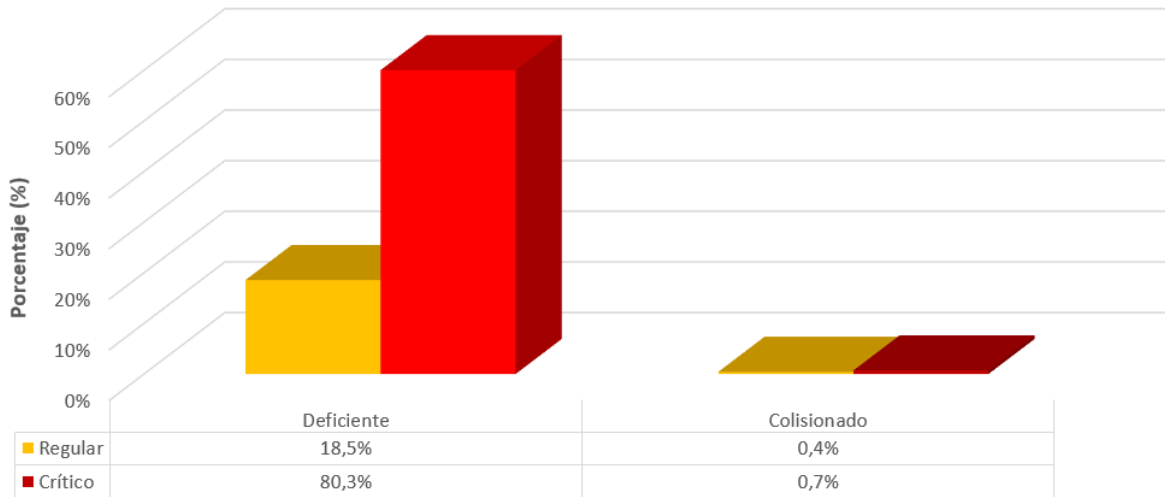


Figura 112. Estado de los sistemas de contención vehicular deficientes y colisionados sobre la Ruta Nacional 27

Tabla 28. Registro del estado y condición de los sistemas de contención vehicular sobre la Ruta Nacional 27

Condición	Estado				Total	
	Regular		Crítico			
Deficiente	132	18,5%	572	80,3%	704	98,9%
Colisionado	3	0,4%	5	0,7%	8	1,1%
Subtotal	135	19,0%	577	81,0%	712	100,0%

Del 98,9 % de SCV en condición *Deficiente* de la Tabla 28, se procedió a segregar su estado en función del tipo de dispositivo, como se observa en la Figura 113 y se desglosa en la Tabla 29.

Las *transiciones* en general, como se observa en la Figura 113 se clasificaron como *Regulares*, ya que, a pesar de encontrarse estructuralmente en buen estado como se observa en la Figura 114, estas no responden a transiciones aceptadas bajo normativa estadounidense o europea ni a diseños oficialmente recomendados por fabricantes. Del



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 162

total de dispositivos analizados, 17,4% (124 elementos) presentan un estado Regular y 7,0 % (50 elementos) presentan un estado *Crítico*.

A nivel de *terminales*, un 72,5 % (519 elementos) se ubicó en estado *Crítico* y un 1,0 % (7 elementos) en estado *Regular*. Estas deficiencias se evidencian en toda la ruta, tanto en la mediana, aproximaciones a peajes y zonas laterales, riesgos visibles en la Figura 115.

En cuanto a los elementos tipo *barrera*, se evidenció un 0,9 % (7 elementos) de dispositivos con alguna deficiencia *Regular* y *Crítica*.

Condición de los sistemas de contención vehicular sobre la Ruta Nacional 27

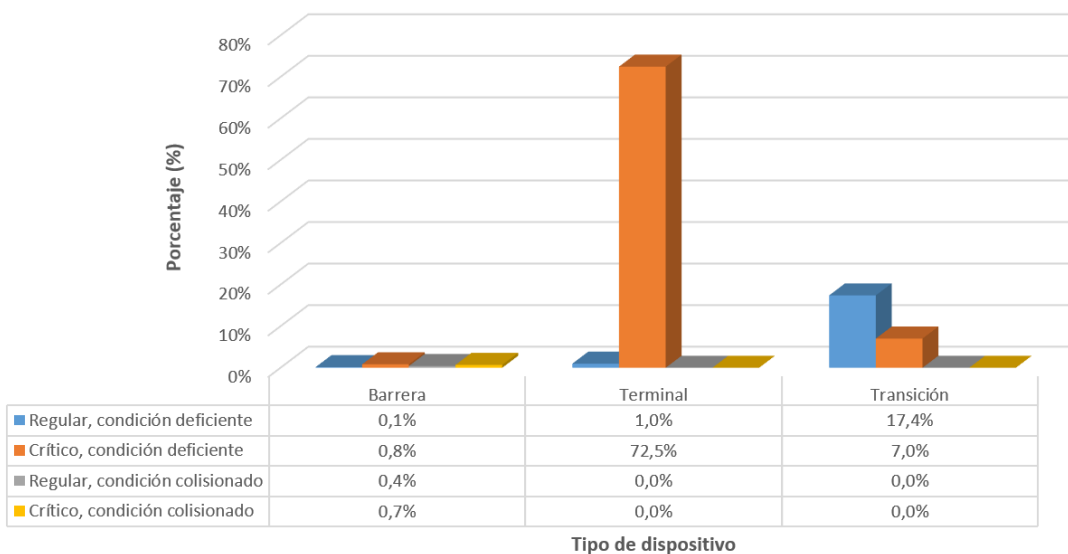


Figura 113. Condición de los sistemas de contención vehicular sobre la Ruta Nacional 27

Tabla 29. Registro del estado y condición de los sistemas de contención vehicular sobre la Ruta Nacional 27

Tipo de dispositivo	Condición deficiente				Condición colisionado			
	Regular		Crítico		Regular		Crítico	
Barrera	1	0,1%	6	0,8%	3	0,4%	5	0,7%
Terminal	7	1,0%	516	72,5%	0	0,0%	0	0,0%
Transición	124	17,4%	50	7,0%	0	0,0%	0	0,0%
Subtotal	132	18,5%	572	80,3%	3	0,4%	5	0,7%
Total	712							



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 163



Figura 114. Deficiencias críticas a nivel de discontinuidades en barrera medianera (A) y en pretel de puente (B)



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 164



Figura 115. Deficiencias críticas a nivel de terminales: inicio de barrera medianera (A), inicio de barrera lateral (B), zona de peaje (C) y rampa de salida (D)

A partir de la comparación de la evaluación de los sistemas de contención vehicular realizados en el periodo 2020-2021 y 2021-2022, presentes en la Tabla 30, Tabla 31 y Figura 116, se realizan las siguientes afirmaciones:

- Las transiciones mantienen en términos generales los riesgos expuestos de forma constante a través del tiempo.
- Los terminales representan en ambos periodos la mayor cantidad de deficiencias en los SCV, alcanzando un 72,5 % para el periodo 2021-2022.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 165

- En términos generales las barreras presentan una baja representación a nivel de deficiencias en ambos periodos, sin embargo, representan el dispositivo con mayor registro de colisiones.
- En términos generales el mantenimiento de los sistemas de contención vehicular es apropiado, por lo que los registros de la condición *Colisionada* presentan valores bajos.
- La Figura 116 evidencia una presencia predominante de dispositivos en condición *Deficiente* con estado *Crítico*, dato que alcanza un 80,3 % del total de dispositivos evaluados para el periodo 2021-2022.

Tabla 30. Registro histórico de evaluación de sistemas de contención por estado, condición y tipo de dispositivo sobre la Ruta Nacional 27

Periodo		2020-2021			
Tipo de dispositivo		Barrera	Terminal ¹	Transición	Total
Condición deficiente	Estado Regular	3 0,6%	10 2,1%	162 33,5%	175 36,2%
	Estado Crítico	5 1,0%	287 59,3%	9 1,9%	301 62,2%
	Subtotal	8	297	171	476
	Estado Regular	6 1,2%	0 0,0%	0 0,0%	6 1,2%
Condición colisionado	Estado Crítico	0 0,0%	2 0,4%	0 0,0%	2 0,4%
	Subtotal	6	2	0	8
	Total de dispositivos	14 2,9%	299 61,8%	171 35,3%	484 100%

Nota¹: Para el periodo 2020-2021 no se registraron los terminales en sentido opuesto de circulación como condición deficiente, elemento que representa riesgos por la reversibilidad de carriles.

Nota: Todos los porcentajes se estimaron a partir del total de dispositivos evaluados.

Tabla 31. Registro histórico de evaluación de sistemas de contención por estado, condición y tipo de dispositivo sobre la Ruta Nacional 27 (continuación)

Periodo		2021-2022			
Tipo de dispositivo		Barrera	Terminal	Transición	Total
Condición deficiente	Estado regular	1 0,1%	7 1,0%	124 17,3%	132 18,4%
	Estado crítico	6 0,8%	519 72,5%	50 7,0%	575 80,3%
	Subtotal	7	526	174	707



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 166

Periodo		2021-2022			
Tipo de dispositivo		Barrera	Terminal	Transición	Total
Condición colisionado	Estado regular	4 0,6%	0 0,0%	0 0,0%	4 0,6%
	Estado crítico	5 0,7%	0 0,0%	0 0,0%	5 0,7%
	Subtotal	9	0	0	9
	Total de dispositivos	16 2,2%	526 73,5%	174 24,3%	716 100%

Nota¹: A partir del periodo 2021-2022 se registran los terminales en sentido opuesto de circulación como condición deficiente, esto tomando en consideración los riesgos por la reversibilidad de carriles.

Nota: Todos los porcentajes se estimaron a partir del total de dispositivos evaluados.

Condición histórica de los sistemas de contención vehicular sobre la Ruta Nacional 27

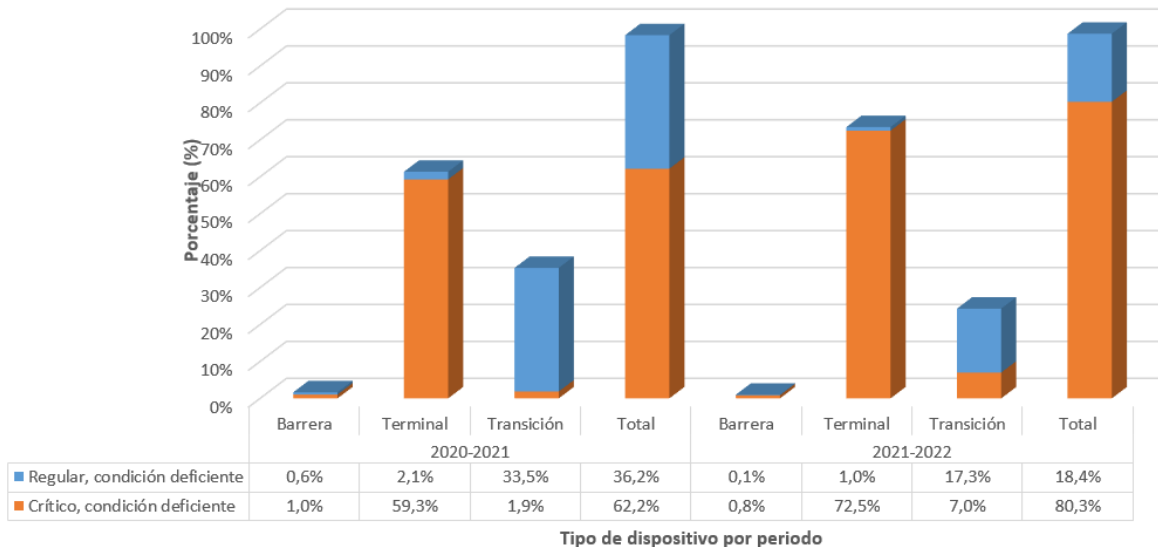


Figura 116. Comparación del registro histórico de sistemas de contención vehicular en condición deficiente

Nota: El valor total corresponde al total de dispositivos en condición deficiente, por lo que se excluye el porcentaje de dispositivos colisionados.

A partir de los datos recolectados acerca del estado de los sistemas de contención vehicular, se generaron los mapas presentes en la Figura 117, Figura 118, Figura 119 y Figura 120. Estos mapas evidencian la ubicación espacial de las deficiencias, en conjunto con la segregación de la vía en función de su sección transversal, específicamente, la



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 167

presencia de una división física que separa los flujos de circulación mediante una mediana o barrera de contención vehicular en la mediana.

En la *Sección 7.6 Observaciones complementarias* se amplía la lista de deficiencias en la *Sección 7.6.3.1 Sistemas de contención vehicular*, donde la Figura 177 ejemplifica los riesgos que los sistemas de contención vehicular deficientes han generado en la ruta.

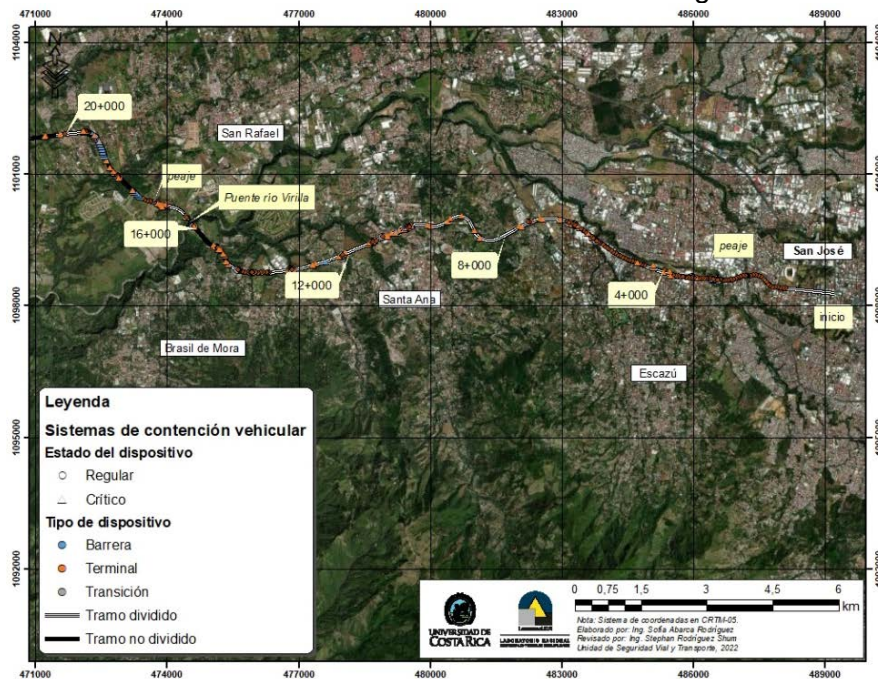


Figura 117. Evaluación de los SCV deficientes, RN27, sección 0+000 – 20+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 168

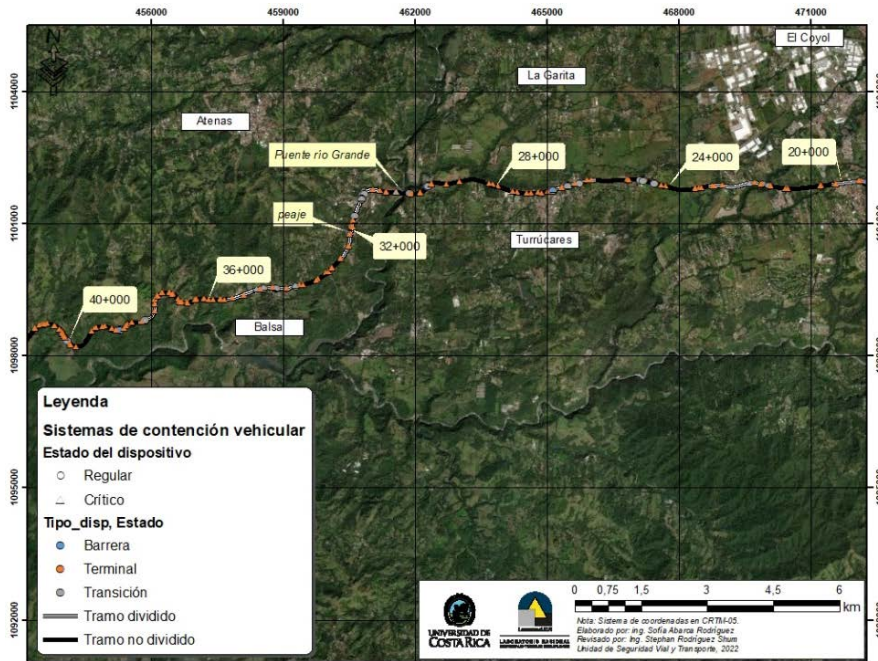


Figura 118. Evaluación de los SCV deficientes, RN27, sección 20+000 – 40+000

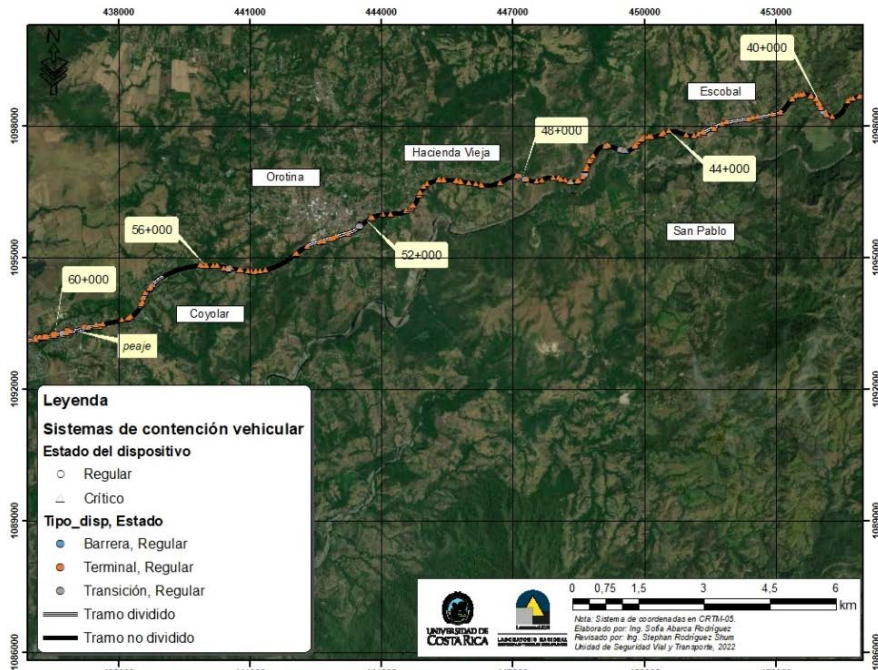


Figura 119. Evaluación de los SCV deficientes, RN27, sección 40+000 – 60+000

Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 169

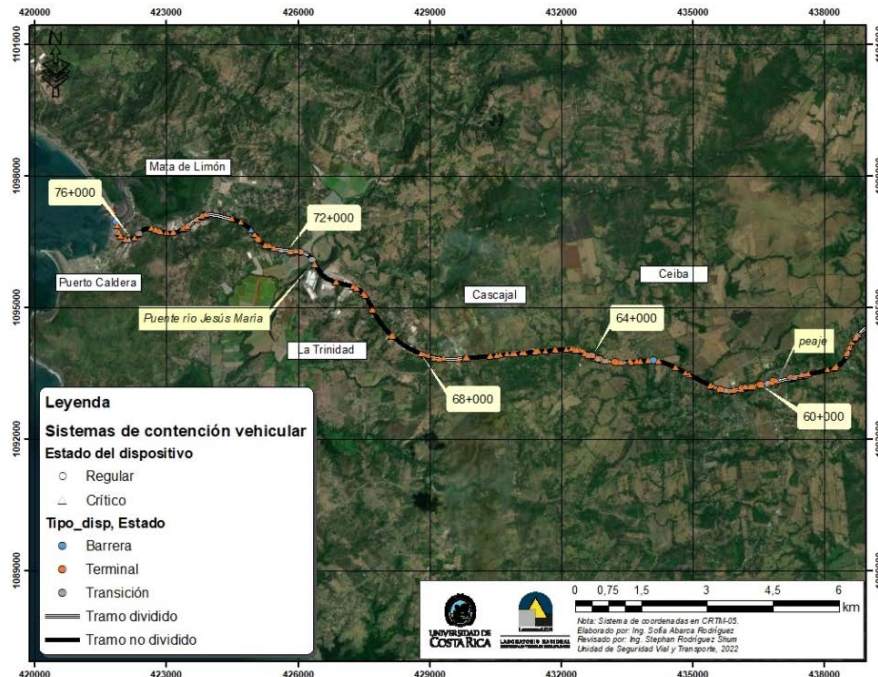


Figura 120. Evaluación de los SCV deficientes, RN27, sección 40+000 – 76+000

Adicional a la identificación de sistemas de contención vehicular deficientes y colisionados, se registró la presencia de discontinuidades a lo largo de los dispositivos, estos clasificados según se detalla en la Tabla 32 y Figura 121, así como se ejemplifican en la Figura 114, de las cuales se generan las siguientes afirmaciones:

- La Ruta Nacional 27 presenta de forma generalizada deficiencias en la conceptualización de los sistemas de contención vehicular, por lo que se registraron 366 elementos que irrumpen la continuidad de los dispositivos de contención y limitan su correcto funcionamiento.
- La mayoría de las discontinuidades responden a las luminarias que irrumpen la continuidad de la barrera de concreto en la mediana, con 229 elementos identificados, que corresponden al 62,6 % de todas las discontinuidades.
- La segunda causa mayoritaria de discontinuidades se genera por la presencia de espacios vacíos entre barreras en la mediana y laterales, condición que se identificó en 82 ocasiones y representa el 22,4 % de todas las discontinuidades.
- Se identificaron discontinuidades causadas en menor medida por bases de las estructuras para las señales tipo pórtico, postes y pilas de puentes,



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 170

elementos que representan un 15 % del total de discontinuidades, equivalente a 55 discontinuidades.

Tabla 32. Clasificación de las discontinuidades de los SCV sobre la Ruta Nacional 27

Tipo de discontinuidad	Cantidad	%
Estructura señal tipo pórtico	34	9,3%
Luminaria	229	62,6%
Vacío	82	22,4%
Poste	4	1,1%
Pila de puente	17	4,6%
Total	366	100%

Discontinuidades por tipo en sistemas de contención vehicular sobre la Ruta Nacional 27

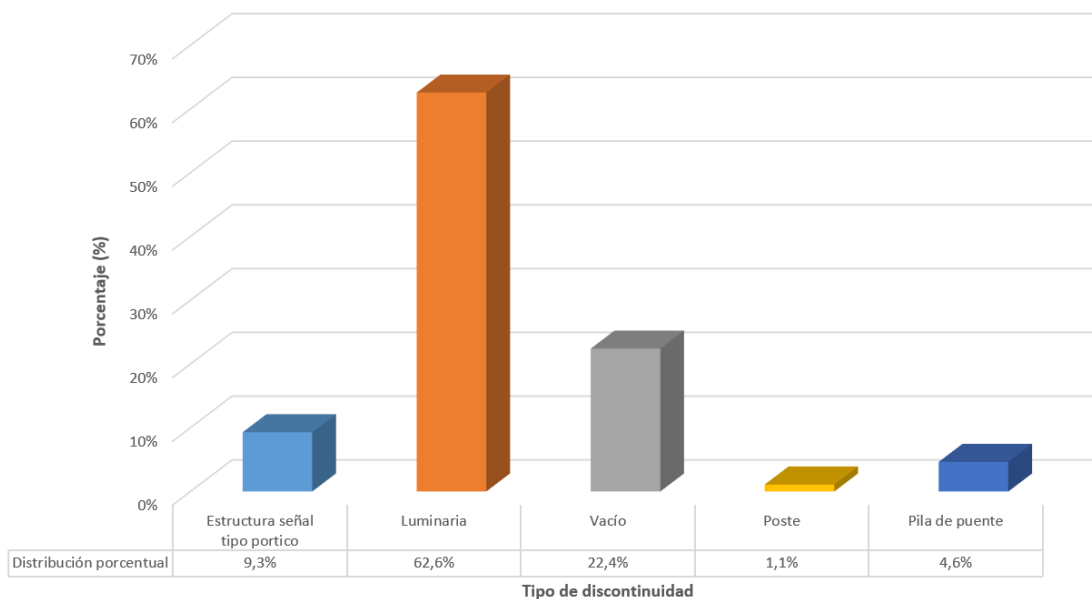


Figura 121. Clasificación de las discontinuidades de los SCV sobre la Ruta Nacional 27



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 171



Figura 122. Deficiencias críticas a nivel de discontinuidades en barrera medianera (A) y en pretil de puente (B)

En la Tabla 33 se incorpora el registro histórico de discontinuidades para los periodos 2020-2021 y 2021-2022. De este, se identifica que para el periodo 2020-2021 no se había implementado la clasificación por tipo de discontinuidad, por lo que no es posible realizar mayores comparaciones entre periodos.

Tabla 33. Registro histórico por clasificación de las discontinuidades de los SCV sobre la Ruta Nacional 27

Año	Tipo de discontinuidad	Cantidad	%
2020-2021	Estructura señal tipo pórtico	-	-
	Luminaria	-	-
	Poste	-	-
	Pila de puente	-	-
	Vacío	-	-
	Total	309	100,0%
Año	Tipo de discontinuidad	Cantidad	%
2021-2022	Estructura señal tipo pórtico	34	9,3%
	Luminaria	229	62,6%
	Poste	4	1,1%
	Pila de puente	17	4,6%
	Vacío	82	22,4%
	Total	366	100,0%



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 172

Nota: A partir del periodo 2021-2022 se realizó la identificación de discontinuidades de forma categorizada, por lo que el periodo 2020-2021 únicamente presenta un valor total de discontinuidades registradas.

De los mapas resalta que las *discontinuidades* se ubican predominantemente en las zonas con división física, por lo que a pesar de que la división física evita las colisiones frontales entre flujos de circulación opuestos, la infraestructura utilizada en las medianas genera riesgos potenciales ante la ocurrencia de un choque contra las *discontinuidades*. Adicionalmente, estas zonas presentan barreras en la mediana, con elementos que irrumpen la continuidad de los sistemas de contención vehicular y limitan su correcto funcionamiento.

Adicionalmente, cabe destacar que la principal diferencia entre ambos registros radica en la alta presencia de barreras de concreto que se han instalado en la ruta, como dispositivos de canalización para el control temporal de tránsito. Estos dispositivos, al encontrarse en mal estado y no ser instalados de forma apropiada, con una vinculación entre dispositivos consecutivos, generan espacios vacíos, condición tipificada como discontinuidad.

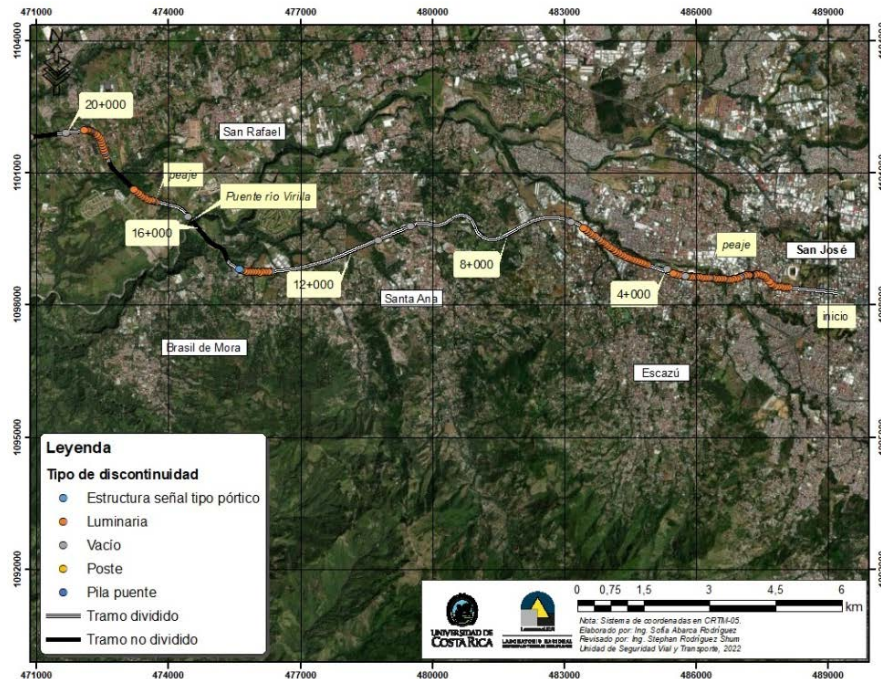


Figura 123. Evaluación de las discontinuidades en SCV, RN27, sección 0+000 – 20+000

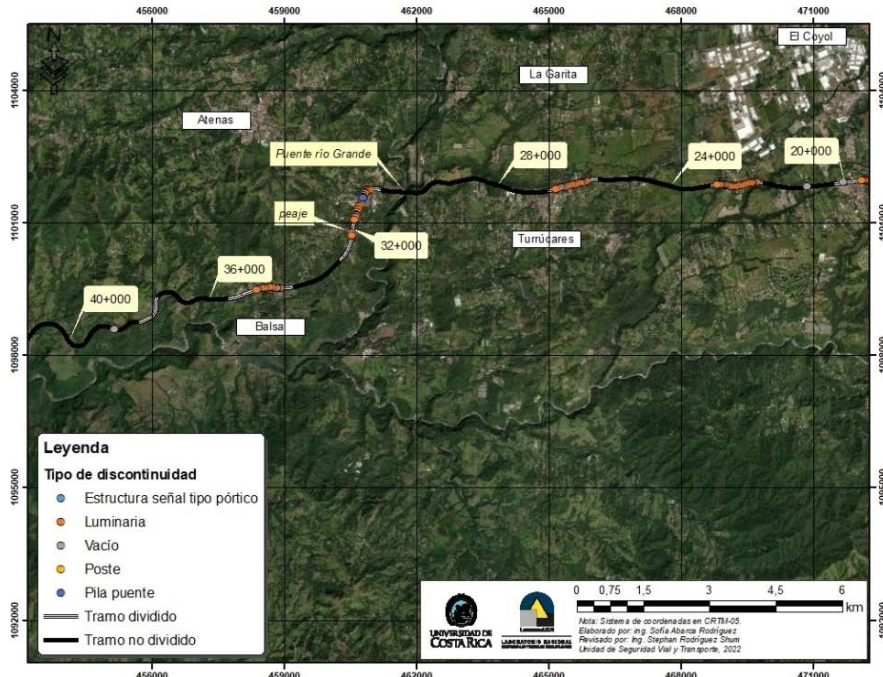


Figura 124. Evaluación de las discontinuidades en SCV, RN27, sección 20+000 – 40+000

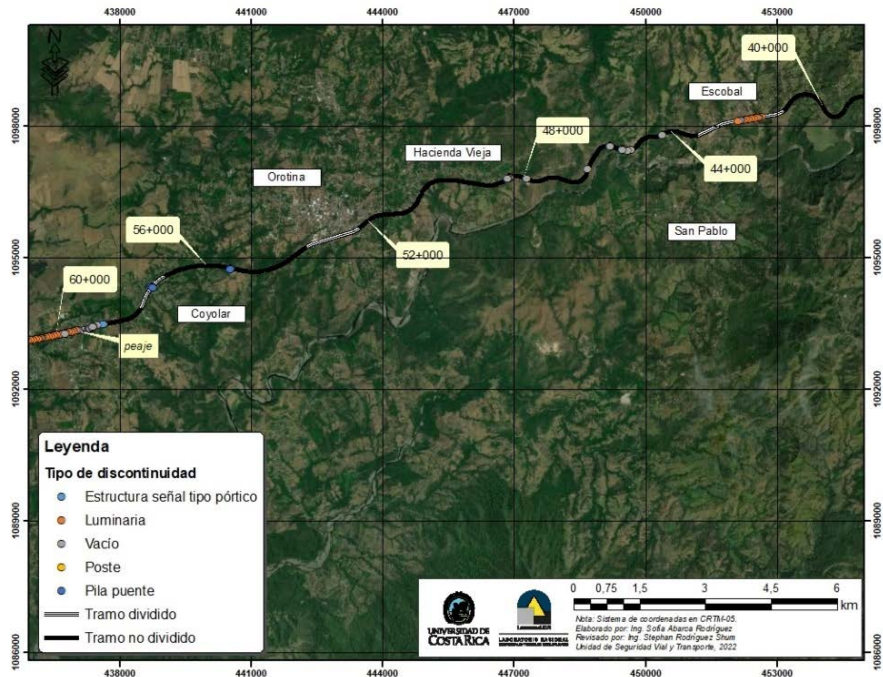


Figura 125. Evaluación de las discontinuidades en SCV, RN27, sección 40+000 – 60+000

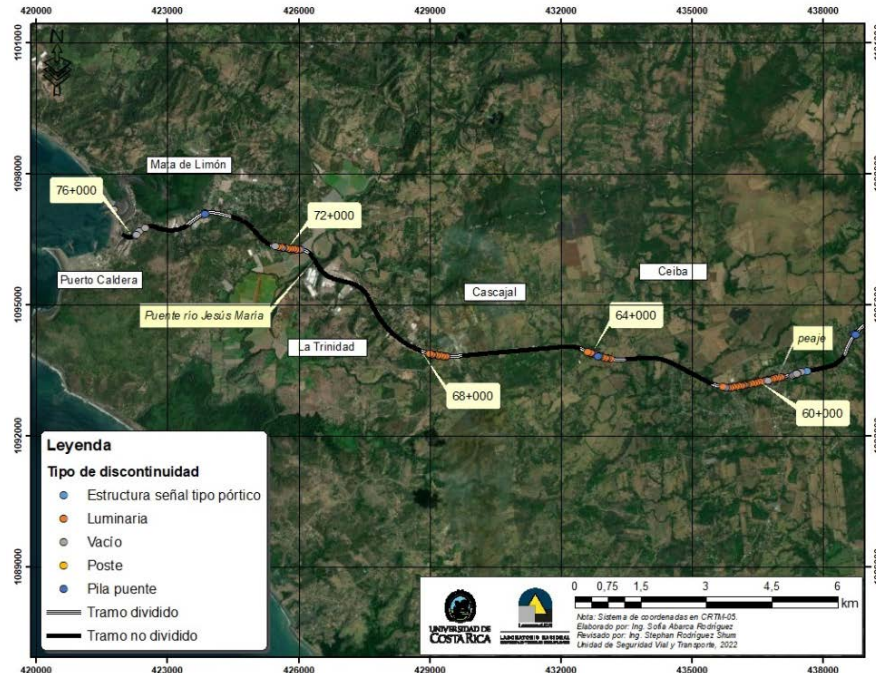


Figura 126. Evaluación de las discontinuidades en SCV, RN27, sección 40+000 – 76+000

7.3.2 Radiales

A partir de la evaluación de los SCV sobre cada una de las Radiales, se identificaron 140 dispositivos con algún grado de deficiencia o deterioro, de los cuales se evidenció un 0 % en condición *Colisionado* y un 100 % en condición *Deficiente*, condición que podría propiciar la ocurrencia de choques viales o aumentar la severidad del evento. En la Figura 127 se detallan los porcentajes antes expuestos asociados a los SCV en condición *Deficiente* y *Colisionado*. A su vez, para ambas condiciones, los SCV se clasificaron en estado *Regular* o *Crítico*, como se detalla en la Figura 128



Estado de los sistemas de contención vehicular sobre las Radiales

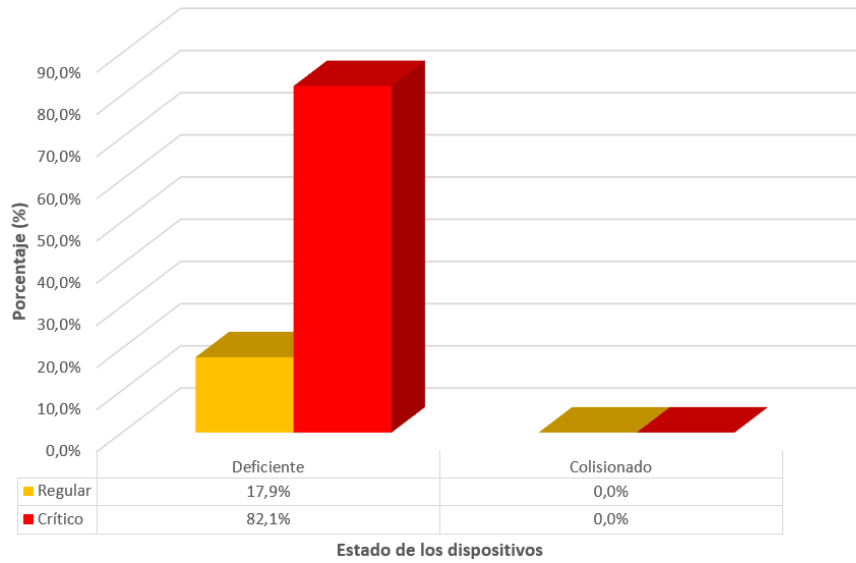


Figura 127. Estado de los sistemas de contención vehicular deficientes y colisionados sobre las Radiales

Tabla 34. Registro del estado y condición de los sistemas de contención vehicular sobre las Radiales

Condición	Estado				Total	Total
	Regular		Crítico			
Deficiente	25	17,9%	115	82,1%	140	100,0%
Colisionado	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Total	25	17,9%	115	82,1%	140	100,0%

Del 100 % de SCV en condición *Deficiente* de la Tabla 34, se procedió a segregar su estado en función del tipo de dispositivo, como se observa en la Figura 128 y Tabla 35. De estos se evidencia que un 81,4 % de los dispositivos con condiciones *Deficiente* y estado *Crítico* corresponden a 114 terminales. A nivel de transiciones, se identificó un 13,6 % en estado *Regular*, esto al valorar que los dispositivos identificados no responden a los diseños típicos de transiciones.



Condición de los sistemas de contención vehicular sobre las Radiales

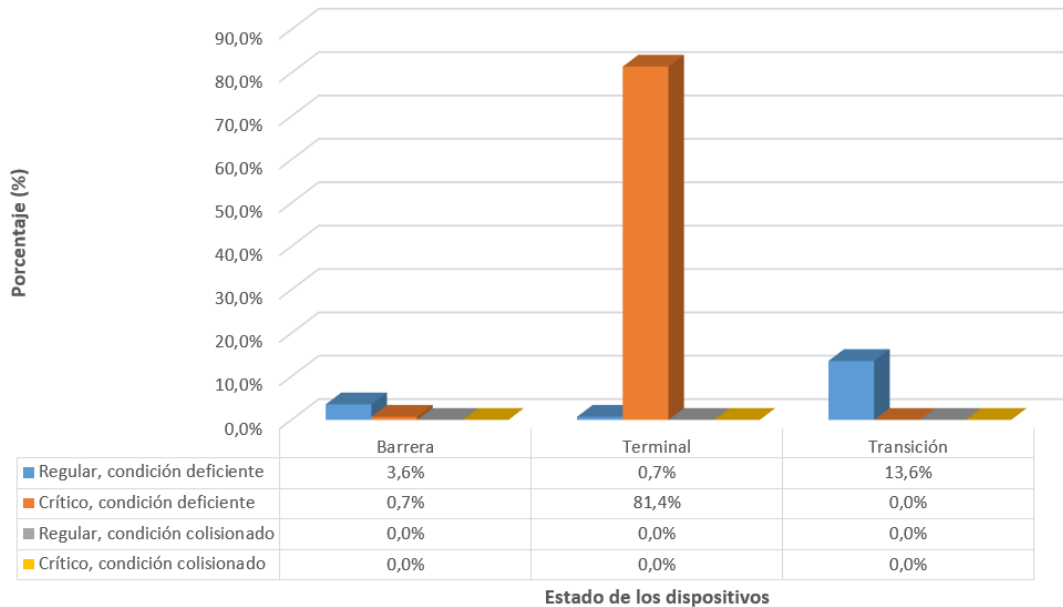


Figura 128. Condición de los sistemas de contención vehicular sobre las Radiales

Tabla 35. Registro del estado y condición de los sistemas de contención vehicular sobre las Radiales

Tipo de dispositivo	Condición deficiente				Condición colisionado			
	Regular	Crítico	Regular	Crítico	Regular	Crítico	Regular	Crítico
Barrera	5	3,6%	1	0,7%	0	0 %	0	0 %
Terminal	1	0,7%	114	81,4%	0	0 %	0	0 %
Transición	19	13,6%	0	0,0%	0	0 %	0	0 %
Subtotal	25	17,9%	115	82,1%	0	0 %	0	0
Total	140							

Al analizar las deficiencias por radiales presentes en la Figura 129, Figura 131 y Figura 132, se evidenció que tanto la Radial El Coyol como la de Atenas presentan predominantemente deficiencias a nivel de *terminales* con estado *Crítico*, con un 68 % y 73 % respectivamente. En el caso de la Radial Escobal las deficiencias son predominantes a nivel de *transiciones*, con un 57 % con estado *Regular*.

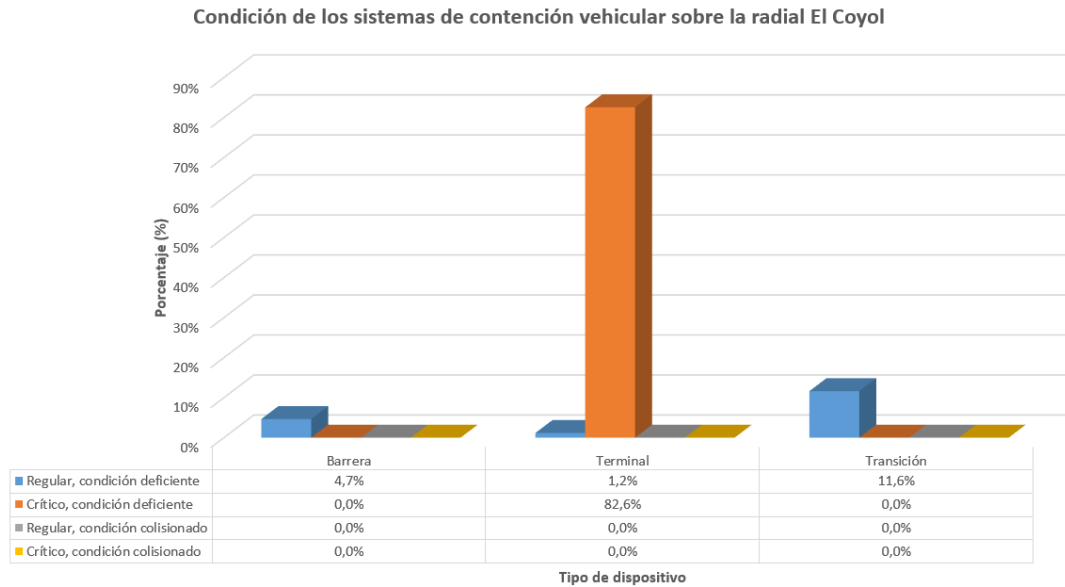


Figura 129. Condición de los sistemas de contención vehicular por tipo de deficiencias sobre Radial El Coyal

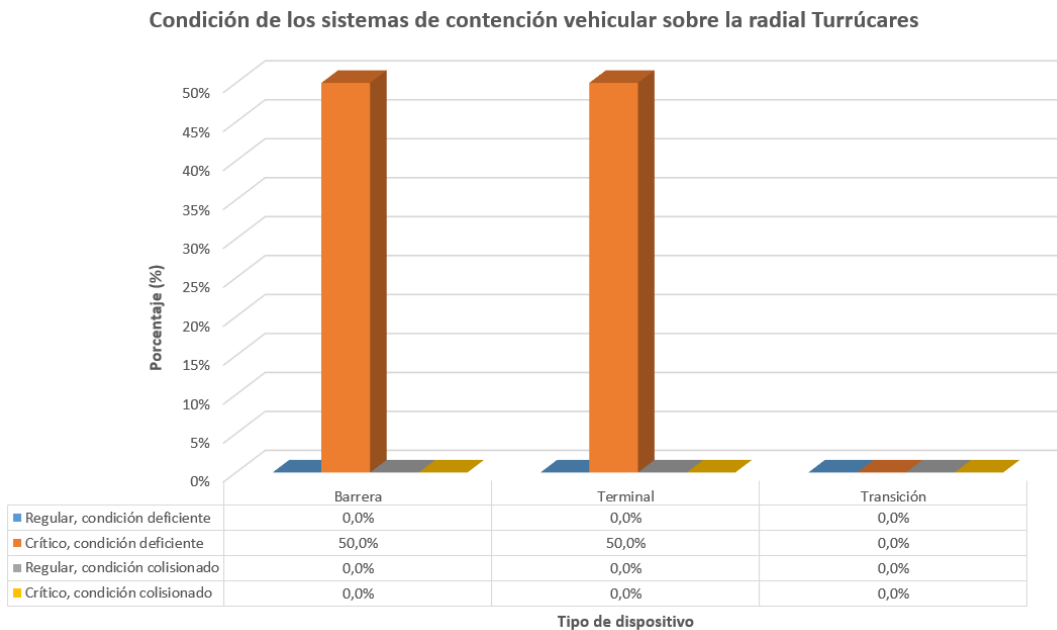


Figura 130. Condición de los sistemas de contención vehicular por tipo de deficiencias sobre Radial Turrúcares



Condición de los sistemas de contención vehicular sobre la radial Atenas

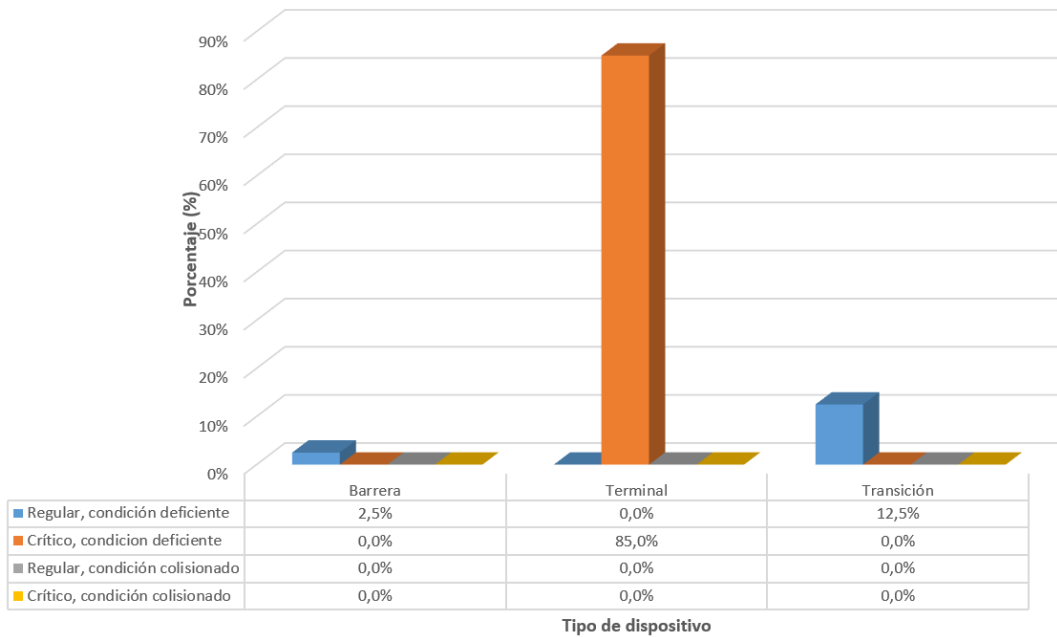


Figura 131. Condición de los sistemas de contención vehicular por tipo de deficiencias sobre Radial Atenas

Condición de los sistemas de contención vehicular sobre la radial Escobal

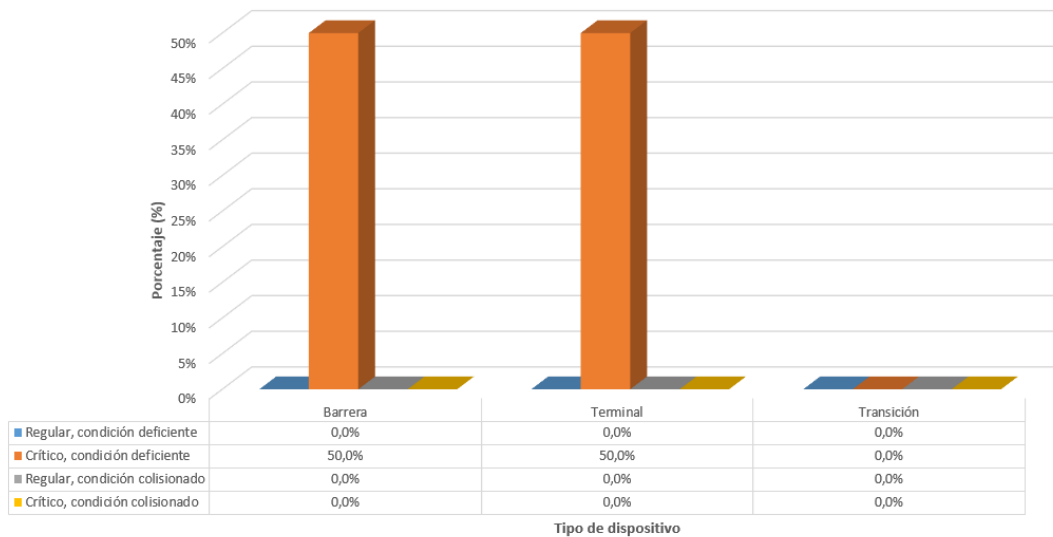


Figura 132. Condición de los sistemas de contención vehicular por tipo de deficiencias sobre Radial Escobal



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 179

A partir de la comparación de la evaluación de los sistemas de contención vehicular realizados en el periodo 2020-2021 y 2021-2022, presentes en la Tabla 36 y Figura 133, se realizan las siguientes afirmaciones:

- Las transiciones mantienen en términos generales los riesgos expuestos de forma constante a través del tiempo.
- Los terminales representan en ambos periodos la mayor cantidad de deficiencias en los SCV, alcanzando un 81,4 % para el periodo 2021-2022.
- En términos generales las barreras presentan una baja representación a nivel de deficiencias en ambos periodos, sin embargo, representan el dispositivo con mayor registro de colisiones.
- En términos generales el mantenimiento de los sistemas de contención vehicular es apropiado, por lo que los registros de la condición *Colisionada* presentan valores bajos.
- La Figura 133 evidencia una presencia predominante de dispositivos en condición *Deficiente* con estado *Crítico*, dato que alcanza un 82,1 % del total de dispositivos evaluados para el periodo 2021-2022.

Tabla 36. Registro histórico de evaluación de sistemas de contención por estado, condición y tipo de dispositivo sobre las Radiales

Periodo		2020-2021			
Tipo de dispositivo		Barrera	Terminal ¹	Transición	Total
Condición deficiente	Estado Regular	0	11	16	27
		0,0%	13,4%	19,5%	32,9%
	Estado Crítico	0	54	0	54
		0,0%	65,9%	0,0%	65,9%
	Subtotal	0	65	16	81
	Total	0	65	16	81
Condición colisionado	Estado Regular	1	0	0	1
		1,2%	0,0%	0,0%	1,2%
	Estado Crítico	0	0	0	0
		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Subtotal	1	0	0	1
	Total	1	0	0	1
Total de dispositivos		1	65	16	82
		1,2%	79,3%	19,5%	100,0%

Nota¹: Para el periodo 2020-2021 no se registraron los terminales en sentido opuesto de circulación como condición deficiente, elemento que representa riesgos por la ausencia de división física entre flujos opuestos de circulación.

Nota: Todos los porcentajes se estimaron a partir del total de dispositivos evaluados.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 180

Tabla 37. Registro histórico de evaluación de sistemas de contención por estado, condición y tipo de dispositivo sobre las Radiales (continuación)

Periodo		2021-2022			
Tipo de dispositivo		Barrera	Terminal	Transición	Total
Condición deficiente	Estado regular	5 3,6%	1 0,7%	19 13,6%	25 17,9%
	Estado crítico	1 0,7%	114 81,4%	0 0,0%	115 82,1%
	Subtotal	6	115	19	140
	Estado regular	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%
Condición colisionado	Estado crítico	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%
	Subtotal	0	0	0	0
	Total de dispositivos	6 4,3%	115 82,1%	19 13,6%	140 100,0%

Nota¹: A partir del periodo 2021-2022 se registran los terminales en sentido opuesto de circulación como condición deficiente, dado el riesgo por la ausencia de división física entre flujos opuestos de circulación.

Nota: Todos los porcentajes se estimaron a partir del total de dispositivos evaluados.



Condición histórica de los sistemas de contención vehicular sobre las radiales

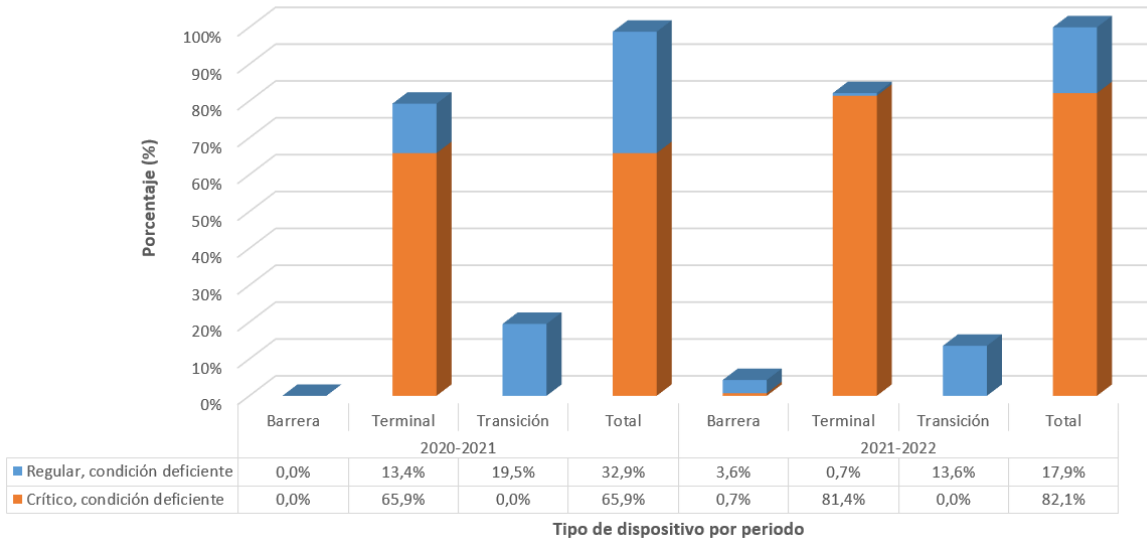


Figura 133. Comparación del registro histórico de sistemas de contención vehicular en condición deficiente

Nota: El valor total corresponde al total de dispositivos en condición deficiente, por lo que se excluye el porcentaje de dispositivos colisionados.

En la Figura 134 y Figura 135 se observan los sistemas de contención vehicular deficientes registrados segmentado por tipo y estado, estos permiten evidenciar de forma gráfica las condiciones expuestas acerca de las deficiencias a nivel de terminales y transiciones.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 182

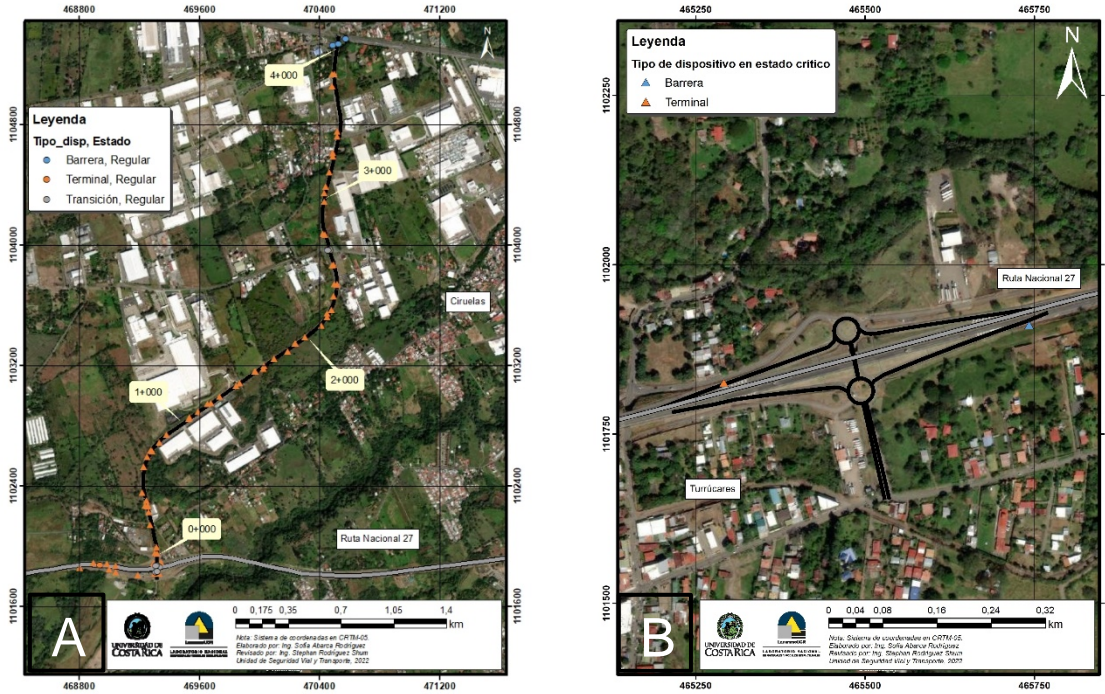


Figura 134 Evaluación de los SCV A) Radial El Coyol, B) Radial Turrúcares



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 183

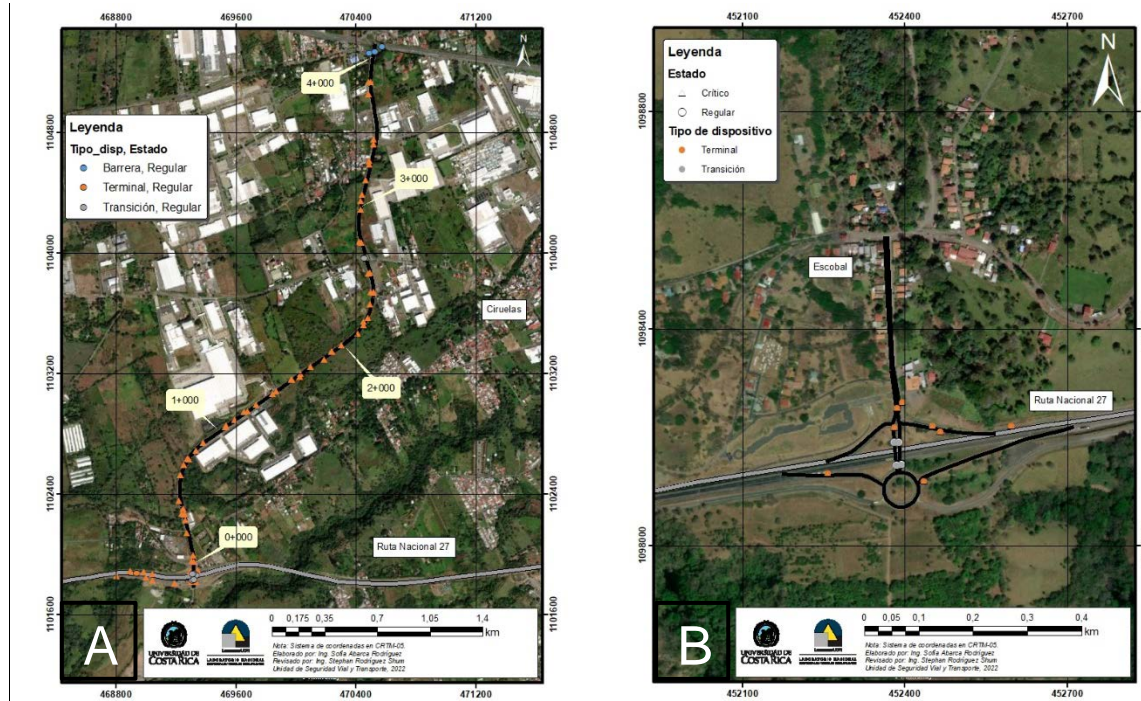


Figura 135. Evaluación de los SCV A) Radial Atenas, B) Radial Escobal

Adicional a la identificación de sistemas de contención vehicular deficientes y colisionados, se registró la presencia de discontinuidades a lo largo de los dispositivos, estos clasificados según se detalla en la Tabla 38 y Figura 136, así como se ejemplifican en la Figura 137.

Se identificó que la mayoría de las discontinuidades responden a espacios vacíos que irrumpen la continuidad de la barrera de concreto, con 43 casos identificados, que corresponden al 97,7 % de todas las discontinuidades.

Tabla 38. Clasificación de las discontinuidades de los SCV sobre las Radiales

Tipo de discontinuidad	Cantidad	%
Estructura señal tipo pórtico	0	0,0%
Luminaria	1	2,3%
Vacío	43	97,7%
Poste	0	0,0%
Pila de puente	0	0,0%
Total	44	100%

Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 184

Discontinuidades por tipo en sistemas de contención vehicular sobre las Radiales

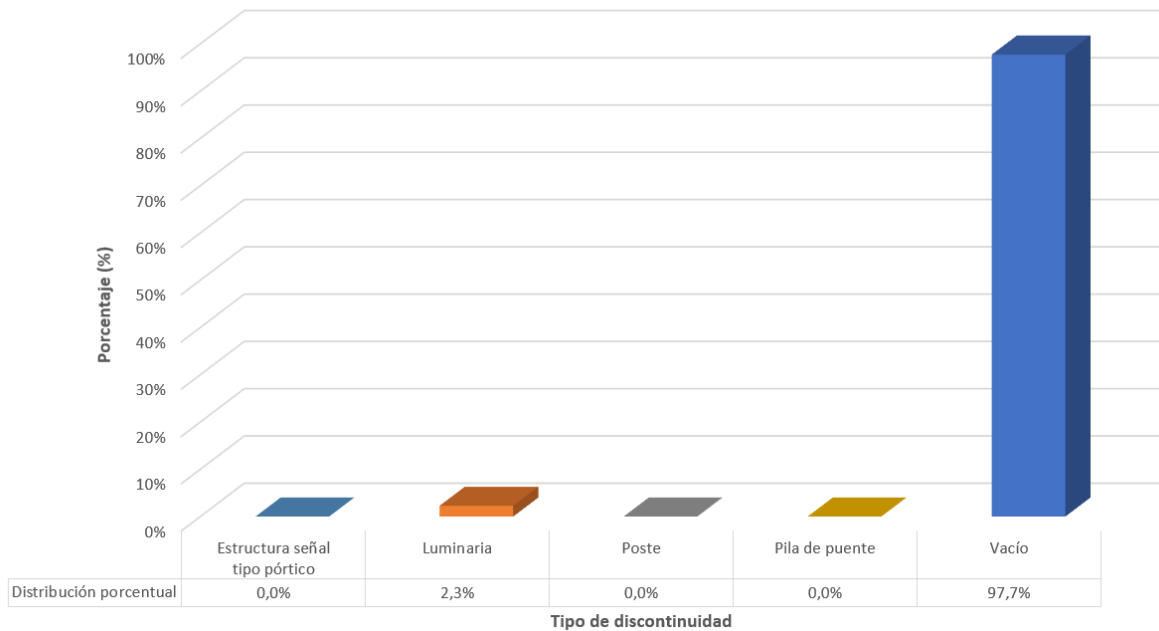


Figura 136. Clasificación de las discontinuidades de los SCV sobre las Radiales



Figura 137. Deficiencias críticas a nivel de discontinuidades en barreras de concreto en la Radial El Coyal (A) y Radial Atenas (B)

A nivel histórico no se presentan registros para las radiales, ya que para el periodo 2020-2021 no se incorporaron las rampas de conexión entre la Ruta Nacional 27 y las radiales en el alcance de la evaluación, tramos que a partir del periodo 2021-2022 se incorporan.

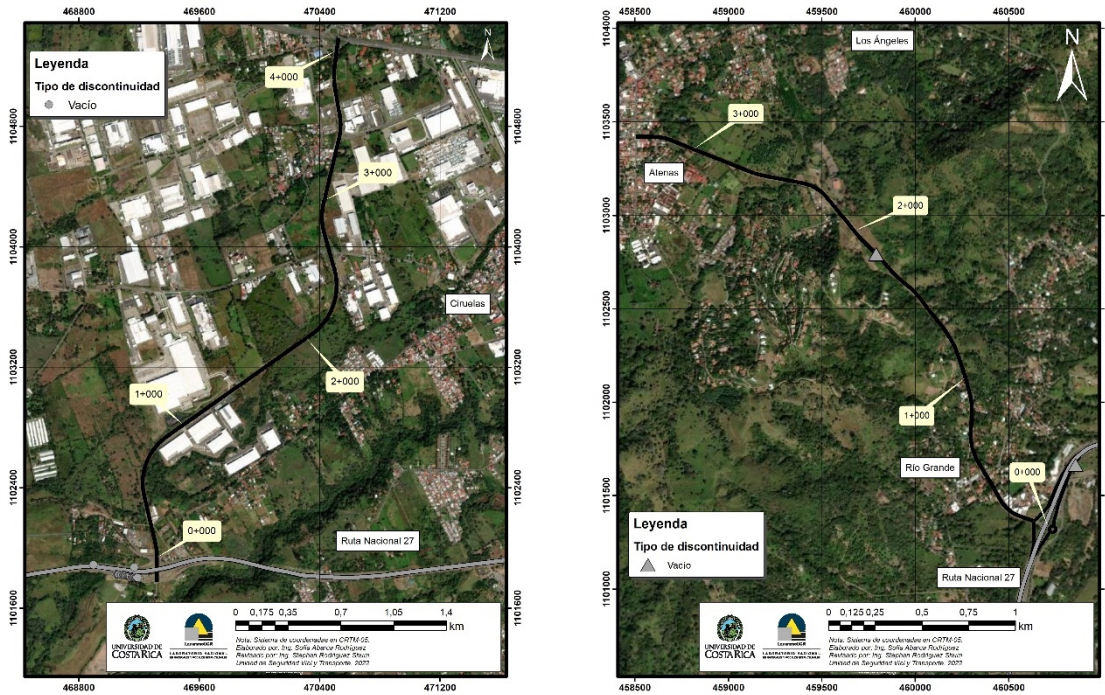


Figura 138. Evaluación de las discontinuidades en SCV A) Radial El Coyal, B) Radial Atenas



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 186

7.4 Caracterización de espaldones

A partir del uso de la herramienta Imajing, se desglosan los resultados obtenidos al realizar la medición de anchos de espaldón por cada tramo homogéneo de la Ruta Nacional 27 y sus respectivas radiales.

7.4.1 Ruta Nacional 27

A partir de las mediciones de anchos de espaldón externo, agrupadas en el histograma de la Figura 139, se identificaron las siguientes tendencias en la geometría de la vía:

- El 59,9 % de los tramos homogéneos analizados, tomando en consideración los espaldones externos de ambos sentidos, presentan un ancho que oscila entre 1,49 m y 1,83 m.
- Un 22,0% de los espaldones externos medidos presenta un ancho que oscila entre 0,30 m y 1,49 m.
- El 100 % de las mediciones incumple con los parámetros del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras de la SIECA (2011), donde se especifica que una autopista debe contar con un espaldón externo mínimo en el rango de 2,5 m – 3,0 m; mientras que para la versión de SIECA (2001) contempla un espaldón externo mínimo en el rango de 1,8 m – 2,5 m, por lo que se incumple un 81,9 % de las mediciones.
- En términos generales los espaldones no permiten que un vehículo se salga de la calzada de forma completa para atender un desperfecto mecánico y otro motivo que lo amerite, sin presentar riesgos a ser colisionado.

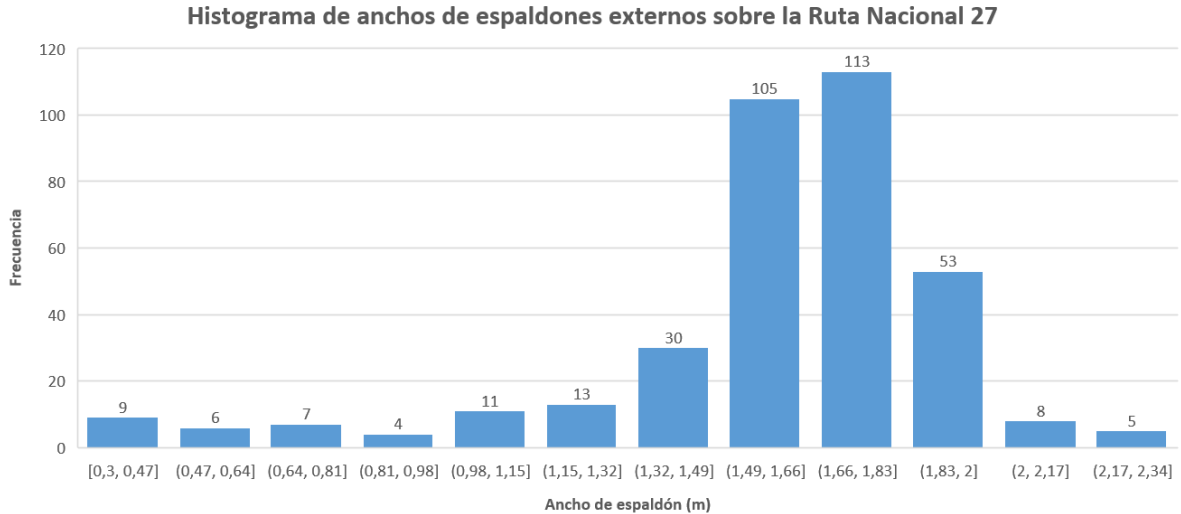


Figura 139. Histograma de anchos de espaldones externos sobre la Ruta Nacional 27

A partir de las mediciones de anchos de espaldón interno, agrupadas en el histograma de la Figura 140, se identificaron las siguientes tendencias en la geometría de la vía:

- El 99,2 % de los tramos homogéneos analizados, tomando en consideración los espaldones internos de ambos sentidos, presentan un ancho inferior a los 1,5 m.
- El 93,0 % de los tramos homogéneos analizados, tomando en consideración los espaldones internos de ambos sentidos, presentan un ancho inferior a los 1,1 m.
- El 50,4 % de los tramos homogéneos analizados, tomando en consideración los espaldones internos en ambos sentidos, presenta un ancho que oscila entre 0,38 m – 0,74 m.
- Un 36,4 % de los tramos analizados presenta espaldones internos con anchos inferiores a los 0,56 m.
- El 88,4 % de las mediciones incumple con los parámetros del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras de la SIECA (2011), donde se especifica que una autopista debe contar con un espaldón interno mínimo en el rango de 1,0 m – 1,5 m, condición que se repite para la versión del mismo manual del año 2001.
- En términos generales los espaldones internos propician la ocurrencia de colisiones contra los elementos presentes en la mediana.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 188

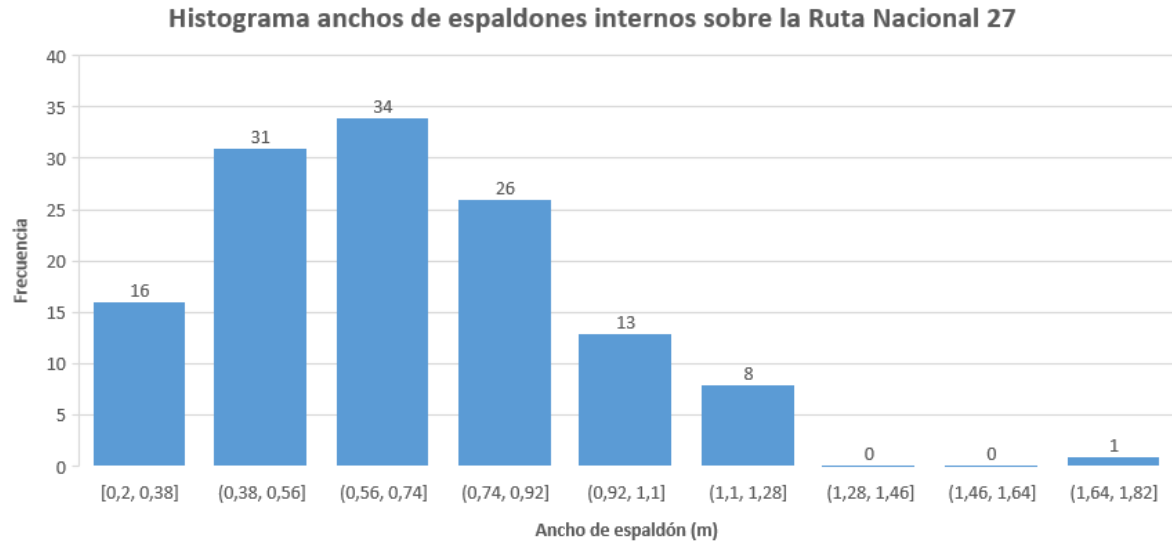


Figura 140. Histograma de anchos de espaldones internos sobre la Ruta Nacional 27

7.4.2 Radiales

A partir de las mediciones de anchos de espaldón externo e interno, agrupadas en los histogramas presente en la Figura 141, se identificaron las siguientes tendencias en la geometría de la vía:

- El 69,2 % de los tramos homogéneos analizados presentan un ancho de espaldón externo que oscila entre 1,34 m y 2,1 m.
- El 76,92 % de las mediciones de ancho de espaldón externo cumple con los parámetros del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras de la SIECA (2011), donde se especifica que una arterial menor debe contar con un espaldón externo mínimo en el rango de 1,2 m – 1,6 m.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 189

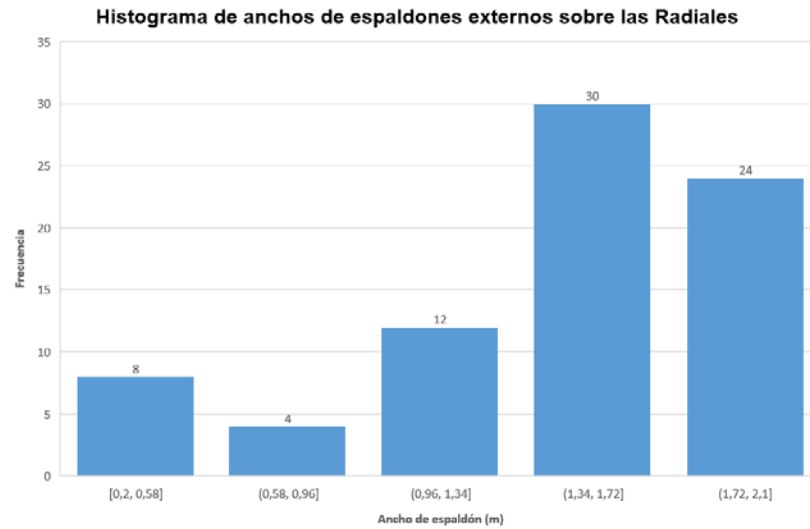


Figura 141. Histograma de anchos de espaldones externos sobre las radiales



7.5 Análisis de choques viales

7.5.1 Generalidades: Choques viales sobre la Ruta Nacional 27

Los datos suministrados por el Consejo Nacional de Concesiones (CNC) asociados a los choques viales corresponden a registros del periodo 2016 al 2021 para la Ruta Nacional 27. Al analizar los registros históricos de choques viales presentes en la Figura 142 y Tabla 39 para la Ruta Nacional 27, se obtienen las siguientes afirmaciones:

- Entre el periodo 2016 – 2019 la cantidad de choques oscila entre los 670 y 800 choques viales por año.
- El año 2016 presentó la mayor cantidad de choques mortales (24 eventos) y choques con heridas graves (56 eventos).
- El año 2019 presentó la mayor cantidad de choques con heridas leves (150 eventos), choques con solo daños materiales (617 eventos) y el registro de choques totales más alto del periodo de estudio con 803 accidentes viales.
- Los registros del 2020 evidencian una reducción superior al 50 % con respecto a los registros de años anteriores, esto como efecto de la pandemia de la COVID-19, mas no por cambios en la vía que propicien condiciones de movilidad más seguras.
- Ante el patrón de siniestralidad atípico del año 2020, no es recomendable aplicar métodos de estimación de tramos de concentración de choques viales mediante métodos no complejos para este año.
- Los registros del año 2021 coinciden con las tendencias típicas evidenciadas para el periodo 2016-2019, por lo que sí es válido realizar inferencias tomando en consideración los registros del 2021.
- Los principales tipos de choques corresponden a colisión por alcance con un 48 % sobre el total histórico, seguido por colisión lateral con un 19,0 % en proporción al total de 3200 choques viales para el periodo 2016 – 2021.
- Para el año 2021 se registraron choques viales con la causa de colisión de tipo “Derrape”, categoría que registró 29 eventos durante un año, equivalente a más de 2 eventos al mes.
- El año 2021 registró 394 eventos con un tipo de colisión con categoría de “Colisión por alcance”, valor máximo registrado desde el 2016 y causa principal de accidentabilidad en la Ruta Nacional 27.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 191

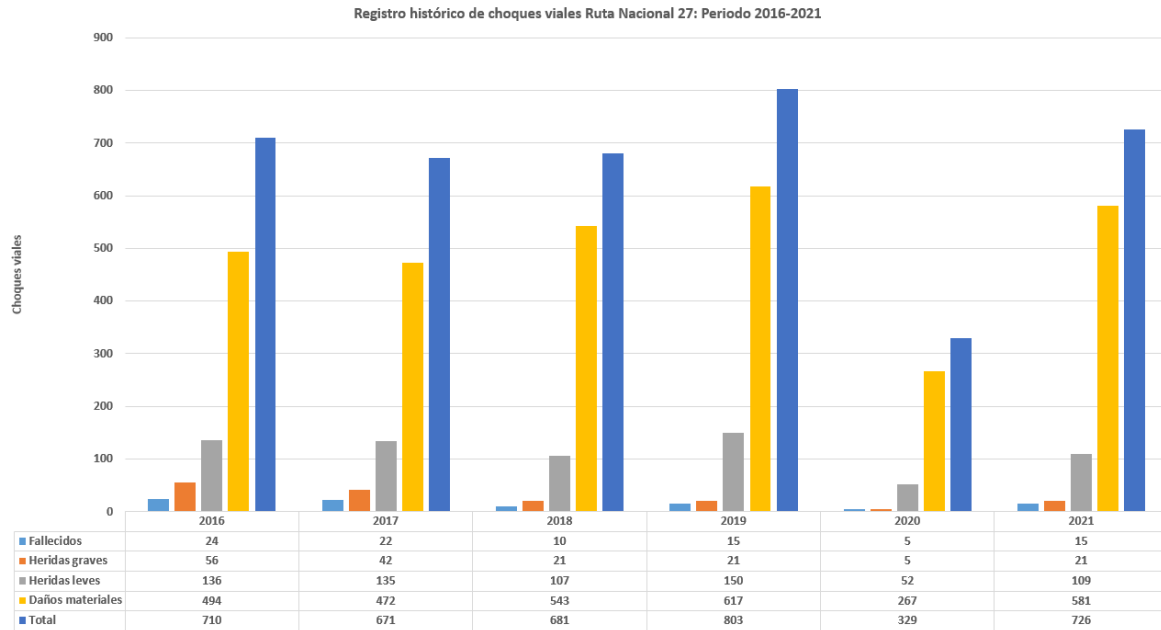


Figura 142. Registro de choques viales sobre la RN 27, periodo 2016-2021

Tabla 39. Choques viales por tipo de evento sobre la RN 27, periodo 2016-2021

Tipo de colisión	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Atropello	13	11	8	16	0	11	59
Caída	8	5	7	9	0	6	35
Caída de material	1	0	0	0	0	0	1
Colisión frontal	64	30	65	67	22	57	305
Colisión lateral	107	157	131	159	76	116	746
Colisión posterior	56	58	22	31	0	0	167
Colisión por alcance	320	260	296	373	231	394	1874
Derrape	0	0	0	0	0	29	29
Incendio	2	4	4	9	0	4	23
Salida de la vía	49	43	44	56	0	53	245
Vuelco	62	47	50	41	0	50	250
Otros	28	56	54	42	0	6	186
Total	710	671	681	803	329	726	3920

Nota: Clasificación de choques basada en registros suministrados por la CNC. En la categoría de "Otros" se incorporaron las clases No guarda distancia de seguridad y otros.

Al analizar los datos de choques viales desglosados en el histograma de la Figura 143 y la Tabla 40, se desprenden las siguientes afirmaciones:



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 192

- El registro de choques viales del periodo 2016 al 2021 presenta una densidad importante de choques viales en los primeros kilómetros de la vía, zona donde los primeros 12,9 km de la vía agrupan 54 % de los accidentes registrados, correspondientes a 2135 eventos, del total de 3920.
- La zona con mayor cantidad de choques viales corresponde al entorno con mayor presencia de un uso de suelo urbano, comercial y mixto, con alta presencia de peatones, transporte público, vehículos privados y accesos que dan conectividad a los sectores de La Sabana, Pavas, Escazú y Circunvalación.
- Al analizar la cantidad de choques viales y ponderarlos por km de carretera, el segmento entre el estacionamiento 0+000 m y 4+300 m presenta un valor de 202 choques/km valor que contrasta altamente contra el dato registro más bajo, presente en el estacionamiento 64+500 y 68+800, con 9 choques/km.

Tabla 40. Desglose de datos de histograma de choques viales sobre la RN27, periodo 2016-2021

Inicio (km)	Fin (km)	Choques viales 2016-2021	Choques/km	Proporción %
0	4,3	869	202	22%
4,3	8,6	704	164	18%
8,6	12,9	562	131	14%
12,9	17,2	330	77	8%
17,2	21,5	119	28	3%
21,5	25,8	186	43	5%
25,8	30,1	147	34	4%
30,1	34,4	121	28	3%
30,1	34,4	134	31	3%
34,4	38,7	112	26	3%
38,7	43	145	34	4%
43	47,3	108	25	3%
51,6	55,9	99	23	3%
55,9	60,2	91	21	2%
60,2	64,5	46	11	1%
64,5	68,8	37	9	1%
68,8	73,1	52	12	1%
73,1	76,55	58	17	1%

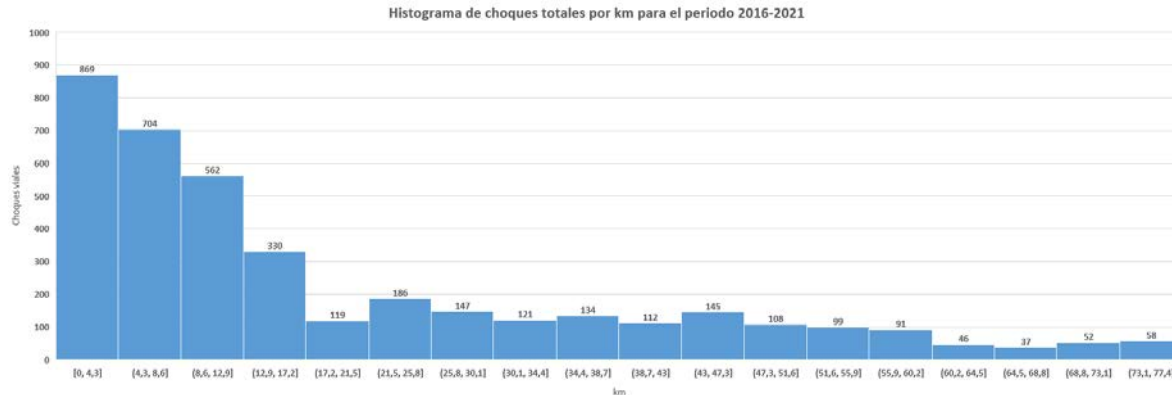


Figura 143. Histograma de choques totales por km, sobre la RN27, periodo 2016 – 2021

Al analizar los datos de choques viales, tomando en consideración tanto la distancia de los tramos como, la cantidad de vehículos que transitan por la vía, es posible, de forma general y simplificada, analizar la exposición al riesgo a partir de la tasa de accidentabilidad por millón de vehículos - km, condición que se expone en el histograma de la Figura 143 y Tabla 41, por lo que se desprenden las siguientes afirmaciones:

- Al analizar la proporción de la tasa de accidentabilidad por millón de vehículo – km se evidencia que se mantiene como sección más crítica el tramo entre los estacionamientos 0+000 m y 4+300 m, sin embargo, resalta la sección entre el estacionamiento 25+800 m y 60+200 m, donde la proporción de la tasa evidencia riesgos generalizados en el tramo.
- El comportamiento antes expuesto, de la sección entre los estacionamientos 25+800 m y 60+200 m, se evidencia en el histograma de la Figura 144, donde la sección presenta valores altos para la tasa de accidentabilidad.
- Al contrastar el histograma de la Figura 143 y Figura 144, se evidencia la necesidad de analizar los tramos riesgosos en función de múltiples parámetros, no únicamente la frecuencia de choques viales, ya que esto, tiende a sobreestimar los sitios con alta cantidad de eventos, sin tomar en cuenta la exposición al riesgo.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 194

Tabla 41. Desglose de datos de tasa de accidentabilidad por millón de vehículos - km sobre la RN27, periodo 2016-2021

Inicio (km)	Fin (km)	Choques viales 2016-2021	TPD prom (veh/día)	Choques/veh-km (millón de vehículos)	Proporción %
0	4,3	869	65511	3085	12%
4,3	8,6	704	87665	1868	7%
8,6	12,9	562	75401	1733	7%
12,9	17,2	330	72055	1065	4%
17,2	21,5	119	72055	384	1%
21,5	25,8	186	46764	925	4%
25,8	30,1	147	21473	1592	6%
30,1	34,4	121	21585	1304	5%
30,1	34,4	134	21696	1436	5%
34,4	38,7	112	18528	1406	5%
38,7	43	145	15359	2196	8%
43	47,3	108	15359	1635	6%
51,6	55,9	99	14907	1544	6%
55,9	60,2	91	11009	1922	7%
60,2	64,5	46	7562	1415	5%
64,5	68,8	37	11230	766	3%
68,8	73,1	52	14897	812	3%
73,1	76,55	58	14354	1171	4%



Figura 144. Histograma de tasa de accidentabilidad por millón de vehículos - km, sobre la RN27, periodo 2016 - 2021

7.5.2 Generalidades: Choques viales sobre las Radiales

Los datos suministrados por el Consejo Nacional de Concesiones (CNC) asociados a los choques viales del periodo 2016 al 2021 para las Radiales Coyal, Atenas, Turrúcares y Escobal presentaron errores de subregistro, condición evidenciada al suministrar únicamente 8 eventos para el periodo de 6 años.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 195

Ante la limitación de los datos provistos por la CNC, se solicitó al Consejo de Seguridad Vial (COSEVI), la base de datos de choques con heridos, ya que estos presentan georreferenciación, de los cuales se suministraron 122 eventos para el periodo 2016-2020, con fallecidos, heridos graves y heridos leves, datos con los que se realizaron los análisis de accidentabilidad.

Al analizar los registros históricos de choques viales presentes en la Figura 145 y Tabla 42 para las Radiales Coyol, Atenas, Turrúcares y Escobal, se obtienen las siguientes afirmaciones:

- En general los choques con heridos oscilan de forma anual entre 20 y 30 datos para el periodo 2016 – 2020.
- Para el periodo 2016 – 2019 se evidencia una tendencia al alza en las colisiones con motocicletas, valor que decae sustancialmente en el 2020.
- La principal causa de choques viales para el periodo 2016 – 2020 correspondió a colisión con motocicleta con 54 eventos, correspondientes al 44 % del total de choques registrados.
- La segunda mayor causa de choques viales para el periodo 2016 – 2020 correspondió a colisión entre vehículos con 36 eventos, correspondientes al 29,5 % del total de choques registrados.
- Los registros a partir de choques con heridos limitan el análisis tendencial a través de los años, ya que la mayoría de los eventos corresponden a choques con solo daños materiales, eventos ausentes en la presente revisión.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 196

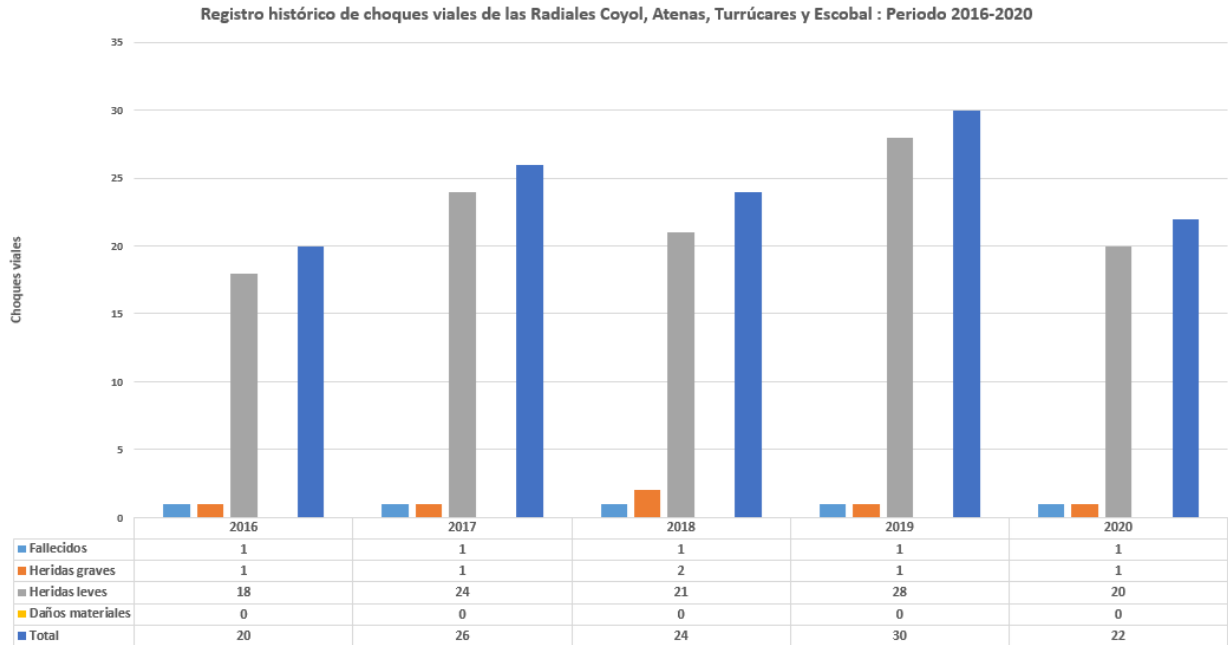


Figura 145. Registro de choques viales sobre las Radiales Coyoil, Atenas, Turrúcares y Escobal, periodo 2016-2020

Tabla 42. Choques viales por tipo de evento sobre las Radiales Coyoil, Atenas, Turrúcares y Escobal, periodo 2016-2020

Tipo de colisión	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Atropello a persona	-	-	-	-	2	2
Atropello animal	-	-	1	1	-	2
Caída de algún ocupante	-	-	-	-	2	2
Colisión con bicicleta	1	-	3	-	-	4
Colisión con motocicleta	6	11	10	18	9	54
Colisión con objeto fijo	-	2	-	-	1	3
Colisión entre vehículos	9	6	6	9	6	36
Salida de la vía	2	1	2	1	2	8
Vuelco	2	6	2	1	-	11
Total	20	26	24	30	22	122

Nota: Clasificación de choques basada en registros suministrados por el COSEVI.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 197

7.5.3 Evaluación de segmentos con ocurrencia de atropellos sobre la RN27

La Ruta Nacional 27 es una vía que posee un diseño compatible con altas velocidades en gran parte de su recorrido, en algunos tramos incluso con características de autopista, pero que a su vez pasa muy cerca de pequeños centros urbanos lo cual genera dinámicas de interacción entre ambos lados de la carretera por parte de personas a pie y en bicicleta, incluyendo a las personas usuarias del transporte público que hacen uso de las paradas y bahías que se ubican sobre la troncal principal.

Estas falencias en el diseño de la ruta, sin una adecuada jerarquización vial que permita eliminar la necesidad de interacción de usuarios vulnerables con la troncal principal, propician la ocurrencia de atropellos. Por lo tanto, resulta de alta importancia analizar los sitios donde se concentran los atropellos a lo largo de la ruta y, por ende, analizar el uso del suelo alrededor de estos puntos, así como alrededor de puentes peatonales, paradas y bahías de autobús, para identificar mejor los factores de la infraestructura vial y del entorno que contribuyen a esa ocurrencia de atropellos.

Para identificar los sitios con presencia de atropellos a peatones y ciclistas, se cuantificó la cantidad de atropellos por tramo homogéneo y se agruparon en tramos que, por su cercanía, a nivel de movilidad se consideraron unitarios.

En la Tabla 43 se presentan los 9 tramos de análisis en los que se realizó una evaluación específica para identificar factores de riesgo de la infraestructura vial y del entorno de la vía que propician los choques de tipo atropello, esto segmentado por tramo homogéneo y con la cantidad de atropellos.



Tabla 43. Lista de tramos con ocurrencia de atropellos sobre la RN27, periodo 2016 – 2021

Tramo	ID	Longitud (m)	Inicio (km)	Final (km)	Atropellos			Total
					Peatón	Ciclista	Otros	
1	1	362	0,00	0,36	2	0	0	2
	2	80	0,36	0,44	0	0	1	1
	3	499	0,44	0,94	1	0	0	1
	4	420	0,94	1,36	3	0	0	3
	5	182	1,36	1,54	1	0	0	1
2	14	423	2,59	3,01	1	0	0	1
	17	503	3,80	4,30	1	1	1	3
3	22	1344	6,20	7,54	3	1	1	5
	23	634	7,54	8,17	1	0	0	1
	24	340	8,17	8,51	0	0	1	1
	25	377	8,51	8,89	0	0	1	1
	26	398	8,89	9,29	1	0	1	1
	28	472	9,55	10,02	1	0	1	2
4	29	493	10,02	10,52	4	0	0	4
	31	384	10,73	11,12	3	0	1	4
	33	544	11,36	11,90	2	0	0	2
	34	302	11,90	12,20	0	1	1	2
	35	337	12,20	12,54	1	0	0	1
	36	347	12,54	12,89	1	0	0	1
	37	636	12,89	13,52	2	0	0	2
	38	508	13,52	14,03	1	0	0	1
	39	378	14,03	14,41	0	0	1	1
	41	660	15,03	15,69	0	0	1	1
5	51	476	19,81	20,28	0	0	1	1
	52	380	20,28	20,66	1	0	0	1
6	118	328	49,83	50,15	1	0	0	1
	120	357	50,58	50,94	0	0	1	1
7	133	292	56,64	56,93	1	0	0	1
	135	938	57,12	58,06	1	0	0	1
8	151	555	65,97	66,53	0	0	1	1
	152	590	66,53	67,12	0	0	2	2
9	157	306	69,85	70,15	1	0	0	1
	159	435	70,38	70,81	1	0	0	1
	160	265	70,81	71,07	0	0	1	1
	161	158	71,07	71,23	1	0	0	1

Nota: La categoría de atropellos "Otros" responde a eventos que no corresponden al atropello de peatones y ciclistas, así como eventos que no se logran caracterizar ante la descripción poco informativa o ausente.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 199

Hay una estrecha relación entre la ocurrencia de atropellos y el uso del suelo que circunda un determinado tramo vial. A su vez, esto se relaciona con la ubicación, en muchos casos, de paradas y bahías de autobús y de puentes peatonales.

A nivel general, un puente peatonal cubre un área máxima de aproximadamente 500 m a su alrededor, lo cual puede variar mucho según las características del entorno, de la vía y de las personas, así como de las velocidades de circulación vehicular. Entre más distante esté un puente peatonal del punto donde una persona necesita cruzar una vía, menor será la probabilidad de que la persona utilice dicho puente peatonal.

Por otra parte, en el tramo de la Ruta Nacional 27 a partir del peaje de Ciudad Colón hasta Caldera, la zona de influencia de paradas y bahías de autobús se aumenta a un radio de 1 km para este análisis, ya que fuera de las zonas más densamente urbanas (como el sector de la carretera entre el Gimnasio Nacional y Santa Ana), las personas generalmente necesitan caminar una mayor distancia para poder acceder al servicio de transporte público. Esto se ha evidenciado a través de las mismas personas vecinas de pequeños poblados y zonas residenciales en las cercanías a la Ruta Nacional 27, las cuales incluso afirman que tienen que caminar hasta más de 1 km para acceder a la parada del autobús.

Por lo tanto, para el análisis se desarrolló un mapa para cada uno de los 9 tramos con ocurrencia de atropellos, donde se detalló:

- Ubicación de puentes peatonales y paradas/bahías de autobús.
- Tramos homogéneos con presencia de atropellos.
- Uso del suelo en zona de influencia de paradas/bahías de autobús y tramos homogéneos con atropello, segmentados según tipo de vía:
 - Tramo Sabana – Peaje Ciudad Colón (0+000 – 14+030): radio de 500 m.
 - Tramo Peaje Ciudad Colón - Caldera (14+030 – 76+310): radio de 1 km.
- Uso del suelo en zona de influencia de puentes peatonales para toda la vía: radio de 500 m.

7.5.3.1 Tramo 1: Sector sur del parque de La Sabana

El tramo 1 se ubica en el sector sur del parque de la Sabana, entre el estacionamiento 0+000 y 1+360. Esta zona presenta un uso de suelo mixto entre zonas comerciales, centros de trabajo, zonas de deporte y ocio en el parque de la Sabana, condición que, ante la presencia de las paradas de autobús en ambos márgenes de la vía y la proximidad a la estación de tren, hacen que el único puente peatonal en la zona no



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 200

satisfaga las necesidades de movilidad de todos los usuarios vulnerables, como se observa en la Figura 146.

El área de influencia del puente peatonal se observa a través del círculo color anaranjado con un radio de 500 m, lo cual incluso es una distancia considerable para un entorno tan densamente poblado, donde además se ubica el principal parque metropolitano de la ciudad de San José, el cual atrae a cientos de personas, sobre todo a pie y en bicicleta. El tramo de mayor ocurrencia de atropellos justamente se observa hacia la esquina suroeste de La Sabana, lo cual revela una necesidad de cruce de las personas en este sector, donde incluso las velocidades vehiculares son más altas.

Cabe resaltar que la geometría de la vía es la que propicia que las velocidades de operación sean altas, esto a pesar de encontrarse inmersa en un entorno urbano, pero en una vía con características de autopista, con una sección transversal amplia.

En este tramo se recomienda en el corto plazo ampliar la malla presente en la mediana para desincentivar los cruces peatonales a través de los carriles, sin embargo, la problemática no se resolverá hasta realizar un estudio de movilidad integral que identifique las necesidades de los usuarios más vulnerables y sus patrones de movilidad, para identificar la infraestructura necesaria y más adecuada para estas personas.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 201

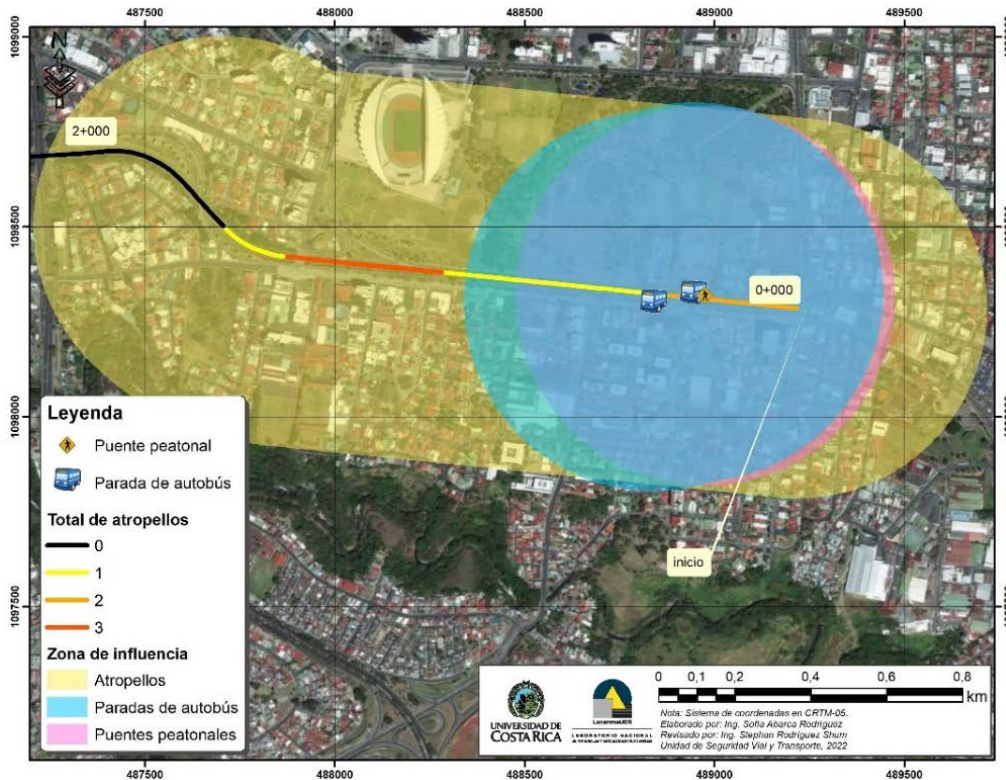


Figura 146. Tramo 1: Sector sur del parque de la Sabana

7.5.3.2 Tramo 2: Inmediaciones peaje Escazú

El tramo 2 se ubica entre los estacionamientos 2+590 y 4+300, sector aledaño a los peajes de Escazú. Antes de la zona del peaje se identificó la presencia de un entorno urbano con comercios en ambos márgenes de la vía, sin embargo, al revisar los datos de choque de forma puntual, se identifica que en el tramo han sido atropellados peatones y ciclistas. Cabe destacar que la Figura 147 evidencia la presencia de bahías de autobús cercanas, pero no de cruces peatonales que conecten ambos márgenes.

Deberán identificarse en el corto y largo plazo medidas que permitan desincentivar el cruce de peatones sobre la Ruta Nacional 27, pero que respondan a las necesidades de movilidad de los usuarios, así como implementar un estudio de movilidad peatonal.

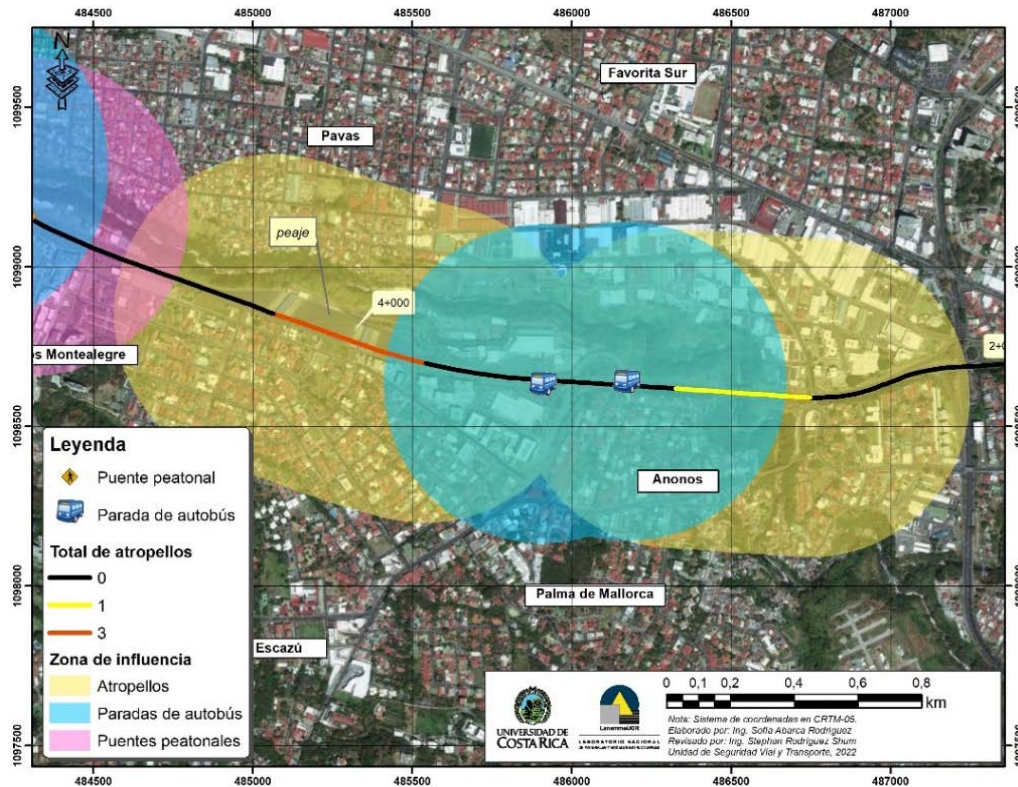


Figura 147. Tramo 2: Inmediaciones peaje Escazú

7.5.3.3 Tramo 3: Entre Multiplaza Escazú, Radial Guachipelín y Club Campestre Santa Ana

El tramo 3 se ubica entre los estacionamientos 6+200, frente a Multiplaza Escazú, y 8+890, aledaño al Club Campestre Santa Ana. Esta zona presenta algunos centros atractores de viajes a nivel comercial, de trabajo y residenciales, sumado a la alta velocidad reglamentaria de una sección a 100 km/h.

Al observar la Figura 148, se evidencia que los tramos donde se identificaron atropellos se encuentran alejados del área de influencia del puente peatonal frente a Multiplaza Escazú, por lo que las personas no tienen más opción que cruzar la vía a nivel de la calzada vehicular, exponiéndose a las altas velocidades de circulación. Es claro que los atropellos demuestran que hay una necesidad de cruce de las personas, lo cual se justifica a raíz del uso del suelo en los alrededores de la vía.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 203

A manera de medida temporal, en este tramo se recomienda en el corto plazo aumentar la longitud de la malla presente en la mediana y que sea continua, esto para desincentivar los cruces a nivel peatonal.

No obstante, se recomienda realizar un estudio de movilidad integral que identifique las necesidades de los usuarios más vulnerables (peatones y ciclistas) y sus patrones de movilidad, para identificar la infraestructura necesaria y más adecuada para estas personas.

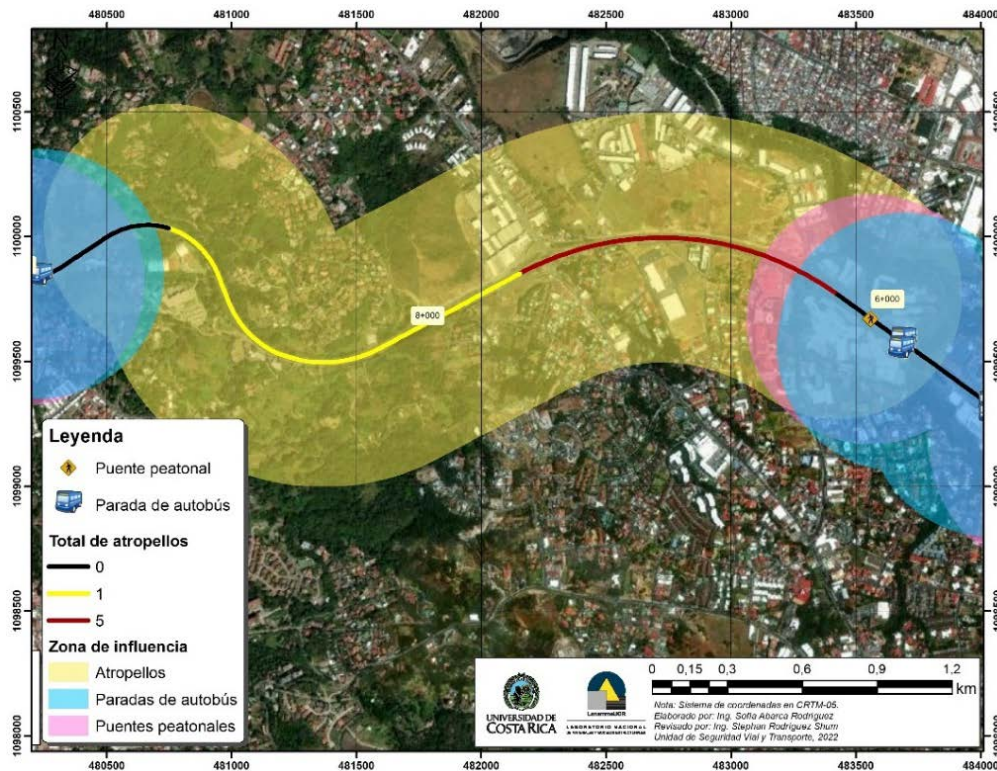


Figura 148. Tramo 3: Sector entre Multiplaza Escazú y Club Campestre Santa Ana

7.5.3.4 Tramo 4: Entre Club Campestre Santa Ana – Peaje Ciudad Colón

El tramo 4 se extiende desde el estacionamiento 9+055, sección posterior al Club Campestre Santa Ana y 15+690, sección posterior al peaje hacia Ciudad Colón. Se evidenciaron comercios y residencias en ambos extremos de la vía que podrían incentivar el flujo peatonal entre ambos márgenes.

Al observar la zona en la Figura 149, se evidencia que la mayor cantidad de atropellos suceden en el tramo entre el estacionamiento 10+000 y 12+000, donde se



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 204

concentra una cantidad importante de bahías de autobús y 2 puentes peatonales, pero estos no satisfacen las necesidades de todos los peatones en la zona.

En la Figura 149 se observa que los 3 puentes peatonales se encuentran distanciados más de 1 km de distancia entre ellos, lo cual obliga a las personas a cruzar la vía sobre la calzada vehicular en muchos de estos puntos intermedios entre puentes. En los alrededores del estacionamiento 14+000 se observa uso del suelo residencial, sin ninguna facilidad para que las personas puedan cruzar la vía.

Ante las condiciones expuestas, se recomienda en el corto plazo instalar más malla en la mediana para evitar el cruce de peatones, como medida temporal. En vista de la ampliación de la ruta, se recomienda reubicar bahías de autobús en rutas marginales, así como la ampliación de los pasos inferiores a la R.N. 27 y dotarlos de infraestructura peatonal para trasladarse entre ambas márgenes de la autopista, sin pasar sobre ella.

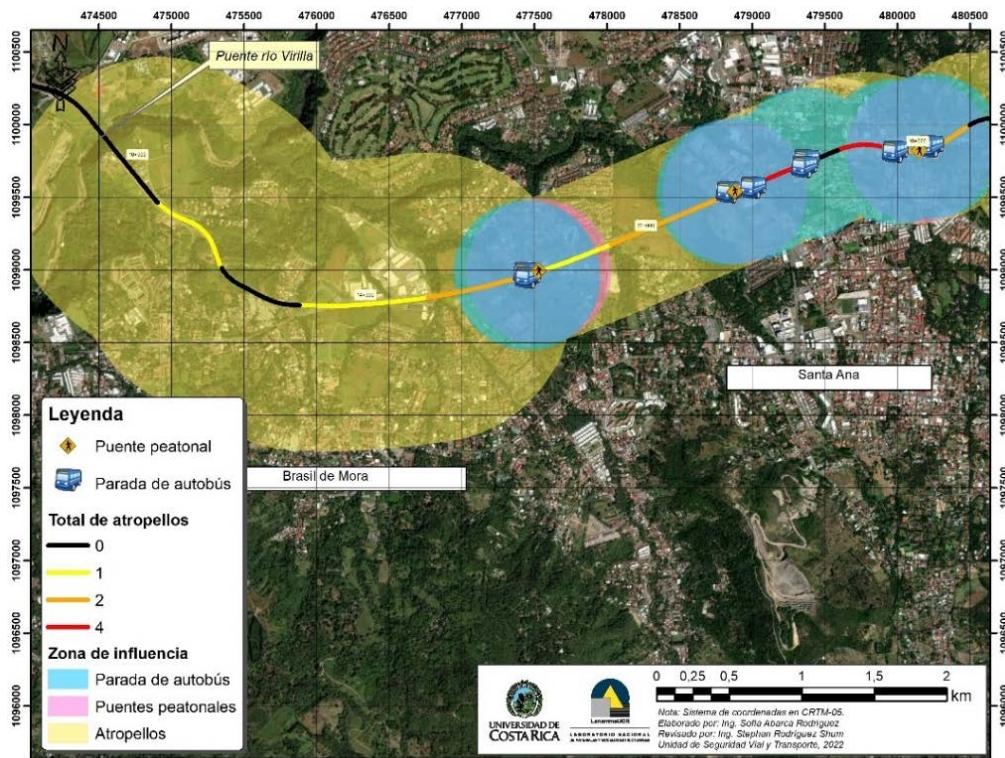


Figura 149. Tramo 4: Sector entre Club Campestre Santa Ana y peaje hacia Ciudad Colón



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 205

7.5.3.5 Tramo 5: Oeste de paso a desnivel Ruta Nacional 124, la Guácima

El tramo 5 se ubica desde el paso a desnivel de la Ruta Nacional 124 a la Guácima, entre el estacionamiento 19+810 y 20+660. Esta zona presenta calles marginales paralelas a la vía principal y estas conectar con la zona central de La Guácima, por lo que existe una necesidad de movilidad peatonal que no se satisface, al omitir alguna facilidad para el cruce entre ambos márgenes de las marginales, como se observa en la Figura 150.

Se recomienda realizar un estudio de movilidad integral que identifique las necesidades de los usuarios más vulnerables (peatones y ciclistas) y sus patrones de movilidad, para identificar la infraestructura necesaria y más adecuada para estas personas.

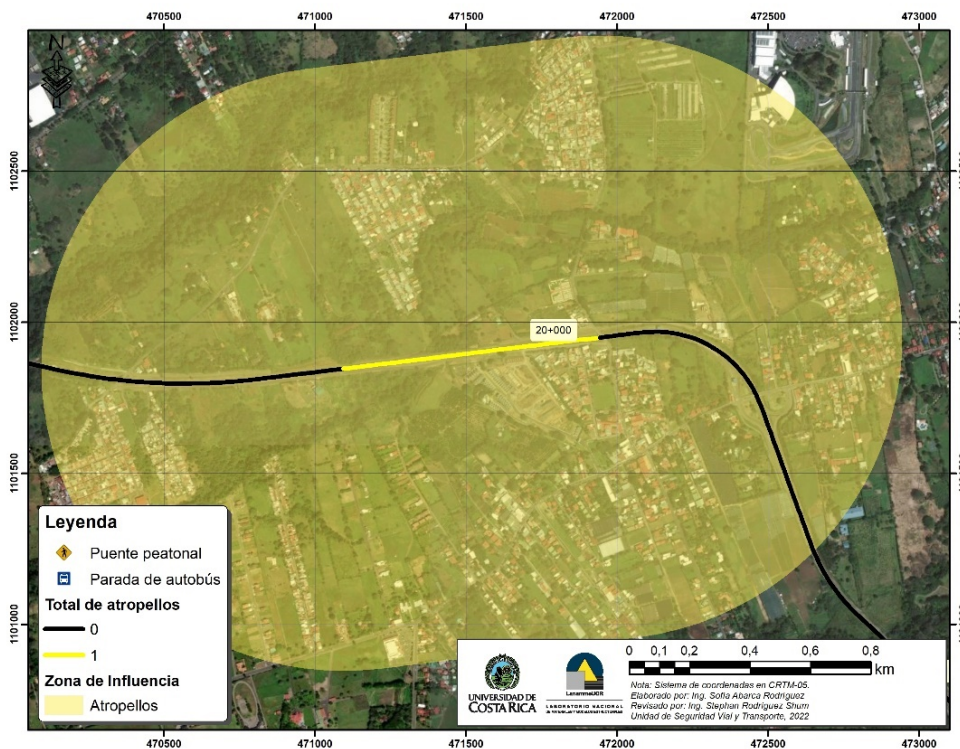


Figura 150. Tramo 5: Sector oeste del paso a desnivel RN 124, la Guácima

7.5.3.6 Tramo 6: Aledaño a Hacienda Vieja y Orotina

El tramo 6 se ubica paralela a la Calle Hacienda Vieja, entre el estacionamiento 49+830 y 50+940. Esta zona presenta una calle marginal al sector sur de la vía, así como



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 206

calles sin salida que se aproximan desde el sector norte y no conectan con la R.N. 27, como se observa en la Figura 151.

Ante la presencia de atropellos en los registros, se recomienda realizar un estudio de movilidad integral que identifique las necesidades de los usuarios más vulnerables (peatones y ciclistas) y sus patrones de movilidad, para identificar la infraestructura necesaria y más adecuada para estas personas.

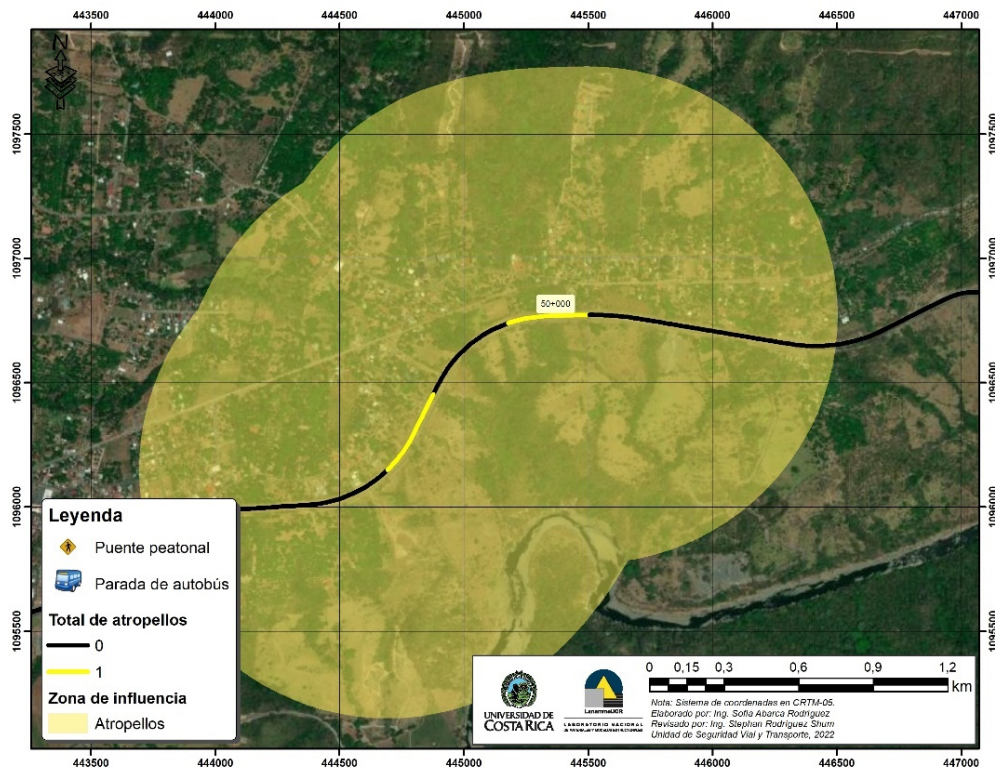


Figura 151. Tramo 6: Sector sur de Calle Hacienda Vieja, Orotina

7.5.3.7 Tramo 7: Este de Radial Pozón

El tramo 7 se ubica entre el estacionamiento 56+640 y 58+060, el cual presenta en ambos márgenes comerciantes y zonas de uso residencial, condición que propicia el cruce de peatones entre ambos márgenes de la vía. Al observar el mapa de la Figura 152, se observa que las áreas construidas en la zona son amplias y dispersas, pero las facilidades de transporte público y cruce peatonal son escasas, condición que propicia la movilización



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 207

y cruce de peatones sobre la Ruta Nacional 27, ante la lejanía con respecto a sus centros atractores y generadores de viajes. Adicionalmente, se observa una distancia aproximada de 200 m entre las paradas de autobús y el puente peatonal que, a pesar de estar dentro del área de influencia, desincentiva su uso por parte de las personas usuarias del transporte público, a menos que el recorrido de la persona coincida de forma más natural con la ubicación del puente.

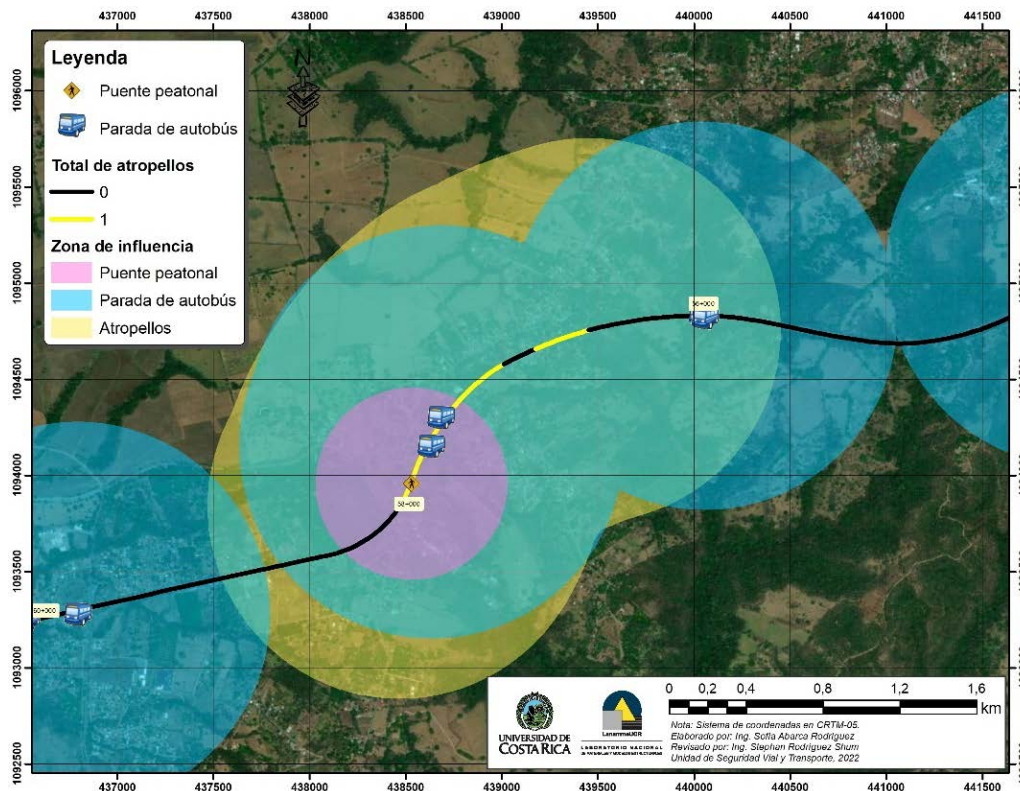


Figura 152. Tramo 7: Este de Radial Pozón

Ante esta condición, se recomienda en el corto plazo colocar líneas alertadoras mediante efecto vibratorio y sonoro para alertar a los conductores acerca de la presencia de cambios en la dinámica de movilidad de la vía.

En vistas de la ampliación de la ruta, deberá valorarse la reubicación de los comerciantes en rutas marginales de menor velocidad y analizar el patrón de movilidad que esto genere en la zona para evitar nuevos focos de atropellos ante los cambios en el uso de suelo. También se puede considerar el diseño de un área de descanso, la cual es un



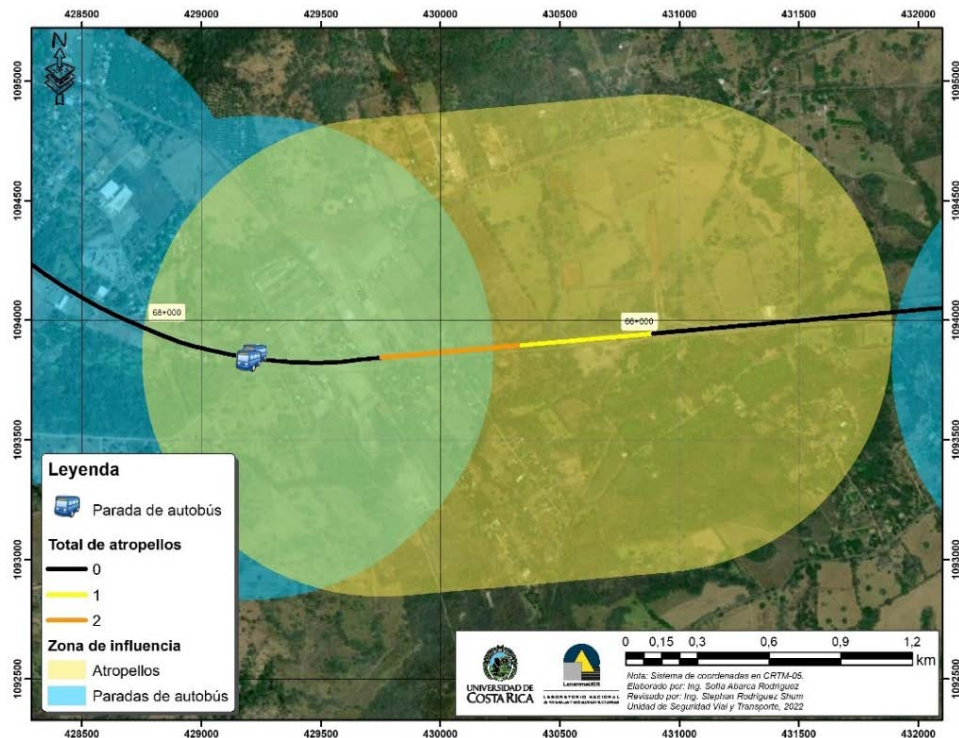
Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 208

área formal que se diseña con instalaciones adecuadas en las cercanías de una vía principal interurbana para que los usuarios puedan detenerse de forma segura y cómoda para descansar y hacer uso de los servicios antes de continuar su viaje. Las áreas de descanso requieren de carriles adecuados de desaceleración en sus entradas y de aceleración en sus salidas para ingresar de nuevo a la carretera. Estas áreas que son muy comunes en muchos países generan un gran atractivo y dinamizan el comercio y la actividad de la zona, sin comprometer la seguridad de los usuarios sobre la vía principal.

7.5.3.8 Tramo 8: Entre Radial Ceiba – Radial Cascajal

El tramo 8 se ubica entre los estacionamientos 65+970 y 67+120, zona que presenta asentamientos poblacionales que conectan con la Ruta Nacional 27 para cruzar al otro extremo de la vía o acceder al servicio de transporte público. Al verificar el mapa de la Figura 153, se evidencia la lejanía entre las zonas construidas y las bahías de autobús, longitud que incluso puede superar 1 km de distancia.

Se recomienda analizar las dinámicas de movilidad del sitio mediante un estudio integral de movilidad y dotar al sitio de la infraestructura necesaria para realizar el cruce de peatones entre ambos márgenes de forma segura.





Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 209

Figura 153. Tramo 8: Sector entre Radial Ceiba y Radial Cascajal

7.5.3.9 Tramo 9: Inmediaciones de Servicentro 27, Predio Caldera, Almacén Caldera

El tramo 9 se ubica entre los estacionamientos 69+850 y 71+230, zona que presenta predios y bahías de autobús a ambos lados de la vía, así como la presencia del Parque Industrial Pacífico, sin embargo, no hay infraestructura que permita un cruce seguro entre los márgenes, condición evidente en la Figura 154.

Se recomienda analizar las dinámicas de movilidad del sitio mediante un estudio integral de movilidad y dotar al sitio de la infraestructura necesaria para realizar el cruce de peatones entre ambos márgenes de forma segura.

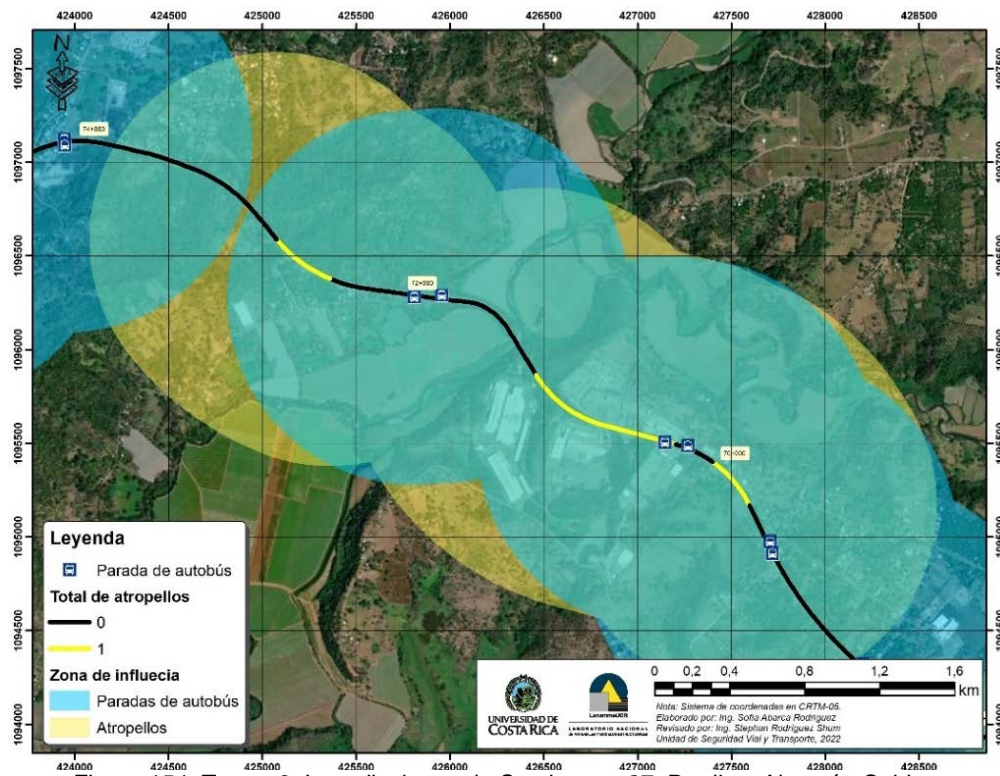


Figura 154. Tramo 9: Inmediaciones de Servicentro 27, Predio y Almacén Caldera

7.5.3.10 Atropellos ciclistas y otros

En la Tabla 43 se presenta el desglose de atropellos para cada tramo analizado, a pesar de que la mayoría fueron peatones, se identificaron ciclistas y caballos dentro de los



registros, por lo que se recomienda analizar la movilidad de forma integral en el proyecto, de forma de que se dote de condiciones o rutas alternas para que todos los posibles usuarios puedan circular de forma segura.

7.5.4 Evaluación de segmentos con ocurrencia de atropellos sobre las Radiales

A continuación, se desglosan los segmentos donde se identificó la ocurrencia de atropellos sobre la Radial Coyoil y Radial Atenas, en el caso específico de la Radial Turrúcares, únicamente se identificó un evento aislado y en el caso de la Radial Escobal, no se registraron eventos, por lo cual se omiten de la evaluación detallada.

7.5.4.1 Radial Coyoil

En la Tabla 44 se desglosan los segmentos de vía sobre la Radial Coyoil que evidencian mayor presencia de atropellos, insumo que permitió realizar una evaluación específica para identificar factores de riesgo de la infraestructura vial y del entorno de la vía que propician los choques de tipo atropello.

Tabla 44. Lista de tramos con ocurrencia de atropellos sobre la Radial Coyoil, periodo 2016 – 2020

Tramo	ID	Longitud (m)	Inicio (km)	Final (km)	Peatón	Atropellos		
						Ciclista	Animal	Total
1	13	276,93	3,33	3,61	0	1	0	1
	14	374,36	3,61	3,98	1	0	1	2

Del único tramo identificado, asociado a los tramos homogéneos 13 y 14, comprendidos entre los estacionamientos 3+330 y 3+980, se identificó un uso de suelo predominantemente industrial, sin embargo, existen gasolineras y una venta de maquinaria pesada, así como una sección transversal que oscila entre 4 a 2 carriles de circulación. A pesar de la amplia geometría, no hay infraestructura que permita un cruce seguro entre los márgenes, condición evidente en la Figura 155.

Se recomienda analizar las dinámicas de movilidad del sitio mediante un estudio integral de movilidad y dotar al sitio de la infraestructura necesaria para realizar el cruce de peatones entre ambos márgenes, circulación de ciclistas y animales de forma segura, según se requiera.

Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 211

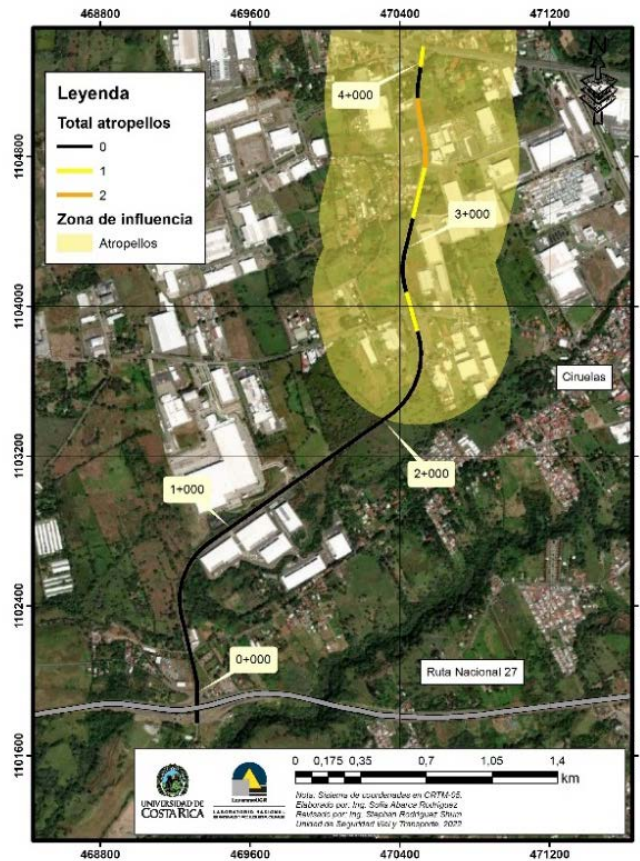


Figura 155. Tramo 1 Radial Coyol: Inmediaciones de Matra y Gasolinera MiGas

7.5.4.2 Radial Atenas

En la Tabla 45 se desglosan los segmentos de vía sobre la Radial Atenas que evidencian mayor presencia de atropellos, insumo que permitió realizar una evaluación específica para identificar factores de riesgo de la infraestructura vial y del entorno de la vía que propician los choques de tipo atropello.

Tabla 45. Lista de tramos con ocurrencia de atropellos sobre la Radial Atenas, periodo 2016 – 2020

Tramo	ID	Longitud (m)	Inicio (km)	Final (km)	Atropellos			
					Peatón	Ciclista	Animal	Total
1	3	185,3	0,16	0,35	1	0	0	1
	5	94,51	0,35	0,53	0	0	1	1



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 212

Del único tramo identificado, asociado a los tramos homogéneos 3 y 5, comprendidos entre los estacionamientos 0+160 y 0+530, se identificó un uso de suelo mixto, que varía entre residencial y comercial, así como una sección transversal que se mantiene uniforme con 2 carriles en total. A pesar de la presencia de residencias y comercios, no hay infraestructura que permita un cruce seguro entre los márgenes, condición evidente en la Figura 156.

Se recomienda analizar las dinámicas de movilidad del sitio mediante un estudio integral de movilidad y dotar al sitio de la infraestructura necesaria para realizar el cruce de peatones entre ambos márgenes y circulación de animales de forma segura, según se requiera.

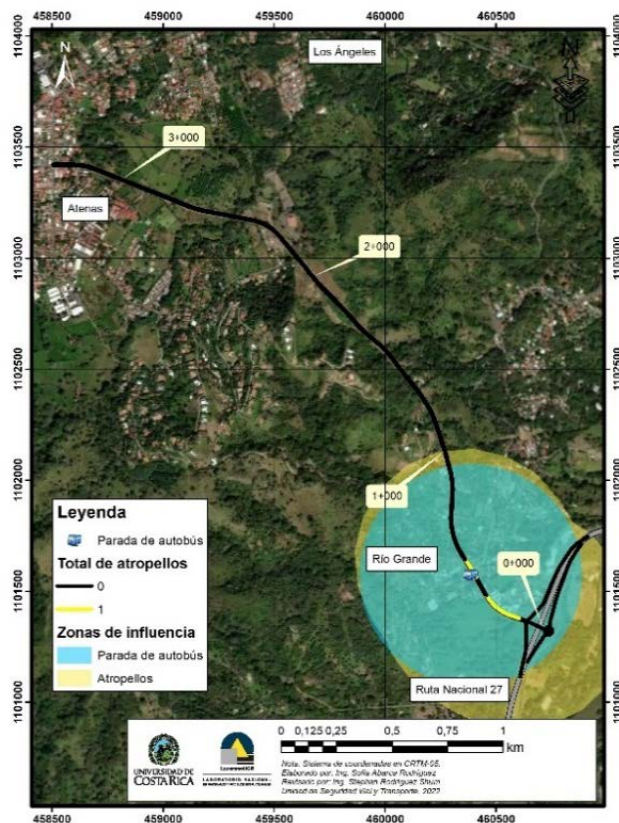


Figura 156. Tramo 1 Radial Atenas: Gasolinera Río Grande



7.5.5 Evaluación de tramos de concentración de choques viales sobre la RN27

Basado en la metodología expuesta en la Sección 7.1.5.2 Identificación de tramos de concentración de choques viales y la Tabla 16, donde se expone la clasificación por riesgo de siniestralidad y su escala por colores, implementada en la

Tabla 46 con los tramos homogéneos que presentan un riesgo de siniestralidad superior a 0.

Tabla 46. Tramos homogéneos en función del riesgo de siniestralidad

Tramo homogéneo	Longitud (m)	Inicio (km)	Final (km)	Riesgo de siniestralidad
2	80,26	0,36	0,44	3
3	499,33	0,44	0,94	1
4	419,79	0,94	1,36	3
9	69,66	1,99	2,06	2
12	86,34	2,29	2,38	3
13	212,63	2,38	2,59	4
14	422,68	2,59	3,01	4
17	503,32	3,80	4,30	6
22	1343,62	6,20	7,54	2
23	633,84	7,54	8,17	2
27	260,99	9,29	9,55	2
34	302,09	11,90	12,20	1
35	336,52	12,20	12,54	1
39	378,14	14,03	14,41	2
40	617,12	14,41	15,03	2
42	443,14	15,69	16,13	1
44	295,22	16,51	16,81	1
45	399,90	16,81	17,21	1
47	822,56	17,61	18,43	2
49	153,82	18,65	18,81	1
50	1001,29	18,81	19,81	2
55	341,27	21,59	21,93	1
56	1179,85	21,93	23,11	5
62	1167,45	25,71	26,87	6
63	823,88	26,87	27,70	1
65	299,89	27,98	28,28	5
69	772,44	29,15	29,92	4
72	1060,08	30,81	31,87	6
77	1520,47	34,09	35,61	2
78	598,30	35,61	36,21	1
82	274,10	37,38	37,65	2



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 214

Tramo homogéneo	Longitud (m)	Inicio (km)	Final (km)	Riesgo de siniestralidad
84	307,07	37,85	38,16	3
85	374,61	38,16	38,53	2
86	282,37	38,53	38,82	5
95	1580,41	41,36	42,95	2
96	450,84	42,95	43,40	3
98	333,64	43,59	43,93	1
99	192,88	43,93	44,12	3
101	100,68	44,33	44,43	1
102	400,44	44,43	44,83	2
103	348,97	44,83	45,18	2
104	435,62	45,18	45,62	3
107	309,09	46,58	46,89	3
112	376,25	47,81	48,18	5
114	363,26	48,30	48,67	3
115	304,96	48,67	48,97	1
118	328,48	49,83	50,15	2
120	357,20	50,58	50,94	3
121	395,14	50,94	51,34	3
123	189,14	51,68	51,87	3
125	1269,06	52,31	53,58	1
128	640,16	54,14	54,78	4
130	584,42	55,14	55,72	1
131	506,27	55,72	56,23	2
132	415,21	56,23	56,64	3
133	291,98	56,64	56,93	4
134	183,19	56,93	57,12	1
135	938,02	57,12	58,06	3
139	1638,27	59,60	61,24	5
141	413,96	61,81	62,22	1
142	423,06	62,22	62,64	6
144	417,34	62,92	63,34	3
147	293,41	64,78	65,07	3
151	554,62	65,97	66,53	3
156	419,83	69,43	69,85	3
160	264,51	70,81	71,07	3
161	157,90	71,07	71,23	3
163	127,45	71,39	71,52	3
166	355,44	72,54	72,89	3
171	1119,75	73,66	74,78	4
177	135,50	75,84	75,97	1



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 215

Table with 5 columns: Tramo homogéneo, Longitud (m), Inicio (km), Final (km), Riesgo de siniestralidad. Rows show data for tramos 178 and 180.

Nota: se omitieron los tramos homogéneos con riesgo de siniestralidad de 0.

En la Figura 157, Figura 158, Figura 159 y Figura 160 se observa a nivel de mapas la categorización del riesgo de siniestralidad por tramo homogéneo para toda la Ruta Nacional 27...

Los tramos con riesgo muy alto de siniestralidad se observan como segmentos rojos en los mapas, segmentos que son evaluados de forma detallada en las siguientes secciones.



Figura 157. Riesgo de siniestralidad por tramo homogéneo: sección 0+000 – 20+000



Figura 158. Riesgo de siniestralidad por tramo homogéneo: sección 20+000 – 40+000



Figura 159. Riesgo de siniestralidad por tramo homogéneo: sección 40+000 – 60+000



Figura 160. Riesgo de siniestralidad por tramo homogéneo: sección 60+000 – 77+000

En función de los 9 tramos homogéneos que presentan un riesgo de siniestralidad con clasificación “Riesgo alto de ocurrencia de choques viales”, correspondiente a un valor de 5, 6 y 7, se analizaron de forma puntual los factores de riesgos asociados a la infraestructura vial que propician el aumento en la cantidad y severidad de los choques viales de forma específica, esto mediante la evaluación de los tramos con el sistema de inventario móvil Imajing.

7.5.5.1 Tramo homogéneo 17: Entre estacionamiento 3+800 – 4+300

El tramo homogéneo 17 inicia en el estacionamiento 3+800 y se extiende por 503 m hasta el estacionamiento 4+300, recorriendo el peaje de Escazú, aledaño al sector del Hotel Wyndham Garden Escazú.

El registro de choques viales del 2016 al 2021 presentó 253 incidentes, distribuidos en: 3 fallecido, 4 heridos graves, 31 heridos leves y 215 con solo daños materiales. De



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 219

forma complementaria, al analizar los choques por tipo, prioritariamente resalta un 46 % de ocurrencia de choques laterales y un 34 % de choques por alcance.

El tramo presenta una velocidad reglamentaria de 40 km/h, sin embargo, ante la presencia de 3 carriles por sentido de aproximadamente 3,6 m de ancho, que luego transicionan hasta los múltiples carriles de los peajes, genera que los vehículos transiten a una velocidad superior, consistente con las características geométricas de los segmentos de vía previos.

Al analizar la tipología de choques viales con mayor ocurrencia, la sección transversal evidenciada en la Figura 161 propicia la ocurrencia de colisiones laterales y por alcance, esto al proveer una transición hacia los peajes sin un señalamiento vial autoexplicativa para los usuarios.



Figura 161. Sección transversal del tramo homogéneo 17



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 220

7.5.5.2 Tramo homogéneo 56: Entre estacionamiento 21+930 – 23+110

El tramo homogéneo 56 inicia en el estacionamiento 21+930 en el sector donde inicia la Radial Coyol y se extiende por 1180 m hasta el final de la radial, en el estacionamiento 23+110.

El registro de choques viales del 2016 al 2021 presentó 89 incidentes, distribuidos en: 7 heridos graves, 10 heridos leves y 72 con solo daños materiales. De forma complementaria, al analizar los choques por tipo, prioritariamente resalta un 28 % de ocurrencia de choques laterales, 26 % por alcance y 19 % por salida de la vía.

El tramo presenta una velocidad reglamentaria de 80 km/h, con 2 carriles por sentido de circulación, separados por una mediana y anchos de carril de aproximadamente 3,6 m, condiciones que propician velocidades de operación altas.

El aumento en la velocidad de conducción es el resultado del cambio en la sección transversal de la vía previa al tramo homogéneo 56, donde las secciones presentan 1 carril por sentido, por lo que la troncal aledaña a la Radial Coyol es aprovechada para realizar maniobras de adelantamiento a alta velocidad.

En el sector de la mediana el espaldón interno es reducido, con un ancho cercano a 0,6 m, condición que aumenta la probabilidad de colisión contra las barreras de concreto, en especial en el principio y final de la barrera medianera donde se ubica un terminal de concreto que ha demostrado ser un obstáculo rígido que ha propiciado choques viales de alta severidad, (ver Figura 162).

Adicionalmente, las maniobras de cambio de carril gestadas por el escaso ancho de espaldón y las maniobras de adelantamiento que se realizan en la sección, aumentan la probabilidad de que se presenten maniobras conflictivas en la troncal. Condición que aumenta ante el cambio en la cantidad de carriles al principio y final de la sección.

En la Figura 162, donde se observa la estructura tipo pórtico para las señales aéreas, el espaldón externo tiene un ancho aproximado de 1,8 m, y allí se presenta la bifurcación que da conexión a la Radial Coyol, en la cual no se cuenta con dispositivos de contención vehicular, por lo que podría aumentar la severidad de un posible choque.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 221



Figura 162. Sección transversal del tramo homogéneo 56

7.5.5.3 Tramo homogéneo 62: Entre estacionamiento 25+710 – 26+870

El tramo homogéneo 62 inicia en el estacionamiento 25+710 en el sector donde inicia la Radial Turrúcares y se extiende por 1160 m hasta el final de la radial, en el estacionamiento 26+870.

El registro de choques viales del 2016 al 2021 presentó 67 incidentes, distribuidos en: 6 fallecidos, 11 heridos leves y 50 con solo daños materiales. De forma complementaria, al analizar los choques por tipo, prioritariamente resalta un 52 % de ocurrencia de choques por alcance, 15 % por vuelco y un 12 % de choques laterales.

El tramo presenta una velocidad reglamentaria de 80 km/h, con 2 carriles por sentido de circulación, separados por una mediana y anchos de carril de aproximadamente 3,6 m, condiciones que propician velocidades de operación altas.

El aumento de velocidad por parte de los conductores es el resultado del cambio en la sección transversal de la vía previa al tramo homogéneo 62, donde las secciones



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 222

presentan 1 carril por sentido, por lo que el sector de aledaño a la Radial Turrúcares es aprovechado para realiza maniobras de adelantamiento a alta velocidad.

Adicionalmente, en el sector de la mediana el espaldón interno es reducido, con un ancho cercano a 0,6 m, condición que aumenta la probabilidad de colisión contra las barreras de concreto, en especial en el principio y final de la barrera medianera donde se ubica un terminal de concreto que ha demostrado ser un obstáculo rígido que ha propiciado choques viales de alta severidad.

El sector aledaño a las bifurcaciones que conectan la troncal con la Radial Turrúcares presentan un desnivel entre la vía y la bifurcación, condición que, al no presentar un dispositivo de contención vehicular, propiciará la ocurrencia del vuelco de un vehículo en caso de circular cerca de la sección, condición presente en la Figura 163. Cabe destacar que la barrera lateral de la bifurcación, al presentar un terminal abatido con esviaje, también podría favorecer el vuelco de vehículos.



Figura 163. Sección transversal del tramo homogéneo 62



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 223

7.5.5.4 Tramo homogéneo 65: Entre estacionamiento 27+980 – 28+280

El tramo homogéneo 65 inicia en el estacionamiento 27+980, al oeste de la Radial Turrúcares y se extiende por 300 m hasta el estacionamiento 28+280.

El registro de choques viales del 2016 al 2021 presentó 18 incidentes, distribuidos en: 2 fallecidos, 1 herido grave, 1 herido leve y 14 con solo daños materiales. De forma complementaria, al analizar los choques por tipo, prioritariamente resalta un 22 % de ocurrencia de choques por salida de vía y 22 % de choques por alcance.

El tramo presenta una velocidad reglamentaria de 80 km/h, con 1 carril en sentido hacia Caldera y 2 carriles en sentido hacia San José. No presenta separación física entre ambos flujos de circulación, lo que sumado a anchos de carril de aproximadamente 3,3 m y un espaldón externo de ancho aproximado de 1,5 m, aumenta la probabilidad de ocurrencia de choques, en especial ante una geometría rectilínea que propicia el aumento en la velocidad de operación, como se observa en la Figura 164.



Figura 164. Sección transversal del tramo homogéneo 65



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 224

7.5.5.5 Tramo homogéneo 72: Entre estacionamiento 30+810 – 31+870

El tramo homogéneo 72 inicia en el estacionamiento 30+810 donde inicia la Radial Atenas y se extiende por 1060 m hasta el final de la radial en el estacionamiento 31+870.

El registro de choques viales del 2016 al 2021 presentó 67 incidentes, distribuidos en: 1 fallecido, 4 heridos graves, 18 heridos leves y 44 con solo daños materiales. De forma complementaria, al analizar los choques por tipo, prioritariamente resalta un 22 % de ocurrencia de choques laterales, 22 % de choques por alcance y un 18 % de choques frontales.

El tramo presenta una velocidad reglamentaria de 80 km/h, con 2 carriles por sentido de circulación separados por una mediana y anchos de carril de aproximadamente 3,6 m, condiciones que propician velocidades de operación altas.

El aumento de velocidad por parte de los conductores es el resultado del cambio en la sección transversal de la vía, esto anterior y posterior al tramo homogéneo 72, donde las secciones presentan 1 carril por sentido, por lo que la zona de la troncal que da conexión a la Radial Atenas es utilizada para realizar maniobras de adelantamiento a alta velocidad.

Adicionalmente, el espaldón interno es reducido, con un ancho cercano a 0,6 m, condición que aumenta la probabilidad de colisión contra las barreras de concreto, en especial en el principio y final de la barrera medianera donde se ubica un terminal de concreto que ha demostrado ser un obstáculo rígido que ha propiciado choques viales de alta severidad.

En el sector del espaldón externo, el ancho aproximado es de 1,6 m, insuficiente para que un vehículo salga de la vía completamente y pueda detenerse de forma segura, como se observa en la Figura 165.

Adicionalmente, análogo a las bifurcaciones en del tramo homogéneo 62, ambos márgenes presentan bifurcaciones que dan conexión entre la troncal y la Radial Turrúcares, sin embargo, el desnivel generado por la geometría y la ausencia de un sistema de contención vehicular, genera condiciones geométricas que propician el vuelco de vehículos al circular sobre la sección.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 225



Figura 165. Sección transversal del tramo homogéneo 72

7.5.5.6 Tramo homogéneo 86: Entre estacionamiento 38+530 – 38+820

El tramo homogéneo 86 inicia en el estacionamiento 38+530 y se extiende por 290 m hasta el estacionamiento 38+820, sector al este de la Radial Escobal.

El registro de choques viales del 2016 al 2021 presentó 19 incidentes, distribuidos en: 1 fallecido, 2 herido grave, 5 heridos leves y 11 con sólo daños materiales. De forma complementaria, al analizar los choques por tipo, prioritariamente resalta un 32 % de ocurrencia de choques por alcance y 21 % de choques frontales.

El tramo presenta una velocidad reglamentaria de 70 km/h para el flujo en sentido hacia San José y de 80 km/h para el flujo en sentido hacia Caldera, sin embargo, ante la presencia de 3 carriles en total para toda la vía, el tramo propicia la circulación a alta velocidad y maniobras de adelantamiento.

En el sector del espaldón externo, el ancho aproximado es de 1,8 m, sin embargo, este es insuficiente para que un vehículo se detenga de forma segura fuera de la vía. Adicionalmente, posterior al espaldón se evidencian taludes de pendiente positiva y



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 226

negativa, barreras de contención sin las condiciones de zona libre apropiadas para contener y redireccionar un vehículo de forma segura y cunetas con sección transversal triangular no traspasable, condiciones visibles en la Figura 166.



Figura 166. Sección transversal del tramo homogéneo 86

7.5.5.7 Tramo homogéneo 112: Entre estacionamiento 47+810 – 48+180

El tramo homogéneo 112 inicia en el estacionamiento 47+810 y se extiende por 370 m sobre las aproximaciones y el puente sobre el río Salitral, hasta el estacionamiento 48+180.

El registro de choques viales del 2016 al 2021 presentó 15 incidentes, distribuidos en: 4 fallecidos y 11 con sólo daños materiales. De forma complementaria, al analizar los choques por tipo, prioritariamente resalta un 25 % de ocurrencia de choques por alcance, 17 % de choques frontales, 17 % de choques posteriores y un 17 % de choques laterales.

El tramo presenta una velocidad reglamentaria de 80 km/h, una geometría predominantemente rectilínea y 1 carril por sentido de circulación de aproximadamente 3,6 m de ancho. Condiciones que propician la circulación a altas velocidades de operación.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 227

En el sector del espaldón externo fuera del puente, el ancho aproximado es de 1,8 m, pero sobre el puente el espaldón presenta anchos que rondan 1 m, valores insuficientes para que un vehículo se posicione completamente fuera del carril de circulación ante un imprevisto.

Cabe destacar que algunos tramos de aproximaciones a los puentes no cuentan con sistemas de contención vehicular apropiados con sus respectivas transiciones. Como se observa en la Figura 167, la aproximación del margen derecho, en sentido hacia Caldera, presenta un elemento de concreto que recibiría a un vehículo de forma abrupta en caso de colisionarlo, condición que, ante la utilización de un sistema de contención vehicular, permitiría reducir la severidad del evento.



Figura 167. Sección transversal del tramo homogéneo 112

7.5.5.8 Tramo homogéneo 139: Entre estacionamientos 59+600 – 61+240

El tramo homogéneo 139 inicia en el estacionamiento 59+600 y se extiende por 1638 m hasta el estacionamiento 61+240.

El registro de choques viales del 2016 al 2021 presentó 26 incidentes, distribuidos en: 1 fallecido, 2 heridos graves, 10 heridos leves y 13 con solo daños materiales. De forma



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 228

complementaria, al analizar los choques por tipo, prioritariamente resalta un 31 % vuelcos, un 19 % de choques por salida de vía y un 19 % de choques por alcance.

El tramo presenta una velocidad reglamentaria de 80 km/h, con un alineamiento predominantemente rectilíneo, con 2 carril por sentido de circulación de aproximadamente 3,6 m de ancho. Adicionalmente, cuenta con división física entre los flujos de circulación, presenta espaldones variables que pueden rondar los 50 cm en los casos más críticos, como se observa en la Figura 168.

Al analizar el comportamiento de los choques viales, donde predominantemente hay presencia eventos por vuelcos y salida de vía, resalta que la geometría propicia la ocurrencia de dichos eventos, en especial al mantener riesgos en los márgenes como los terminales de concreto, como el presente en la Figura 168. Cabe destacar que el elemento de la Figura 169 presenta deterioros causados por colisiones, así como captaluces que para este caso no son apropiados para su uso en superficies inclinadas, ya que son diseñados para utilizar sobre la superficie de la vía.



Figura 168. Sección transversal del tramo homogéneo 139



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 229

7.5.5.9 Tramo homogéneo 142: Entre estacionamiento 62+220 – 62+640

El tramo homogéneo 142 inicia en el estacionamiento 62+220 y se extiende por 420 m hasta el estacionamiento 62+640.

El registro de choques viales del 2016 al 2021 presentó 12 incidentes, distribuidos en: 2 fallecido, 2 heridos graves, 2 heridos leves y 6 con sólo daños materiales. De forma complementaria, al analizar los choques por tipo, prioritariamente resalta un 33 % de choques por salida de la vía y un 25 % de choques frontales.

El tramo presenta una velocidad reglamentaria de 80 km/h, con un alineamiento predominantemente rectilíneo, con 1 carril por sentido de circulación de aproximadamente 3,6 m de ancho. Adicionalmente, no cuenta con división física entre los flujos de circulación, presenta espaldones externos de 1,8 m de ancho y cunetas no traspasables con sección triangular, como se observa en la Figura 169.



Figura 169. Sección transversal del tramo homogéneo 142



7.5.6 Evaluación de tramos de concentración de choques viales sobre Radial Coyol

Basado en la metodología expuesta en la Sección 7.1.5.2 Identificación de tramos de concentración de choques viales y la Tabla 16, donde se expone la clasificación por riesgo de siniestralidad y su escala por colores, implementada en la Tabla 47 con los tramos homogéneos que presentan un riesgo de siniestralidad superior a 0.

Tabla 47. Tramos homogéneos en función del riesgo de siniestralidad

Tramo homogéneo	Longitud (m)	Inicio (km)	Final (km)	Riesgo de siniestralidad
2	92,18	0,08	0,17	3
6	861,49	0,99	1,85	2
10	217,62	2,71	2,93	3
13	276,93	3,33	3,61	3
14	374,36	3,61	3,98	3
15	168,31	3,98	4,15	1
16	110,99	4,15	4,26	2

Nota: se omitieron los tramos homogéneos con riesgo de siniestralidad de 0.

En la Figura 170 se observa a nivel de mapas la categorización del riesgo de siniestralidad por tramo homogéneo para la Radial Coyol, junto con los tramos sin evidencias de riesgos a partir del análisis de choques viales. De esto, se observa la presencia de segmentos que varían entre un riesgo medio hasta riesgo alto de ocurrencia a través de toda la vía, condición que debe ser analizada en un estudio específico.

Los tramos con riesgo alto de siniestralidad se observan como segmentos en amarillo en los mapas, segmentos que son evaluados de forma detallada en las siguientes secciones.

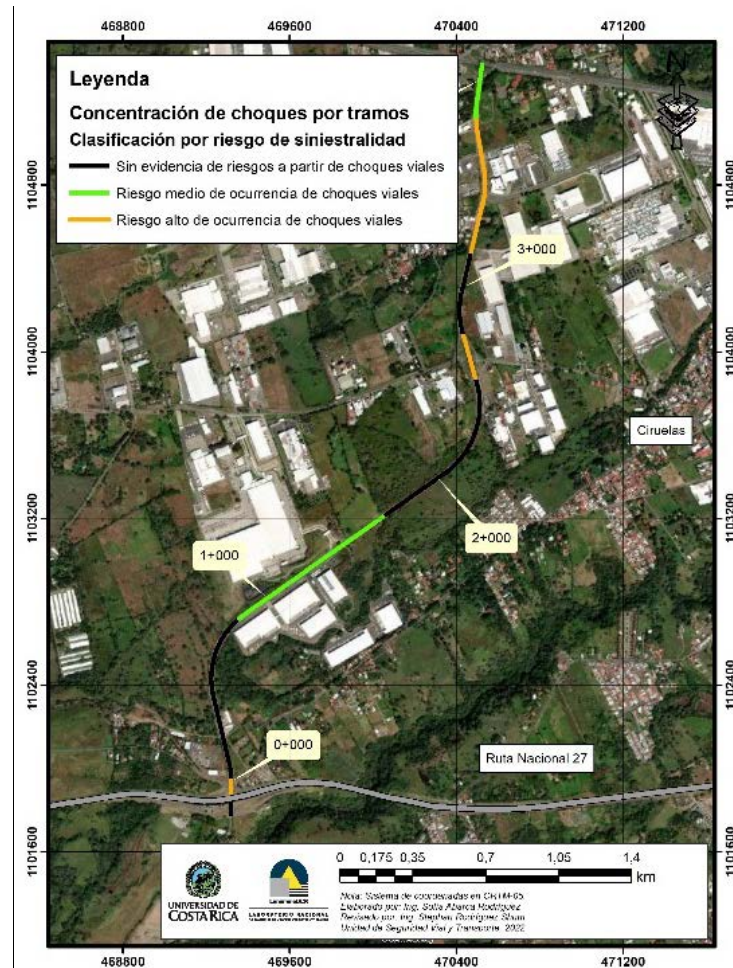


Figura 170. Riesgo de siniestralidad por tramo homogéneo Radial Coyal

7.5.6.1 Tramo homogéneo 2: Rotondas en paso a desnivel sobre R.N.27

El tramo homogéneo 2 inicia en el estacionamiento 0+080 y se extiende por 92 m hasta el estacionamiento 0+170, a través de las rotondas del paso a desnivel sobre la R.N.27.

El registro de choques viales del 2016 al 2020, de solo eventos con heridos y fallecidos, presentó 6 incidentes, distribuidos en: 1 herido grave y 5 heridos leves. De forma complementaria, al analizar los choques por tipo, prioritariamente resalta un 50 % de vuelcos.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 232

El tramo presenta una velocidad reglamentaria de 30 km/h, ya que corresponde a las aproximaciones de la rotonda, sin embargo, las velocidades de operación a las que se aproximan los vehículos a la rotonda podrían propiciar las colisiones y vuelcos

7.5.6.2 Tramo homogéneo 10: Paso a desnivel sobre Calle Llanos

El tramo homogéneo 10 inicia en el estacionamiento 2+710 y se extiende por 218 m hasta el estacionamiento 2+930, a través del paso a desnivel sobre Calle Llanos.

El registro de choques viales del 2016 al 2020, de solo eventos con heridos y fallecidos, presentó 4 incidentes, distribuidos en: 1 herido grave y 3 heridos leves. De forma complementaria, al analizar los choques por tipo, resalta la presencia de un 75 % de eventos asociados a colisiones entre usuarios (colisión con bicicleta, colisión con motocicleta y colisión entre vehículos).

El tramo presenta una velocidad reglamentaria de 60 km/h, con un alineamiento predominantemente rectilíneo, con 1 carril por sentido de circulación de aproximadamente 3,6 m de ancho, condiciones que propician una circulación a mayor velocidad de la reglamentada y generan riesgos por las interacciones entre la vía principal y las rampas de ingreso y salida al sector de Calle Llanos, como se observa en la Figura 171.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 233



Figura 171. Sección transversal del tramo homogéneo 10

7.5.6.3 Tramo homogéneo 13 - 14: Aledaño a Servicentro MiGas y MATRA

Los tramos homogéneos 13 y 14 inician en el estacionamiento 3+330 y se extiende por 651 m hasta el estacionamiento 3+980, aledaño al Servicentro MiGas y venta de maquinaria pesada MATRA.

El registro de choques viales del 2016 al 2020, de sólo eventos con heridos y fallecidos, presentó 16 incidentes, distribuidos en: 1 fallecido, 1 herido grave y 14 heridos leves. De forma complementaria, al analizar los choques por tipo, resalta la presencia de un 94 % de eventos asociados a colisiones entre usuarios (atropello a persona, atropello a animal, colisión con bicicleta, colisión con motocicleta y colisión entre vehículos), de los cuales un 62 % corresponden a colisión con motocicletas.

El tramo presenta una velocidad reglamentaria de 40 km/h, con un alineamiento predominantemente rectilíneo con curvas de radio amplio, con 1 carril por sentido de circulación de aproximadamente 3,6 m de ancho, un carril para canalizar las maniobras hacia las rampas y un carril exclusivo de giro en la zona central, por lo que presenta una



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 234

sección transversal amplia. Las condiciones geométricas propician una circulación a mayor velocidad de la reglamentada y generan riesgos por las maniobras entre los accesos e intersecciones con la vía principal, las rampas y desarrollos comerciales e industriales, como se observa en la Figura 172.



Figura 172. Sección transversal de los tramos homogéneos 13-14

7.5.7 Evaluación de tramos de concentración de choques viales sobre Radial Atenas

Basado en la metodología expuesta en la *Sección 7.1.5.2 Identificación de tramos de concentración de choques viales* y la Tabla 16, donde se expone la clasificación por riesgo de siniestralidad y su escala por colores, implementada en la Tabla 48 con los tramos homogéneos que presentan un riesgo de siniestralidad superior a 0.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 235

Tabla 48. Tramos homogéneos en función del riesgo de siniestralidad

Tramo homogéneo	Longitud (m)	Inicio (km)	Final (km)	Riesgo de siniestralidad
1	74,26	0,00	0,07	1
3	185,03	0,16	0,35	2
4	92,96	0,35	0,44	2
5	94,51	0,44	0,53	2
7	98,51	0,64	0,74	1
10	249,69	1,13	1,38	2
14	424,25	2,29	2,71	2
17	91,62	3,19	3,28	1

Nota: se omitieron los tramos homogéneos con riesgo de siniestralidad de 0.

En la Figura 173 se observa a nivel de mapas la categorización del riesgo de siniestralidad por tramo homogéneo para la Radial Atenas, junto con los tramos sin evidencias de riesgos a partir del análisis de choques viales. De esto se observa la presencia de algunos segmentos con riesgo medio. Dado que no se identificaron tramos con riesgo alto, no se incorporó un análisis específico de cada tramo homogéneo.

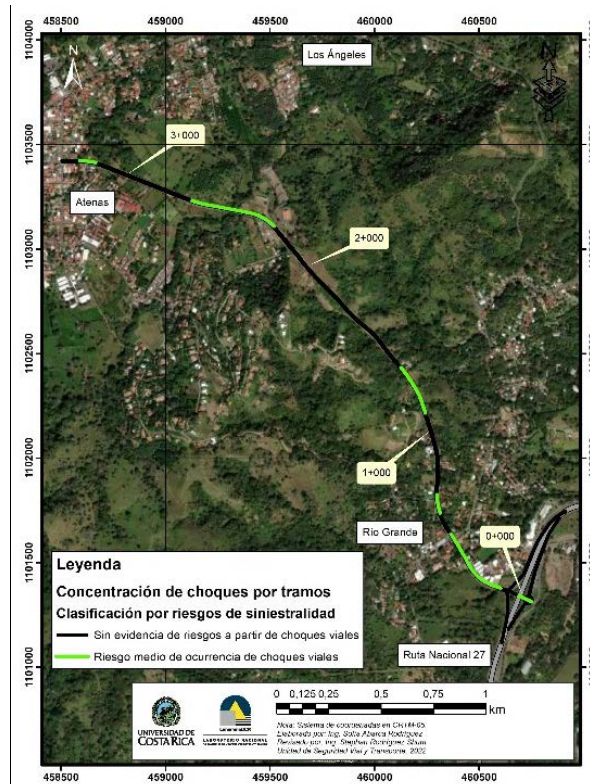


Figura 173. Riesgo de siniestralidad por tramo homogéneo Radial Atenas



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 236

7.5.8 Posibilidades de mejora ante choques viales

Como se evidenció en la evaluación de cada uno de los tramos homogéneos, tanto de la troncal como de las radiales, las deficiencias son repetitivas y esto responde a una concepción deficiente del proyecto desde la recolección de información básica hasta las consideraciones de diseño, por lo que de forma general el proyecto presenta deficiencias consistentes a lo largo de la vía.

Ante esta particularidad, se procede a identificar posibilidades de mejora a partir de las deficiencias identificadas en los tramos homogéneos para el corto y largo plazo, tomando en consideración el largo plazo como el escenario en el que se valora la ampliación de la vía. Adicionalmente, se presentan recomendaciones adicionales en la Sección 7.6 Observaciones complementarias.

A corto plazo:

- Implementar medidas efectivas que propicien la reducción de velocidad en las aproximaciones a los peajes, en la sección de la troncal donde se da la conexión a las radiales.
- Implementar medidas que alerten a los conductores ante la salida de vía, como lo es el uso de bandas sonoras en el espaldón externo.
- Colocar señales o dispositivos tipo delineadores previo a las bifurcaciones de accesos a las radiales e inicio y final de las barreras medianeras para alertar a los usuarios ante la presencia de estos riesgos.
- Desincentivar las maniobras de adelantamiento e invasión del carril opuesto de circulación con dispositivos como delineadores, esto para las zonas de mayor ocurrencia de choques viales.

A largo plazo:

- Como mínimo, apegarse en materia de diseño geométrico al Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras de la SIECA (2011); específicamente, pero no de forma única, en temas asociados a anchos de espaldón y longitudes de carriles de aceleración y desaceleración.
- Mantener consistencia en el diseño geométrico de la vía.
- Elaborar estudios integrales de movilidad para un adecuado diseño de las facilidades peatonales y ciclistas especialmente.
- Implementar análisis de márgenes y diseños de sistemas de contención vehicular.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 237

- Implementar cunetas de sección transversal segura o traspasables mediante rejillas o un rediseño de la sección.
- Separar de forma física ambos flujos de circulación a lo largo de toda la troncal.

7.6 Observaciones complementarias

En aras de complementar oportunidades de mejora del proyecto existente y exponerlas para su consideración en la ampliación de la vía, se plantean observaciones generales del proyecto en función de la presente evaluación y basadas en las observaciones planteadas en los informes anteriores:

- INF-PI-UGERVN-12-2020, correspondiente a la Evaluación del proyecto San José – Caldera, Ruta Nacional 27 del periodo 2019 - 2020.
- EIC-Lanamme-INF-0140-2021, correspondiente a la Evaluación del proyecto San José – Caldera, Ruta Nacional 27 del periodo 2020 - 2021.
- LM-PI-USVT-003-2021, correspondiente a la Revisión de aspectos de seguridad vial, movilidad y diseño geométrico del Anteproyecto para la ampliación de tramos específicos de la Carretera San José – Caldera.

7.6.1 Movilidad segura e inclusiva

Las dinámicas de movilidad de los distintos usuarios deben atenderse de formas que permitan identificar sus necesidades específicas, por lo que se segmentan las observaciones según usuarios motorizados y no motorizados. Sin embargo, es importante entender la movilidad de forma integral y encontrar el punto que satisfice las necesidades de todos los usuarios, sin minimizar las de los usuarios más vulnerables.

7.6.1.1 Usuarios vulnerables (no motorizados)

El diseño de la actual Ruta Nacional 27 sugiere un entorno vial para el desplazamiento de vehículos automotores, de forma predominante; sin embargo, a lo largo de la ruta hay diferentes entornos urbanos y rurales, los cuales generan una necesidad de conectar con lados opuestos de esta vía principal. Es por ello que se requiere de estudios de movilidad de usuarios no motorizados para entender estas necesidades de desplazamiento y su interacción con la troncal principal de la carretera y proveer infraestructura y facilidades seguras para cruzar la vía y acceder al servicio de transporte público.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 238

Los requerimientos de los usuarios no motorizados suelen omitirse en los estudios viales, ya que se tiene la concepción de que una carretera es de uso único de los vehículos automotores, lo que propicia conflictos entre los distintos usuarios.

Para evitar la invisibilización de los usuarios no motorizados, se deben realizar estudios de movilidad integrales, que contemplen a los peatones, ciclistas y otros usuarios no motorizados, donde se consideren parámetros como las trayectorias, los orígenes y destinos, características socioeconómicas y de género, percepción, entre otros parámetros que permitirán una mejor concepción del entorno. De forma análoga, para entender mejor la necesidad de estos usuarios, es de vital importancia la participación ciudadana, de forma que los usuarios identifiquen sus necesidades propias y enriquezcan las propuestas.

El proyecto, en términos generales canaliza a los usuarios no motorizados mediante puentes peatonales en diversos sectores de la vía, estos según Montero (2019) presentan algunas de las siguientes deficiencias:

- Ausencia de sistemas de contención vehicular laterales en accesos a puente.
- Ausencia de malla de protección.
- Ausencia de conexión a infraestructura ciclista o de transporte público.
- Ausencia de iluminación en accesos.

En diversos sectores, se evidenció la presencia de bahías de autobús en ambos márgenes de la vía, pero no se presentan condiciones seguras desde el punto de vista vial o social para conectar las trayectorias de los usuarios, por lo que se evidencia falencias en esta área.

Estas deficiencias representan riesgos para los usuarios no motorizados, tanto a nivel de seguridad vial como de seguridad social, por lo que se insta a realizar los análisis necesarios para proveer entornos seguros para los usuarios no motorizados.

7.6.1.2 Usuarios motorizados

Para estimar con mayor certeza la capacidad de la vía para los usuarios motorizados, es indispensable el uso de modelos de demanda de transporte urbano actualizados que permitan identificar los patrones de movilidad y los flujos de los usuarios.

Posterior a la estimación de la demanda de usuarios motorizados, es necesaria la simulación del tránsito, con un programa que permita evaluar las condiciones del proyecto, como peajes, bahías de autobús, interacción de distintos tipos de usuarios, condiciones de



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 239

congestión, radiales con rotondas, distintos niveles operativos de vías (autopista – entorno urbano), entre otros.

En caso necesario, la simulación debería alcanzar un nivel microscópico, modelo que permite analizar la interacción entre usuarios de forma detallada.

Estos análisis permitirán una mejor concepción de la vía, identificar la necesidad real de demanda, considerar la demanda latente y definir una geometría suficiente para operar con medidas de desempeño esperados de una autopista, sin requerir implementar medidas paliativas como los carriles reversibles, lo cual genera altos riesgos a nivel de seguridad vial, o alcanzar su capacidad en corto plazo.

7.6.1.3 Transporte público

Adicionalmente a los tramos de mayor concentración de atropellos, se observó la ubicación de las bahías de autobús en la troncal principal de la R.N. 27 con respecto a las zonas residenciales. A manera de ejemplo, el caso del poblado de Uvita, tal como se observa en la Figura 174 y Figura 175.

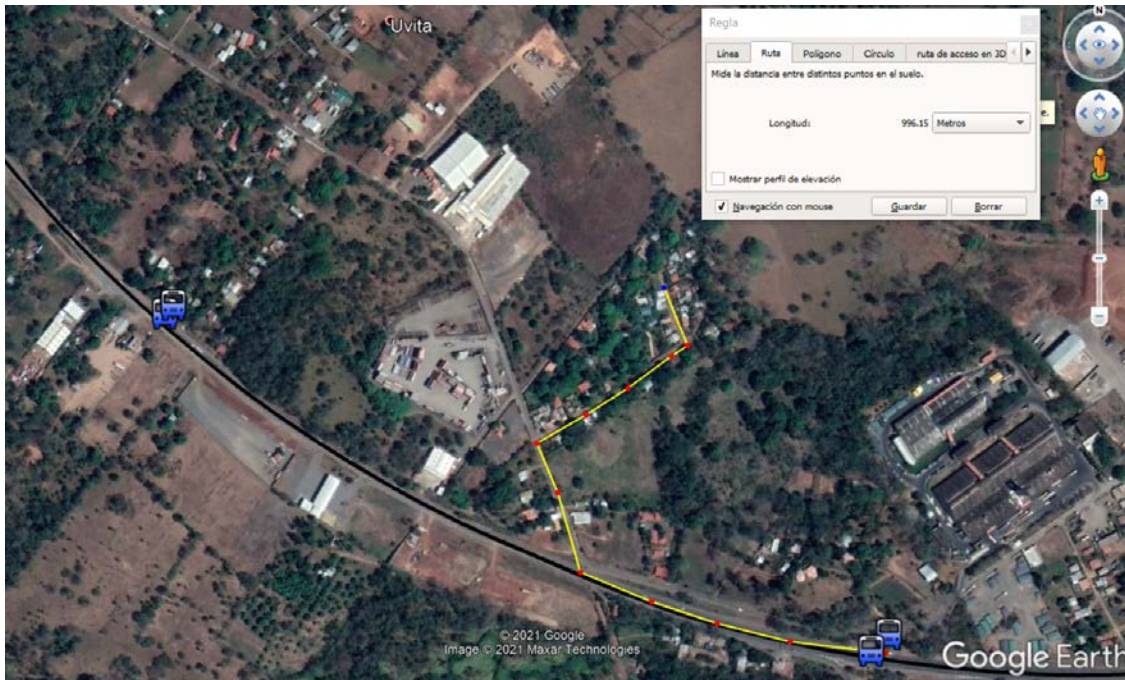


Figura 174. Ejemplo de recorrido de vecinos del poblado de Uvita, sector este



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 240

La Figura 174 muestra un ejemplo de la distancia de aproximadamente 1 km que una persona que vive en el sector este de Uvita debe de caminar para poder acceder a la parada del autobús. Esto fue confirmado a través de conversaciones con vecinos de la zona que estaban esperando el autobús, como se observa en la Figura 175. Estas personas deben cruzar la vía principal y caminar por el espaldón al menos 500 metros, ya que no hay aceras (más allá del área que abarca la bahía de autobuses) ni calles marginales que canalicen los flujos locales. En muchos casos, en los tramos divididos de la carretera, los vecinos confirmaron que es común que las personas tengan que pasar por encima de la barrera central de concreto para cruzar, buscando siempre la menor distancia de caminata.



Figura 175. Vecinos de Uvita y otros poblados cercanos, esperando autobús

7.6.2 Seguridad vial

Tanto para el proyecto vigente, como para su futura ampliación, es necesario ampliar y detallar las necesidades en materia de seguridad vial del proyecto, en especial, ante lo limitado que fue su alcance en el Cartel de licitación (CNC, 2000a) y Contrato de concesión (CNC, 2000b).



Aparte de referirse a la señalización vertical y demarcación horizontal de forma detallada, la *Sección 2.13.4.8. Proyecto de seguridad vial del Contrato de concesión y Sección 2.3.2.1.9. Proyecto de seguridad vial del Cartel de licitación*, especifica:

El proyecto de seguridad vial también deberá establecer la necesidad de dispositivos que permitan dar seguridad al tránsito, tales como el uso de valla en la medianera para evitar el encandilamiento de los conductores, vallas peatonales y cierres de accesos para evitar el cruce de peatones y de animales hacia la vía principal, elementos de contención, amojonamiento, defensas New Jersey o similar, bordes alertadores, etc. Todo lo anterior, tomando en cuenta los estándares internacionales en lo referente a seguridad vial. (CNC, 2000ab)

A nivel de cartel y contrato se evidenció la ausencia de especificidad en cuanto a los estándares internacionales necesarios para la selección de medidas que brinden seguridad a la vía y el diseño de las mismas, por lo que, ante la posibilidad de ampliación de la vía, es recomendable actualizar la normativa de referencia y especificar documentos nacionales e internacionales específicos. A manera de ejemplo, se enlistan algunos documentos que podrán ser de ayuda para esta labor, pero se aclara no es una lista extensiva o completa de la normativa que debe regir al proyecto:

- Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial (SIECA, 2011).
- Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA, 2014).
- Guía para el desarrollo de proyectos de infraestructura desde la óptica de la seguridad vial (Valverde, 2010).
- Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras (Valverde, 2011).
- Ley N° 9976 Movilidad peatonal
- Ley N° 9660 Movilidad y seguridad ciclística
- Decreto N° 38799-MOPT Reglamento de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías.
- Decreto N° 37347-MOPT Manual para el desarrollo de proyectos de infraestructura desde la óptica de la seguridad vial, en la formulación y ejecución de las obras públicas pertinentes controladas por el MOPT y por el Estado costarricense, donde se incorpora el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras (Valverde, 2011).



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 242

- Decreto N° 40632-MOPT donde se establece la incorporación obligatoria del componente de seguridad vial en todas las labores de planificación y construcción de obras viales y su eventual conservación, mejoramiento y/o rehabilitación.

Adicionalmente, es importante mejorar el registro de datos de choques viales, de preferencia, bajo los mismos estándares que el Consejo de Seguridad Vial (COSEVI) utiliza, ya que, al procesar la información de choques viales suministrados por el Consejo Nacional de Concesiones, se evidenciaron las siguientes deficiencias:

- Categoría de tipos de choques que no coinciden con las categorías establecidas por el COSEVI, por lo que no es viable comparar las estadísticas.
- Categorías asignadas de forma arbitraria: al revisar la descripción del evento y la categoría asignada, no es clara la diferencia entre colisión por alcance, colisión triple por alcance y colisión posterior.
- Descripciones poco informativas: al no contar con un registro estándar separado según el tipo de información que debe recopilarse en cada evento, la descripción de cada siniestro vial no es consistente en cantidad ni calidad de la información, ya que su contenido queda a criterio del personal a cargo del registro.
- Subregistro en radiales: Al solicitar el registro de choques viales de las radiales para el periodo 2016-2021 al CNC, se suministró vía oficio SJ-C 2022-0100-DO un total de 8 eventos para todas las severidades de choques viales y para las cuatro radiales, registro deficiente para un periodo de 6 años.

Sumado a la necesidad de mejorar la normativa asociada al proyecto y las prácticas de gestión de datos de choques viales, es importante que se especifiquen procedimientos de análisis de los datos de choques viales que permitan identificar los sitios en los que sean más recurrentes los siniestros viales.

De forma complementaria y proactiva, se recomienda especificar procedimientos de evaluación periódica en la seguridad del proyecto, esto mediante evaluaciones de seguridad vial que permitan identificar posibilidades de mejora en el proyecto, previo a que ocurran choques viales. Adicionalmente, metodologías como el análisis de conflictos permiten identificar zonas conflictivas para los usuarios, sin que estén registradas en boletas de choques viales, por lo que amplía las posibilidades de análisis para resolver las deficiencias en materia de seguridad vial.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 243

Cabe destacar que tanto en el cartel (CNC, 2000a) como en el contrato (CNC, 2000b) del proyecto, se detalla ampliamente el procedimiento para estimar el “Premio por seguridad vial”, sin embargo, este premio no especifica una sanción u obligaciones que deba realizar la empresa concesionaria ante el escenario opuesto, en el que la vía presenta condiciones deficientes en materia de seguridad vial, como las presenta en la actualidad.

7.6.3 Geometría

A nivel geométrico se repiten las mismas observaciones presentadas en los informes INF-PI-UGERVN-12-2020, EIC-Lanamme-INF-0140-2021 y LM-PI-USVT-003-2021. En estos informes se evidenciaron deficiencias en la ubicación de bahías de autobús, el escaso espaldón y las distancias reducidas de carriles de aceleración y desaceleración. De forma complementaria, la presencia de cunetas con sección transversal triangular y la ausencia de una mayor consistencia en la sección transversal propician la ocurrencia de choques viales.

Adicionalmente, se presentan accesos a la vía principal que se realizan de forma directa, condición que se observa en la Figura 176, donde se evidencia un vehículo aledaño al puente sobre el río Caraña, en un acceso sin carril de aceleración. Esta condición propicia el ingreso y salida de vehículos a la vía, sin medida alguna de seguridad, donde el ángulo de las maniobras y los diferenciales de velocidad propician una alta severidad en los posibles choques viales.

En una vía con las condiciones de velocidad presentes en la Ruta Nacional 27, es inadmisibles la presencia de accesos no canalizados, por lo que deben clausurarse los accesos hasta que se pueda proveer de condiciones seguras para su operación.



Figura 176. Accesos inseguros a Ruta Nacional 27, aledaño al puente sobre el río Caraña

7.6.3.1 *Sistemas de contención vehicular*

Las deficiencias en el diseño y construcción de los sistemas de contención vehicular de la Ruta Nacional 27 han sido alertados de forma recurrente en los informes LM-PI-USVT-017-019, INF-PI-UGERVN-12-2020 y EIC-Lanamme-INF-0140-2021, así como en el oficio LM-IC-D-0946-2020, estos a manera de resumen detallan deficiencias en:

- Barreras de contención aisladas
- Terminales de barrera mediana en concreto
- Placas metálicas en barrera mediana
- Elementos de concreto en aproximaciones a peajes
- Barreras metálicas laterales con bordillo de concreto
- Transiciones entre sistemas de contención
- Anclajes entre barreras de concreto consecutivas y a la superficie de la vía

Ante la última deficiencia, se resaltaron los choques ocurridos en el sector de Escazú sobre la Ruta Nacional 27 durante el año 2020, donde las deficiencias en el anclaje de las barreras de concreto consecutivas y a la superficie de la vía aumentaron la severidad de los choques, condición presente en la Figura 177. Cabe destacar que los eventos



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 245

evidenciados en la Figura 177 podrían presentarse en otros segmentos de la vía, ya que no se tiene certeza de la correcta instalación de los dispositivos de contención vehicular.

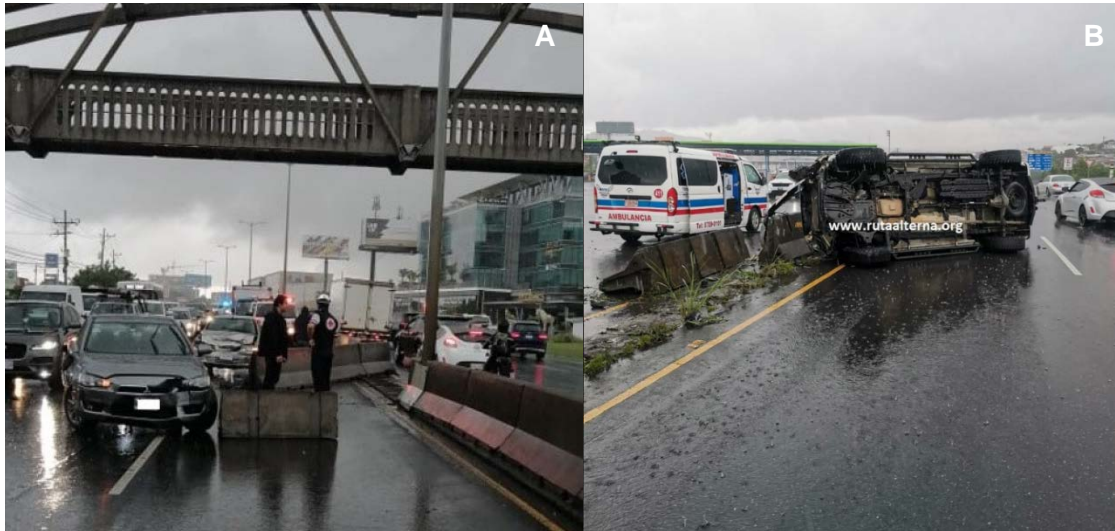


Figura 177. Choques viales contra sistemas de contención vehicular de concreto deficiente
Nota: Fotografía A tomada de <https://www.crhoy.com/nacionales/se-llevan-hasta-la-barrera-en-choque-multiple-en-la-ruta-27/>, CRHoy (2020) y fotografía B tomada de <https://www.facebook.com/Ruta-Alternativa-149642631716218>, Ruta Alterna (2020).



8 CONCLUSIONES

8.1 Conclusión General

El presente es un informe técnico de evaluación, reiteramos, que se enmarca dentro de las funciones de ente fiscalizador que la Ley le confiere al *LanammeUCR*.

El análisis integral del pavimento en la troncal principal, se realiza considerando la influencia de una serie de aspectos que afectan en algún grado la calidad general del proyecto. Se debe tomar en consideración la calidad de los materiales utilizados, es decir, el diseño de los espesores de las distintas capas del pavimento, el nivel de servicio que el pavimento brinda a los usuarios en términos de confort, costos de operación vehicular, seguridad vial y, por último, el nivel de deterioro superficial. Todos estos aspectos no son independientes entre sí, dado que existe una estrecha correlación entre cada uno de ellos y deben ser ponderados dentro del ámbito de un proyecto en concesión de obra pública.

A partir de la evaluación realizada, se observó que, de manera general, la Ruta 27 San José - Caldera presenta una muy buena capacidad estructural en casi toda su longitud. Sin embargo, la condición funcional (que está relacionada directamente con el confort y los costos de operación) indica que aproximadamente un 32% de la longitud del proyecto, se encuentra en la categoría “Buena” y el 68% restante se clasifica como “Regular”, lo que representa un incremento de esta última categoría en casi un 4% con relación a la evaluación anterior (periodo 2020-2021).

La prueba con el medidor de agarre superficial “*GripTester*”, usado a nivel internacional para medir la resistencia al deslizamiento de una superficie de ruedo en carretera, dio resultados que señalan tramos de la vía con valores ubicados en la categoría de “Muy Deslizante” (5,19 % de la longitud en el sentido San José - Caldera y un 3,90 % en el sentido contrario); y en el sentido Caldera – San José, un 31,17 % se encuentra en la categoría de “Deslizante”, condición que en el sentido opuesto se ubicó en 27,27 %. Por su parte, la prueba con el “*MuMeter*”⁷ dio como resultado que un 1,3 % de la longitud de la troncal principal, en cada sentido de circulación, con una condición fuera de los valores estipulados en el contrato.

⁷ El LanammeUCR, en el informe *INF-PI-UGERVN-05-2016* consigna que las especificaciones presentes en el *Contrato de Concesión de Obra Pública de la Carretera San José – Caldera*, en el apartado relativo a la medición de la resistencia al *resbalamiento* como se denomina ahí, no son apropiadas desde el punto de vista técnico, debido al uso original del *MuMeter* para realizar esta medición en pistas de aterrizaje, y que no es posible adaptarlo a la medición de carreteras, debido a que la configuración física de las ruedas no coinciden con las huellas de los vehículos.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 247

Con los resultados de las pruebas de capacidad estructural, funcional y de agarre superficial, se calculan las Notas de Calidad para la ruta, así como las estrategias de intervención según la nota obtenida en cada tramo. Si bien las notas obtenidas califican la ruta en buenas condiciones (al ser las Q1 y Q2 las que abarcan la mayor parte de la longitud del proyecto), al comparar los resultados de esta última campaña contra campañas anteriores, es posible determinar una tendencia a la mejora, la cual se ha venido reflejando desde el año 2019. Esto especialmente es claro al analizar las estrategias de intervención, las cuales para esta evaluación son más severas en comparación con las obtenidas en evaluaciones anteriores.

En contraste con la troncal principal, 3 de las 4 radiales del proyecto (Coyol, Atenas y Turrúcares) muestran valores de deflectometría, condición funcional y agarre superficial principalmente en rangos moderados a malos, lo cual se refleja en Notas de Calidad altas (Q8 y Q9, R1 a R3), y estrategias de intervención severas para recuperar condiciones normales. Sólo la radial de Escobal se encuentra en buen estado general.

En el tema de deterioros superficiales, se sigue la tendencia marcada desde la campaña de evaluación 2018-2019, con un aumento de los deterioros tipo área y disminuye la cantidad de kilómetros con grietas, en comparación con evaluaciones anteriores. Para el primer tipo, los deterioros más comunes son piel de lagarto, el bache y la exudación; mientras que en el segundo tipo dominan las grietas longitudinales y transversales. Es de recordar que el cartel de licitación para este proyecto, prohíbe del todo la existencia de la exudación, deterioro que ha sido relacionado a nivel mundial con bajos niveles de agarre superficial.

A partir de investigaciones del *LanammeUCR* en modelos de deterioros para rutas nacionales, se pudieron crear los modelos en esta evaluación. Con ello y la calibración que se hará año con año, cuando nuevos valores de *IRI* sean obtenidos, será posible evaluar las políticas de mantenimiento que se están aplicando a la ruta. Con los resultados obtenidos este año, se puede observar que hay dos tramos analizados en los próximos 6 y 8 años cumplirían un nivel de serviciabilidad inferior a un PSI igual a 3.

En el tema geológico – geotécnico, son muchos los problemas que afectan esta ruta. La mayor parte de ellos se encuentran en la zona montañosa del *Tramo 2*, e históricamente han venido presentando problemas desde la misma apertura de la ruta, en el año 2010. Estos sitios han sido evaluados por el *LanammeUCR* en varios informes de años anteriores. De no aplicarse las recomendaciones, es de esperar que presenten problemas con los fenómenos extraordinarios de lluvias que cada vez más, afectan el territorio.



A nivel de movilidad y seguridad vial se evidenciaron deficiencias generalizadas tanto en la vía principal, como en sus radiales. Estas presentan posibilidades de mejora en el diseño geométrico, señalamiento vial, diseño de los márgenes de carretera, sistemas de contención vehicular, conectividad entre centros atractores y generadores de viajes peatonales, infraestructura peatonal en general e infraestructura destinada al transporte público.

De forma complementaria se logró evaluar el estado de la demarcación horizontal, señalamiento vertical, sistemas de contención vehicular con algún grado de deficiencia y las discontinuidades en los sistemas de contención vehicular, lo cual permite una comparación histórica a partir de las futuras evaluaciones anuales del proyecto.

También, al recopilar los registros de choques viales históricos sobre la Ruta Nacional 27 y sus Radiales, se identificaron y evaluaron los sitios con mayor ocurrencia de atropellos y ocurrencia de choques viales, información que permitió identificar los principales factores de riesgo de la infraestructura vial para la ocurrencia de los eventos.

8.2 Conclusiones Específicas

8.2.1 Sobre la condición estructural

Los resultados obtenidos con el *Deflectómetro de Impacto*, muestran que el proyecto mantiene una buena condición estructural en gran parte de la longitud del troncal principal del proyecto. En comparación con la evaluación de años anteriores, se detecta la tendencia a la mejora en este parámetro, dado que el porcentaje obtenido de la longitud con deflexiones bajas aumento en un 6% aproximadamente.

En contraste, las radiales presentan condiciones donde predominan los rangos de deflexiones altas y muy altas en buena parte de su longitud, lo que indica condiciones estructurales malas. Sólo la radial de Escobal presenta el 100% de su longitud en ambos sentidos, en condiciones buenas con deflexiones bajas.

8.2.2 Sobre la condición funcional

En este parámetro, alrededor de un 67% de la longitud de la troncal principal presenta regularidades en el rango de Regular, el restante 36% corresponde a una condición Buena. Sabiendo la relación existente entre valores altos de IRI con costos de operación, es importante establecer una política para reducir este porcentaje, sobre todo cuando es posible ver una clara tendencia al deterioro (aumento del porcentaje de longitud



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 249

en el rango regular de IRI) desde la campaña de evaluación 2015-2016, con una leve disminución en el año 2019.

Con respecto a las radiales, el rango de *IRI* predominante es el Regular, con porcentajes promedio en el orden de 80% de la longitud de cada radial en esta categoría.

8.2.3 Sobre la resistencia al deslizamiento

En el sentido San José – Caldera se presenta aproximadamente un 32,46 % de la vía entre la condición *Muy Deslizante* y *Deslizante*, condición que para el sentido opuesto representa un 35,07 %. Según los datos obtenidos con el GripTester, se puede relacionar con niveles bajos de seguridad vial al momento de transitar los usuarios por la superficie de la carretera.

En lo que respecta a los datos obtenidos con el *MuMeter*, en ambos sentidos se registró un 1,30 % de la longitud de la ruta en cada sentido de circulación, que presenta valores fuera de los rangos estipulados en el contrato.

En comparación con las campañas anteriores del periodo 2018 al 2020, los valores obtenidos con el *Grip Tester* habían experimentado una disminución en relación con los valores que se clasifican como *Muy deslizante* y *Deslizantes* en ambos sentidos de circulación. Sin embargo, los registros del año 2021 evidencian deterioros, con un aumento predominante en la categoría *Deslizante* para ambos sentidos de circulación.

Al analizar las radiales, predominan las condiciones *Poco Deslizante* y *Deslizante* de forma generalizada, sin embargo, la Radial El Coyol presenta segmentos de vía en condición *Muy Deslizante*, con un 33,33 % para el sentido Ruta Nacional 27 hacia El Coyol y un 35,0 % en sentido opuesto. De forma análoga, la Radial Atenas presenta un 25,0 % en condición *Muy Deslizante* para el sentido Ruta Nacional 27 hacia Atenas, al igual que la Radial Escobal en sentido hacia la Ruta Nacional 27.

Al tomar en cuenta los datos del *MuMeter* para las radiales, estos presentan un 100 % de cumplimiento para la Radial El Coyol en ambos sentidos, así como un 100 % de incumplimiento para la Radial Turrúcares.

Queda demostrado con ambos métodos que la Ruta Nacional 27 y sus Radiales muestran un grado importante de incumplimiento en este parámetro, donde de forma histórica no se alcanzan valores robustos en la categoría *No deslizante*, condición a la que se debe aspirar de forma predominantemente.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 250

8.2.4 Sobre los deterioros superficiales de la mezcla asfáltica

Gracias a la información obtenida con el *Equipo de Imágenes*, fue posible realizar una evaluación detallada de la totalidad de los deterioros superficiales por medio del *Imaging* en las radiales y la troncal principal. La evaluación de los años 2015 – 2018, indicó un aumento importante en el área con deterioros; con los resultados de la presente evaluación (2021-2022).

En las radiales, el deterioro predominante es el tipo *piel de lagarto*, seguido en menor medida por la *exudación* y los *agrietamientos*.

8.2.5 Sobre las notas de calidad y las estrategias de intervención

Para la troncal principal, las notas de calidad predominantes son *Q1* y *Q2*, con porcentajes bajos para la nota *Q5*. Esto en general refuerza el concepto de que el proyecto presenta una buena condición estructural y funcional, en un porcentaje importante de su longitud. Sin embargo, al comparar las notas obtenidas en campañas de evaluación anteriores, tanto por distribución como por la aparición de nuevas notas (tramos con notas *Q6* y *Q8*), lo que muestra una tendencia general hacia el deterioro. Lo anterior, se refuerza cuando se determinan las estrategias de conservación: para estas últimas campañas, los resultados obtenidos indican estrategias cada vez más severas, con el fin de devolver a la superficie de rueda las condiciones normales para un proyecto de este tipo.

En las radiales, sólo la de Escobal presenta notas buenas *Q1* y *Q2*. En las demás radiales, se dan porcentajes importantes de tramos con notas *Q7* a *Q9*, y *R1* a *R3*, lo que confirma lo expresado en secciones anteriores: en general, las radiales presentan estándares muy por debajo de los dados a la troncal principal, al punto que muchos tramos califican para reconstrucción.

8.2.6 Sobre los Modelos de Deterioro

Con la ruta dividida en tramos homogéneos para cada uno de los sentidos y con el modelo de *PSI* desarrollado por el *LanammeUCR* para Costa Rica, el cual utilizada como información de entrada los datos calculados de *IRI* con el perfilómetro láser, se crearon los modelos de deterioro para la troncal principal. Para esta evaluación se obtuvo que los tramos uno y dos en el sentido Caldera – San José, presentarían un valor de *PSI* inferior a 3 en los próximos 6 y 5 años respectivamente si se continúan aplicando las estrategias de mantenimiento que hasta ahora se han venido aplicando, lo que implicaría que para los años 2025 y 2026 debiera de realizarse labores de rehabilitación mayor para que estos tramos cuenten con un valor de *PCI* superior a 3



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 251

8.2.7 *Sobre el estado de los taludes y terraplenes adyacentes a la ruta*

8.2.7.1 *Deslizamientos históricos en la RN-27*

- A partir de informes y datos de prensa, se generó una base de datos de deslizamientos que han tenido lugar en la RN-27 desde que inició sus operaciones hasta setiembre del 2022.
- Se documentaron 65 deslizamientos, de los que 63 corresponden con deslizamientos en taludes de corte y 2 con hundimientos en el terreno que da soporte a la carretera (el del Pk 46+780 y el del Pk 44+500).
- Se documentaron 11 cierres en la RN-27 debido a deslizamientos, varios sitios han sido recurrentes.
- La afectación a los usuarios por los deslizamientos ha sido en la mayoría de los casos de forma indirecta, en varias ocasiones el material deslizado ha impactado vehículos.
- El tramo entre Ciudad Colón y Orotina es donde más deslizamientos se han presentado desde el año 2010, siendo la lluvia el principal disparador de este tipo de eventos.
- Los tres meses en los que más precipitaciones se dan en el sector de Atenas son: setiembre, octubre y junio con más de 500 mm/mes. Luego siguen los meses de agosto, mayo, julio y noviembre con más de 400 mm/mes. El mes en que más deslizamientos se han registrado es noviembre. Esto ocurre al final de la estación lluviosa cuando los suelos están saturados.
- No se han documentado deslizamientos que afecten la vía de la RN-27 que hayan sido disparados por sismos. Sin embargo, si se han dado un evento cerca del Puente del Río Virilla donde hubo un deslizamiento disparado por el sismo del 12 de noviembre del 2017. En este mismo sitio el 18 de setiembre debido a lluvias intensas se dio un deslizamiento que provocó fracturas en el terreno a aproximadamente 60 m de distancia del bastión del puente sobre el río Virilla de la RN-27.

8.2.7.2 *Sobre las condiciones geotécnicas y sistemas de drenaje*

De acuerdo con los resultados obtenidos del trabajo de evaluación realizado en el campo, así como del análisis de la información generada mediante los equipos de evaluación del LanammeUCR, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Los taludes de los estacionamientos 38+600 y 46+200 han presentado eventos de caída de materiales en la carretera, en ambos casos también esta caída ha



provocado una afectación directa a los usuarios, y al servicio que presta el Concesionario.

- Es necesario considerar el efecto del Drenaje Ácido de Rocas (DAR) en el diseño de las soluciones de estabilización y protección superficial que se realicen en los sitios donde ya ha sido identificado este tipo de drenaje, tal como ocurre en el tramo del estacionamiento Pk 38+600 de esta Ruta Nacional. El DAR tiene un efecto directo en la durabilidad de los materiales que no está preparados para un medio ácido (concreto, acero, etc.), lo que afecta el funcionamiento y la durabilidad de las soluciones geotécnicas en estos sitios.
- Las soluciones temporales y definitivas que se construyan para estabilizar o proteger superficialmente los taludes evaluados en este informe, deben cumplir a cabalidad con lo establecido en la legislación nacional vigente y aplicable en esta materia.
- La solución que sea implementada para estabilizar, a largo plazo, el deslizamiento que tiene lugar en un tramo del talud en el km 38+600, debe considerar el efecto que tendrán las obras necesarias para recuperar la estabilidad de la vía férrea en la parte alta de este talud.
- Los planes de mantenimiento periódico de los sistemas de drenaje en estos sitios y en general en todo el corredor vial, deben ser objeto de revisión y mejoramiento. Estos sistemas generalmente están colmatados al momento de realizar las giras de evaluación que llevan a cabo funcionarios del LanammeUCR.
- En el km 46+200, en el sitio de la caída de material del 10 de mayo, continúa existiendo material rocoso en condiciones que deben ser evaluadas por el Concesionario en el corto plazo, con el fin de valorar técnicamente la necesidad de realizar intervenciones que disminuyan el riesgo de ocurrencia de otro evento en este sitio.

8.2.8 Sobre la movilidad y seguridad vial

8.2.8.1 Sobre el señalamiento vertical

La evaluación sobre la Ruta Nacional 27 identificó un total de 1387 señales verticales, de las cuales un 91,6 % se clasificó como *Buena*, 3,7 % como *Regular* y un 4,7 % como *Mala*. Cabe destacar que la evaluación fue por auscultación visual (cualitativa), por lo que no sustituye una evaluación que considere la retrorreflectividad de los viniles (cuantitativa), sin embargo, brinda insumos para estimar de forma generalizada el estado de las señales. Cabe resaltar que, a pesar del buen estado de las señales, se identificaron 33 señales informales y 33 señales indefinidas, estas representan señales que, por la ausencia del panel o vinil, no permiten identificar su tipo.



De forma análoga, la evaluación sobre las radiales identificó 331 señales en la Radial El Coyol, Turrúcares, Atenas y Escobal. De forma general su estado fue similar al de la Ruta Nacional 27: 88,8 % clasificado como *Buena*, 6,3 % como *Regular* y un 4,8 % como *Mala*. De forma puntual por radial sobresalen los siguientes resultados:

- Radial El Coyol: se registraron 146 señales verticales y su estado se segrega por tipo en la Tabla 18 y la Figura 92, resalta que un 87 %, equivalente a 127 señales, presentan una condición *Buena*, sin embargo, un 6 % de todas las señales, correspondiente a 9 señales se clasificaron como informales, condiciones que requieren atención por parte de la Concesionaria.
- Radial Turrúcares: se registraron 53 señales verticales y su estado se segrega por tipo en la Tabla 19 y la Figura 93, de estas resalta un 11,3 % con condición *Mala*, correspondiente a 6 señales de tipo *Indefinido*.
- Radial Atenas: se registraron 34 señales verticales y su estado se segrega por tipo en la Tabla 20 y la Figura 94. Según su estado se identificaron 5,4 % en condición *Mala* y 10,8 % en condición *Regular*, correspondiente a un 16,2 % de las señales. Sin embargo, al sumar las señales informales en estado *Buena*, se alcanza un total de 23 señales o un 24,7 % de las señales en condición que requieren atención por parte de la Concesionaria.
- Radial Escobal: se registraron 39 señales verticales y su estado se segrega por tipo en la Tabla 21 y la Figura 95, un 94,9 %, correspondiente a 37 señales, presenta un estado *Buena*.

8.2.8.2 Sobre la demarcación horizontal

Posterior a la evaluación de la demarcación horizontal en estado *Malo* o deteriorado, se registraron 896 tramos y sitios a través de toda la Ruta Nacional 27, cantidad que se puede asociar a 18,32 km lineales equivalentes de demarcación continua con necesidades de mantenimiento.

En función del tipo de demarcación horizontal, se logró evidenciar que un total de 68,3 % de los sitios identificados con un estado *Malo* presentan deterioro en las líneas continuas (612 tramos y sitios) con una extensión de 11,89 km lineales equivalentes, seguido de un 19,2 % en líneas discontinuas (172 tramos y sitios) y en menor medida un 12,5 % para las figuras, letras y números (112 sitios).



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 254

Asociado al color de la demarcación horizontal, se registró un deterioro predominante en la demarcación color blanca, con una ocurrencia del 83,1 %, equivalente a 745 tramos y sitios con deterioros con una extensión de 14,98 km lineales equivalentes. De forma análoga, la demarcación color amarillo presentó un 16,9 % de ocurrencia, equivalente a 151 tramos con deterioros con una extensión de 3,34 km lineales equivalentes.

Con respecto a la ubicación de la demarcación horizontal, predominantemente se detectaron deterioros en la línea del borde externo de los carriles, con una ocurrencia del 45,3 % del total, equivalente a 406 tramos y sitios registrados y 8,06 km lineales equivalentes. La segunda ubicación con mayor ocurrencia fue la línea de carril, demarcación que genera la divisora entre los carriles del mismo sentido de circulación. De estos, se detectó un 19,2 % de ocurrencia, correspondiente a 219 tramos y sitios y 6,20 km lineales equivalentes.

De forma análoga, la evaluación sobre la Radial El Coyol, Turrúcares, Atenas y Escobal registró 234 tramos y sitios con necesidades de mejora, equivalentes a 7,42 km lineales equivalentes de demarcación continua.

En función del tipo de demarcación horizontal, se logró evidenciar que un total de 72,2 % de los tramos y sitios identificados con un estado *Malo* presentan deterioro en las líneas continuas (169 tramos) con una longitud equivalente a 6,26 km lineales, seguido de un 19,3 % en figuras, letras y números (45 sitios) con una longitud equivalente de 0,18 km lineales y en menor medida un 8,5 % para las líneas discontinuas (20 tramos) con una longitud equivalente de 0,99 km lineales.

Asociado al color de la demarcación horizontal, se registró un deterioro predominante en la demarcación color blanco, con una ocurrencia del 79,5 %, equivalente a 186 tramos y sitios con deterioros con una extensión de 5,59 km lineales equivalentes. De forma análoga, la demarcación color amarillo presentó un 20,5 % de ocurrencia, equivalente a 48 tramos con deterioros con una extensión de 1,83 km lineales equivalentes

Con respecto a la ubicación de la demarcación horizontal, predominantemente se detectaron deterioros en la línea del borde externo de los carriles, con una ocurrencia del 47,9 % del total de sitios, equivalente a 112 tramos registrados y 4,35 km lineales equivalentes. La segunda ubicación con mayor ocurrencia fue al centro del carril, zona



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 255

donde se ubican las letras, figuras y números. De estos, se detectó un 19,2 % de ocurrencia, correspondiente a 45 sitios y 0,18 km lineales equivalentes.

8.2.8.3 *Sobre los márgenes y sistemas de contención vehicular*

Las deficiencias en los márgenes de carretera del proyecto son recurrentes y constantes a través de toda la vía y sus radiales, donde se presentan anchos de espaldón interno y externo insuficientes, cunetas con sección riesgosa, así como luminarias, pilas o postes de señales que representan riesgos para los usuarios.

En términos generales los sistemas de contención semirrígidos fueron anclados en los márgenes y la superficie fue cubierta de concreto o pavimento, condición que no permite evidenciar si el anclaje se realizó según las condiciones típicas en las que se ensayan estos dispositivos.

Las barreras semirrígidas y barreras de concreto presentan elementos que irrumpen la continuidad del dispositivo, condición que limita su funcionamiento como sistema y podría aumentar la severidad de un choque vial.

Sumado a las discontinuidades de las barreras, las bases de señales tipo pórtico y las pilas de puentes invaden el escaso espacio de espaldón, condición que propicia la colisión contra estos elementos, por lo que pone en riesgo a los usuarios y a las mismas estructuras.

Las aproximaciones a las casetas de peajes cuentan con elementos monolíticos de concreto que, en caso de ser colisionados, podrían desprender trozos de concreto, aumentar la severidad de los daños a los usuarios y personal del peaje.

Las cunetas en general presentan una sección transversal triangular, que, acompañada del escaso ancho de los espaldones y las bifurcaciones, representa un riesgo continuo a través de toda la vía. En algunas secciones se identificaron sistemas de contención vehicular colocados posteriores a una cuneta triangular, por lo que el dispositivo de seguridad se convierte en un obstáculo más en la vía.

Se identificaron elementos que conectan las barreras metálicas con las de concreto, sin embargo, estas no son similares a los diseños típicos para estos elementos de transición, por lo que no se tiene certeza si son dispositivos apropiados para la función.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 256

Según se especificó en la Sección 8.5.2 Sistemas de contención vehicular, se ha notificado a la CNC en diversos informes las deficiencias en material de sistemas de contención vehicular, los cuales se resumen, pero no se limitan a:

- Barreras de contención aisladas
- Terminales de barrera mediana en concreto
- Placas metálicas en barrera mediana
- Elementos de concreto en aproximaciones a peajes
- Barreras metálicas laterales con bordillo de concreto
- Transiciones entre sistemas de contención
- Anclajes entre barreras de concreto consecutivas y a la superficie de la vía

Estas deficiencias han propiciado choques viales o han incidido en aumentar su severidad, caso evidenciado en la Figura 142, donde se observan 2 choques viales que reflejan las deficiencias de los dispositivos de contención vehicular de concreto en mediana cuando se presentan las siguientes condiciones:

- Ancho de espaldón interno insuficiente
- Elementos que irrumpen con la continuidad del sistema de contención vehicular, en este caso las luminarias en la mediana.
- Ausencia de vinculación entre las secciones de barrera y entre las barreras y la superficie del pavimento.

Las deficiencias antes mencionadas son recurrentes, lo cual se evidenció a través de la identificación de 712 sistemas de contención vehicular deficientes y colisionados sobre la Ruta Nacional 27.

De estos 712 sistemas de contención, un 1,1 % se clasificó como *Colisionados*, equivalente a 8 elementos y 98,9 % como *Deficientes*, equivalente a 704 e. Al segregar los dispositivos con condición *Deficiente* según el tipo y estado, sobresalen los *terminales* en estado *Crítico* representan un 72,5 % de los registros (516 elementos) y las transiciones que presentan en estado *Regular* un 17,4 % de ocurrencia (124 elementos) y un 7,0 % de ocurrencia en estado *Crítico* (50 elementos).

A nivel de discontinuidades en los sistemas de contención vehicular, se evidencian las falencias generalizadas en la conceptualización del proyecto, donde se registraron 366 condiciones que irrumpen la continuidad de los dispositivos de contención.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 257

De estos, un 62,6 %, equivalente a 229 elementos, corresponden a luminarias que se alinean con las barreras de contención, condición que limita el correcto funcionamiento de los dispositivos. Como segunda categoría de discontinuidades, se identificó un 22,4 % de ocurrencia, equivalente a 82 registros, para discontinuidades con espacios vacíos entre sistemas de contención vehicular, por lo que estos espacios podrían generar el anclaje de un vehículo ante una colisión.

De forma análoga, la evaluación sobre las radiales registró 140 dispositivos en condición *Deficiente* y *Colisionado*, esto para la Radial El Coyol, Turrúcares, Atenas y Escobal. Al segregar los dispositivos según su condición el 100 % se clasificó como *Deficientes*. Al segregar los dispositivos con condición *Deficiente* según el tipo y estado, resaltan que los terminales en estado *Crítico* representan un 82,1 % de los registros (115 elementos) y un 17,9 % en estado *Regular* (25 elementos). Al analizar por tipo de sistema de contención y de forma generalizada, resalta que un 81,4 % de los dispositivos corresponden a terminales en condición *Crítica* (114 elementos) y un 13,6 % en condición *Regular*, corresponden a transiciones (19 elementos).

A nivel de discontinuidades de los sistemas de contención vehicular en las Radiales, se identificó de forma general 44 discontinuidades, que predominantemente corresponden a espacios vacíos entre dispositivos, con una ocurrencia del 97,7 %, equivalente a 43 registros.

8.2.8.4 Sobre los espaldones

A partir de las mediciones de anchos de espaldón a lo largo de la Ruta Nacional 27 y sus Radiales, se lograron identificar debilidades geométricas del proyecto, que deberán ser tomadas en consideración en la ampliación.

Asociado a la Ruta Nacional 27, el 100 % de la vía incumple con los requerimientos mínimos de anchos de espaldón externo solicitados por el Manual de Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras de la SIECA (2011) y en un 81,9 % para la versión anterior del manual de la SIECA (2001), al categorizar la ruta como autopista. Los resultados son congruentes ante la presencia de un 59,9 % de tramos homogéneos analizados con anchos de espaldón externo que oscila entre 1,49 m y 1,83 m.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 258

Al valorar el espaldón interno para la Ruta Nacional 27, se identifica un incumplimiento del 88,4 % para SIECA (2011) y SIECA (2001), condición resultante de un 99,2 % de los tramos analizados con un ancho inferior a los 1,5 m.

En cuanto a las radiales, de forma general presentan espaldones que en un 69,2 % de los tramos homogéneos analizados miden entre 1,34 m y 2,1 m, por lo que un 76,92 % de las mediciones cumplen con SIECA (2011), al categorizar la vía como una arterial menor.

Las limitaciones geométricas que presentan los espaldones, predominantemente de la Ruta Nacional 27, generan los siguientes riesgos y condiciones:

- Ausencia de espacio seguro para que los usuarios de la vía detengan el vehículo fuera de los carriles, condición que expone a los usuarios a colisiones.
- Mayor ocurrencia de colisiones a las señales verticales, luminarias, postes, sistemas de contención vial u otros elementos que presenten corta separación con respecto al flujo de circulación. Esta condición aumentará la ocurrencia de colisiones, costos y frecuencia de mantenimiento al mobiliario urbano.

8.2.8.5 *Sobre los tramos con presencia de atropellos*

Las condiciones que propician la ocurrencia de atropellos a peatones y ciclistas se extiendan de forma generalizada a través de toda la vía y coinciden con las evidenciadas según Montero (2019), donde afirma que el proyecto presenta deficiencias en los cruces peatonales como la ausencia de sistemas de contención vehicular laterales en accesos a puente, mallas de protección, conexiones con infraestructura ciclista y transporte público, ausencia de iluminación en accesos, entre otros. Estas condiciones coinciden con la evaluación realizada a las distintas zonas donde han ocurrido atropellos, cuyos factores de riesgo están asociados mayormente a la falta de conectividad entre los atractores y generadores de viajes peatonales, como lo son los comercios, poblados y las bahías de autobús.

El análisis realizado en los tramos de concentración de atropellos evidencia las necesidades de cruce de la carretera por parte de habitantes de diferentes poblados, así como también de trabajadores, tanto sobre la vía troncal, como sus radiales. Estas personas requieren acceder al servicio de transporte público directamente sobre la troncal principal, lo cual en la mayoría de los casos está fuera de las áreas de influencia de los puentes peatonales existentes sobre la Ruta Nacional 27. A través de mapas de uso del suelo y áreas de influencia se constata esta carencia de infraestructura para cruzar la vía



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 259

de forma segura y caminar por sus costados, incrementando así la exposición al riesgo y la probabilidad de ocurrencia de atropellos.

8.2.8.6 *Sobre los tramos de concentración de choques viales*

De forma general, para la Ruta Nacional 27, se han registrado un total de choques viales, según los registros de la CNC, que oscilan entre 671 – 803 choques para el periodo 2016 – 2019, con una reducción causada por la pandemia de la COVID en el año 2020 con un registro de 329 eventos. La condición del 2021, evidencia un retorno a la tendencia de accidentabilidad del periodo 2016-2019, donde se registraron 726 choques viales. Cabe destacar, que, para todo el periodo analizado, 2016 – 2021, la causa principal de colisiones corresponde a “colisión por alcance”, condición que para el año 2021 presentó el valor histórico más alto con 394 eventos, correspondiente a un 54,27 % del total de choques registrados.

Al analizar para la Ruta Nacional 27, de forma generalizada la exposición al riesgo en función de la tasa de accidentabilidad por millón de vehículos – km, se evidenció de forma predominante un foco de accidentes entre los estacionamientos 0+000 m y 4+300 m y entre el estacionamiento 25+800 m y 60+200 m, zonas que coinciden con los tramos de concentración de choques viales identificados.

En cuanto a las Radiales, únicamente fue posible analizar los choques con heridos y fallecidos, base de datos suministrada por el COSEVI, ya que la CNC no cuenta con una base de datos completa de los accidentes de las radiales. De esta, se identificó que los choques con heridos, para el periodo 2016-2020 han oscilado entre 20 y 30 eventos al año.

Al analizar los choques viales de las radiales por el tipo de colisión, se identifica que de forma predominante, las colisiones con motocicletas se mantuvieron al alza en el periodo 2016-2019, pero para todo el periodo de análisis (2016-2020) representan el 44 % del total de incidentes, con 54 registros. La segunda causa principal de colisiones para todo el periodo de análisis corresponde a las colisiones entre vehículos, con 36 registros, equivalente a un 29,5 % del total de choques con heridos registrados.

A partir del análisis de tramos de concentración de choques viales, basado en el registro histórico del periodo 2016 – 2021, se identificaron 9 sitios para la Ruta Nacional 27 con una categoría de siniestralidad de tipo “Riesgo muy alto de ocurrencia de choques viales”, y 3 sobre la Radial Coyal con una categoría de siniestralidad de tipo “Riesgo alto de ocurrencia de choques viales”, sitios que fueron evaluados de forma específica para identificar las condiciones que podrían incidir en la ocurrencia de siniestros y en el aumento de la severidad de los mismos.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 260

De forma general, los riesgos identificados que podrían incidir en la severidad, frecuencia de los choques y que son recurrentes en todo el proyecto son:

- Espaldón interno y externo de ancho reducido.
- Márgenes de vía con pendientes y objetos fijos riesgosos, así como sistemas de contención vehicular con posibilidades de mejora.
- Ausencia de consistencia de diseño en la sección transversal de la vía.
- Tramos de alta velocidad, sin división física entre flujos opuestos de circulación.
- Mezcla de infraestructura peatonal y de transporte público en una vía de alta velocidad.

9 RECOMENDACIONES

Como recomendaciones se plantea al Consejo Nacional de Concesiones (CNC) la necesidad que se evalúe y analice de forma oportuna la factibilidad y viabilidad técnica y legal de ejecutar las siguientes acciones:

9.1.1 *Sobre la evaluación funcional, estructural, resistencia al deslizamiento y de deterioro superficial del proyecto*

- Realizar intervenciones tempranas del tipo sellos de lechadas asfálticas o similares (*slurry seals, fog seals, chip seals, microsurfacing* u otras técnicas) en aquellas zonas con deterioros de tipo funcional y problemas relacionados con la baja resistencia al deslizamiento, con el fin de detener la propagación de los deterioros detectados y las condiciones de inseguridad vial.
- Mantener o mejorar los estándares de calidad y mantenimiento del proyecto puesto que, al realizar el análisis de modelos de deterioro, se detectó que para esta evaluación hubo una mejora en la proyección de los tramos para el momento en que requerirían una intervención mayor. Es por esto que deben considerarse las acciones preventivas correspondientes, que garanticen al Estado costarricense obtener un proyecto de altos estándares al final del periodo de la concesión.

9.1.2 *Sobre la evaluación de las radiales*

- Realizar una intervención del tipo *Rehabilitación Mayor* de manera inmediata en las radiales que presentan condiciones estructurales críticas, para extender su vida de servicio.



- Implementar un programa de mantenimiento rutinario a cada radial, de tal manera que cuente con una adecuada condición estructural, funcional y de seguridad vial, evitando deterioros prematuros y de forma acelerada.

9.1.2.1 Evaluación talud en PK 38+600

Tomando en cuenta las condiciones evaluadas en los taludes de este tramo de la Ruta Nacional No.27 y con el fin de mantener el funcionamiento apto de la carretera, se recomienda al Consejo Nacional de Concesiones, remitir al Concesionario la información contenida en este informe como insumo técnico en la gestión del corredor en concesión, dentro del alcance de su contrato y de las buenas prácticas de la ingeniería:

- Presentar la evaluación de la estabilidad de la escollera construida en el sector central de este talud de corte, modelando su condición geotécnica. Esto considerando también los trabajos que sean proyectados como solución definitiva de estabilización para este sitio.
- Aportar una solución permanente para resolver el problema de estabilidad del terreno que brinda soporte a la línea del ferrocarril en la parte alta de este talud, considerando los deslizamientos ocurridos en los meses recientes.
- Implementar un plan de mantenimiento periódico que disminuya significativamente la cantidad de sedimento que se acumula en las cunetas de las bermas construidas en el talud del km 38+600, de manera tal que se logre un adecuado funcionamiento del sistema de drenaje.
- Considerar el diseño e instalación de un sistema de control de erosión que disminuya de forma efectiva el avance del deterioro superficial del talud de corte.
- Presentar la Evaluación de estabilidad del talud y contemplando las soluciones para estimar y disminuir, en caso necesario, el riesgo ante la eventual caída del bloque de roca que sobresale del talud en la parte alta (Figura 68).
- Dar seguimiento al proceso del DAR y observar cómo se comportan los materiales expuestos (suelos y rocas) y las obras construidas como contracunetas y bajantes de agua, debido a las condiciones actuales del talud, dada la intervención del año 2021 y que se han realizado nuevos destapes. Considerar en la intervención de este talud soluciones integrales que tomen en cuenta el Drenaje Ácido de Rocas que se produce en este sector de esta importante Ruta Nacional y que permitan alcanzar soluciones efectivas y que garanticen el servicio que el corredor debe brindar a los usuarios.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 262

9.1.2.2 Evaluación talud en PK 46+200

Tomando en cuenta las condiciones evaluadas en los taludes de este tramo de la Ruta Nacional No.27 (km 46+200), y con el fin de mantener el funcionamiento apto de la carretera, se recomienda al Consejo Nacional de Concesiones remitir este informe al Concesionario con el fin de valorar la pertinencia de las siguientes acciones, como parte de la atención de este sitio y como un insumo para una adecuada gestión de los riesgos asociados:

- Poner a disposición la información referente a los análisis realizados sobre la condición actual del macizo rocoso descrito en el tramo del km 46+200, mediante el estudio de las condiciones geológicas y geotécnicas requeridas para su adecuada caracterización y modelación, y las posibles propuestas para su estabilización, si así se determina.
- Valorar la necesidad de realizar en este sitio intervenciones tendientes a aumentar la seguridad y disminuir el riesgo potencial de que se produzca otro evento de caída de material.
- Eliminar el uso de barreras de concreto, que son diseñadas para la contención vehicular, como sustituto de medidas efectivas de protección contra caídas y de protección superficial contra la erosión en los taludes de la Ruta Nacional No.27. Estas barreras tienen además un efecto negativo en la seguridad vial de los usuarios, debido a que generan una reducción en la sección de la carretera por la inclusión de elementos rígidos en la zona del espaldón.

Velar, en todos los estudios que se realicen, por el cumplimiento de la legislación nacional vigente y aplicable en esta materia (Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica, Código de Cimentaciones de Costa Rica, Código Sísmico de Costa Rica, etc.).

9.1.3 Sobre condiciones geométricas del trazado del proyecto

- En términos generales se recomienda cumplir como mínimo o exceder los criterios del Manual Centroamericano de Normas y Diseño Geométrico de Carreteras, SIECA (2011).
- Reubicar las bahías de autobús en rutas marginales que respondan a las necesidades de los usuarios. En caso de que no sea viable, como mínimo dotar de carriles de aceleración y desaceleración de longitudes apropiadas para realizar las maniobras hacia y desde la bahía de forma segura ante las altas velocidades de la ruta.



- Evitar traslapar los carriles de aceleración y desaceleración con bahías de autobús o accesos, ya que aumentan la probabilidad de colisiones y atropellos. Adicionalmente, dotar de estos carriles de las longitudes mínimas que especifica SIECA (2011).
- Cumplir los anchos de espaldón interno y externo planteados por la SIECA (2011), según la clasificación de vía y sus velocidades.
- En caso de que no sea viable ampliar el espaldón en un corto plazo, es recomendable implementar medidas como bandas sonoras en espaldón, las cuales permiten alertar a los vehículos ante posibles salidas de vía, tanto en el margen interno como externo.

9.1.4 *Sobre la demarcación horizontal y señalamiento vertical*

- Tanto las radiales, como la vía principal, deben contar con demarcación horizontal y señalamiento vertical en buen estado. Estos elementos permiten alertar, prevenir e informar a los usuarios ante cambios en la vía y mejoran la seguridad vial de los usuarios en toda la vía. Por ello, se recomienda la evaluación de la retrorreflectividad de la demarcación horizontal y señalamiento vertical, en especial en las secciones donde se identifiquen deterioros y deficiencias, y en caso necesario, gestionar su sustitución.
- Deben removerse todas las señales informales que se ubican sobre la Ruta Nacional 27 y sus radiales.

9.1.5 *Sobre los márgenes y sistemas de contención vehicular*

- Se recomienda realizar un análisis de los márgenes de la vía, esto para la condición actual y futuras ampliaciones, donde se consideren los criterios presentes en el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras (Valverde, 2011). Dicho análisis permitirá identificar los riesgos presentes en la vía, seleccionar la mejor alternativa para atenderlos y en caso de requerir un sistema de contención vehicular, el Manual SCV (Valverde, 2011) especifica los criterios para su diseño y adecuada implementación.
- A lo largo del proyecto se presentan obstáculos como luminarias, pilas de puentes, placas metálicas o bases de señales que irrumpen la continuidad de los sistemas de contención. Se recomienda utilizar dispositivos que permitan la incorporación de las luminarias en el sistema de contención de forma segura, o la reubicación de estos elementos.
- Los postes de las barreras semirrígidas se colocaron sobre una superficie cubierta de concreto o pavimento, por lo que se recomienda verificar las condiciones de



- instalación según fichas técnicas del fabricante y recomendaciones de los proveedores, en aras de asegurar el correcto funcionamiento de los dispositivos.
- Las terminales de concreto al inicio y final de las barreras medianeras aumentan la probabilidad de choque y vuelco de vehículos, motivo por el que es indispensable el uso de amortiguadores de impacto para estas condiciones, en aras de proveer seguridad a los usuarios. Adicionalmente, el amortiguador de impacto también es necesario en las proximidades de las casetas de peajes, ya que el elemento monolítico de concreto no es un dispositivo ensayado para contener y redireccionar vehículos de forma segura y para proteger la vida de las personas que trabajan en las casetas de peajes.
 - En las bifurcaciones entre la Ruta Nacional 27, radiales y rutas aledañas, se identificaron cunetas no traspasables con sección triangular que, ante la salida de vía de un vehículo, aumentarían la severidad de un choque. Se recomienda con base en el Manual SCV (Valverde, 2011), el uso de atenuadores de impacto cuando no se disponga de un área plana y libre de obstáculos de 60 m a partir del punto de apertura. De forma análoga, en caso de disponer de zonas planas y libres de obstáculos en las bifurcaciones, la norma INTE W82:2019 recomienda el uso de hitos de vértice para canalizar más apropiadamente a los conductores.
 - El uso de barreras de concreto como dispositivos de control temporal es válido, siempre y cuando se cumpla con las condiciones de instalación de los dispositivos y se cuente con la suficiente zona libre disponible para que estos desarrollen su deflexión máxima y ancho de trabajo. Se recomienda valorar la presencia de las barreras de concreto para uso temporales en el proyecto, retirar los dispositivos que no sean necesarios y realizar mantenimiento o sustitución de los dispositivos necesarios.
 - Ante la presencia de cunetas no traspasables con sección triangular a lo largo del proyecto, se recomienda el uso de cunetas con sección transversal traspasable y recuperable, esto según lo especificado por Valverde (2011). En caso de que el derecho de vía no permita una cuneta de sección traspasable y aceptable, se recomienda el uso de rejillas que permitan el tránsito sobre la cuneta, o en caso de que el análisis de márgenes lo justifique, el uso de sistemas de contención vehicular diseñados para el espacio disponible.
 - Las márgenes que presenten taludes con deficiencias de estabilidad, deberán ser atendidos según las recomendaciones de la Sección 6. *Condiciones Geotécnicas y Sistemas de Drenaje*



9.1.6 *Sobre la movilidad en general*

- En materia de movilidad, toda acción que se realice permitirá mejorar las condiciones de la vía, por lo que se insta a valorarlas tanto para la condición actual, como para la ampliación de la vía. Se recomiendan las siguientes consideraciones en materia de movilidad:
 - Realizar estudios de movilidad de usuarios no motorizados, esto para la condición actual y ampliaciones del proyecto, de forma que se identifiquen los sitios de mayor interacción de usuarios vulnerables con la vía y se identifique la infraestructura que responda a sus necesidades de movilidad.
 - Verificar las observaciones realizadas por Montero (2019) a los puentes peatonales del proyecto y realizar las mejoras pertinentes en pro de una movilidad más segura e inclusiva.
 - Utilizar un modelo de demanda de transporte urbano actualizado que permita identificar los patrones de movilidad y los flujos de los usuarios, herramienta que permitirá identificar la cantidad de usuarios que utilizarían la infraestructura e identificar la cantidad de carriles necesarias por sección de la vía.
 - Realizar un análisis a nivel de simulación del tránsito, con un programa que permita la simulación de las condiciones del proyecto, como peajes, bahías de autobús, interacción de distintos tipos de usuarios, condiciones de congestión, radiales con rotondas, entre otros. En caso necesario, la simulación debería alcanzar un nivel micro, modelo que permite analizar la interacción entre usuarios de forma detallada.
 - Aplicar una auditoría de seguridad vial en todas las etapas del proyecto, en aras de propiciar una movilidad segura e identificar las posibilidades de mejora del proyecto en etapas previas a su finalización.

9.1.7 *Sobre los tramos con presencia de atropellos y concentración de choques viales*

- Realizar un análisis de accidentabilidad, basado en modelos que identifiquen las zonas de concentración de choques viales, así como la aplicación de metodologías proactivas como el análisis de conflictos y las evaluaciones de seguridad vial, que permitan identificar zonas conflictivas para los usuarios, sin que estén registradas en boletas de choques viales.
- La mayoría de deficiencias que podrían potenciar la ocurrencia y severidad de los choques y atropellos se enfocaron en:
 - Incumplimiento de los requerimientos geométricos mínimos especificados en la SIECA (2011).



- Ausencia de consistencia en el diseño geométrico.
- Ausencia de estudios de movilidad integrales que reflejen la necesidad de todos los usuarios, en especial las de los usuarios más vulnerables.
- Ausencia de conectividad entre la infraestructura peatonal y de transporte público.
- Ausencia de un análisis de márgenes de carreteras y del correcto diseño de los sistemas de contención vehicular basado en el Manual SCV (Valverde, 2011).
- En el corto plazo algunas alternativas que podrían solucionar o mitigar las deficiencias existentes en la vía son:
 - Ampliación de las secciones de malla presentes en la mediana para desincentivar los cruces peatonales a través de los carriles.
 - Implementar medidas efectivas que propicien la reducción de velocidad en las aproximaciones a los peajes, en la sección de la troncal donde se da la conexión a las radiales.
 - Implementar medidas que alerten a los conductores ante la salida de vía, como lo es el uso de bandas sonoras en el espaldón externo.
 - Colocar señales o dispositivos tipo delineadores previo a las bifurcaciones de accesos a las radiales e inicio y final de las barreras medianeras para alertar a los usuarios ante la presencia de estos riesgos.
 - Desincentivar las maniobras de adelantamiento mediante la invasión del carril opuesto de circulación con dispositivos como delineadores, esto para las zonas de mayor ocurrencia de choques viales.
- En el largo plazo, en vista de la ampliación de la vía, se recomiendan medidas que van desde la recolección de información básica hasta criterios de diseño:
 - Identificar las necesidades de los usuarios más vulnerables y sus patrones de movilidad, esto mediante un estudio de movilidad integral que permitirá identificar la infraestructura necesaria y más adecuada para estos usuarios.
 - Utilizar un modelo de demanda de transporte urbano para las estimaciones de demanda de flujos vehiculares y analizar las proyecciones de forma complementaria mediante un programa de microsimulación que permita analizar la interacción entre los distintos usuarios. Ambos modelos deben ser calibrados para su uso en el país.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 267

- Ubicar las bahías de autobús en zonas que respondan a las necesidades de los usuarios y en rutas marginales de baja velocidad con infraestructura peatonal que conecte los centros atractores y generadores de viajes.
- Actualizar la normativa asociada al proyecto, donde a manera de ejemplo se enlistan:
 - Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial (SIECA, 2011).
 - Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA, 2014).
 - Guía para el desarrollo de proyectos de infraestructura desde la óptica de la seguridad vial (Valverde, 2010).
 - Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras (Valverde, 2011).
- Acatamiento de las leyes y decretos vigentes en el país en materia de movilidad segura, donde a manera de ejemplo se enlistan:
 - Ley N° 9976 Movilidad peatonal
 - Ley N° 9660 Movilidad y seguridad ciclística
 - Decreto N° 38799-MOPT Reglamento de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías.
 - Decreto N° 37347-MOPT Manual para el desarrollo de proyectos de infraestructura desde la óptica de la seguridad vial, en la formulación y ejecución de las obras públicas pertinentes controladas por el MOPT y por el Estado costarricense, donde se incorpora el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras (Valverde, 2011).
 - Decreto N° 40632-MOPT donde se establece la incorporación obligatoria del componente de seguridad vial en todas las labores de planificación y construcción de obras viales y su eventual conservación, mejoramiento y/o rehabilitación.
- Mejorar registro de choques viales, al menos apearse al estándar del COSEVI para estandarizar los datos a nivel país.
- Corregir el subregistro de choques viales en las radiales, en aras de documentar de forma fidedigna los eventos.
- A nivel de cartel, se recomienda incorporar criterios claros de análisis de los datos de choques viales mediante metodologías validadas a nivel internacional, así como incorporar medidas proactivas como las



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 268

evaluaciones de seguridad vial o el análisis de conflictos viales para atender de forma preventiva las deficiencias en materia de seguridad vial.

- Establecer sanciones u obligaciones a la concesionaria ante el escenario en el que no se cumplan los criterios para optar por el “Premio por seguridad vial”, premio que se detalla ampliamente en el cartel (CNC, 2000a) y contrato (CNC, 2000b) del proyecto vigente.
- Como mínimo apearse en material de diseño geométrico al Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras de la SIECA (2011).
- Mantener consistencia en el diseño geométrico de la vía.
- Implementar análisis de márgenes y diseños de sistemas de contención vehicular.
- Implementar cunetas de sección transversal segura o traspasables mediante rejillas.
- Separar de forma física ambos flujos de circulación.



10 BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, J., 2017. Caracterización geológica e identificación de drenaje ácido de roca en sitios seleccionados entre el km 37 y el km 48 en la Ruta Nacional 27. Tesis, Lic. Escuela Centroamericana de Geología.
- American Association of State Highway Transportation Officials. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 6th Edition. Washington, D. C, Estados Unidos de América.
- American Association of State Highway Transportation Officials. (2010). *Highway Safety Manual*, 1st Edition. Washington, D. C, Estados Unidos de América.
- American Association of State Highway Transportation Officials. (1993). *American Association of State Highway Transportation Officials Guide for Design of Pavement Structures*. Washington, DC. Washington, DC. Estados Unidos de America.
- American Association of State Highway Transportation Officials. (2008). *Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide, Interim Edition: A Manual of Practice. Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales de Transporte*. Washington, DC. Estados Unidos de America.
- American Association of State Highway Officials. (2014). *LRFD Bridge Design Specification*, Seventh Edition. Washington, DC. Estados Unidos de America.
- American Association of State Highway Officials. (1961). *The American Association of State Highway Official Road Test: History and Description of Project. Highway Research Board*, Vol. 61, No. 1. Washington, DC. Estados Unidos de America.
- Al-Omari & Darter. (1994). *Relationships between international roughness index and Present serviceability ratings*. Transportation Research Council, Washington D.C. Estados Unidos de América.
- Arriaga, P. & C. Mario. (1998). *Índice de Rugosidad Internacional en la red carretera de México*. Publicación Técnica No 108. Sanfandila, Qro. México.
- Sociedad América para Ensayos y Materiales (ASTM por sus siglas en inglés). Estados Unidos de América.
- Badilla, G. (2009). *Determinación de la regularidad superficial de pavimento mediante el cálculo del índice regularidad internacional (IRI): Aspectos y consideraciones importantes*. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Badilla, G., Elizondo, F. & Barrantes, R. (2008). *Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI*. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 270

- Carey, W. & Irick, P. (1960). *The Pavement Serviceability Performance Concept. Highway Research Board. Record 250.* Estados Unidos de América.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (2013). *Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes*, San José, Costa Rica: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.
- Consejo Nacional de Concesiones (CNC). (2000a). Cartel de licitación: Concesión de obra con servicio público de la carretera San José – Caldera. Licitación pública internacional N°01-98. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
- Consejo Nacional de Concesiones (CNC). (2000b). Contrato de concesión: Concesión de obra con servicio público de la carretera San José – Caldera. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
- De Solminihac, H., Salsilli, R., Kohler, E. & Bengoa, E. (2003). *Analysis of Pavement Serviceability for the AASHTO Design Method: The Chilean Case.* Santiago, Chile.
- Dold, B., 2010: Gestión de residuos y minería sostenible. Basic concepts in environmental geochemistry of sulfidic mine-waste management.- 37 pp. Universidad Internacional de Andalucía.
- Dujisin, D. & Arroyo, A. (1995). *Desarrollo de una Relación Índice de Serviabilidad - Índice de Rugosidad Internacional (IRI). Comisión de Diseño y Evaluación De Pavimentos*, Corporación de Desarrollo Técnico (CDT), Cámara Chilena de la Construcción. Santiago, Chile.
- Grandia, F., Salas, J., Arcos, D., Archambault, A. & Cottard, F., 2009: Impacto del drenaje ácido de explotaciones mineras en la cuenca del Río Margarita y Embalse de Hatillo (República Dominicana).- Bol. Geol. Minero, 120(4): 595-606.
- Hall, K. T. & Correa Muñoz, C. E. (2007). *Estimation of present serviceability index from International Roughness Index.* Transportation Research Record 1655, TRB. Consejo de Investigación Nacional. Paper No. 99-1508 Washington, D. C, Estados Unidos de América.
- HOLDRIDGE, L. R., 1967: Life zone ecology.- 206 págs. Tropical Science Center, San José.
- Huang, Y. (1998) *Pavement Analysis and Design Prentice-Hall, Inc.* Englewood Cliffs, New Jersey. Estados Unidos de América.
- Hungr, O., Leroueil, S. & Picarelli, L., 2014: The Varnes classification of landslide types, an update. – Landslides, 11:167–194, DOI 10.1007/s10346-013-0436-y.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 271

- Hveem, F M. & Carmany R. M. (1948). *The Factors Underlying the Rational Design of Pavements*. Highway Research Board, Vol 28, pp 101-136. Estados
- INTECO. (2019). *INTE W82: 2019. Dispositivos de señalización temporal para el control del tránsito en obras. Hitos de vértice. Requisitos y métodos de ensayo*. San José, Costa Rica.
- LanammeUCR, *Análisis de los estudios geológico – geotécnicos y del diseño, construcción y mantenimiento de la sección comprendida entre los estacionamientos 46+780 a 46+860 y de la atención a los hechos relacionados con la falla de la sección de relleno. Proyecto San José – Caldera, Ruta nacional 27, Tramo II*, año 2010, PITRA.
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2010, PITRA.
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2010, PITRA.
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2011, PITRA.
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2012, PITRA.
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2013, PITRA.
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2014-2015, PITRA
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2015-2016, PITRA
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2016-2017, PITRA
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2017-2018, PITRA
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2019-2020, PITRA
- LanammeUCR, Informe Proyecto N° UI-PE-03-08, *Variaciones a los rangos de clasificación de la red vial nacional de Costa Rica*, Unidad de Investigación, Año 2008.
- LanammeUCR. (2000). *Metodologías para la evaluación del riesgo asociado con eventos sísmicos*. Memorias de taller: Metodologías de análisis de vulnerabilidad de corredores viales ante sismo y lluvias intensas. San José, Costa Rica: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 272

- LanammeUCR. (2011). Guía de evaluación de seguridad vial en puentes. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Montero, M. (2019). *Diagnóstico de utilización de puentes peatonales en la Gran Área Metropolitana* (Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica). San José, Costa Rica.
- Moya, L., Agüero, J., Zamora, J. y Jiménez, D. (2019). *Análisis de choques en la Ruta 27 usando modelos multivariados* (Tesis de maestría, Universidad de Costa Rica). San José, Costa Rica.
- Palacios, C. (2011). *Análisis sobre la Guía Mecánico Empírica AASHTO 2011*. Laboratorio GEOLAB & VialTech. Ecuador.
- Paterson, W. (1986). *Road Deterioration and Maintenance Effects*. Banco Mundial. Washington, D.C., Estados Unidos de America.
- Permanent International Association of Road Congresses (PIARC). (2003). *Road Safety Manual, 1st Edition*. PIARC Technical Committee on Road Safety.
- Piedra, Jonathan. (2007) *Coeficiente de fricción de las carreteras nacionales en Costa Rica*, Proyecto final de graduación, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica
- Porras, H., Cascante, M., Granados, R., y Alvarado, G.E., 2012: *Volcano-Estratigrafía y tectónica del Valle Central occidental y las estribaciones de los Montes del aguacate a lo largo de la Ruta 27*, Costa Rica. Rev. Geol. Amér. Central, 47: 69-93.
- Rodríguez, S., Agüero, J., Zamora, J. y Jiménez, D. (2019). *Análisis de sitios de concentración de choques viales mediante la utilización de sistemas móviles para el inventario de carreteras en la Ruta Nacional 1*. (Tesis de maestría, Universidad de Costa Rica). San José, Costa Rica.
- Rodriguez, G., 2010: El sistema de gestión ambiental en el control del drenaje ácido de mina. 315 pp. Universidad Nacional de Ingeniería Lima, Perú [Tesis Maestría.].
- Ruiz, P., Araúz, A., Garcia, J., Villalobos, G., Sedó, A & Suárez, C., 2015: Drenaje ácido de rocas en taludes de la ruta nacional 27, San José - Caldera, Costa Rica. Rev. Geol. Amér Central, 53: 25-46 DOI: 0.15517/rgac.v53i0.21146.
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2014). *Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: SIECA.



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 273

- Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2011). *Manual Centroamericano de Normas y Diseño Geométrico de Carreteras*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: SIECA.
- Sobek, A., Schuller, W., Freeman, J & Smith, R., 1978: Field and Laboratory Methods Applicable to Overburden and Minesoils. – 203 págs. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), Cincinnati, Ohio.
- Suarez, C. 2017. Metodología para la Caracterización del Efecto del Drenaje Ácido en las rocas y el concreto lanzado en los taludes de la Ruta Nacional No. 27 (San José - Caldera), tesis, Lic. Escuela Centroamericana de Geología.
- Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional. (2011). Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica LM-PI-UE-05-2011. LanammeUCR.
- UMTRI Research Review. The Shape of Roads to Come: Measuring and Interpreting Road Roughness Profiles. Volúmen 33. Número 1, 2002.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA) Office Of Solid Waste Special Waste Branch. 1994: Technical Document Acid Mine Drainage Prediction. Epa530-R94-036 Ntis Pb94-201829. 52 pp.
- Valverde, G. (2011). *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras*. Vicerrectoría de Investigación. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Valverde, G. (2010). *Guía para el desarrollo de proyectos de infraestructura desde la óptica de la seguridad vial*. San José, Costa Rica.
- Vargas, W. “Guía para elaborar perfiles de vulnerabilidad de infraestructura vial ante amenazas naturales” LANAMME. UCR. 2002.
- Vargas, W.; Garro, J. “Gestión de riesgos naturales en infraestructura vial” LANAMME. UCR. 2003.
- Vargas, W.; Garro, J. “Relación entre las características geométricas y la vulnerabilidad de algunas rutas de montaña en Costa Rica” I Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial (I CISEV). Costa Rica. 2008.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 274

Anexo I: Resultados obtenidos con el Deflectómetro de Impacto



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 275

A continuación, se muestran las figuras con los resultados de la evaluación utilizando el Deflectómetro de Impacto del LanammeUCR, para ambos sentidos de la Ruta Nacional 27.

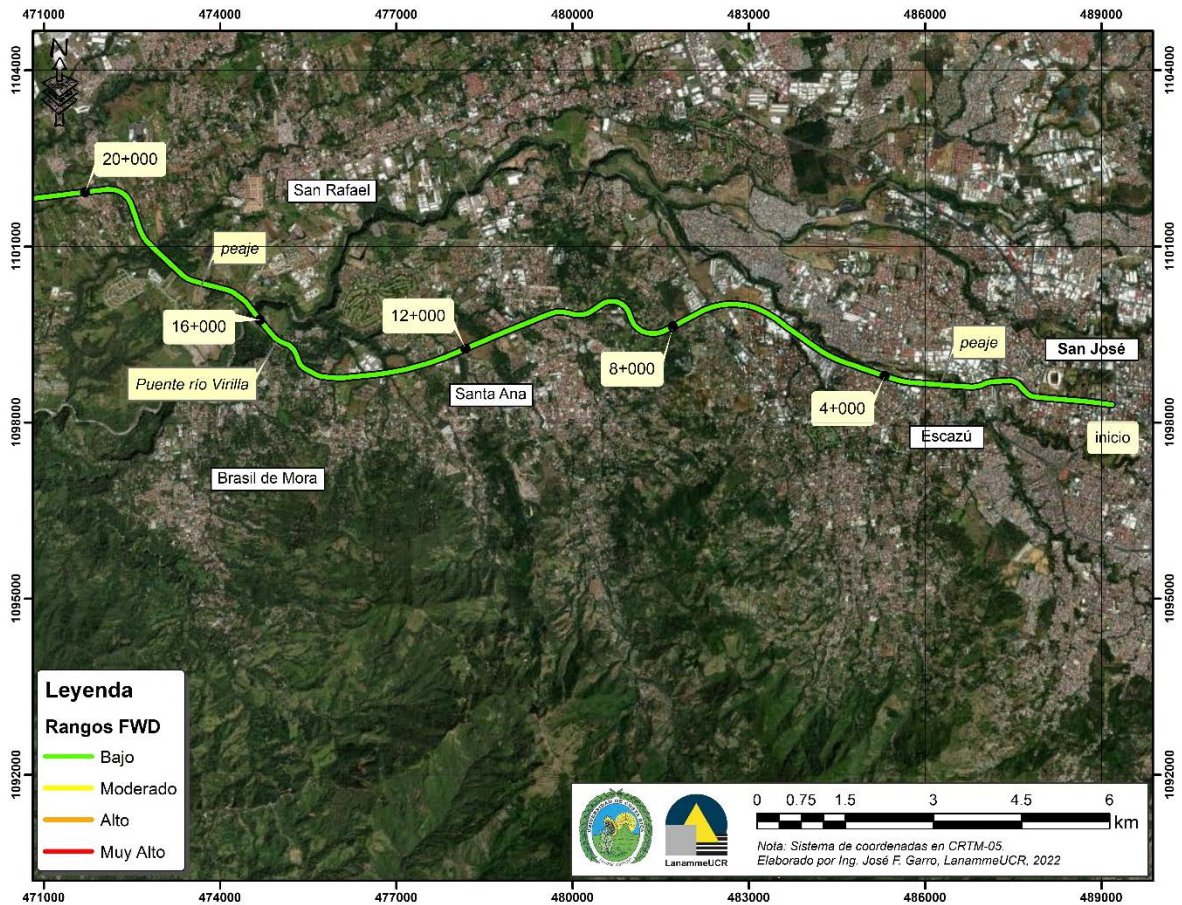


Figura A1 1. Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 - 20+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 276

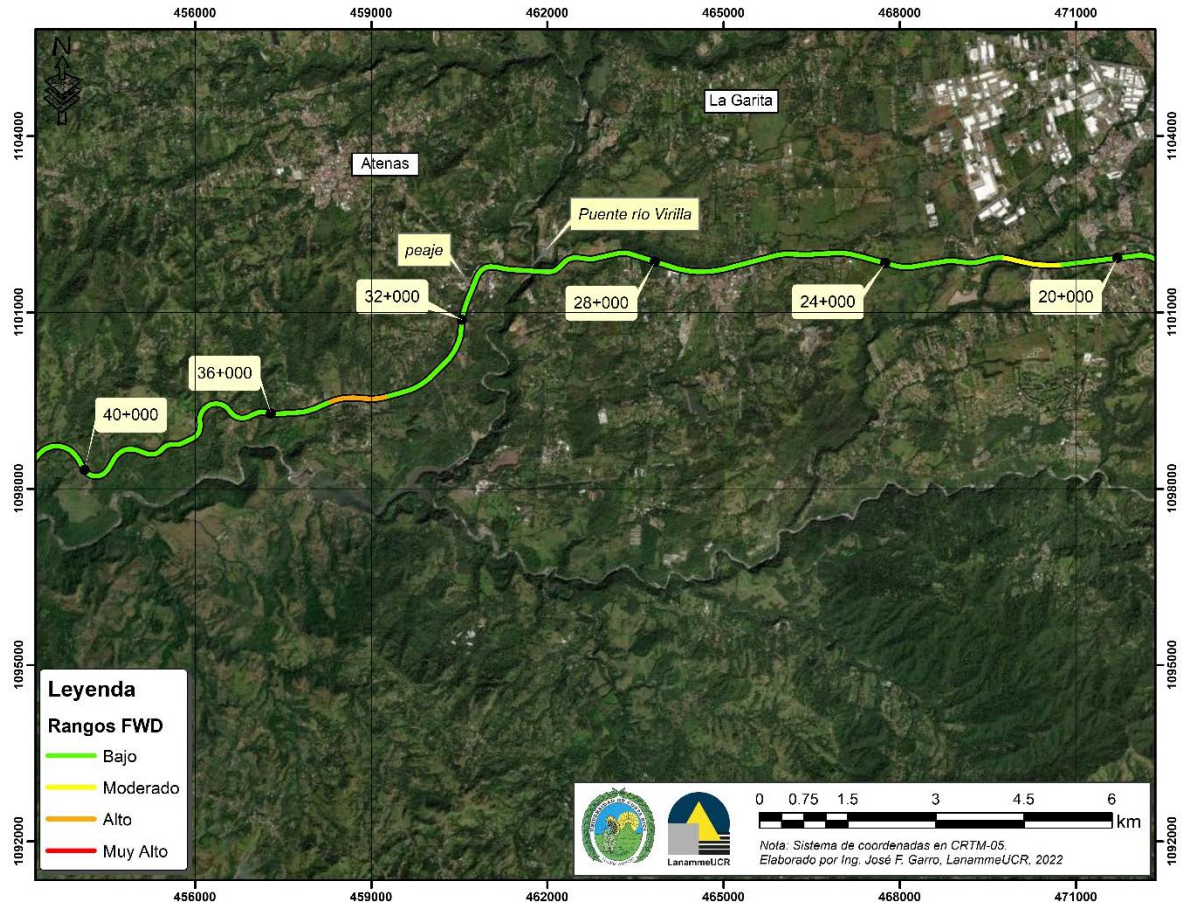


Figura A1 2. Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 20+000 - 40+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 277

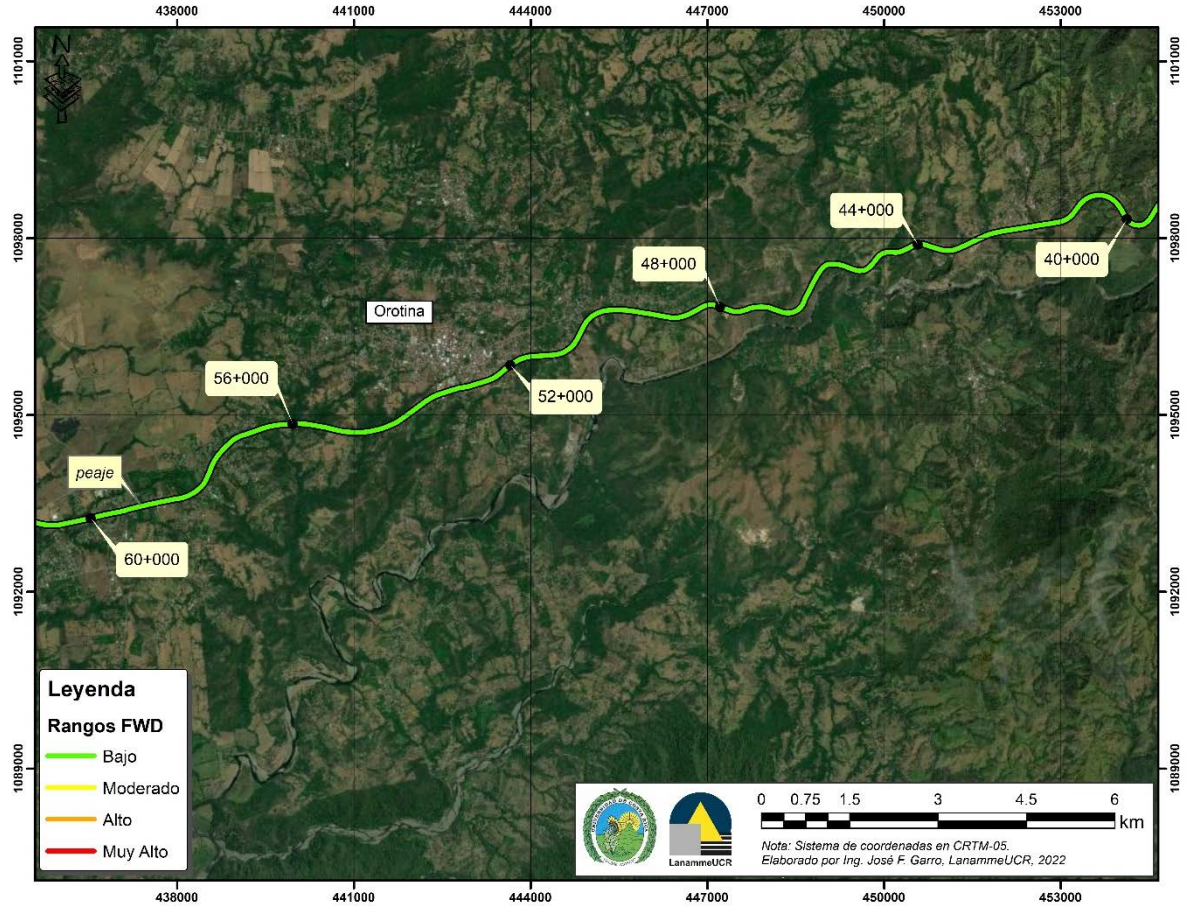


Figura A1 3. Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Cadera Est. 40+000 - 60+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 278

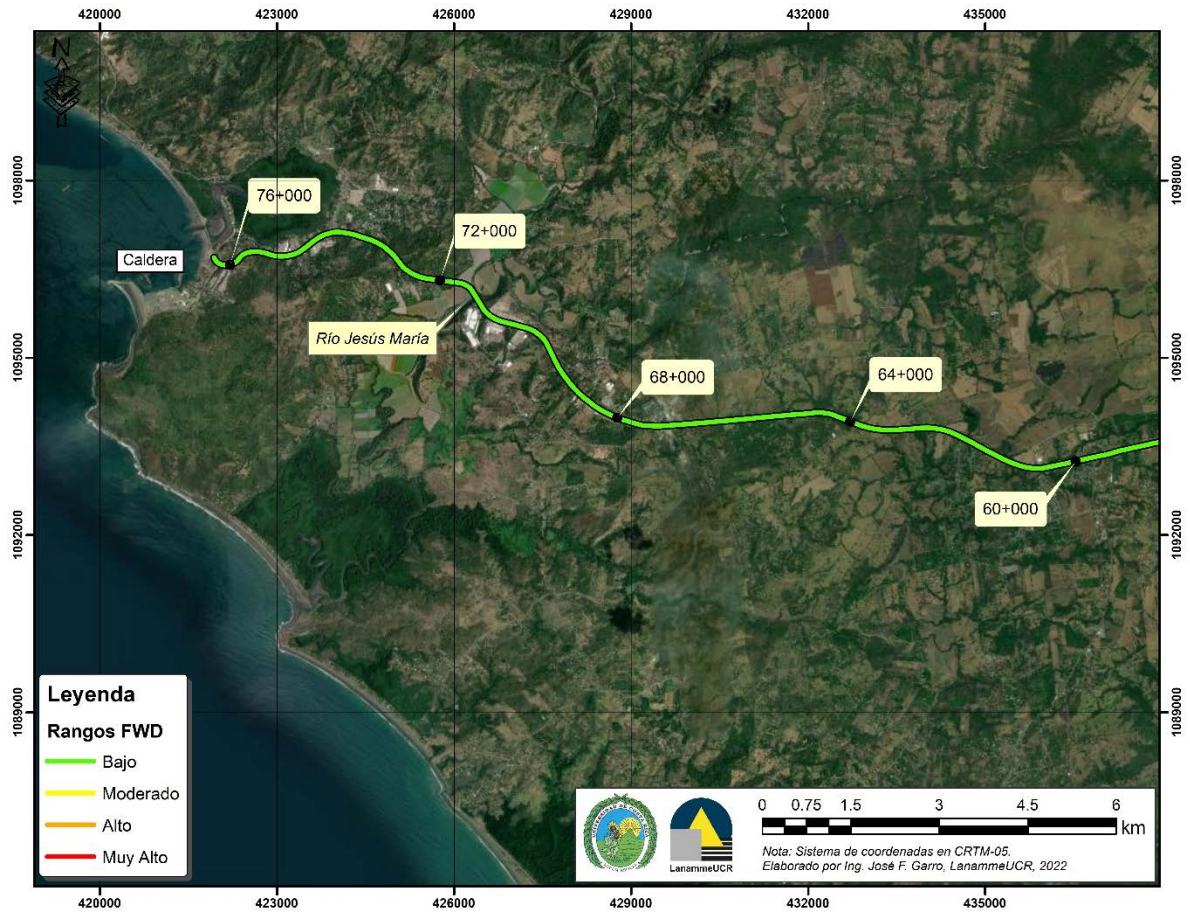


Figura A1 4. Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 60+000 - 76+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 279

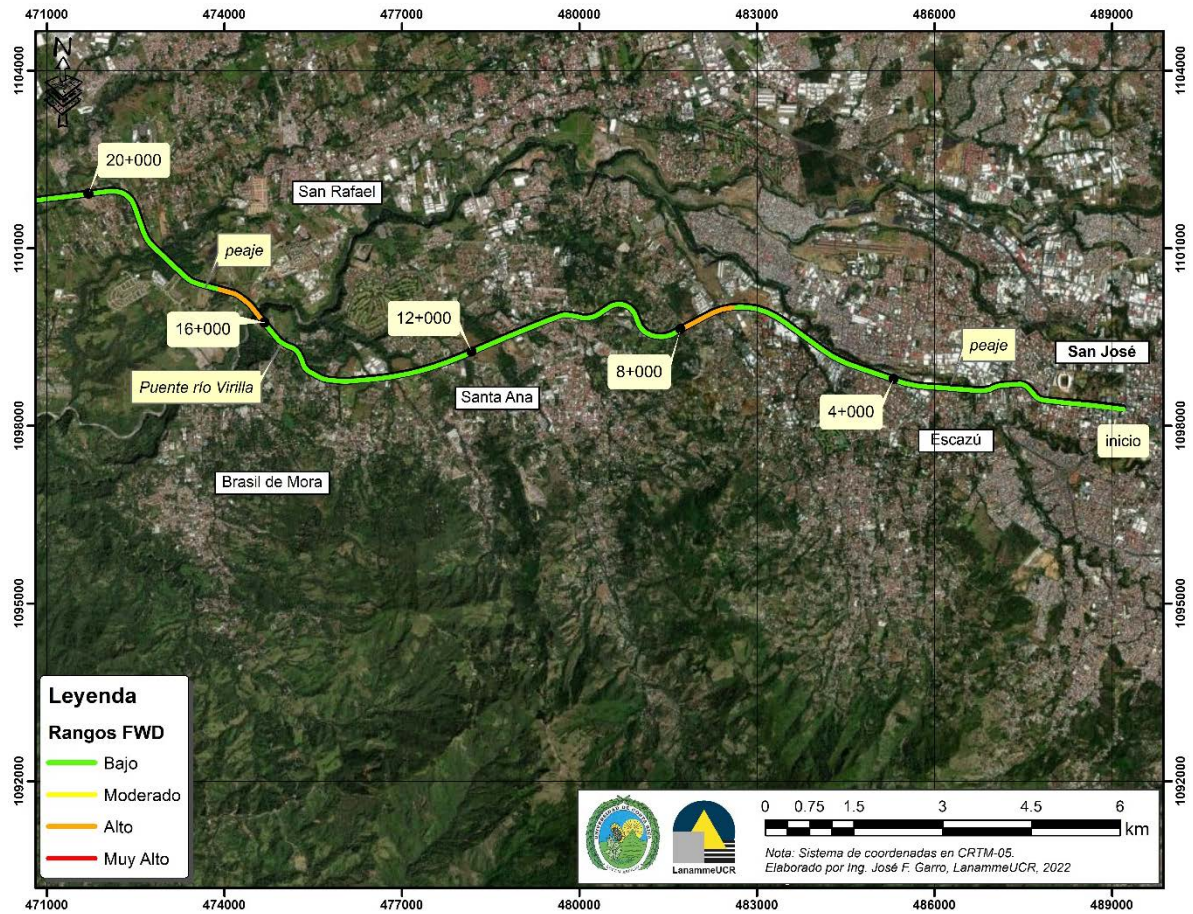


Figura A1 5. Resultados FWD,. Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 280

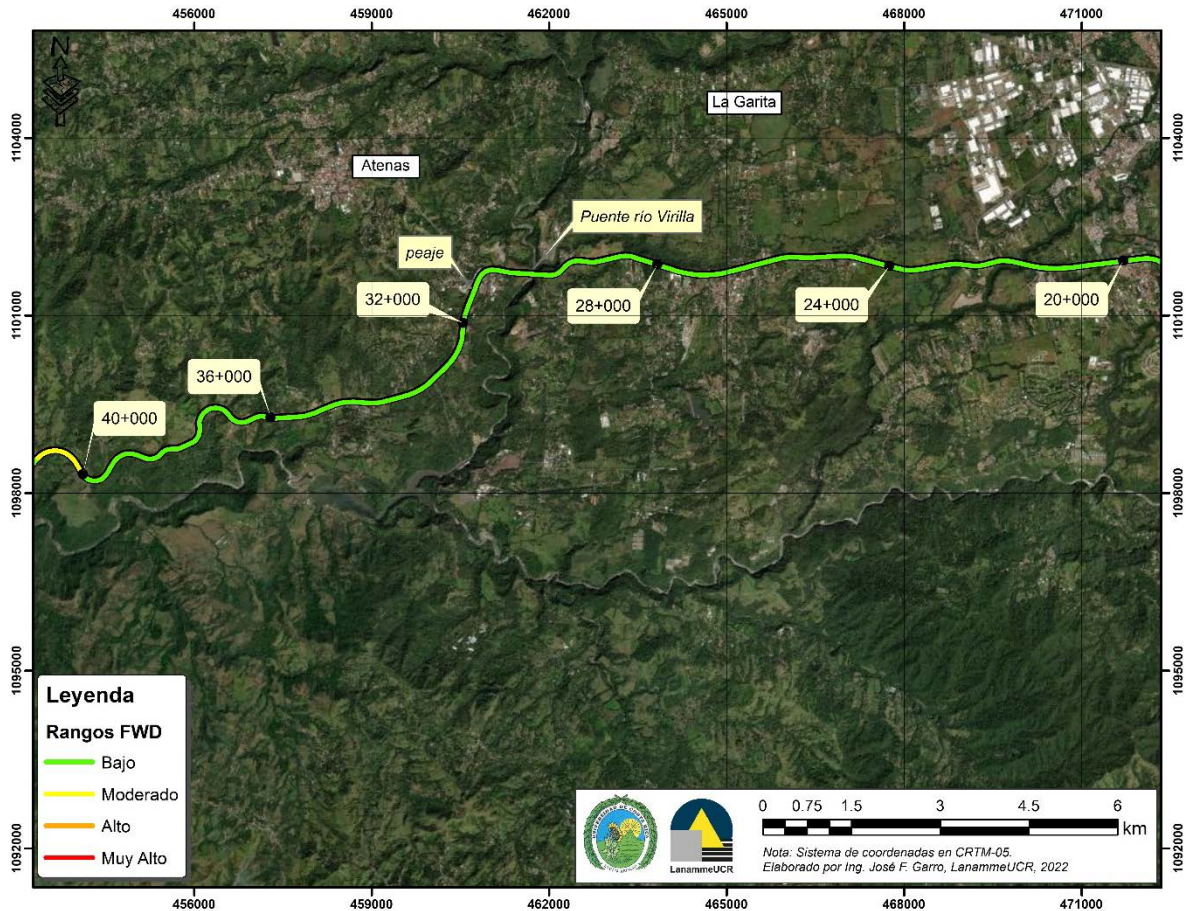


Figura A1 6. Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 20+000 – 40+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 281

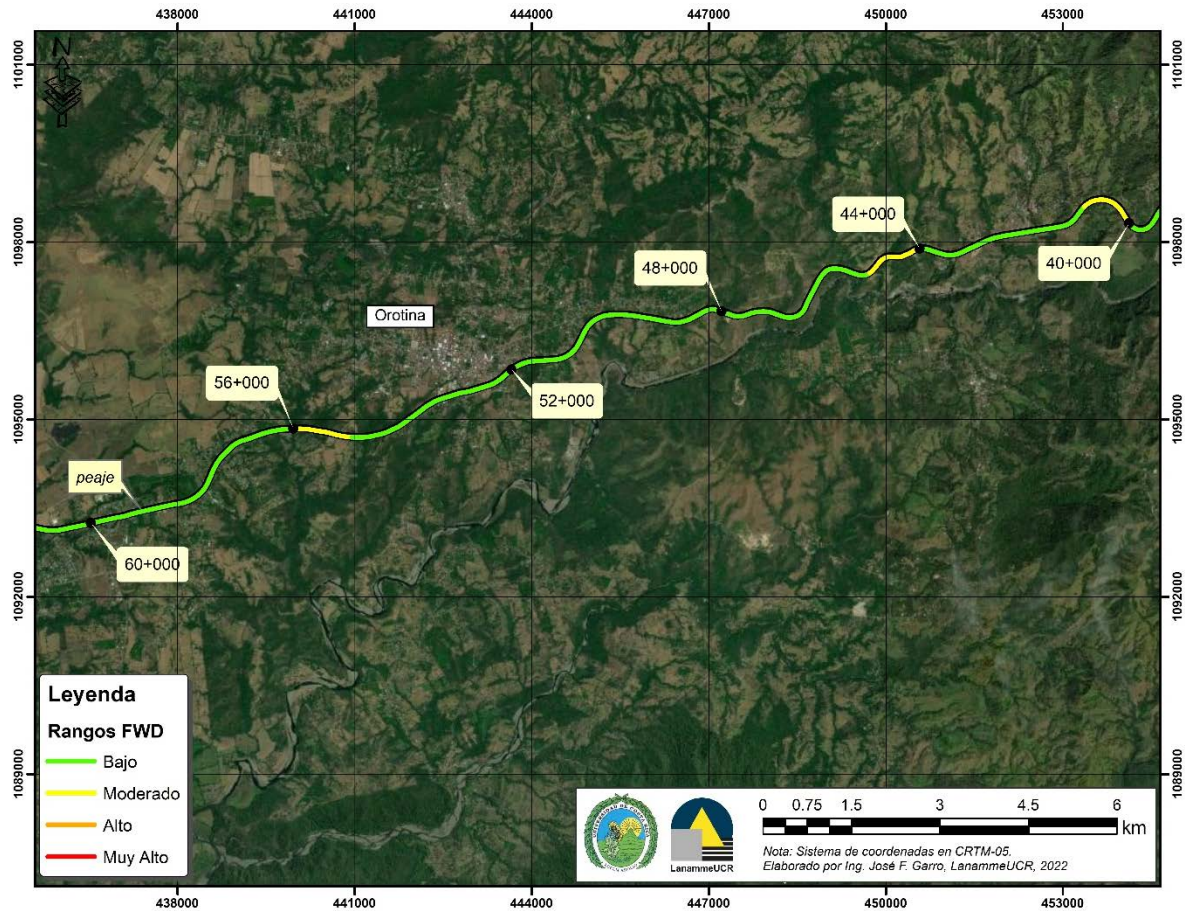


Figura A1 7. Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 40+000 - 60+000

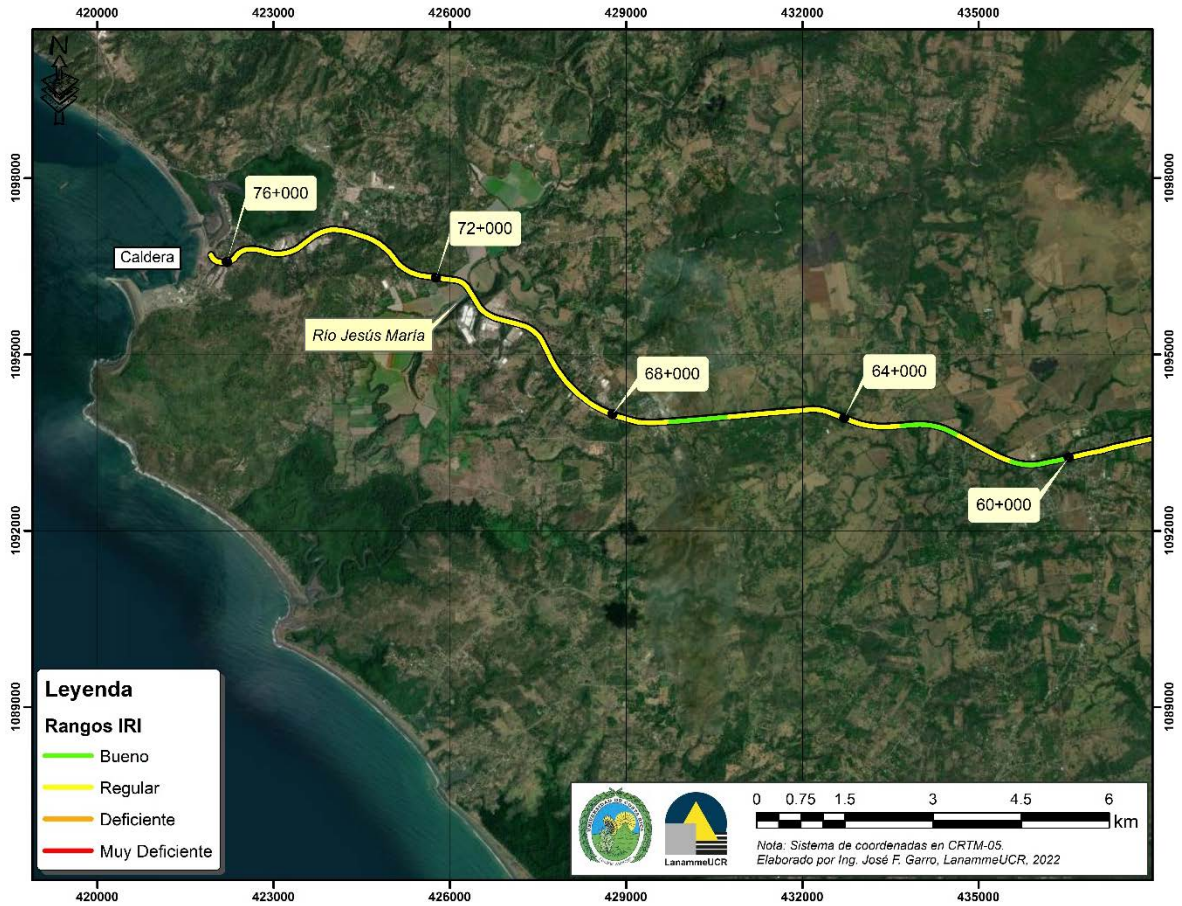


Figura A1 8. Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 60+000 - 76+000



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 283

Anexo II: Resultados obtenidos Perfilómetro Láser



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 284

A continuación, se muestran las figuras con los resultados de la evaluación utilizando el Perfilómetro Láser del LanammeUCR, para ambos sentidos de la Ruta Nacional 27.

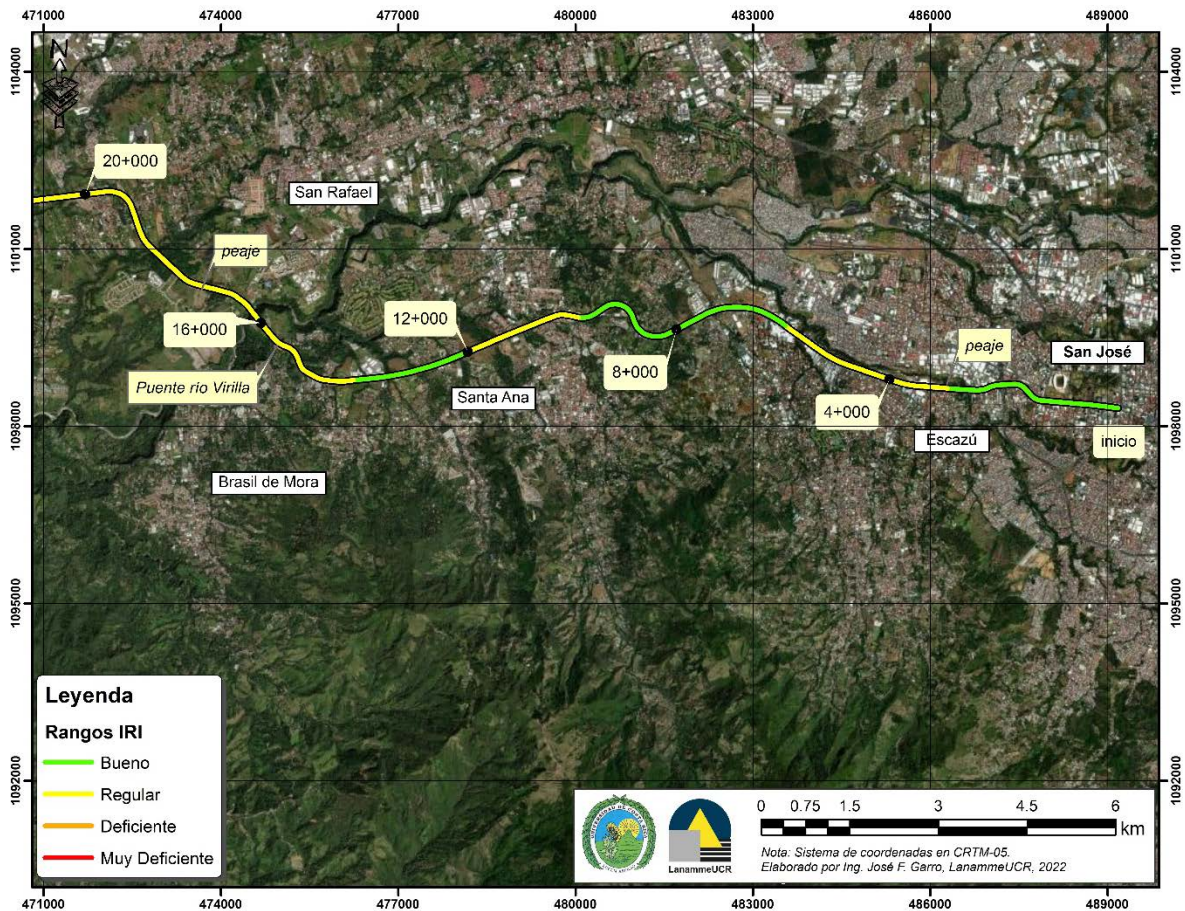


Figura A2 1. Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 - 20+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 285

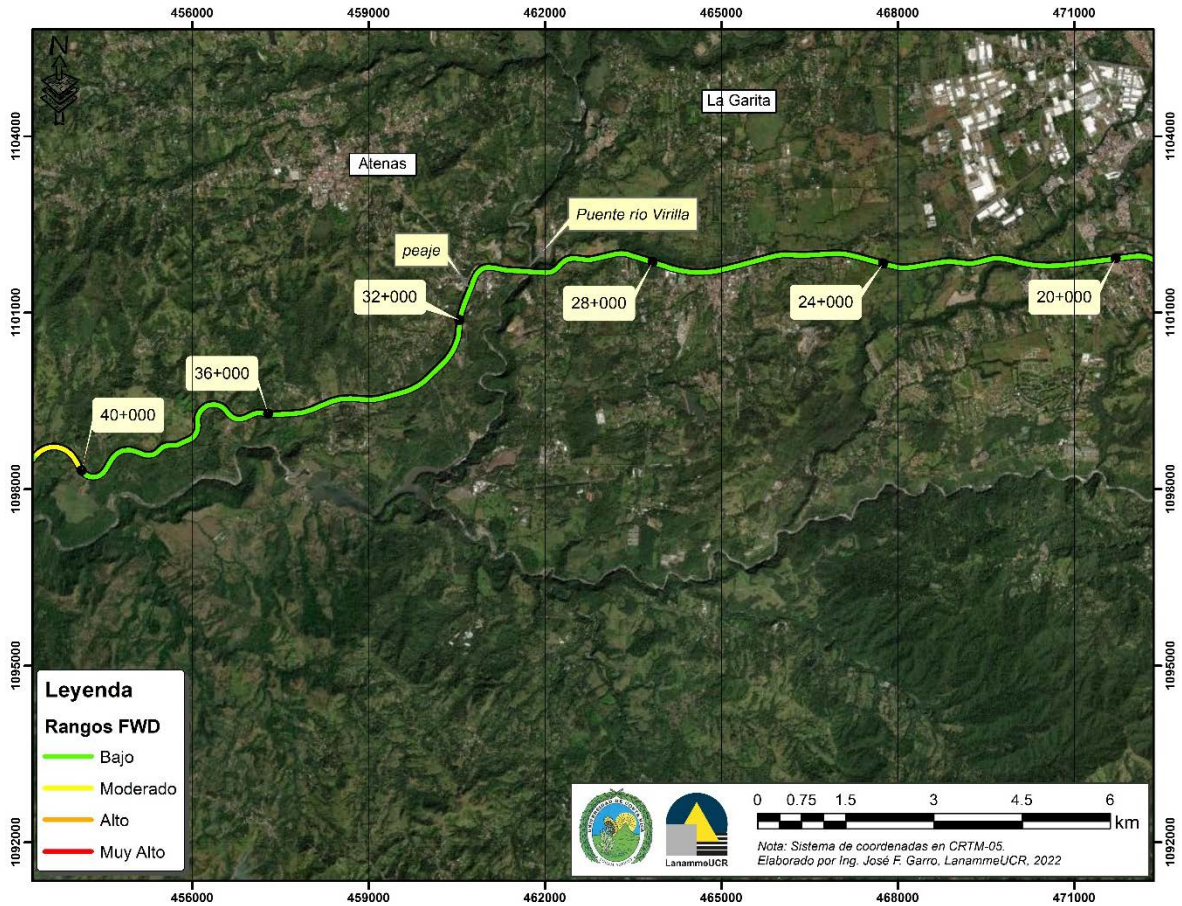


Figura A2 2. Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 20+000 - 40+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 286

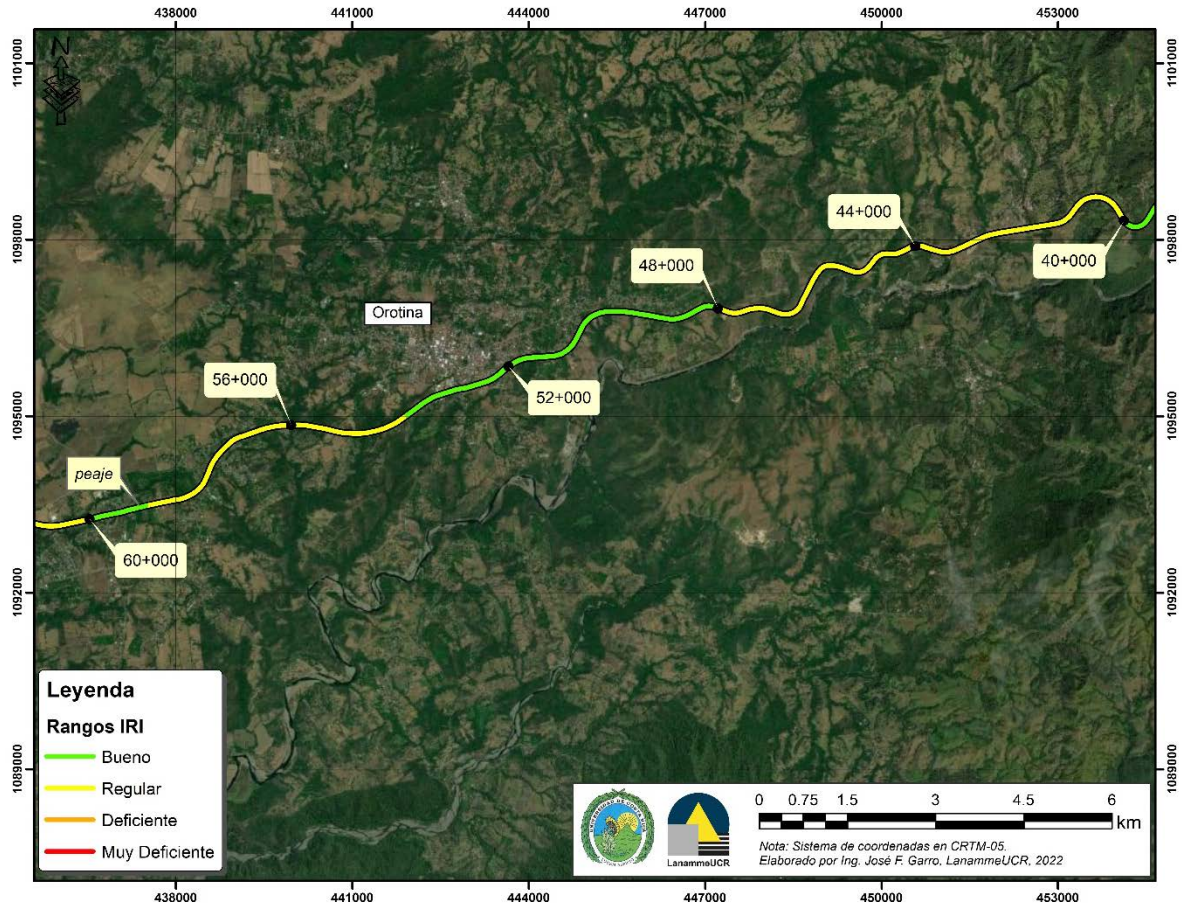


Figura A2 3. Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 40+000 - 60+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 287

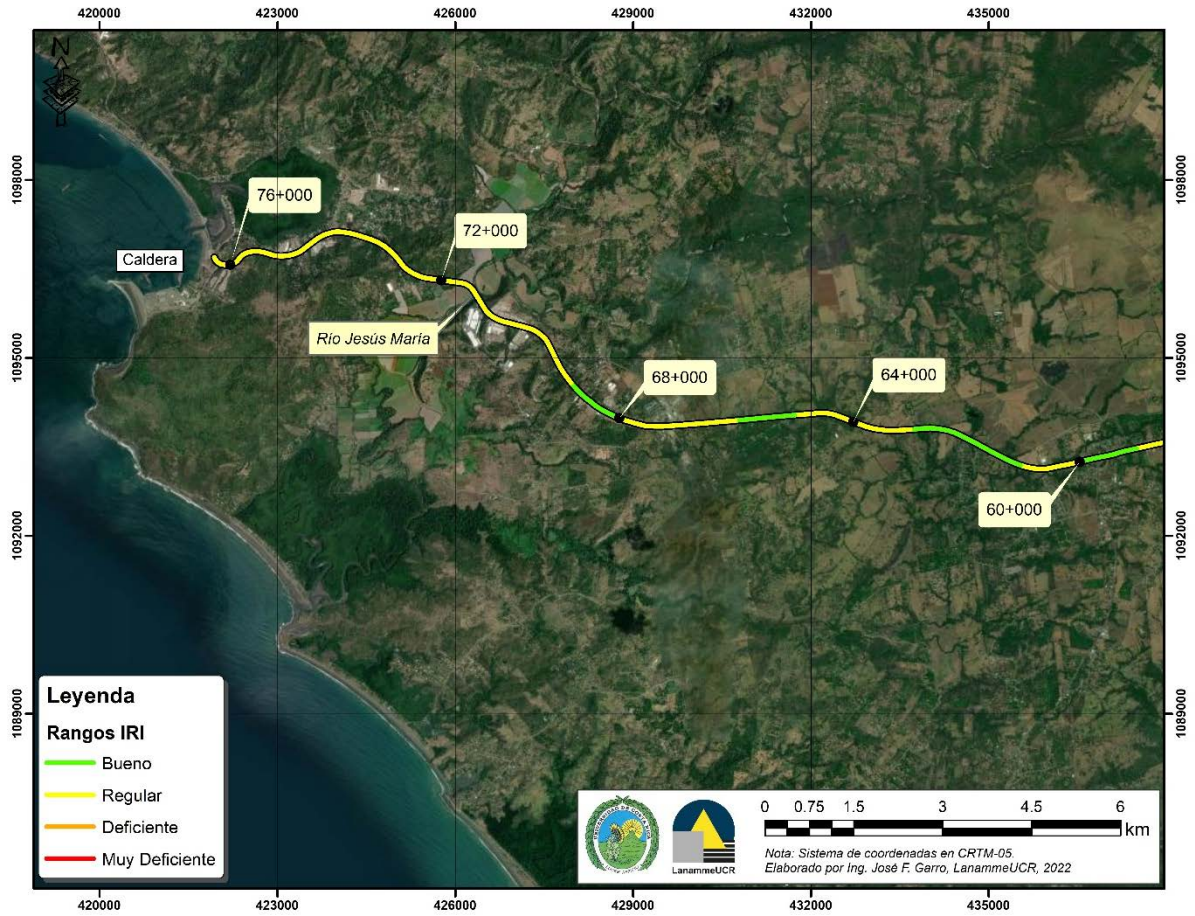


Figura A2 4. Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 60+000 - 76+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 288

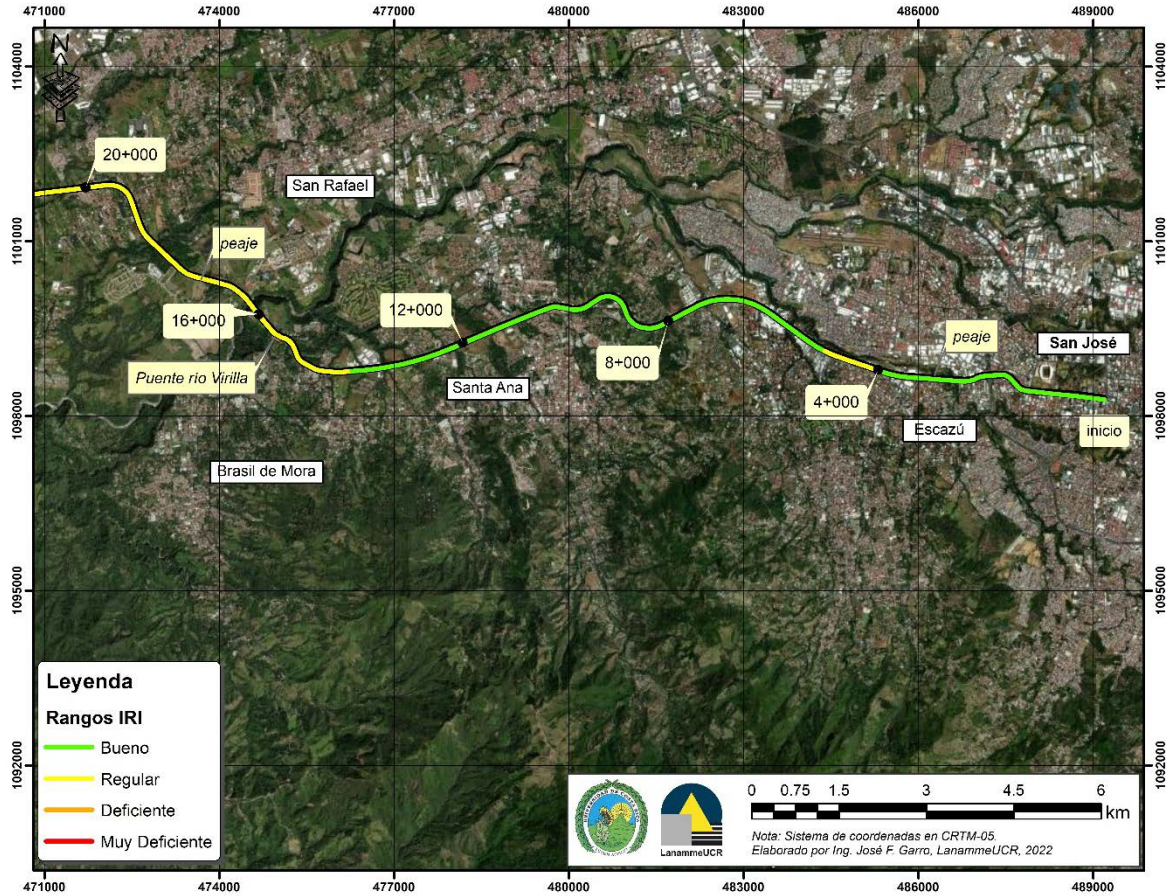


Figura A2 5. Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 289

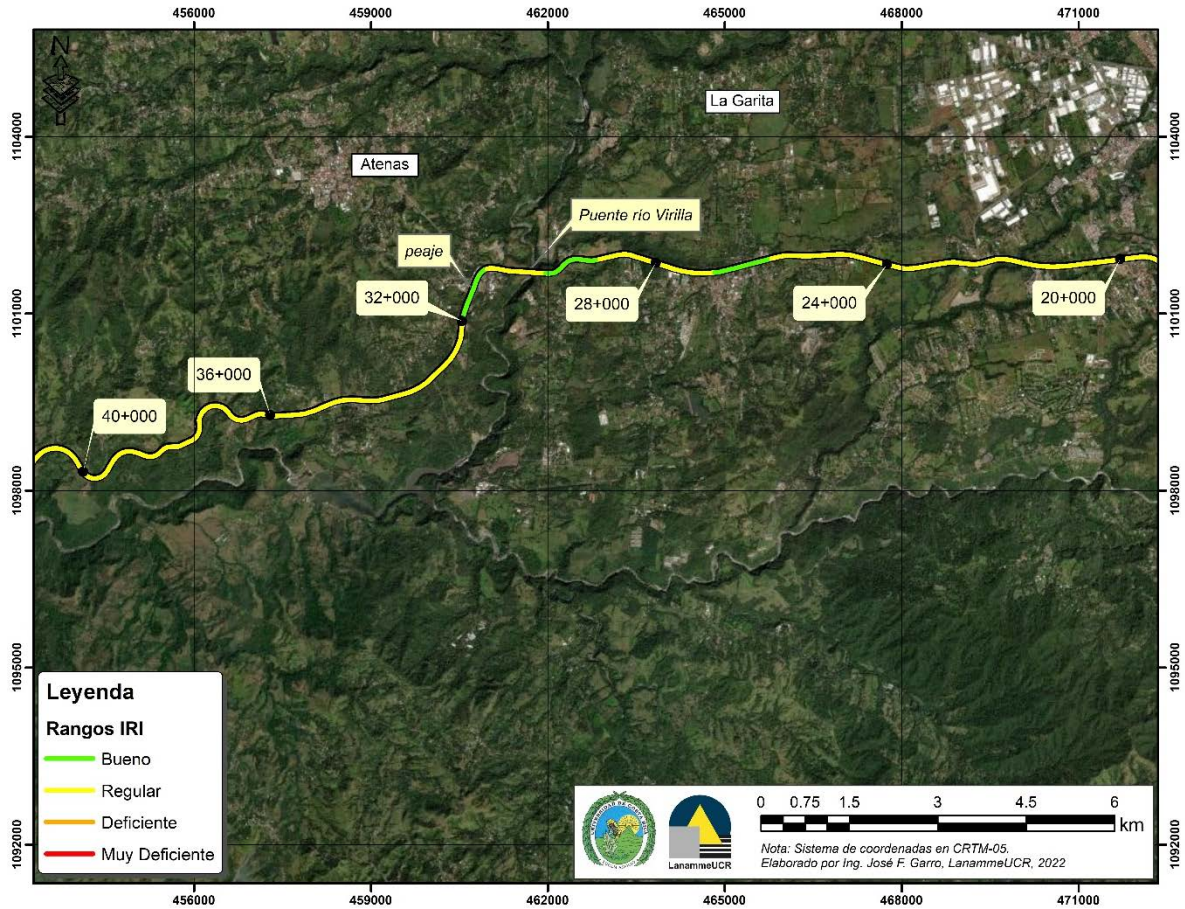


Figura A2 6. Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 20+000 - 40+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 290

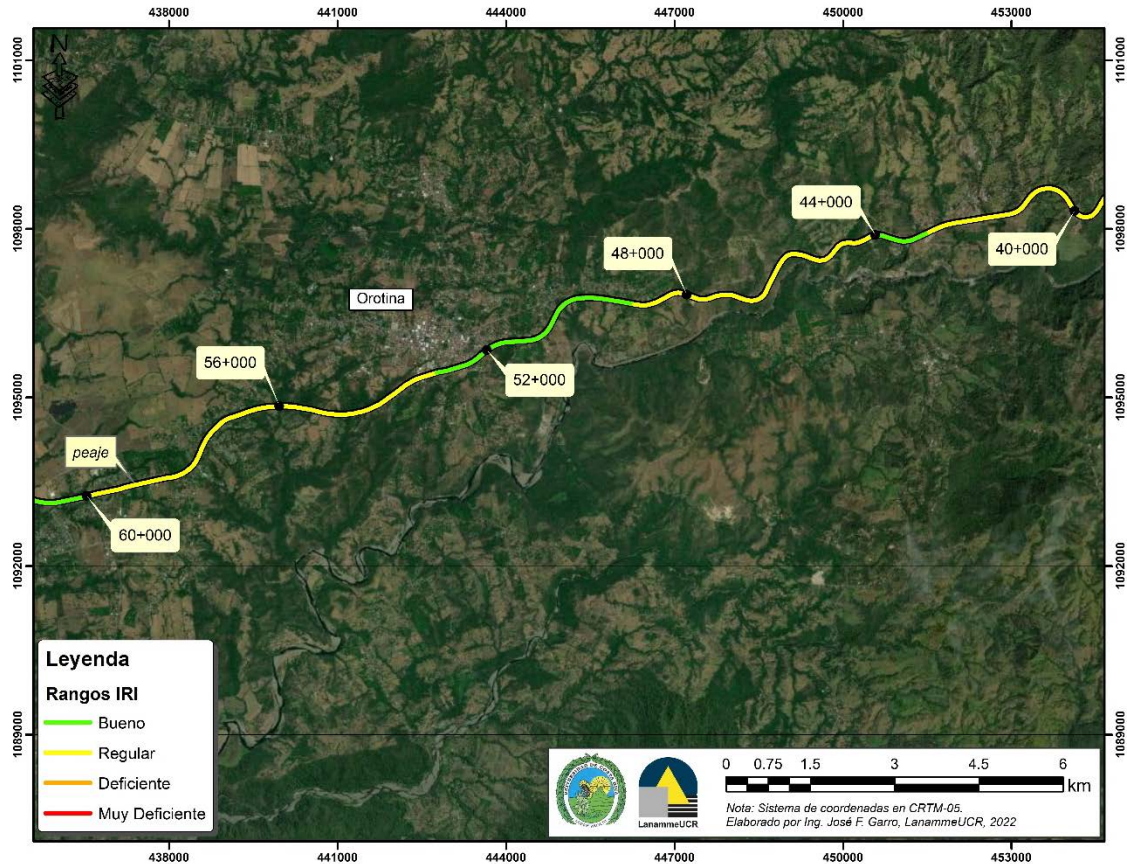


Figura A2 7. Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 40+000 - 60+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 291

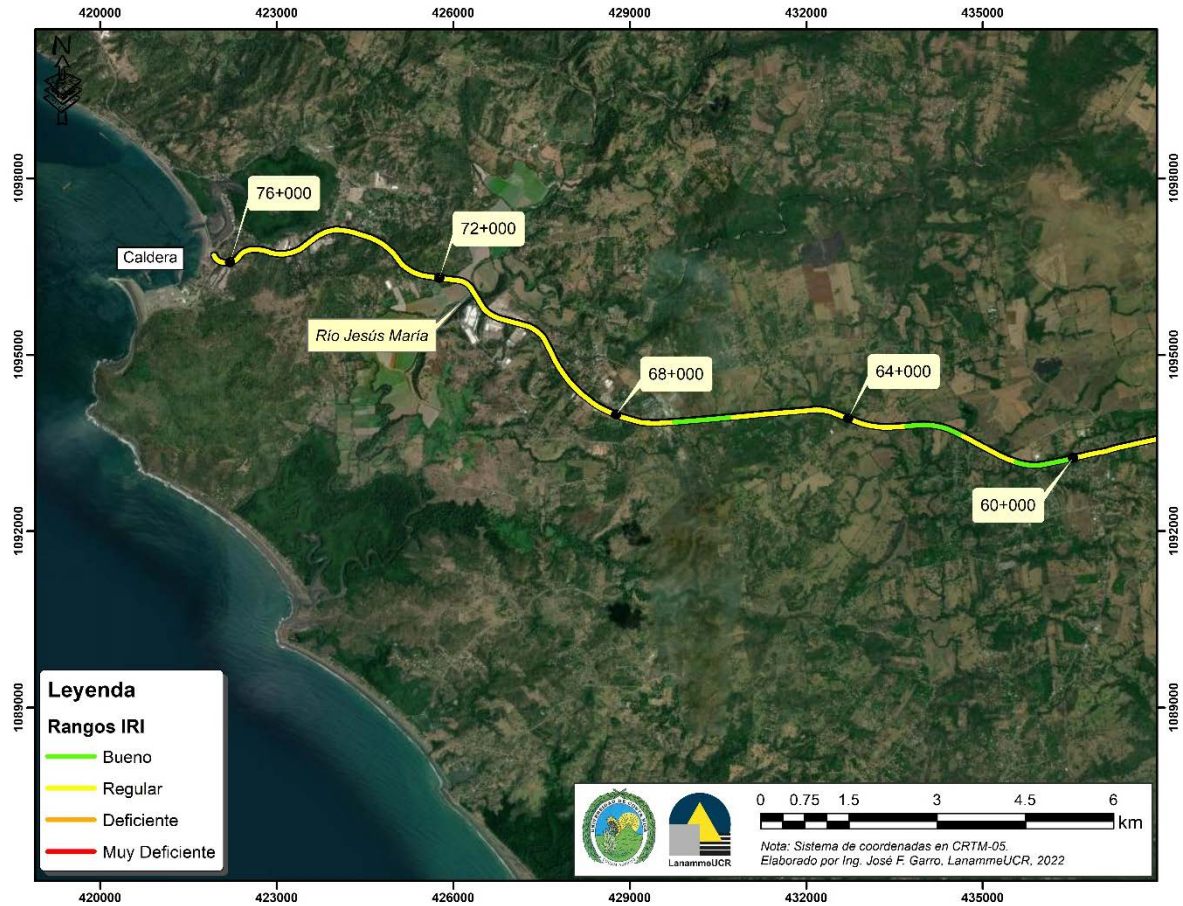


Figura A2 8. Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 60+000 - 76+000



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 292

Anexo III: Resultados obtenidos Medidor de Agarre Superficial



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 293

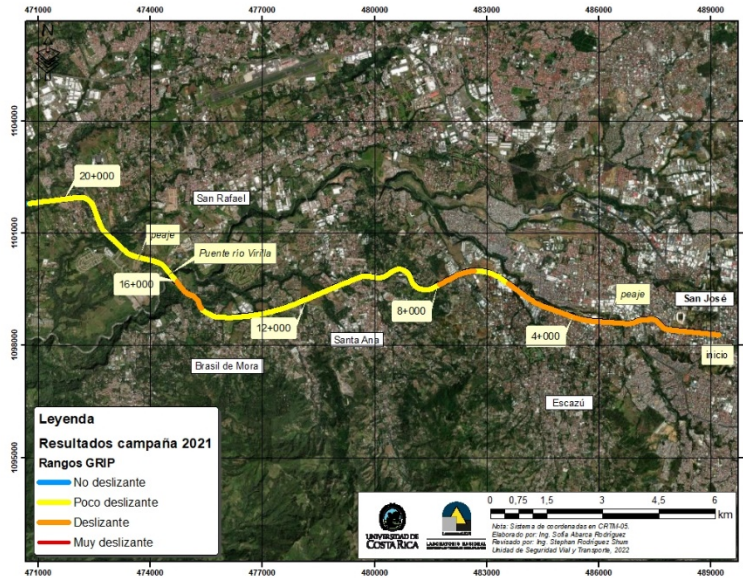


Figura A3 1. Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 -20+000

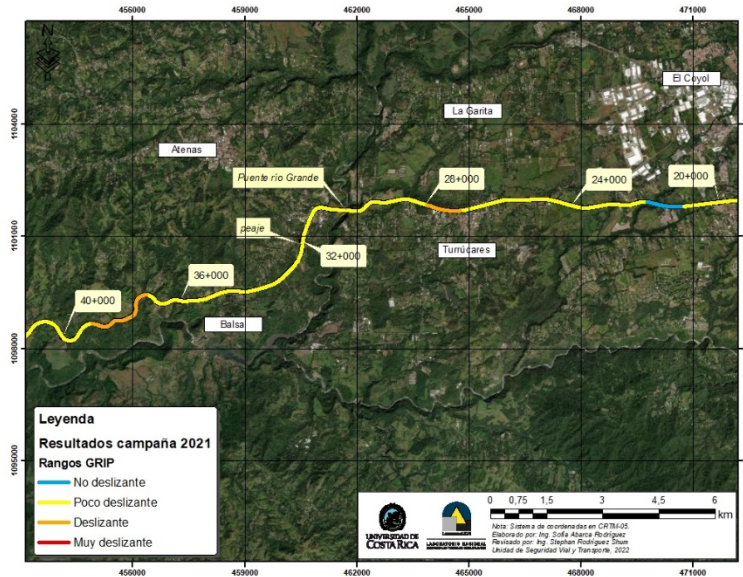


Figura A3 2. Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 20+000 - 40+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 294



Figura A3 3. Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 40+000 - 60+000

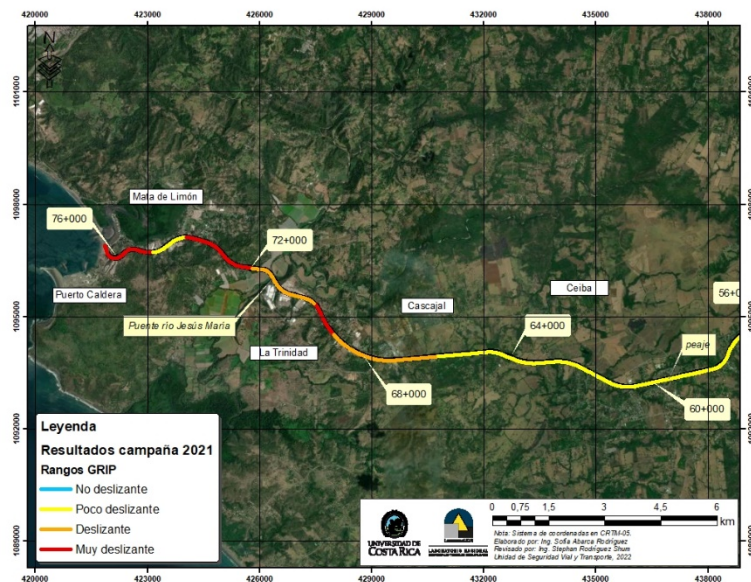


Figura A3 4. Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 60+000 - 76+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 295

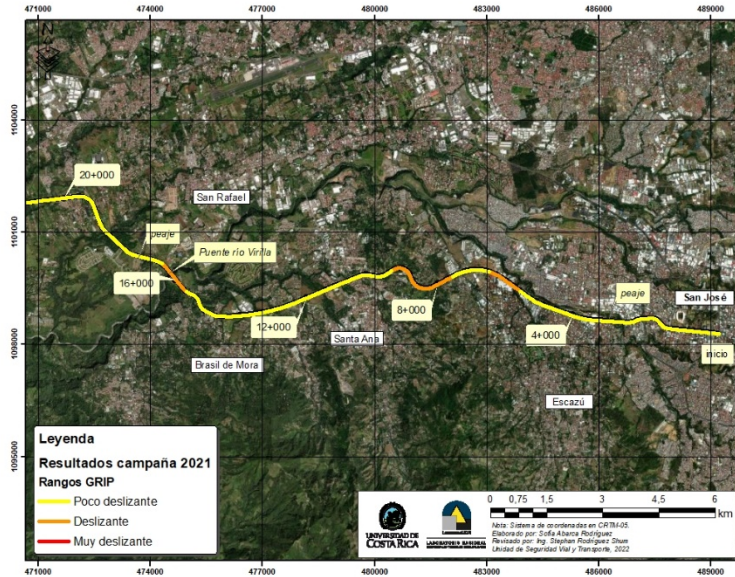


Figura A3 5. Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000

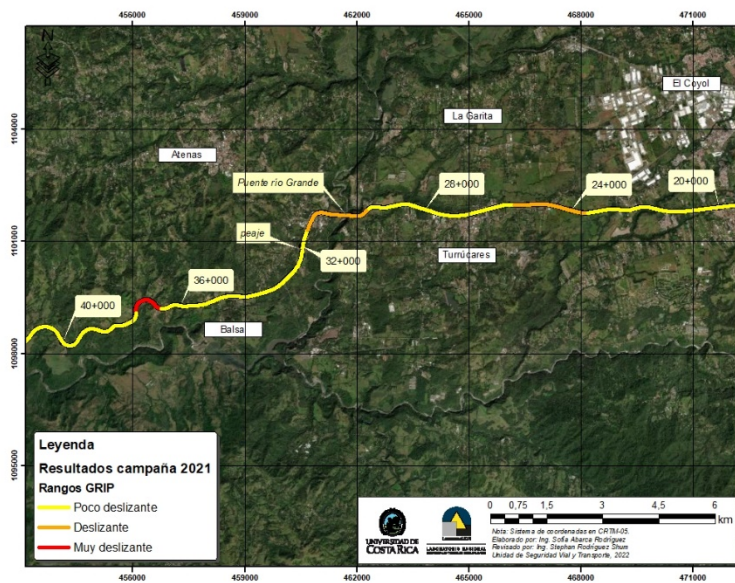


Figura A3 6. Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 20+000 - 40+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 296

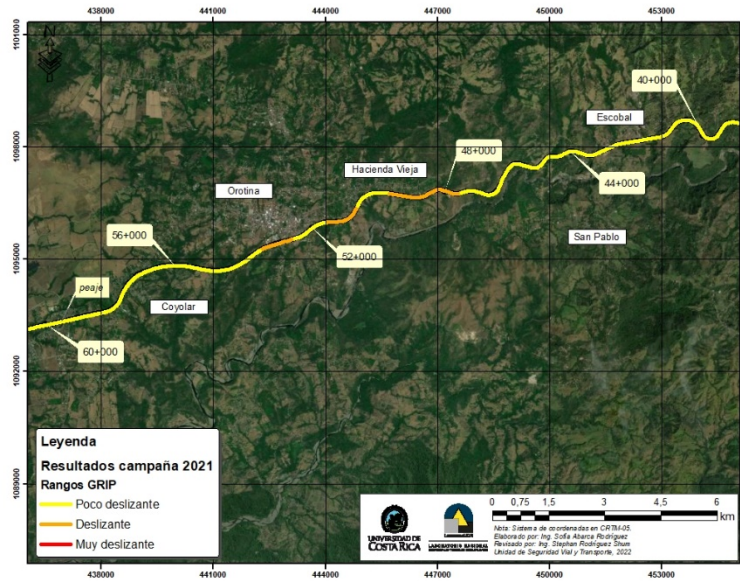


Figura A3 7. Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 40+000 - 60+000

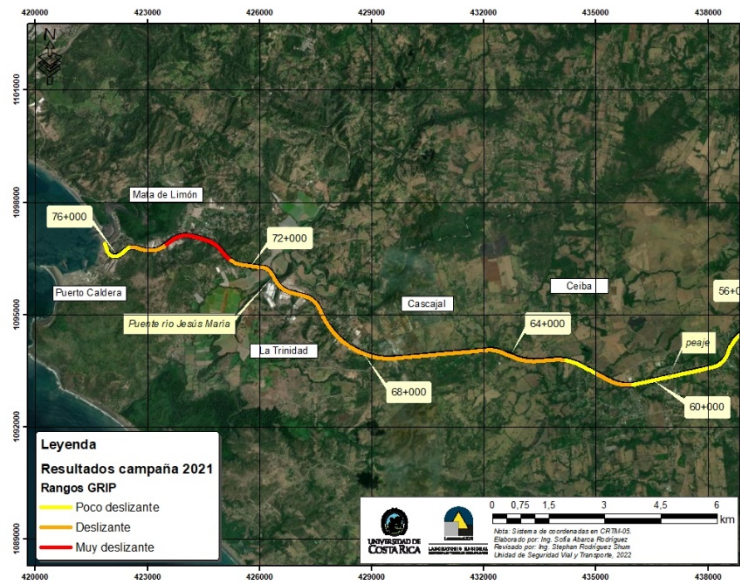


Figura A3 8. Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 60+000 - 76+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 297

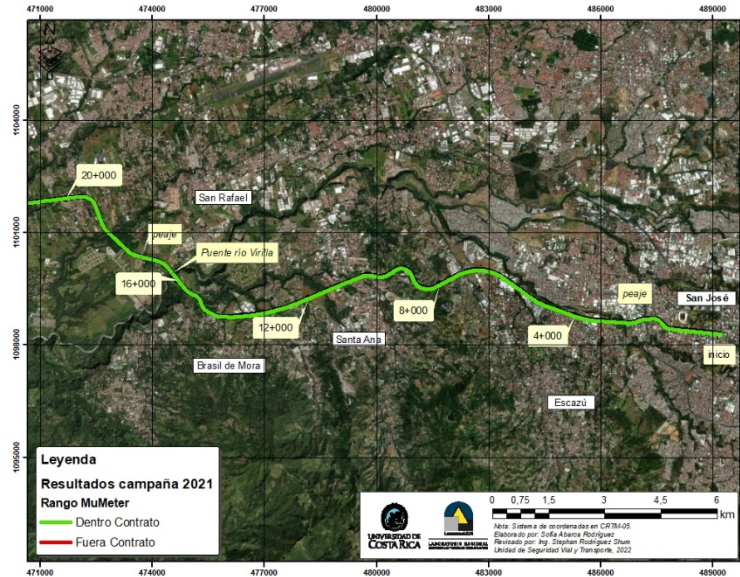


Figura A3 9. Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 - 20+000

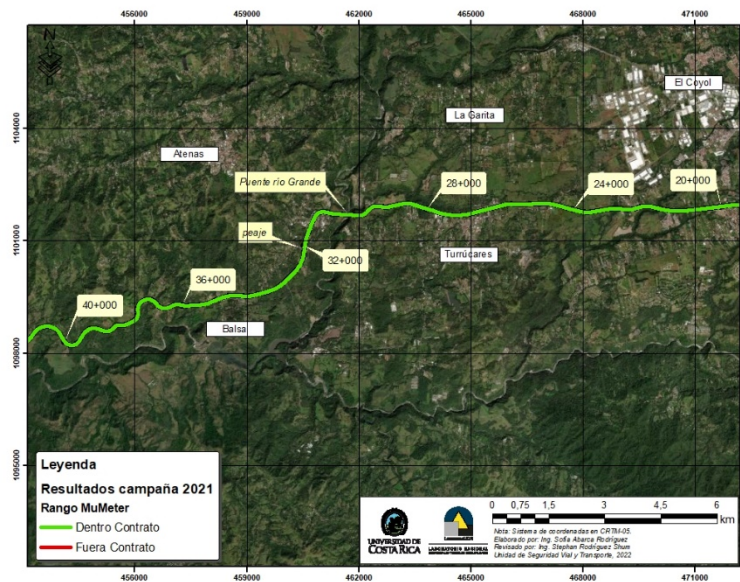


Figura A3 10. Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 20+000 - 40+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 298

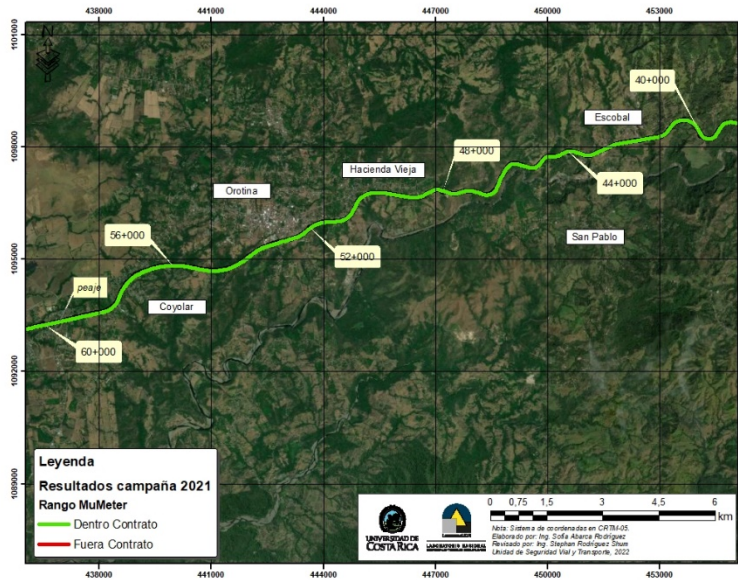


Figura A3 11. Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 40+000 - 60+000

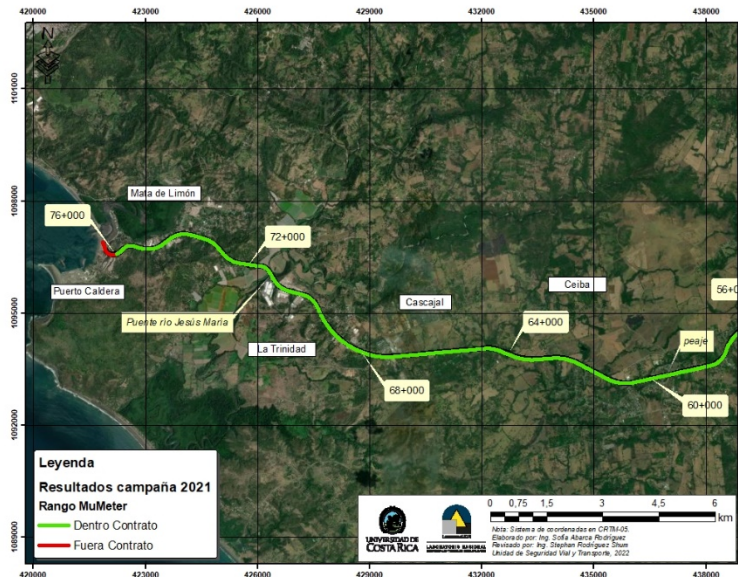


Figura A3 12. Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 60+000 - 76+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 299

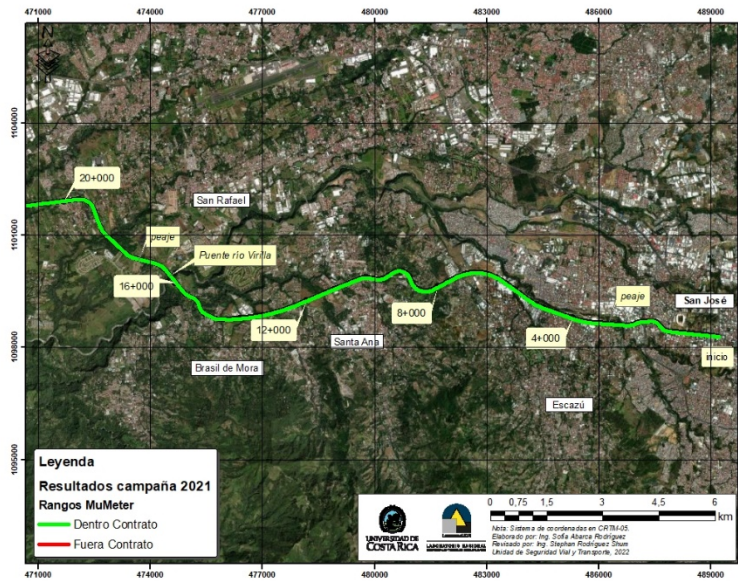


Figura A3 13. Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000

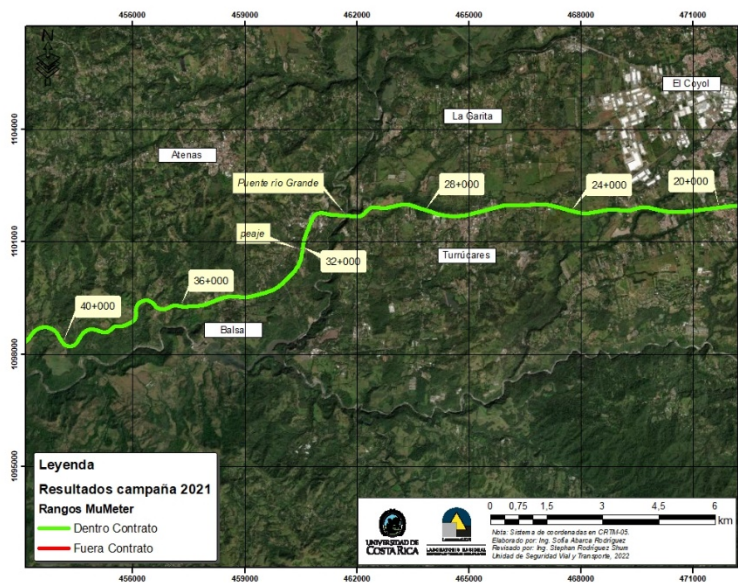


Figura A3 14. Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 20+000 - 40+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 300

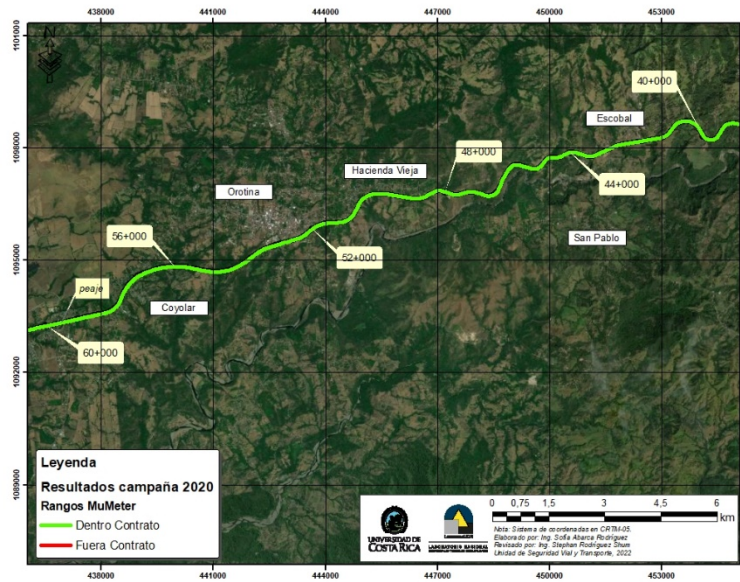


Figura A3 15. Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 40+000 - 60+000

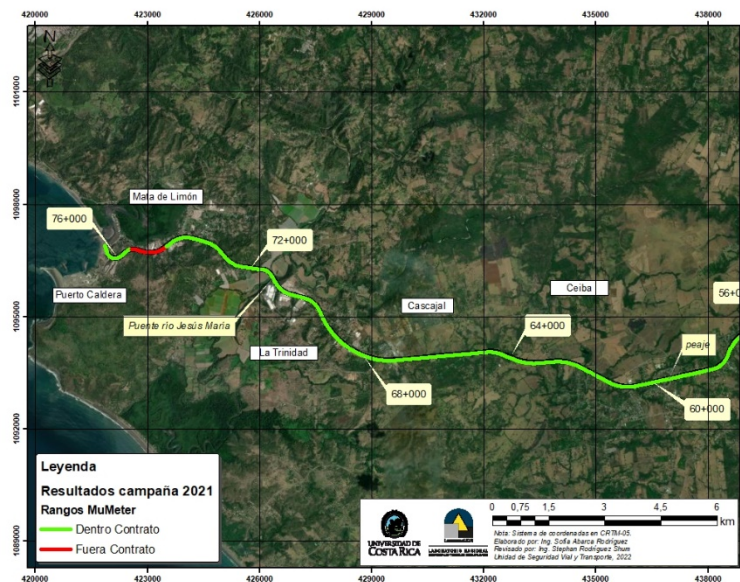


Figura A3 16. Resultados MuMeter, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 60+000 - 76+000



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 301

Anexo IV: Resultados Obtenidos Notas de Calidad Q

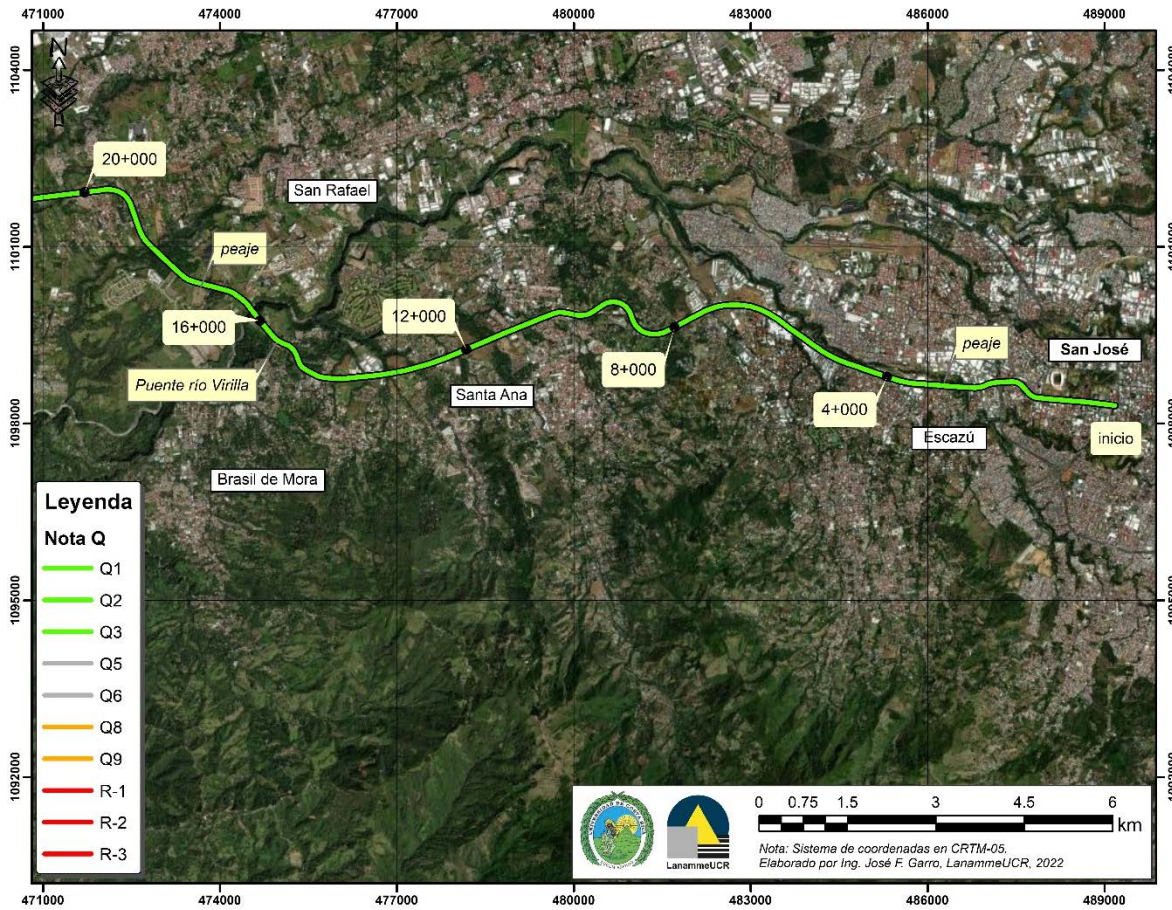


Figura A4 1. Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 0+000 - 20+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 303

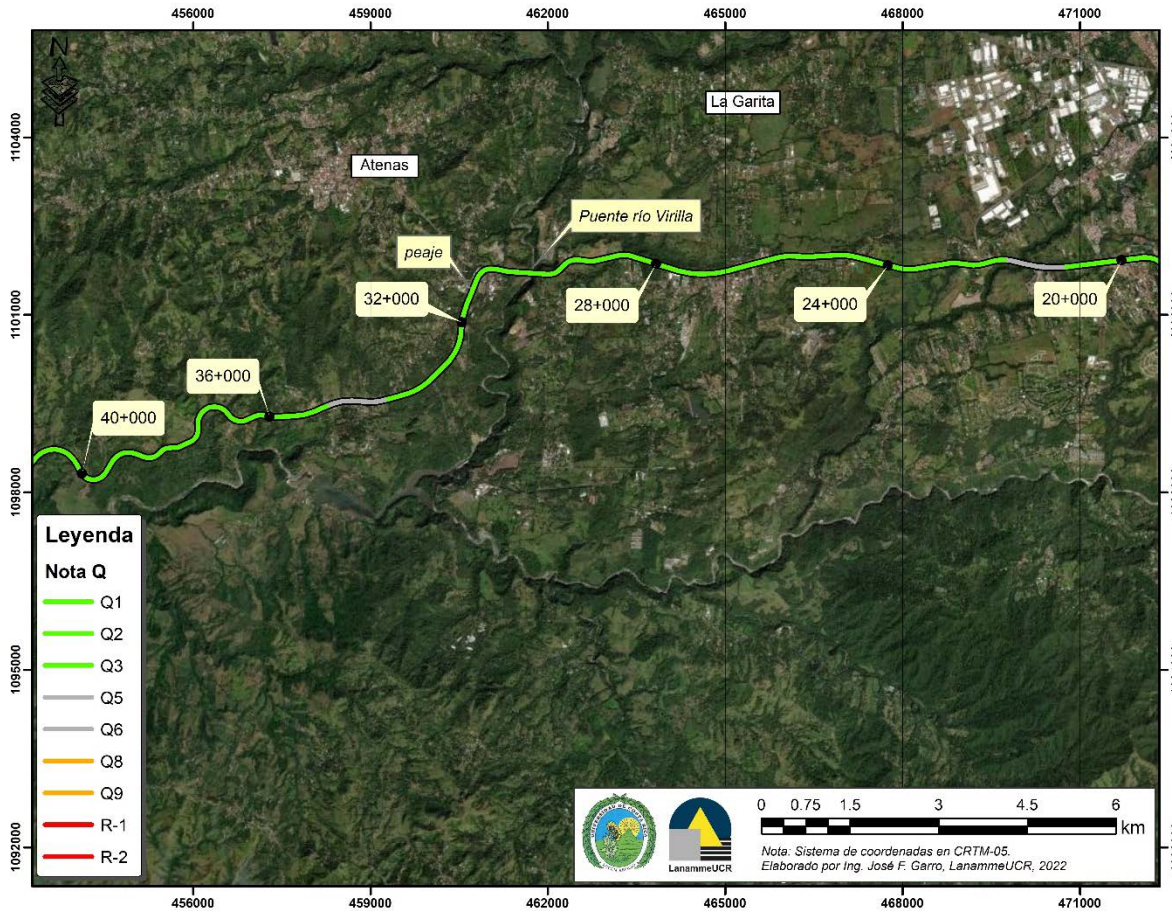


Figura A4 2. Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 20+000 - 40+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 304

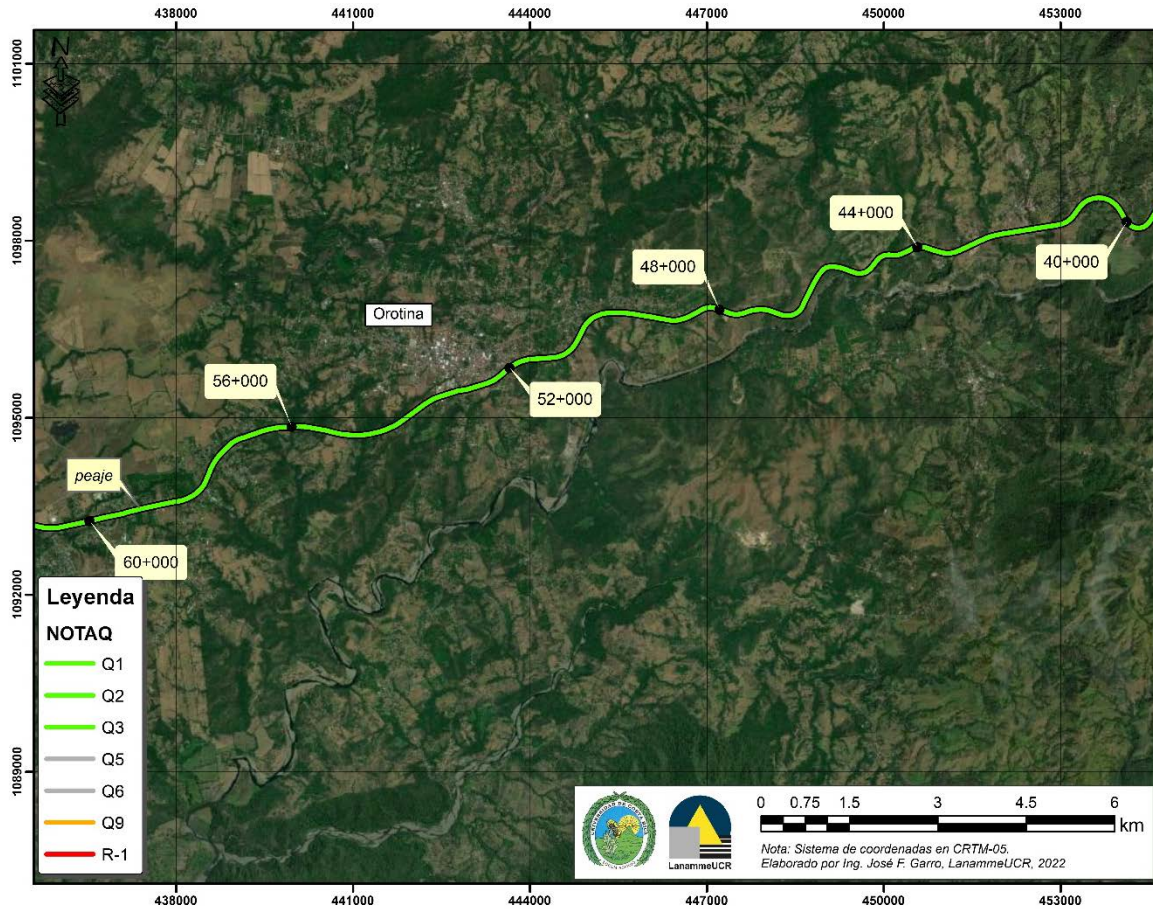


Figura A4 3. Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 40+000 - 60+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 305

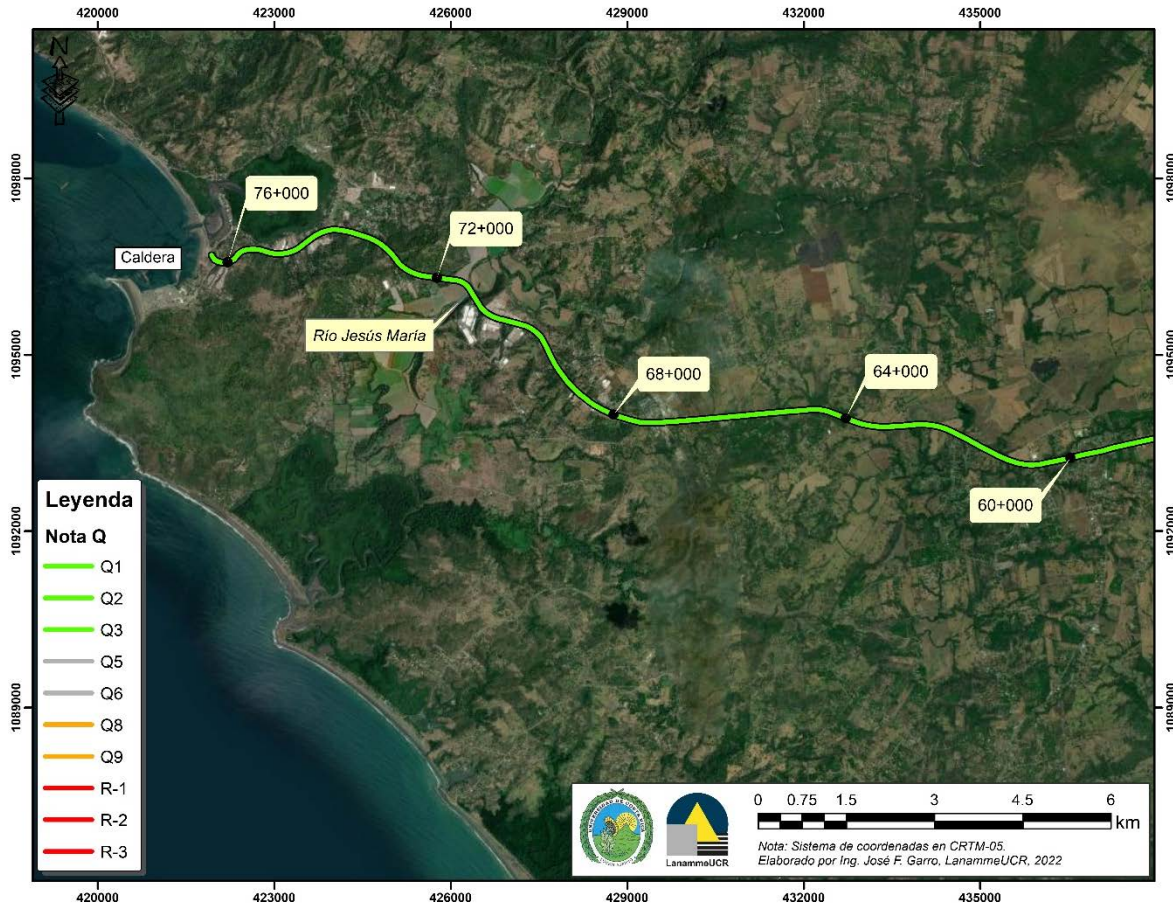


Figura A4 4. Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 60+000 - 76+000

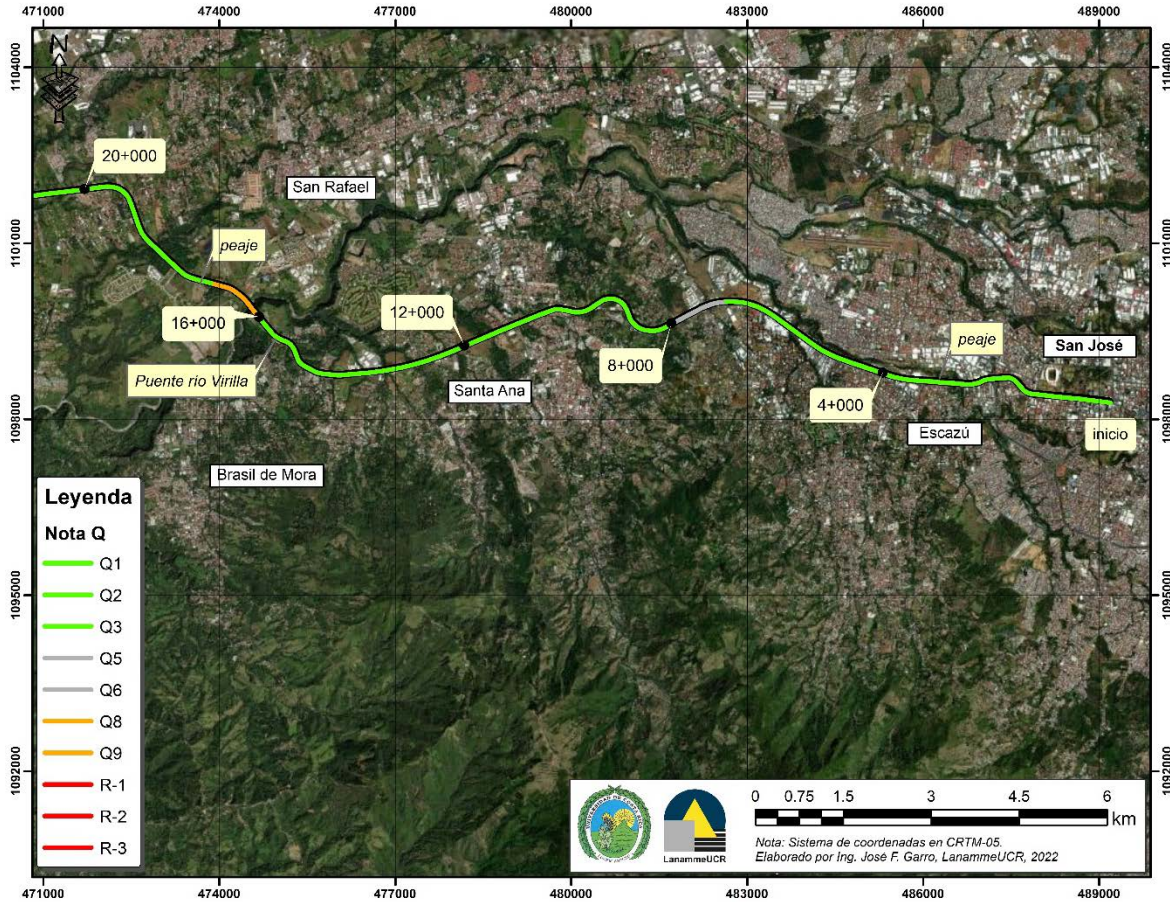


Figura A4 5. Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 307

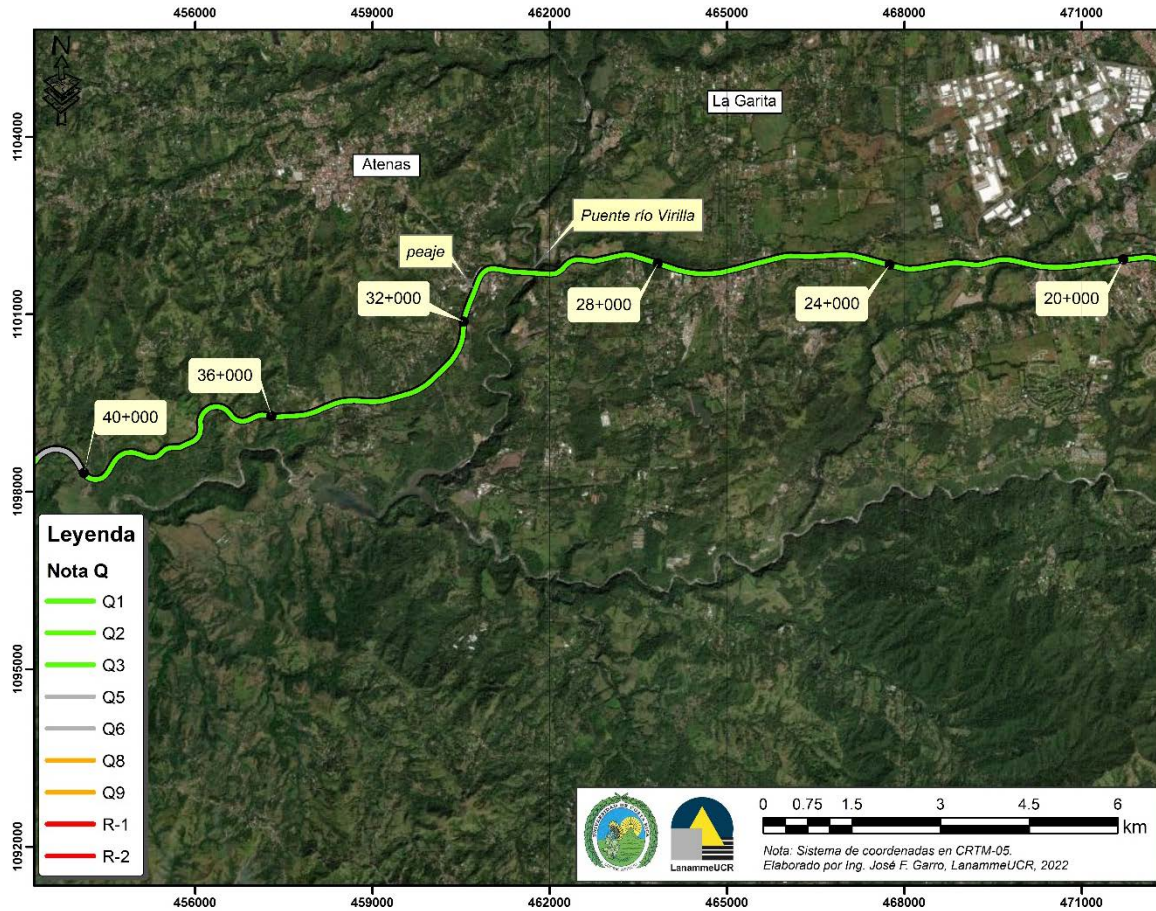


Figura A4 6. Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 20+000 - 40+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 308

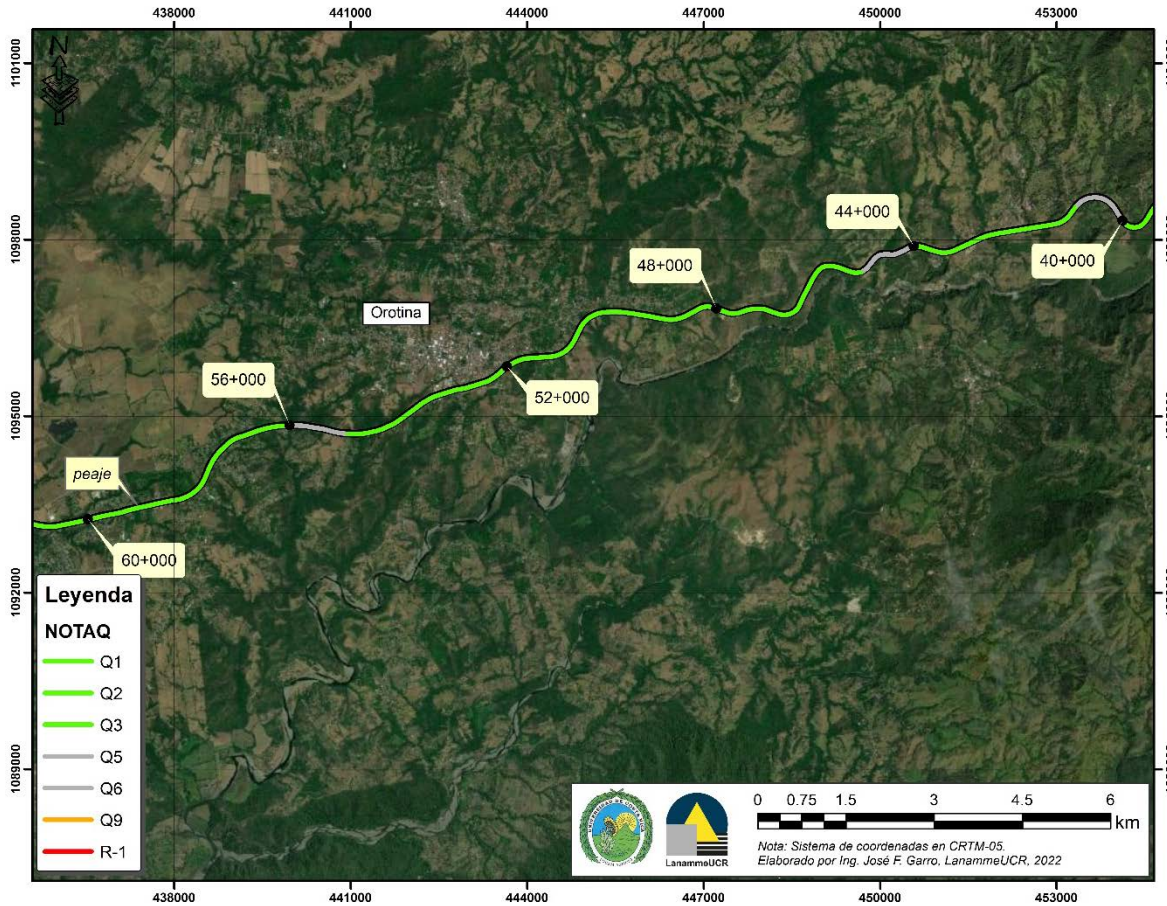


Figura A4 7. Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 40+000 - 60+000



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 309

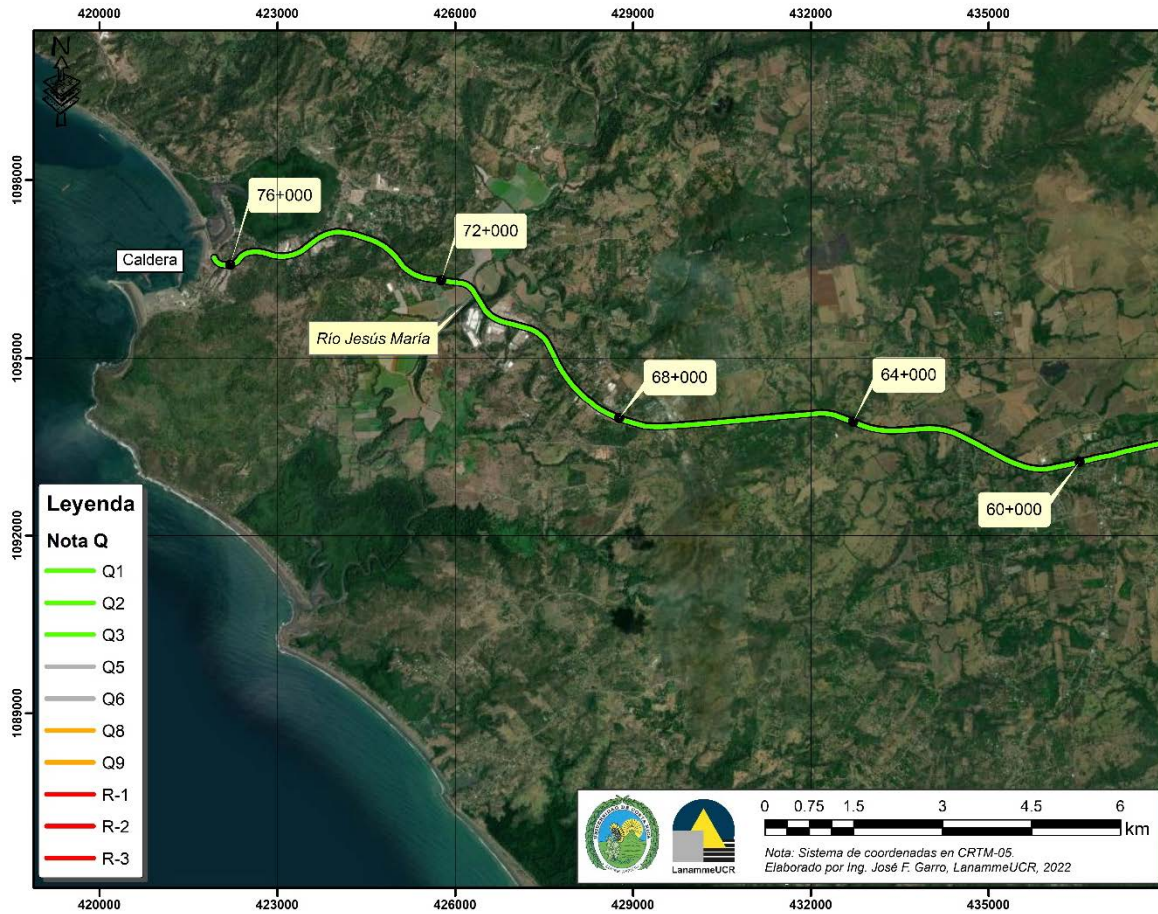


Figura A4 8. Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 60+000 - 76+000



Anexo V Resultados obtenidos para cada uno de los parámetros evaluados en las Radiales

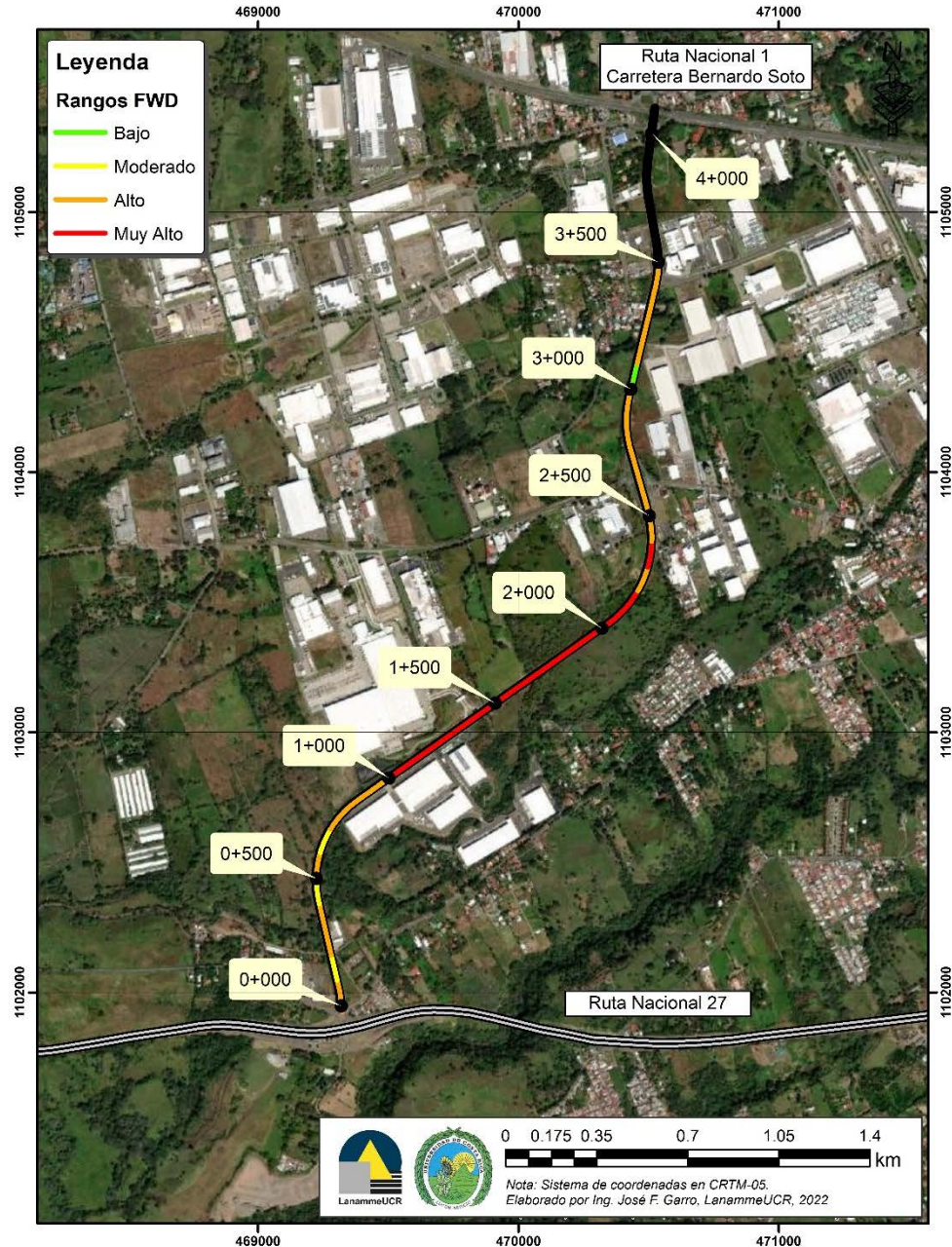


Figura A5 1. Resultados FWD, Radial El Coyal, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyal



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 312

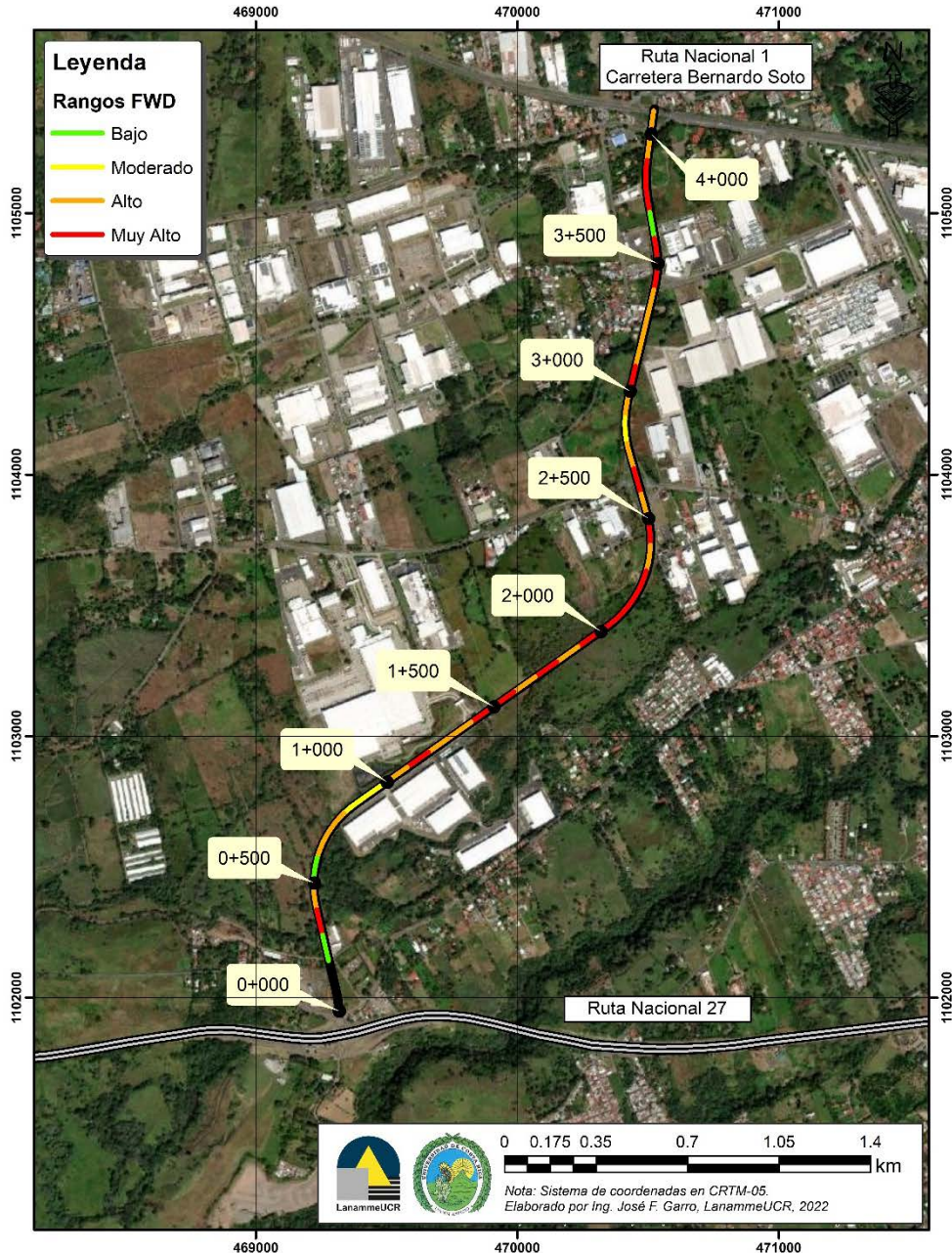


Figura A5 2. Resultados FWD, Radial El Coyol, sentido El Coyol - Ruta Nacional 27



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 313

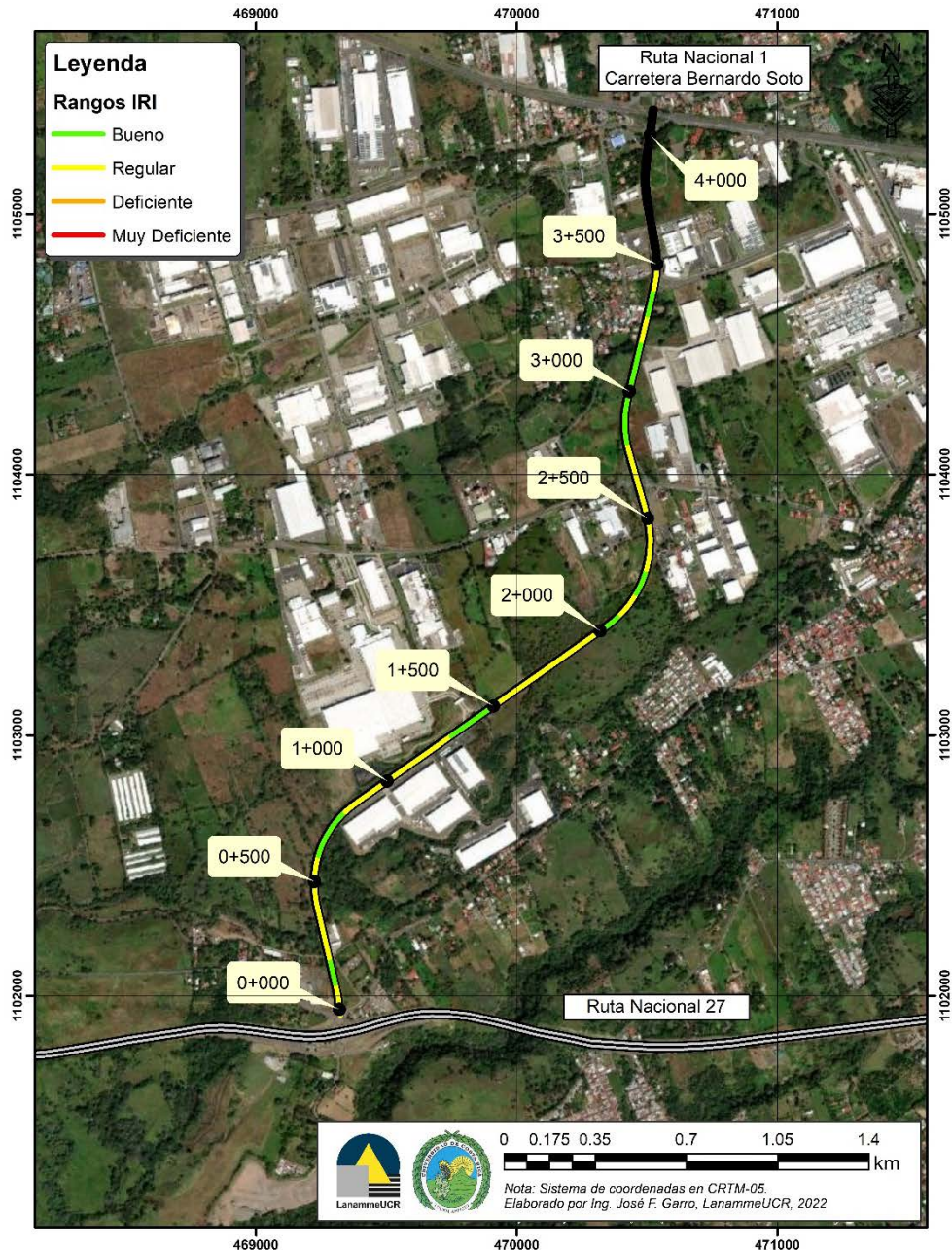


Figura A5 3. Resultados IRI, Radial El Coyal, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyal



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 314

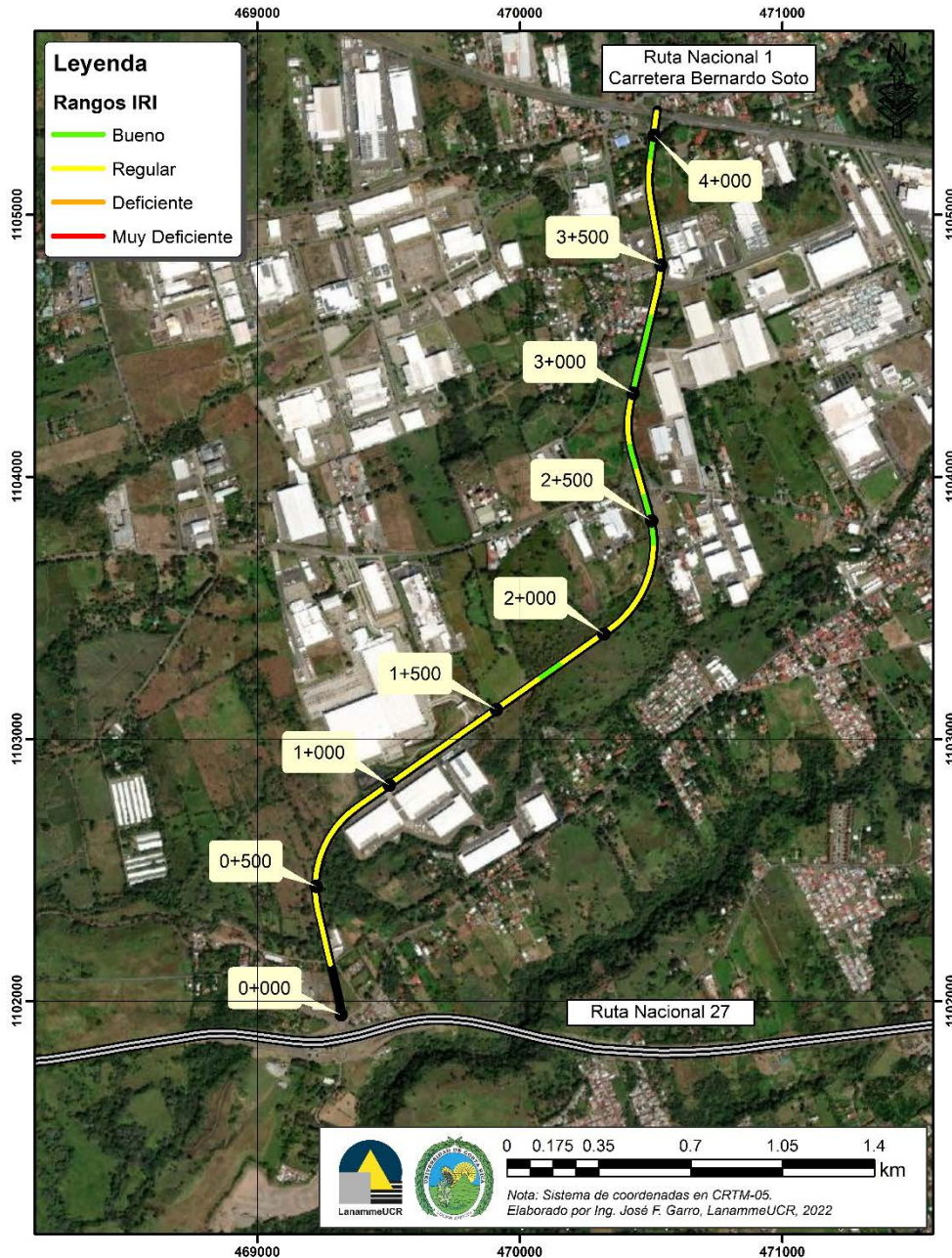
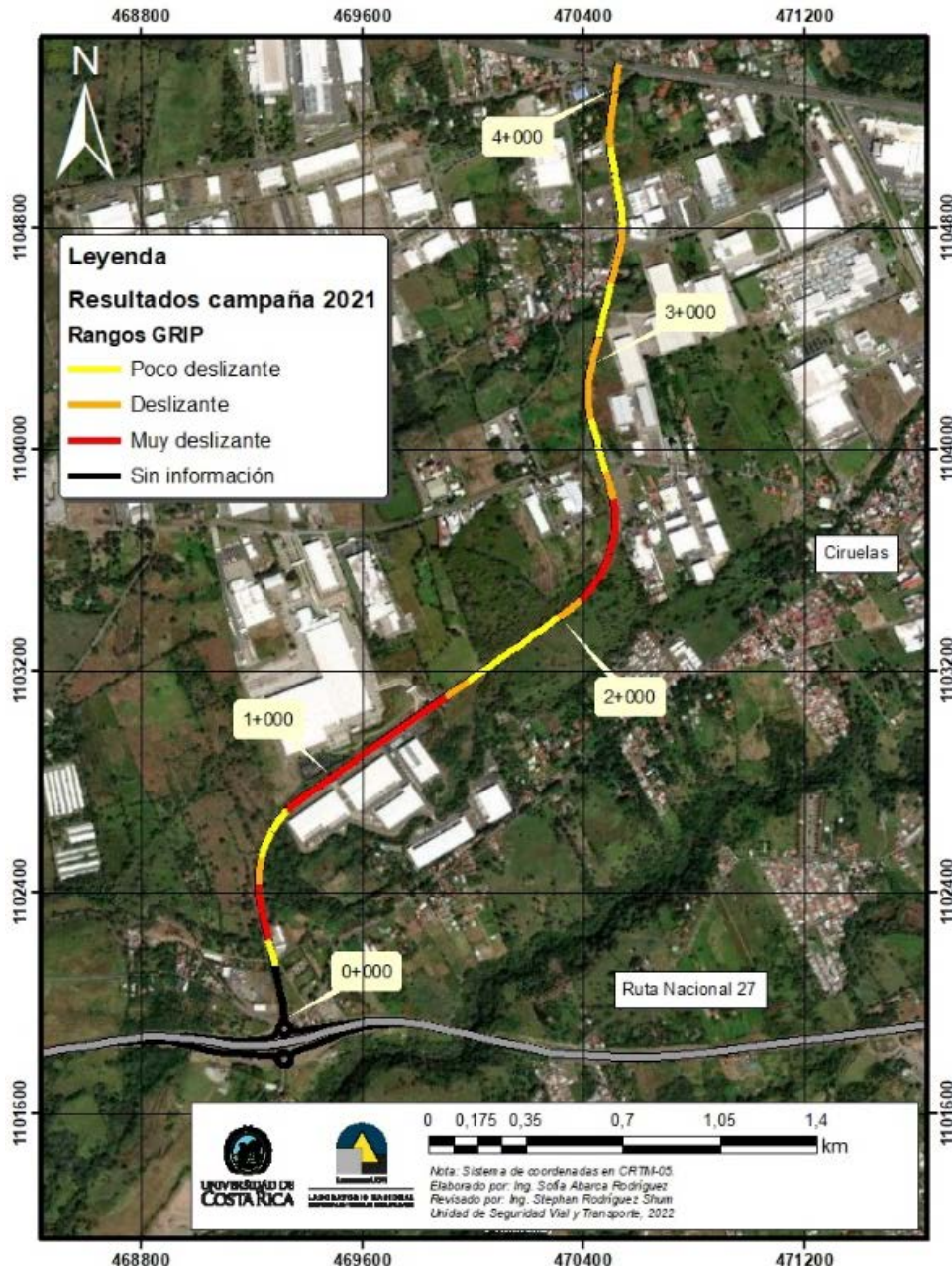


Figura A5 4. Resultados IRI, Radial El Coyol, sentido El Coyol - Ruta Nacional 27



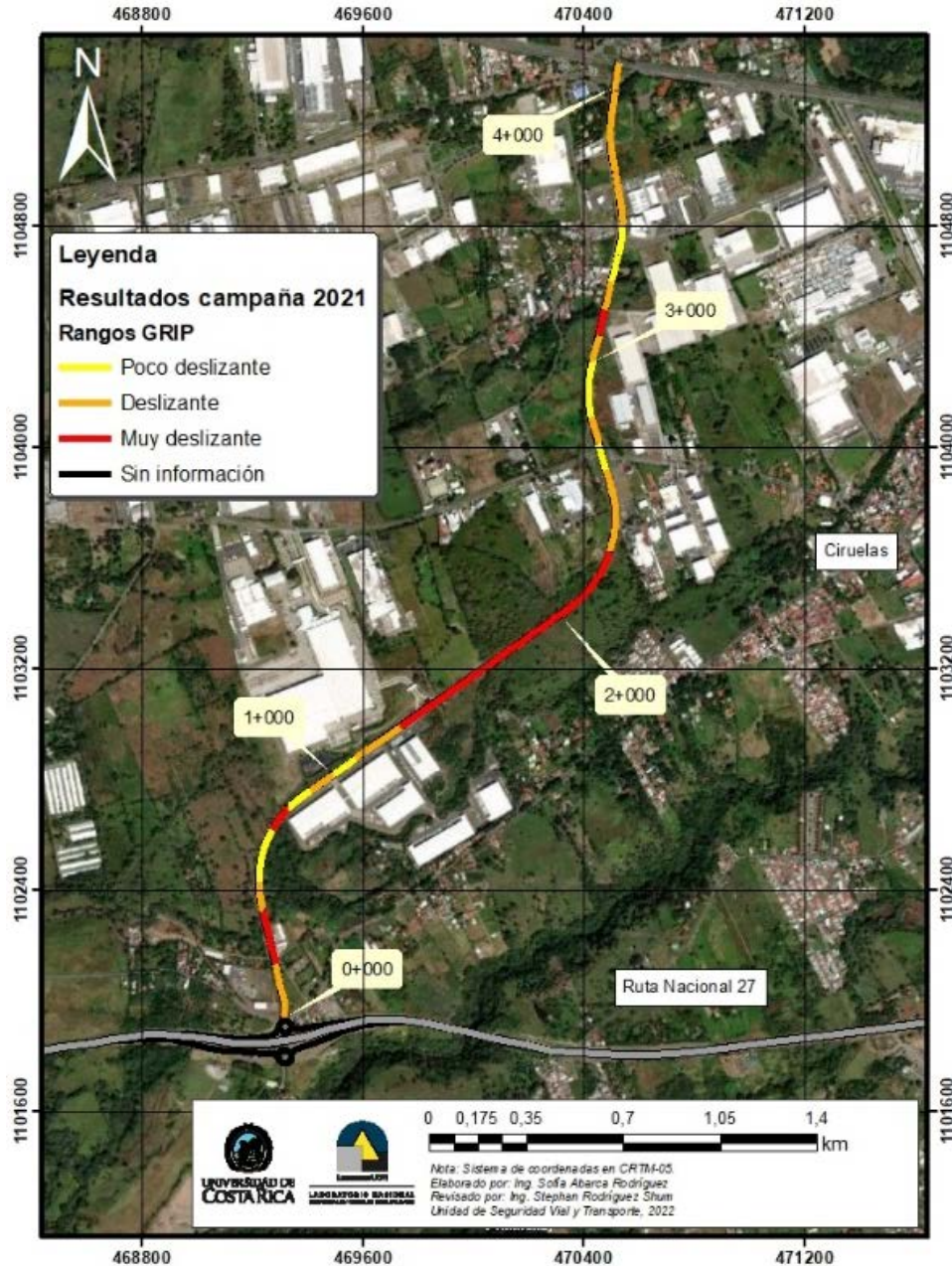
Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 315





Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 316





Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 317

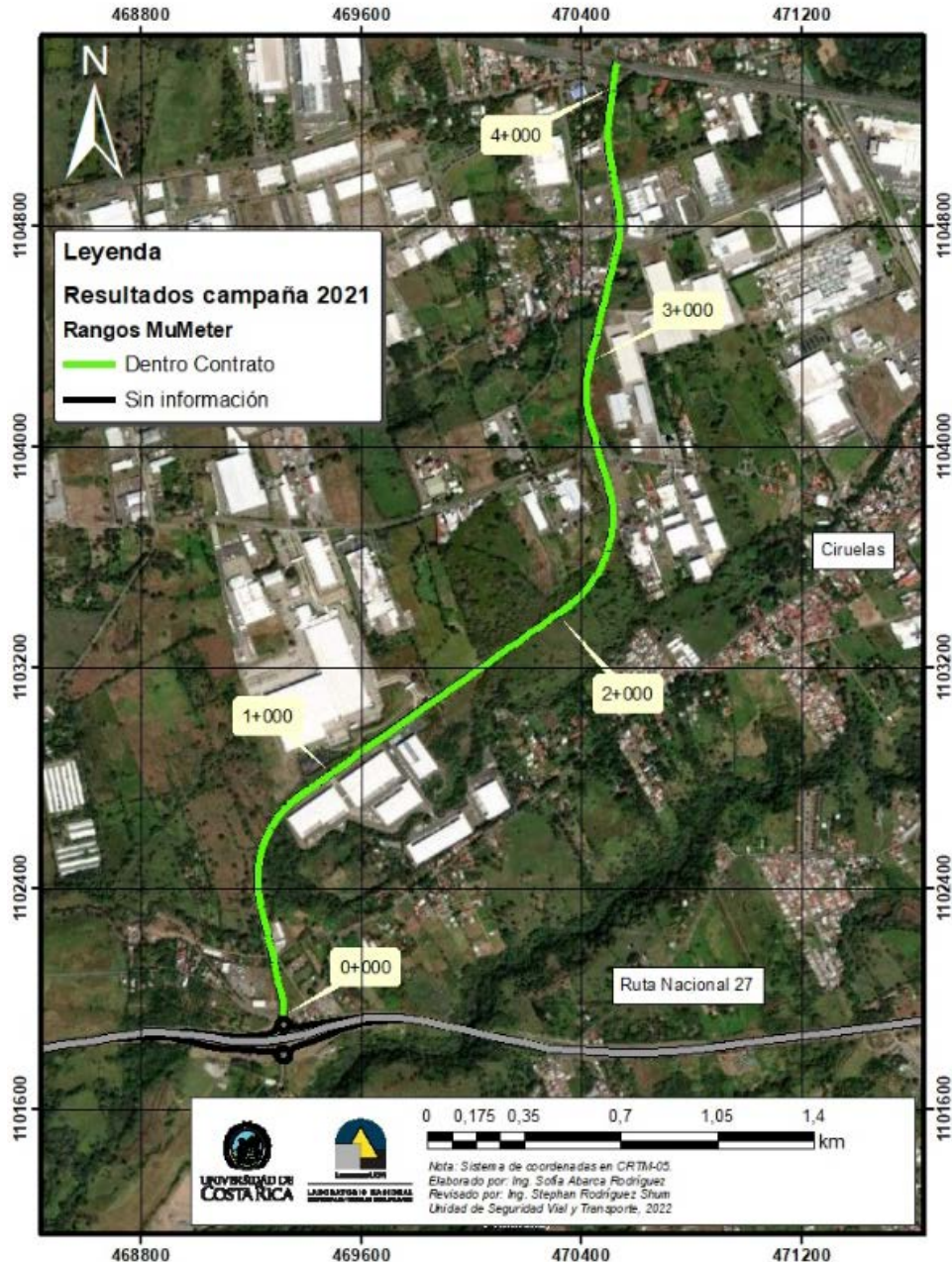


Figura A5 7. Resultados MuMeter, Radial El Coyal, sentido Ruta Nacional 27 – El Coyal



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 318

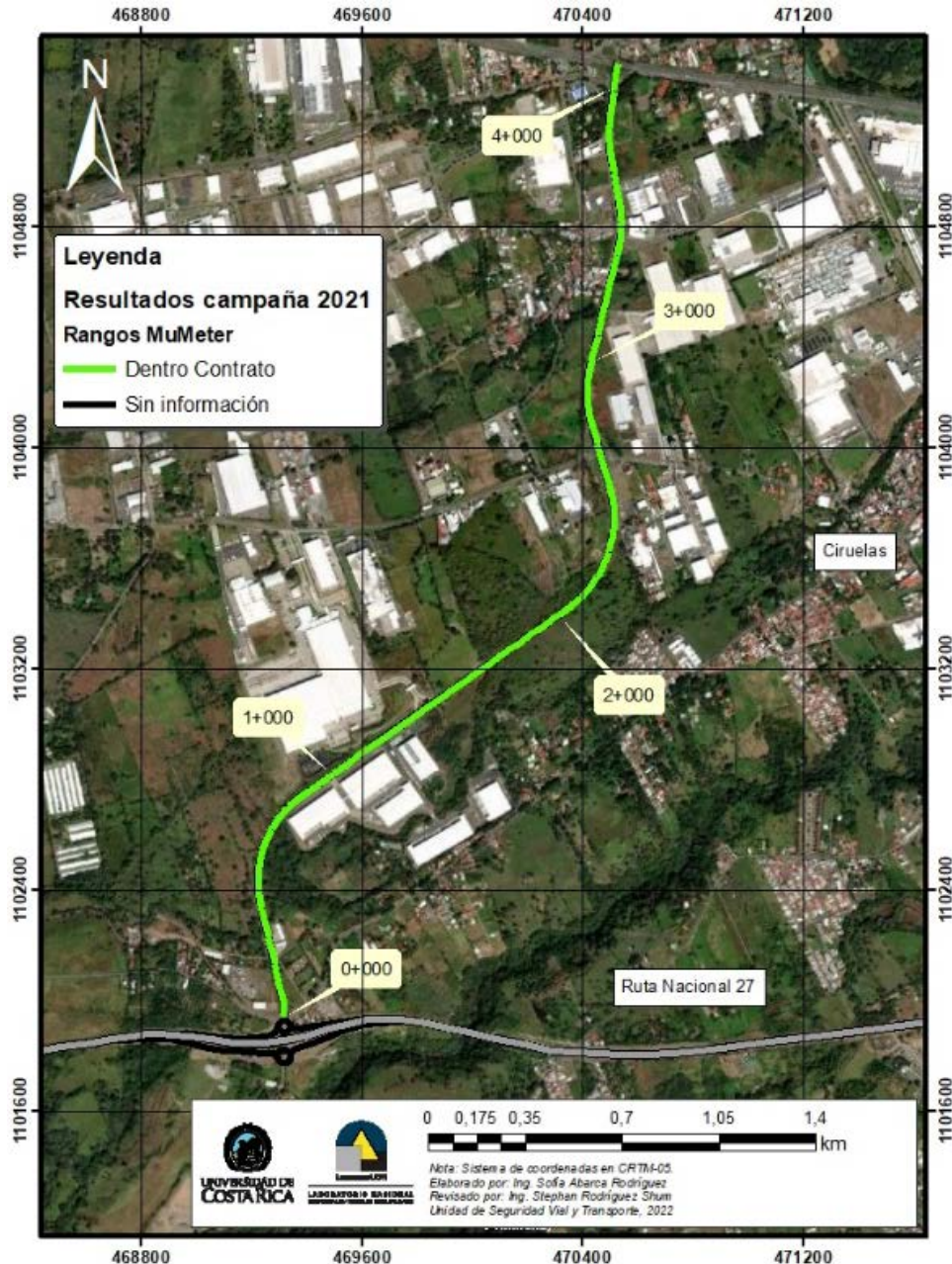


Figura A5 8. Resultados MuMeter, Radial El Coyal, sentido El Coyal - Ruta Nacional 27



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 319

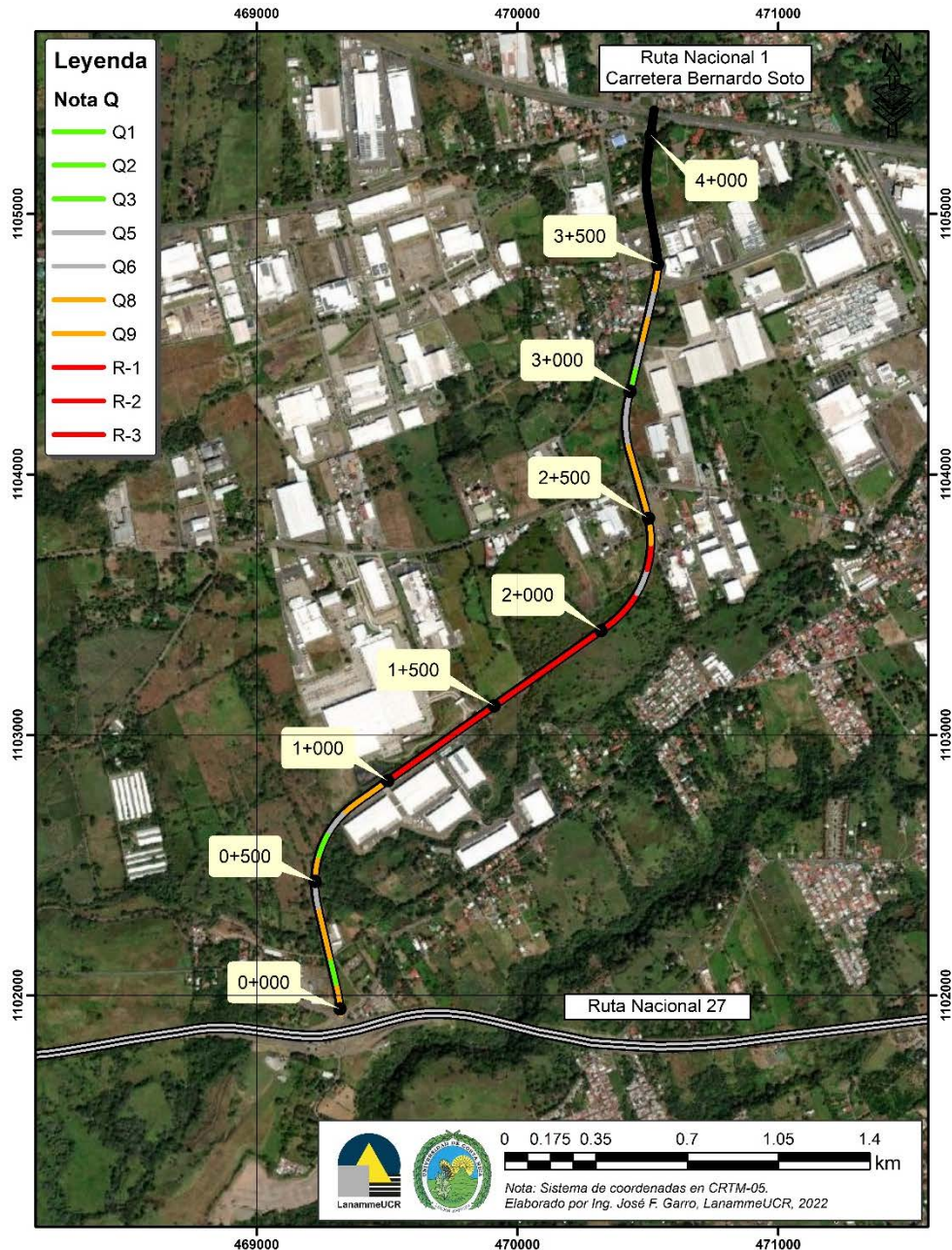


Figura A5 9. Resultados Notas Q, Radial El Coyal, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyal

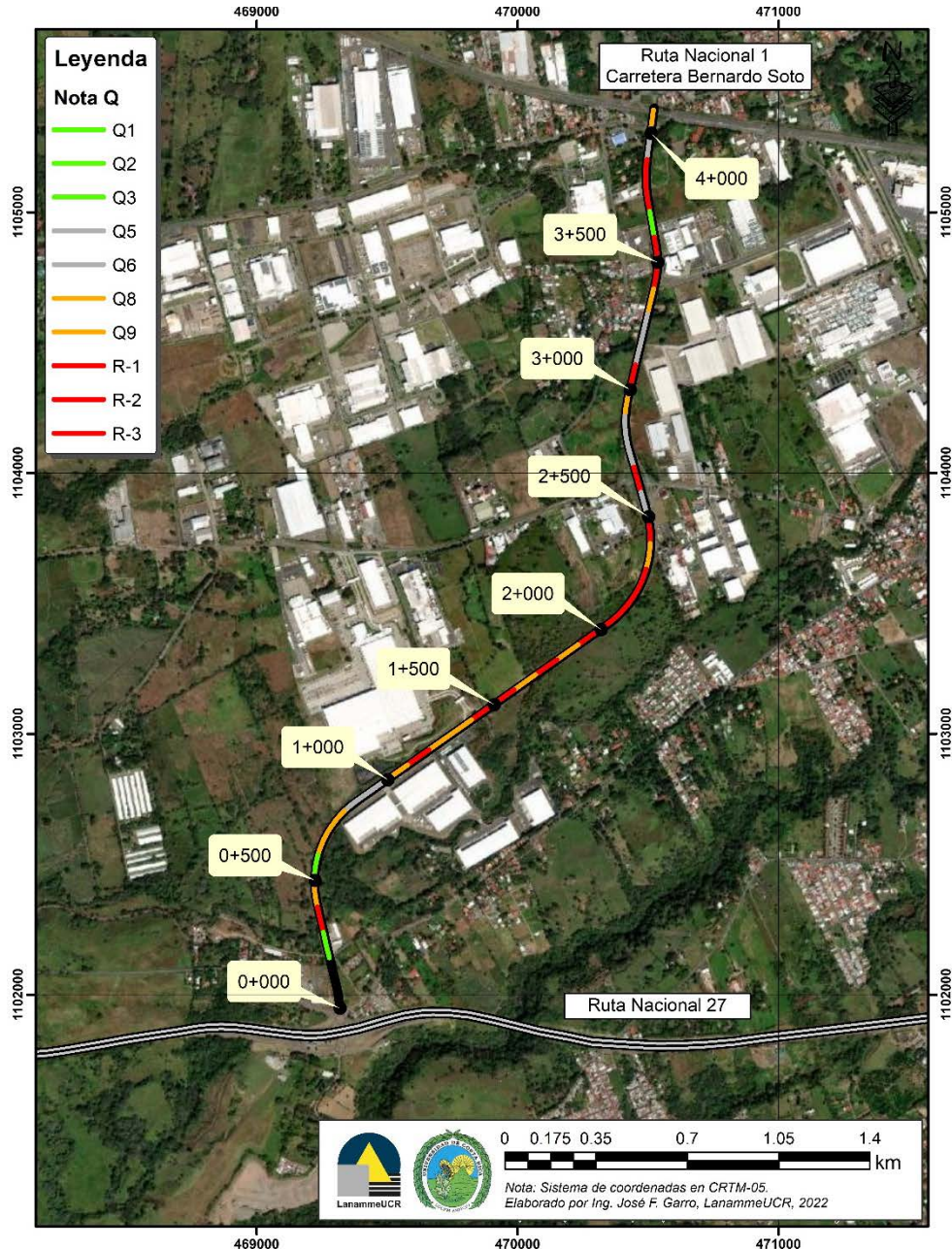


Figura A5 10. Resultados Notas Q, Radial El Coyol, sentido El Coyol - Ruta Nacional 27



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 321

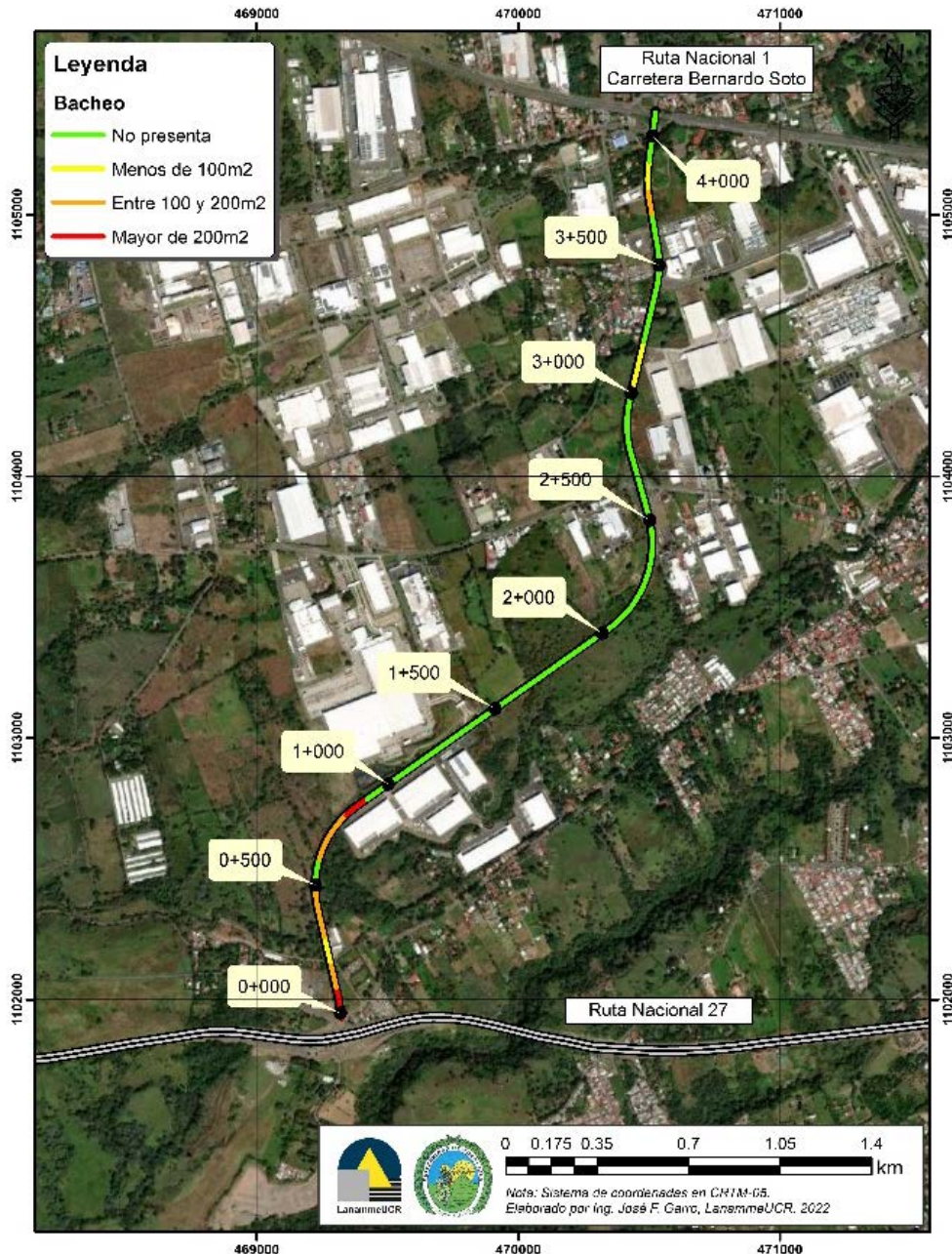


Figura A5 11. Resultados Bacheo, Radial El Coyo, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyo



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 322

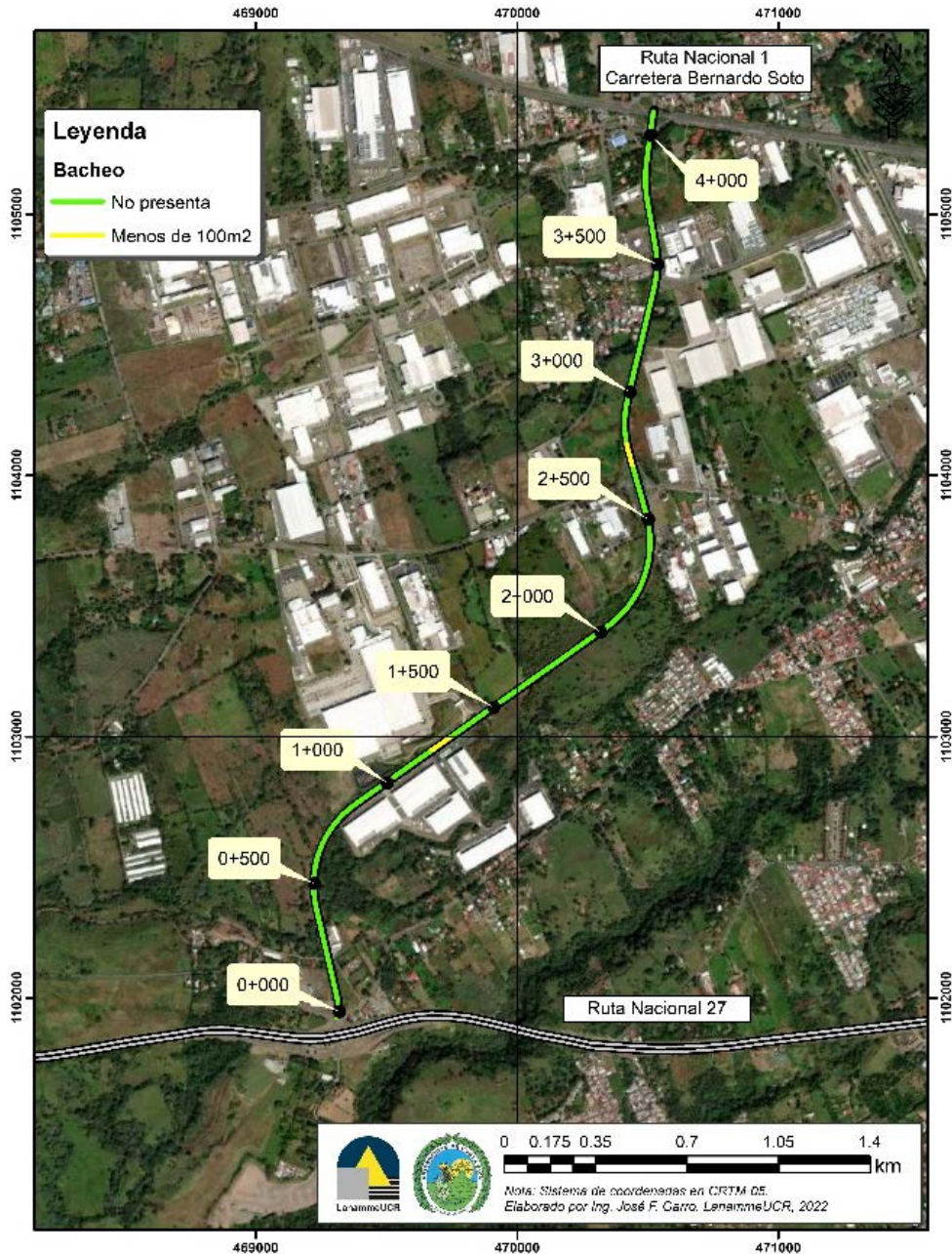


Figura A5 12. Resultados Bacheo, Radial El Coyo, sentido El Coyo - Ruta Nacional 27

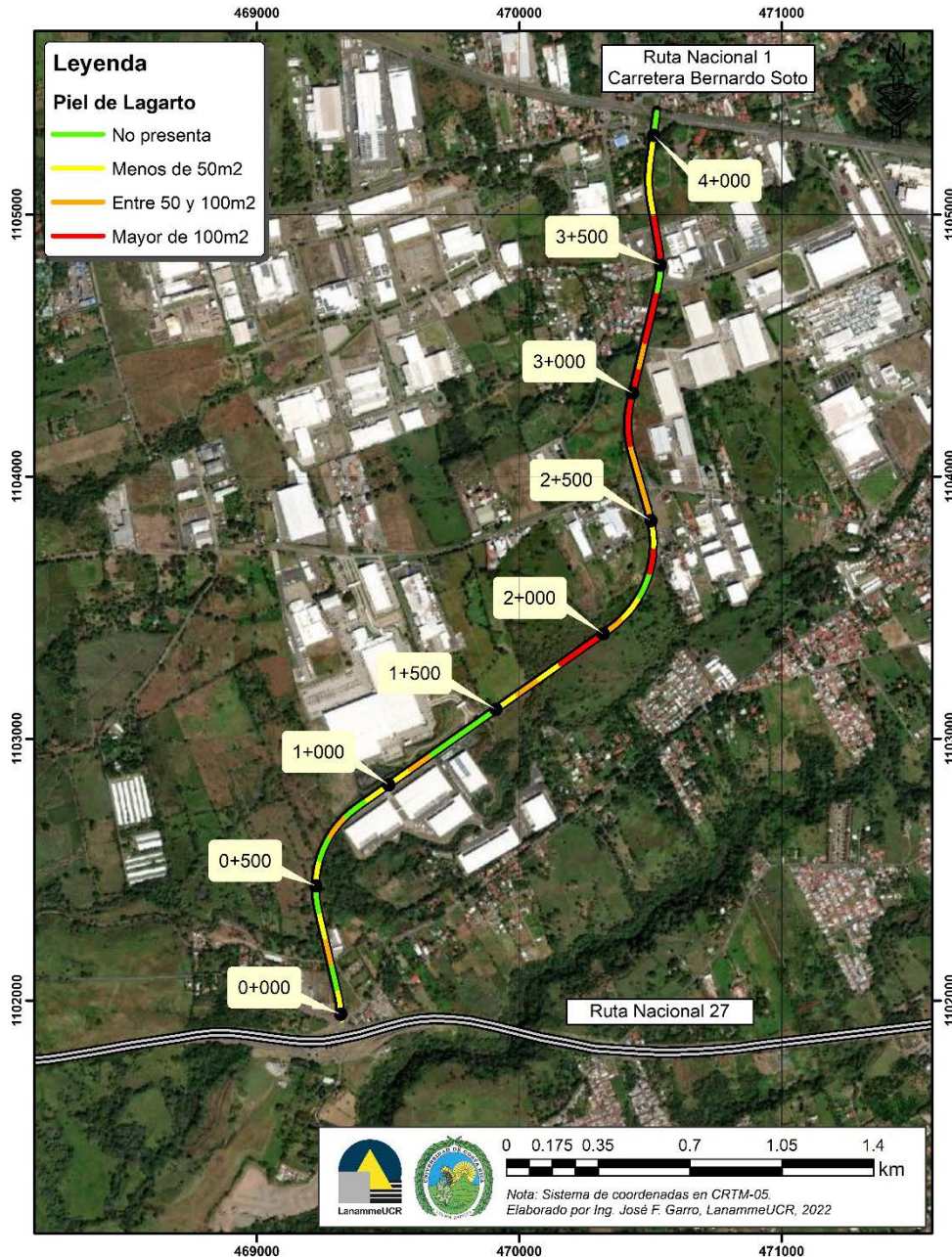


Figura A5 13. Resultados Piel de Lagarto, Radial El Coyal, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyal



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 324

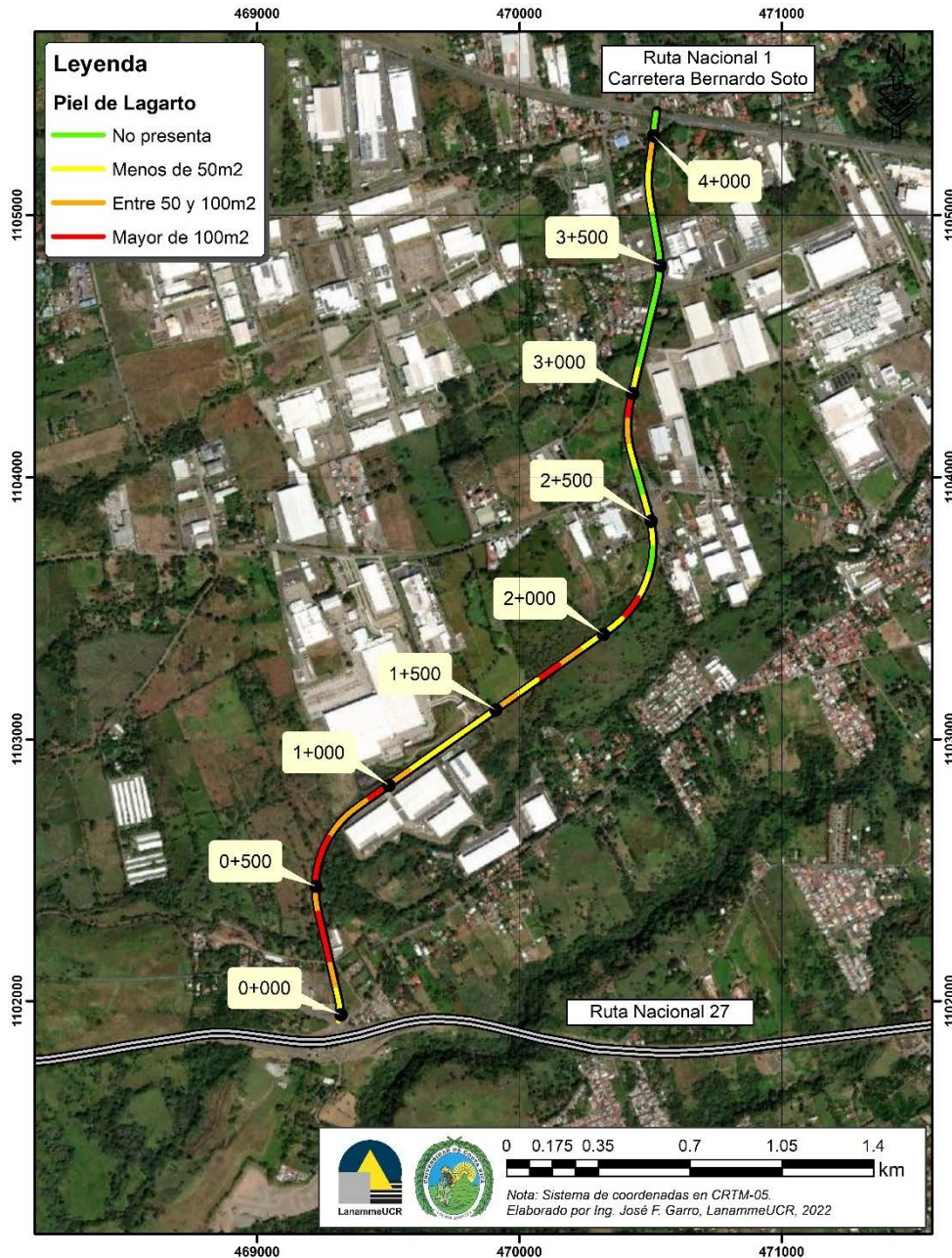


Figura A5 14. Resultados Piel de Lagarto, Radial El Coyol, sentido El Coyol – Ruta Nacional 27

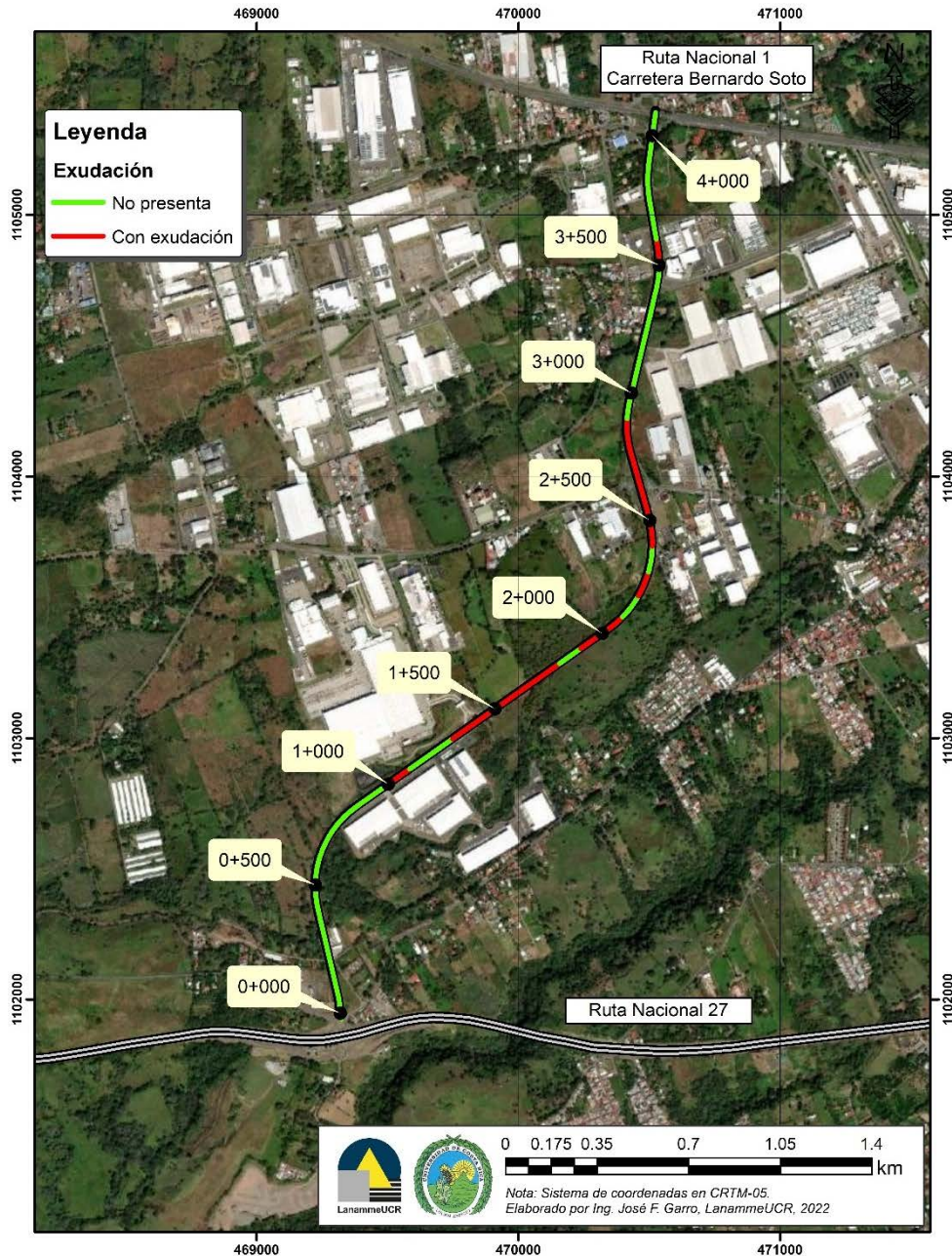


Figura A5 15. Resultados Exudación, Radial El Coyal, sentido Ruta Nacional 27 – El Coyal



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 326

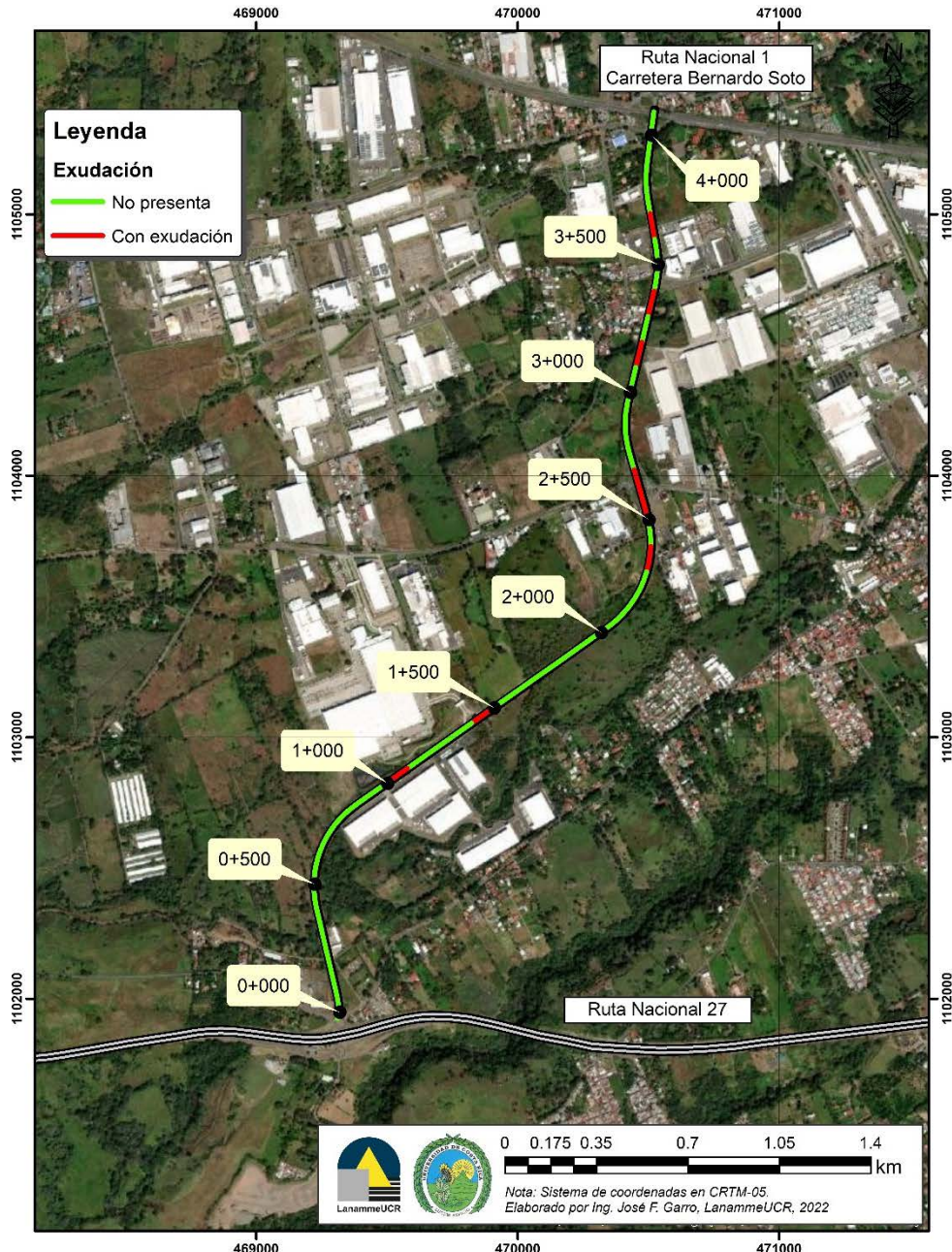


Figura A5 16. Resultados Exudación, Radial El Coyol, sentido El Coyol – Ruta Nacional 27



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 327

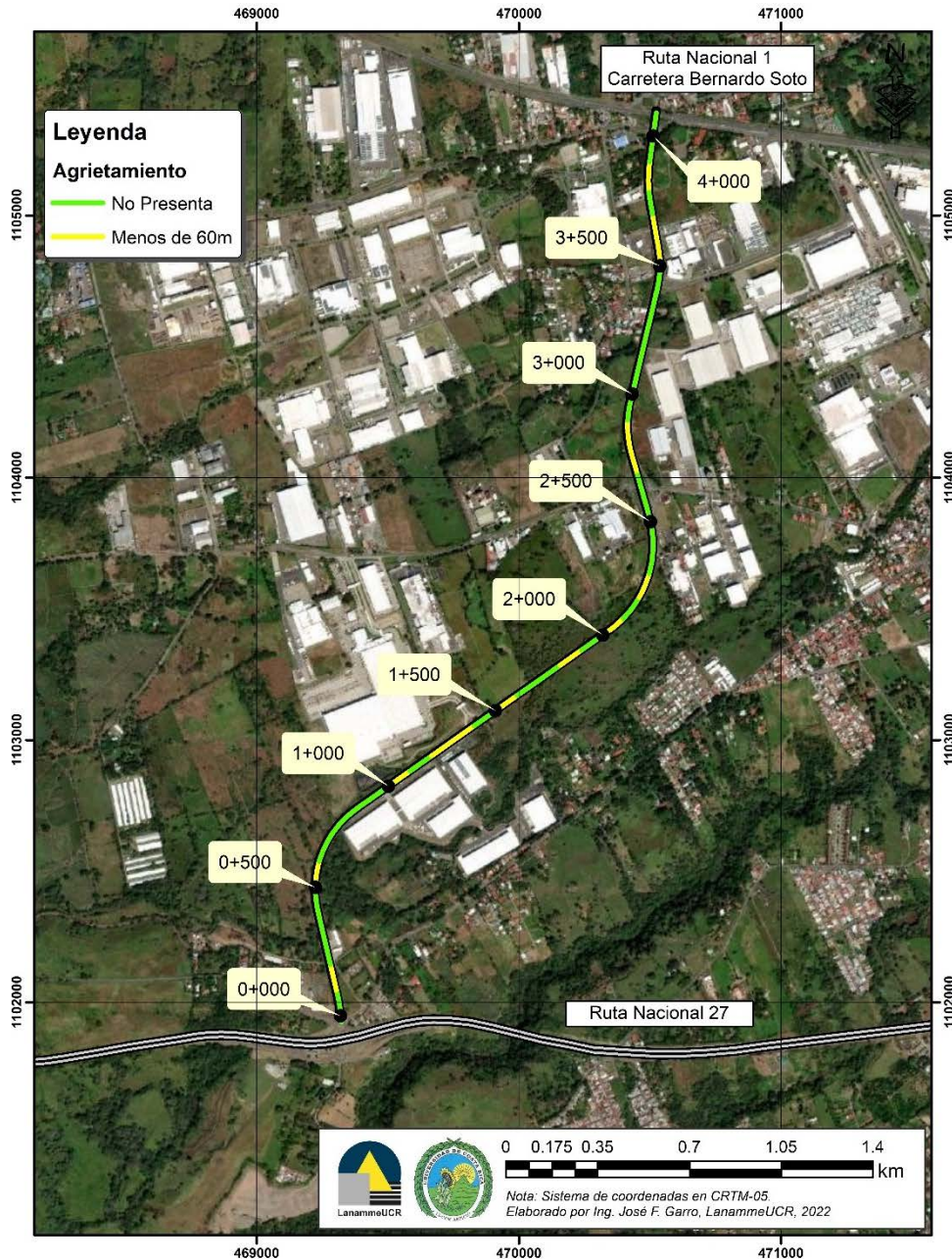


Figura A5 17. Resultados Agrietamiento, Radial El Coyal, sentido El Coyal – Ruta Nacional 27



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 328

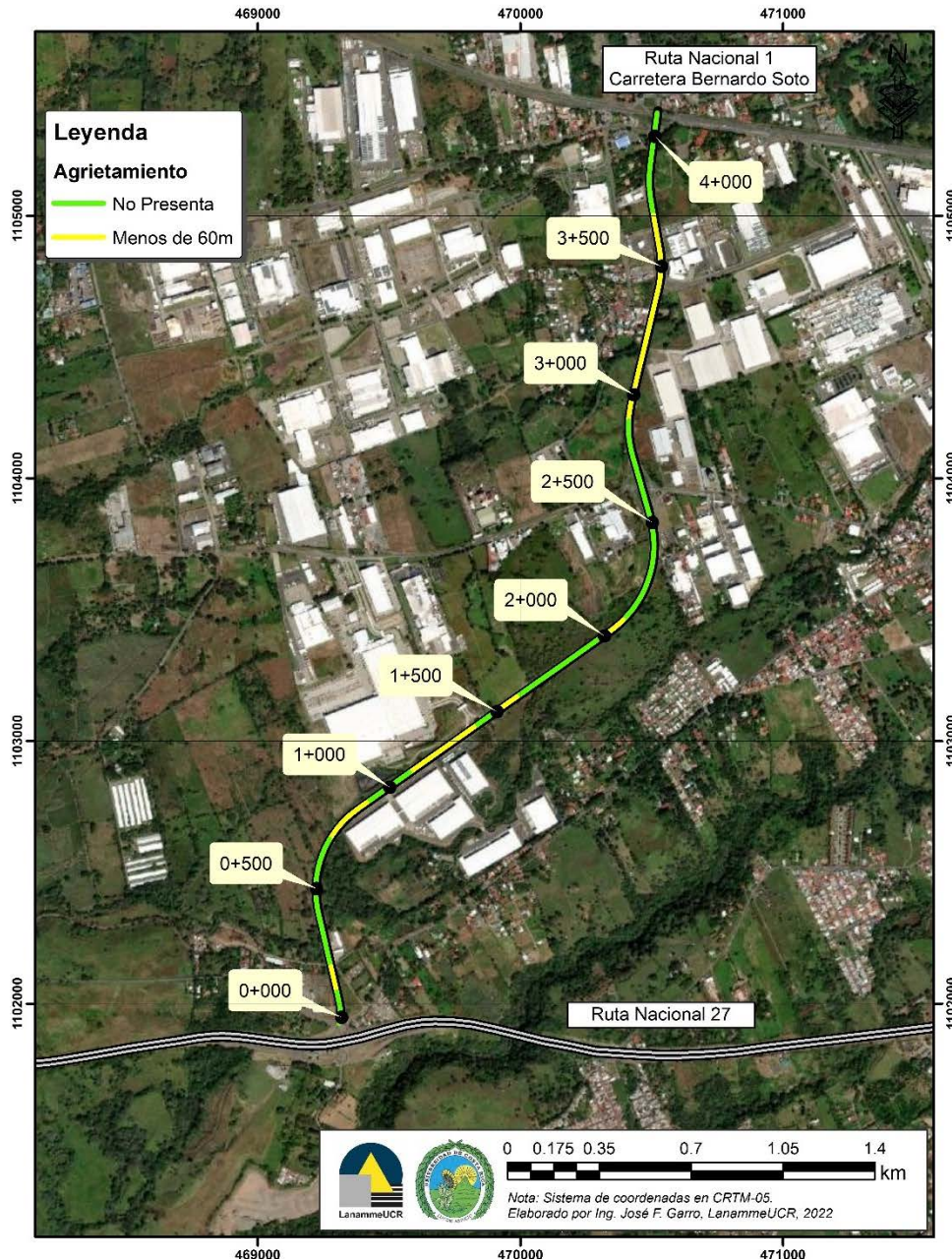


Figura A5 18. Resultados Agrietamiento, Radial El Coyol, sentido Ruta Nacional 27 – El Coyol

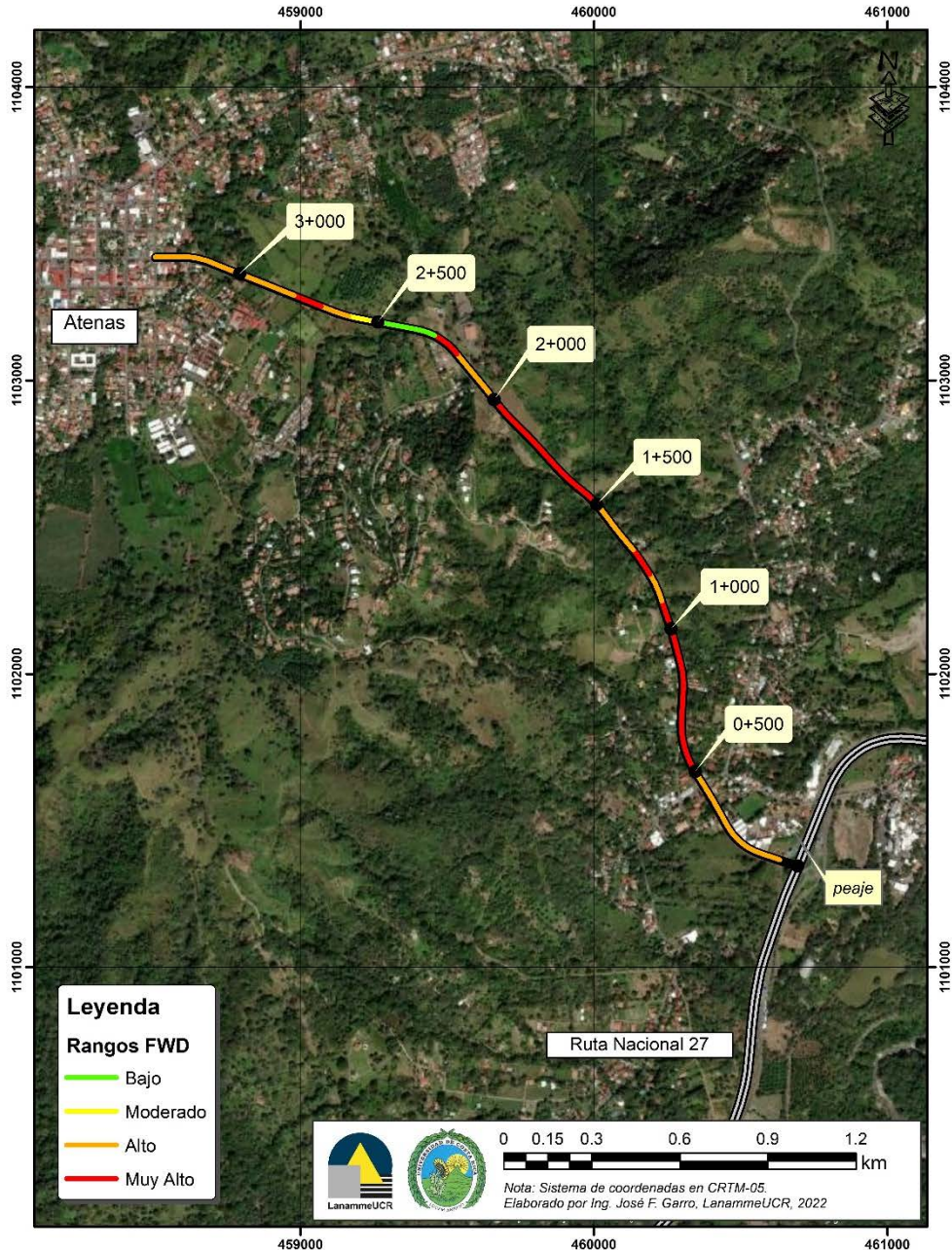


Figura A5 19. Resultados FWD, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

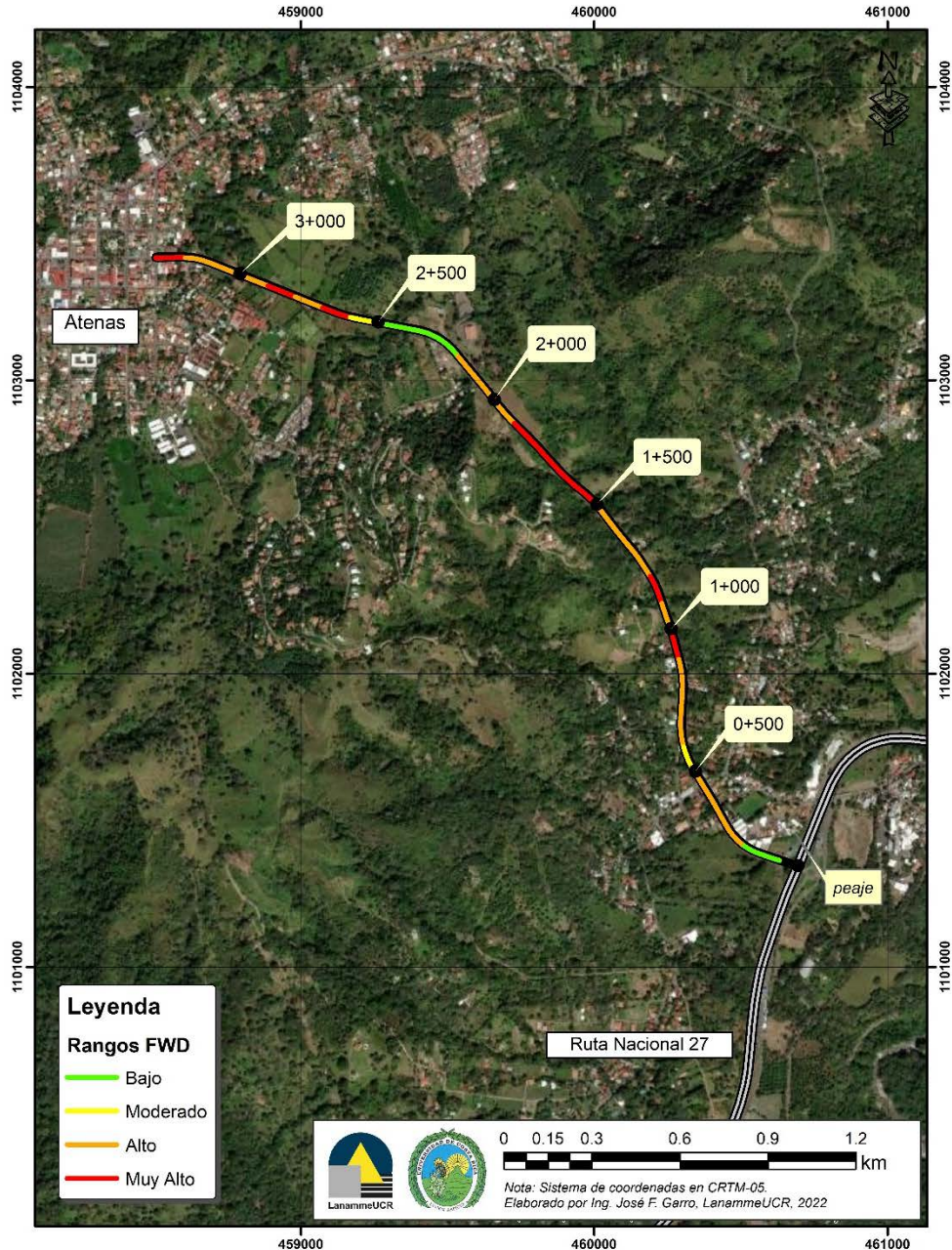


Figura A5 20. Resultados FWD, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

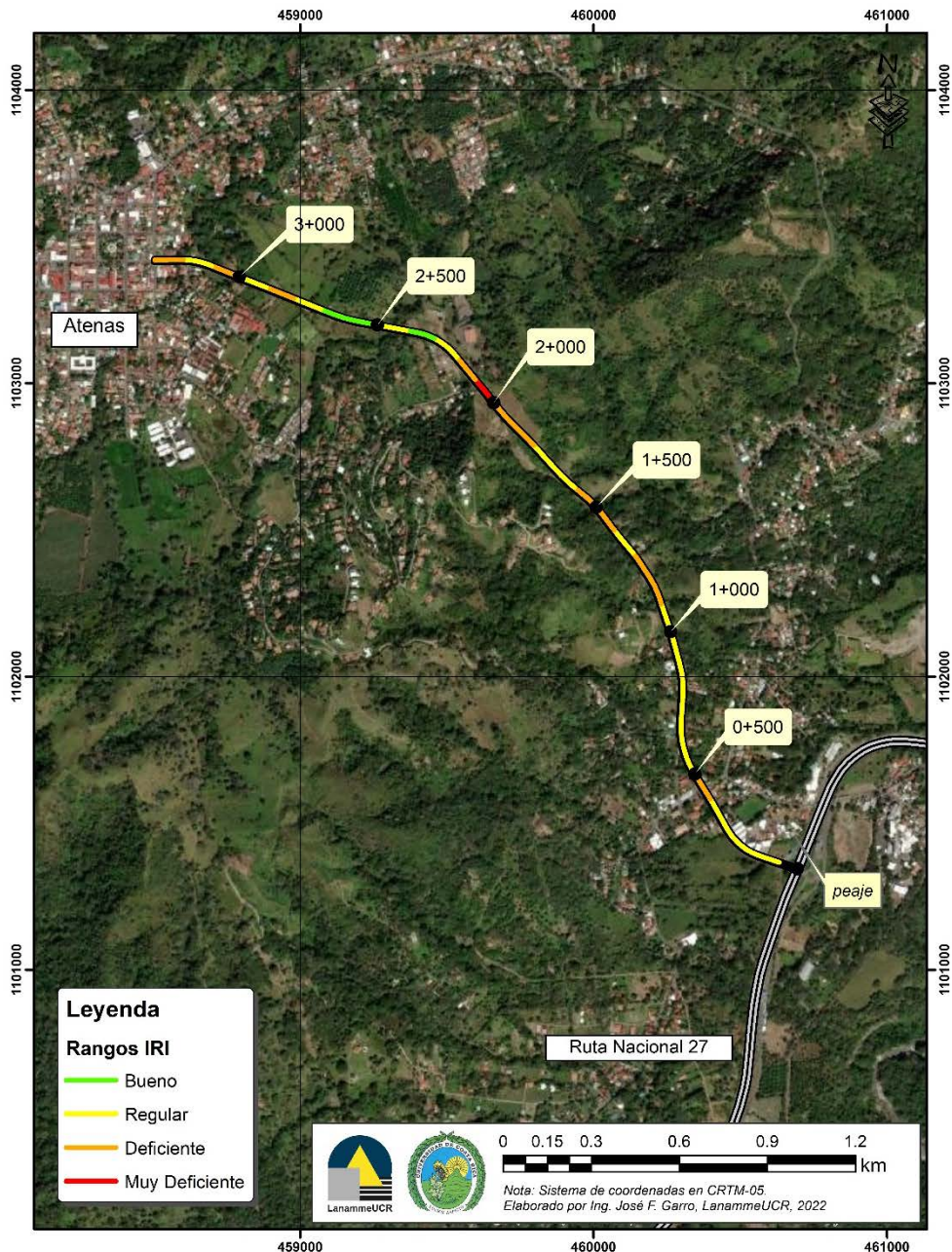


Figura A5 21. Resultados IRI, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

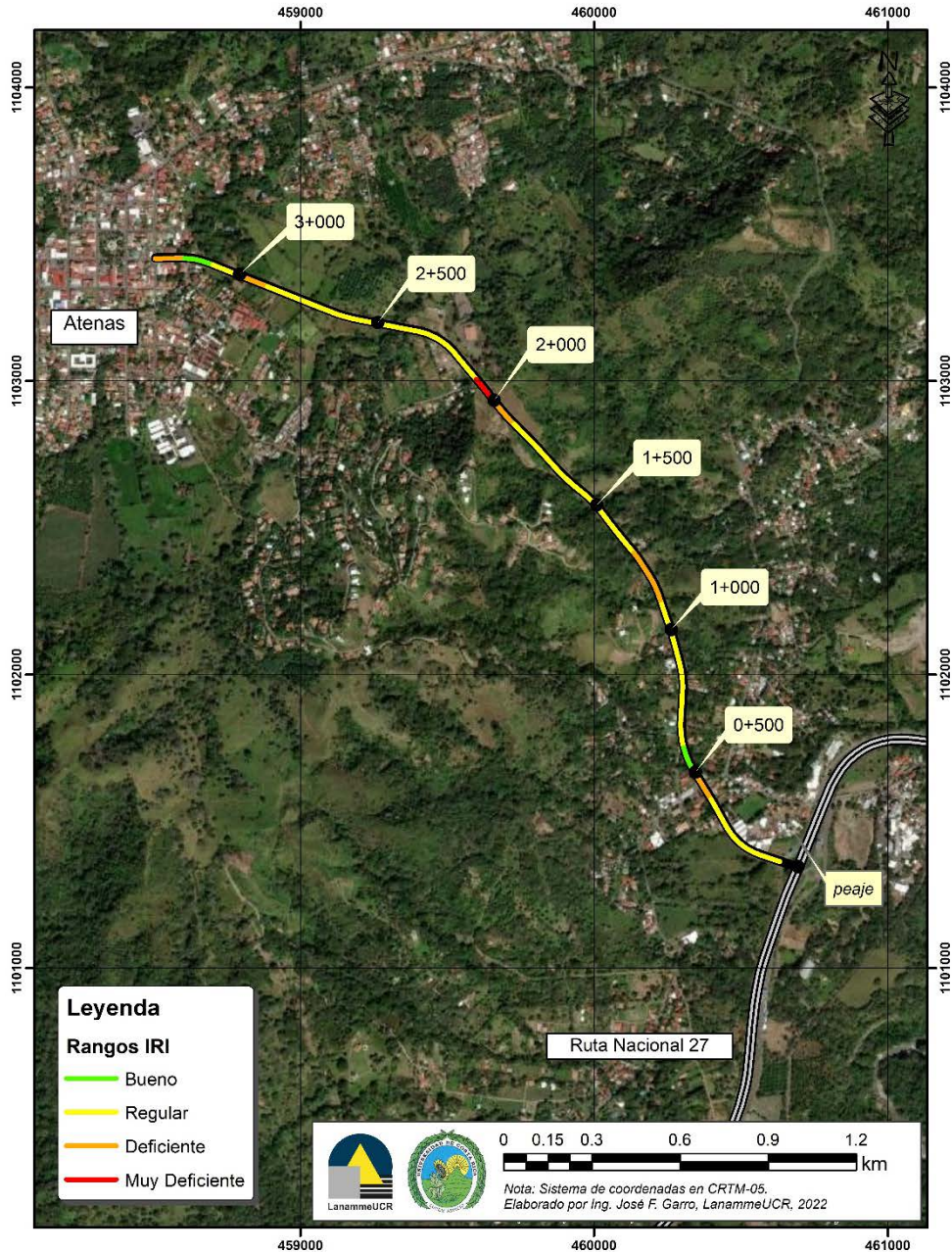


Figura A5 22 Resultados IRI, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

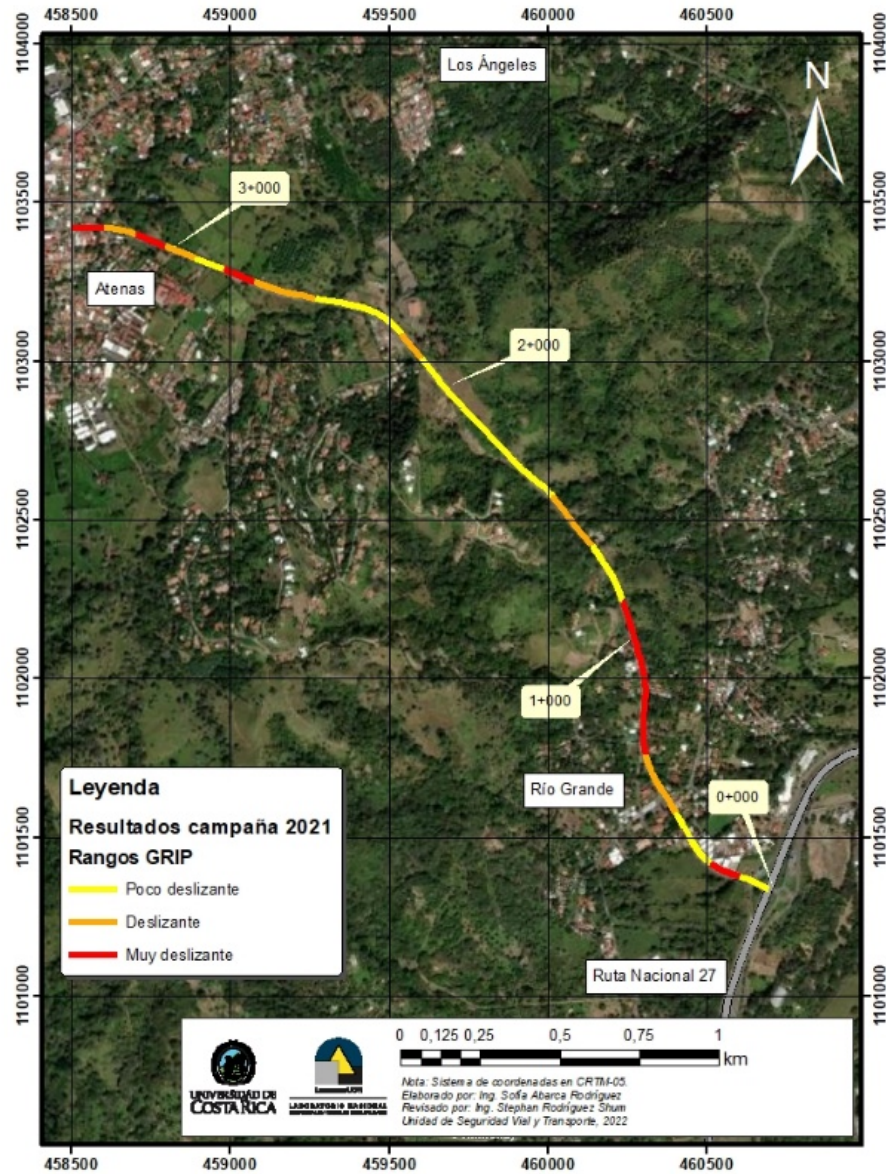


Figura A5 23. Resultados GRIP, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 334

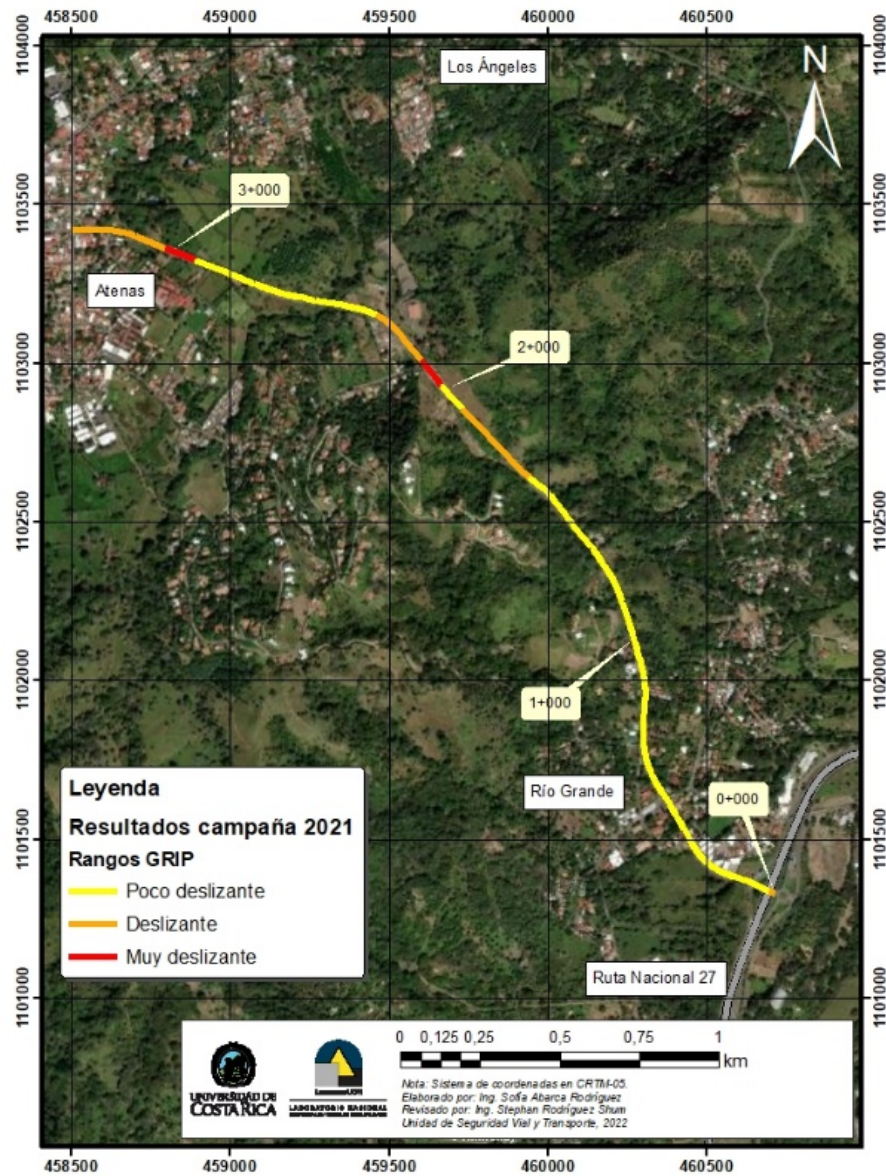


Figura A5 24. Resultados GRIP, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 335

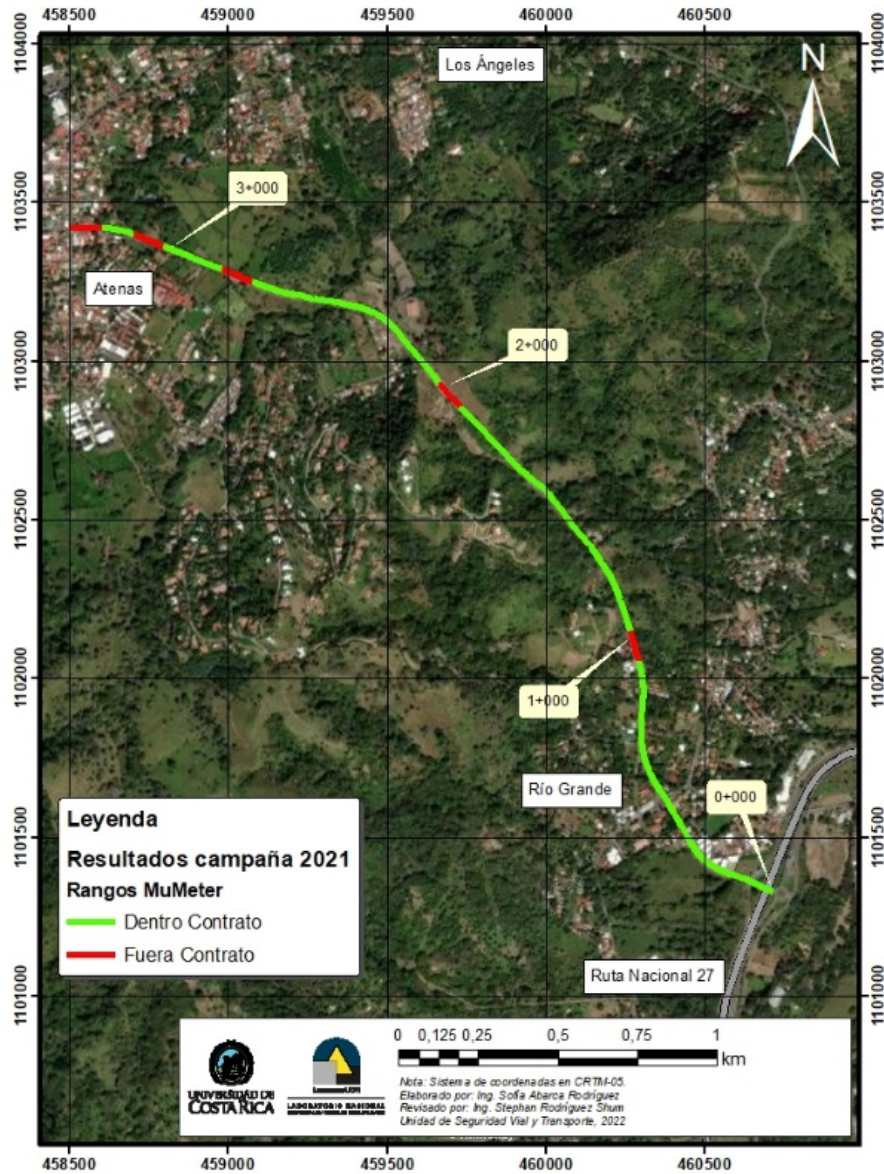


Figura A5 25. Resultados MuMeter, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 336

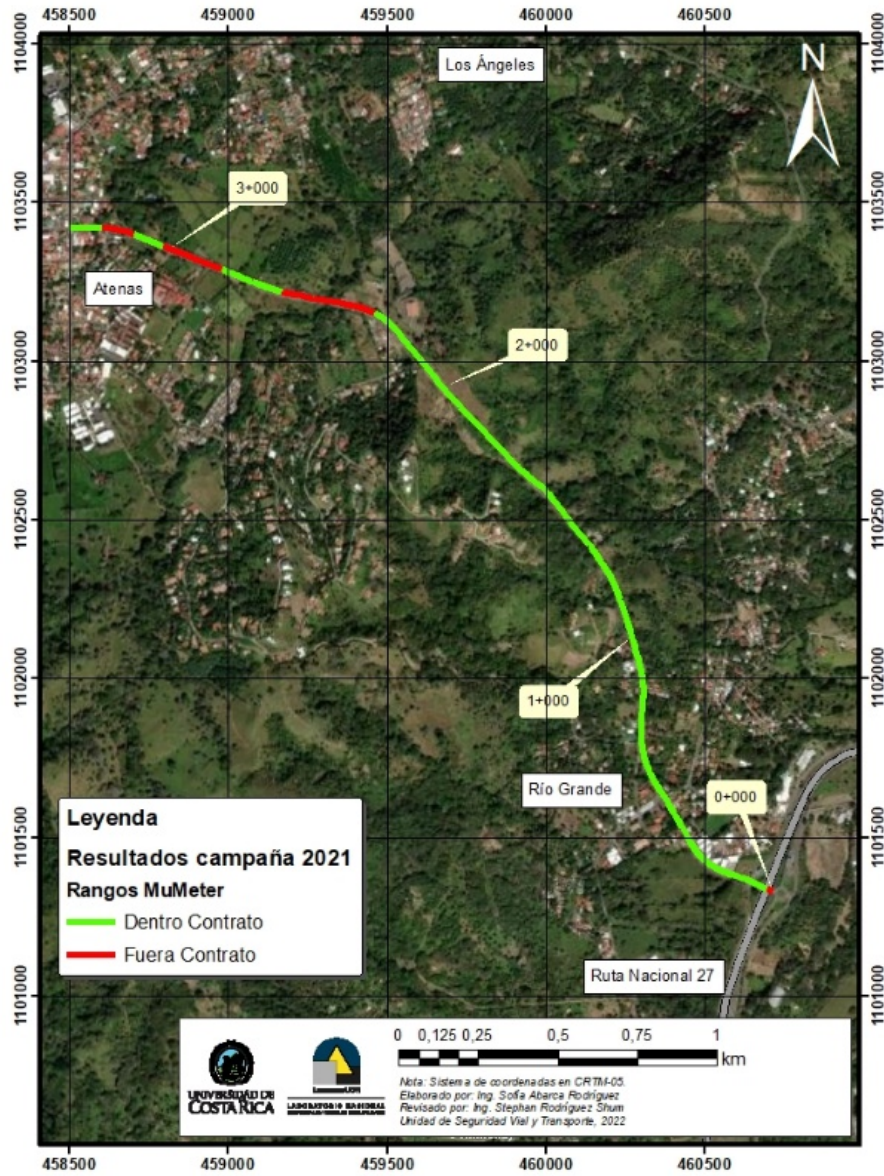


Figura A5 26. Resultados MuMeter, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

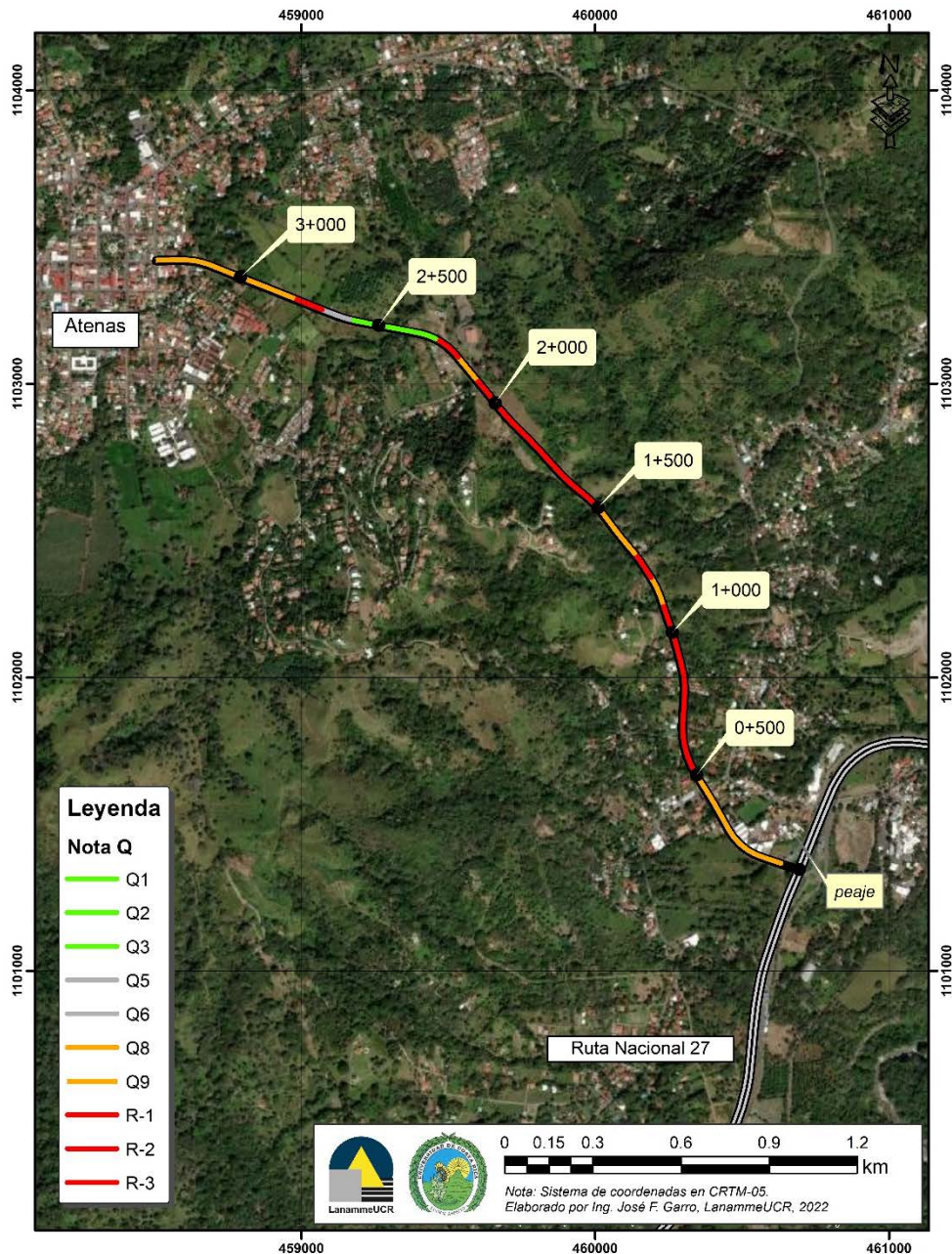


Figura A5 27. Resultados Notas Q, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

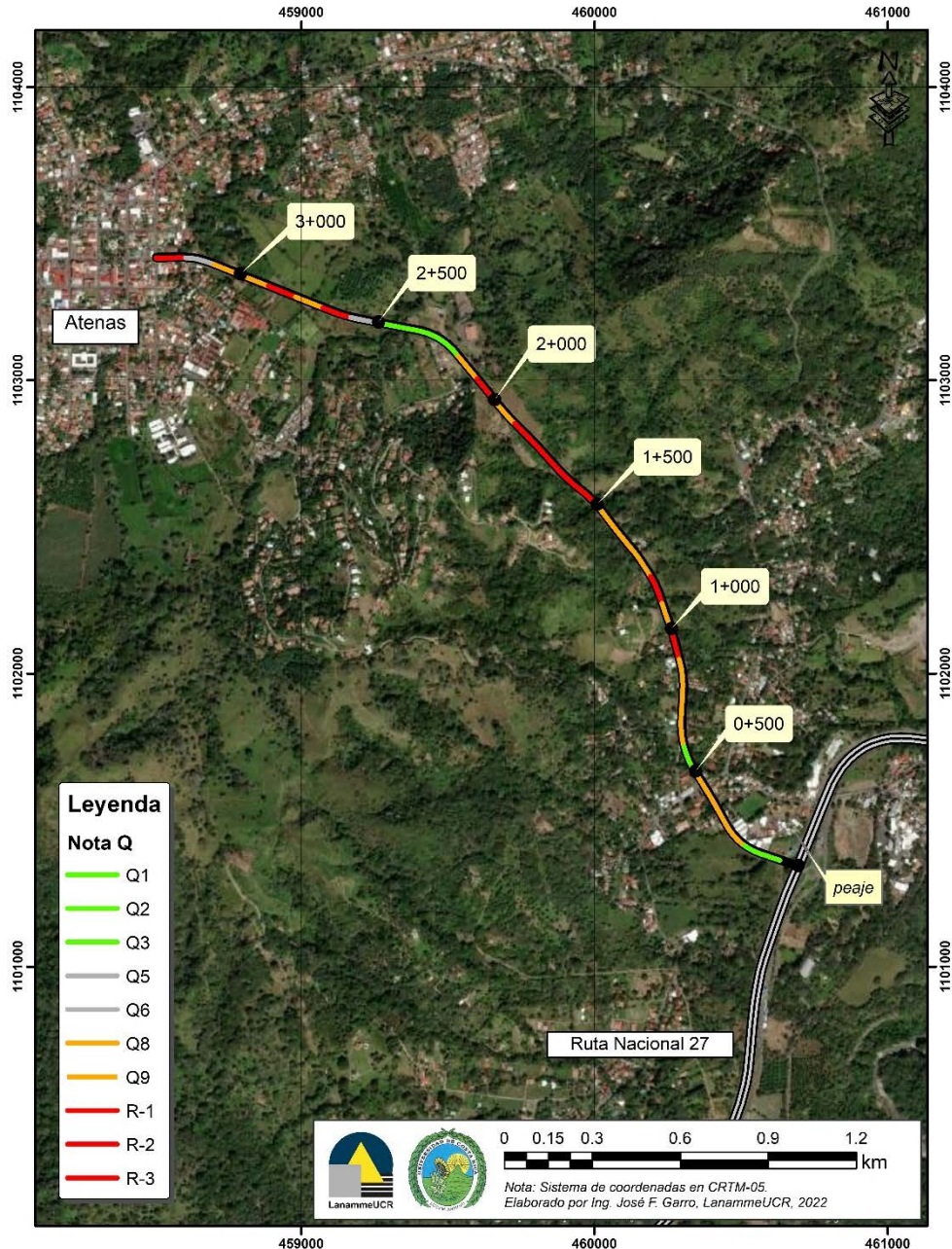


Figura A5 28. Resultados Notas Q, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

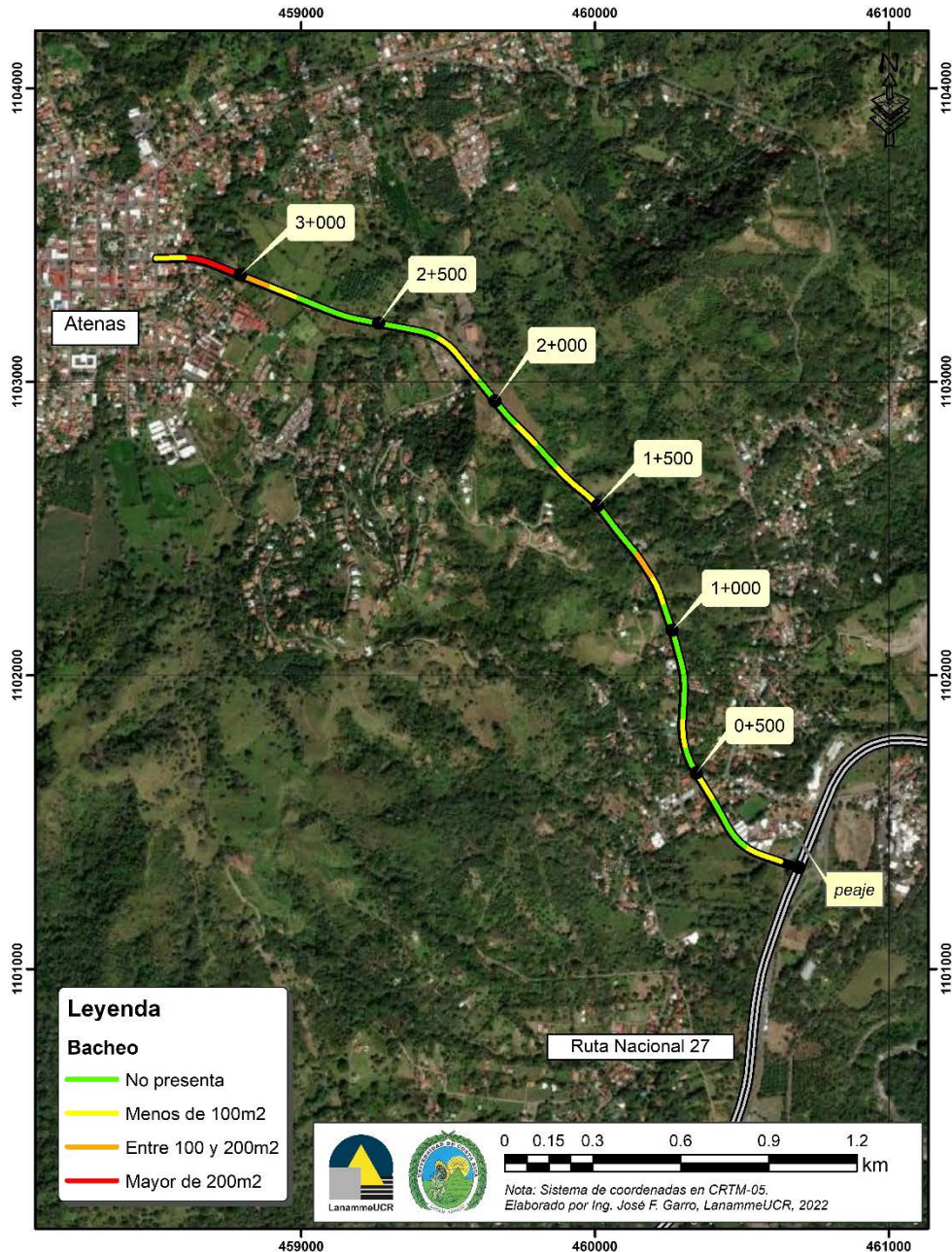


Figura A5 29. Resultados Bacheo, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

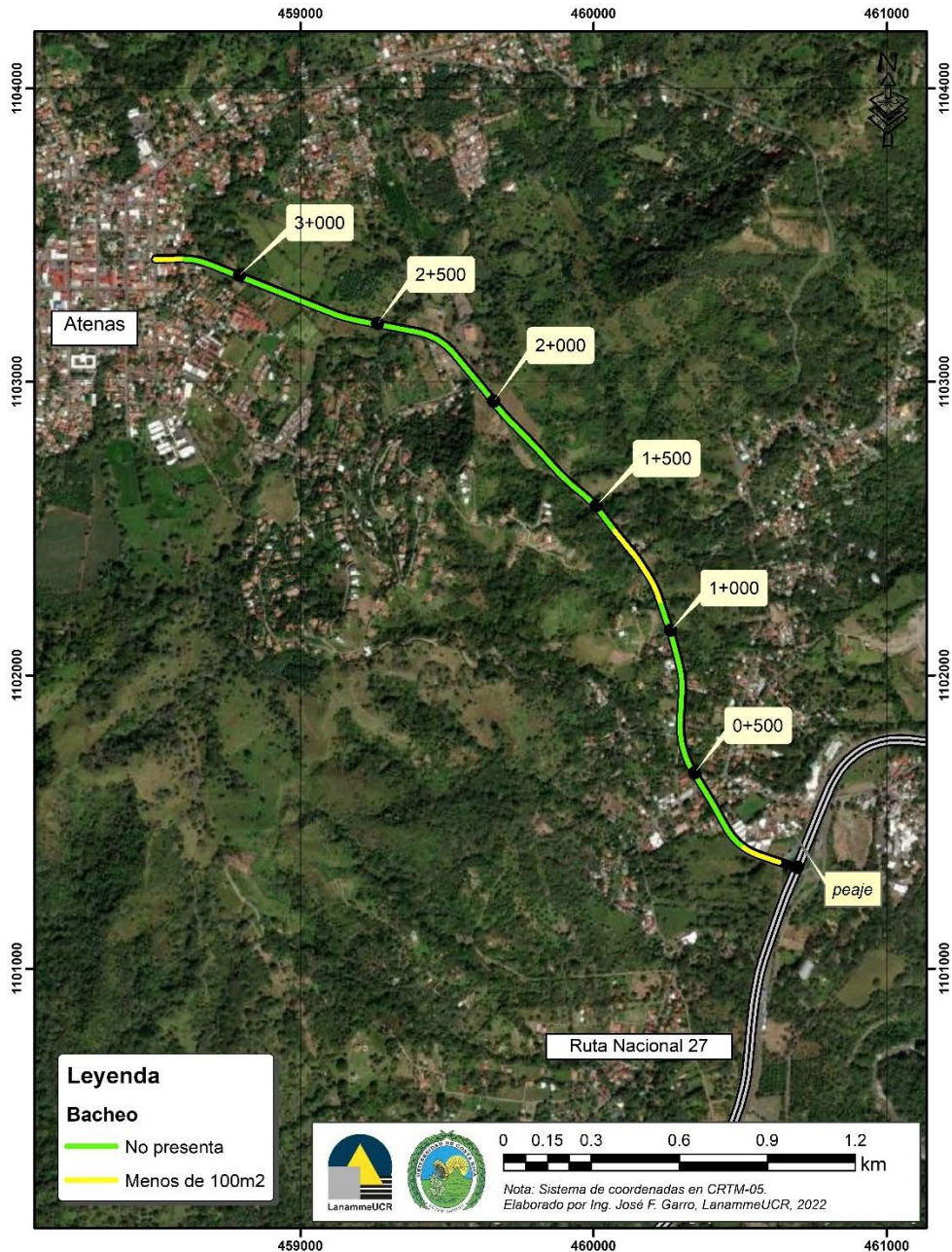


Figura A5 30. Resultados Bacheo, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

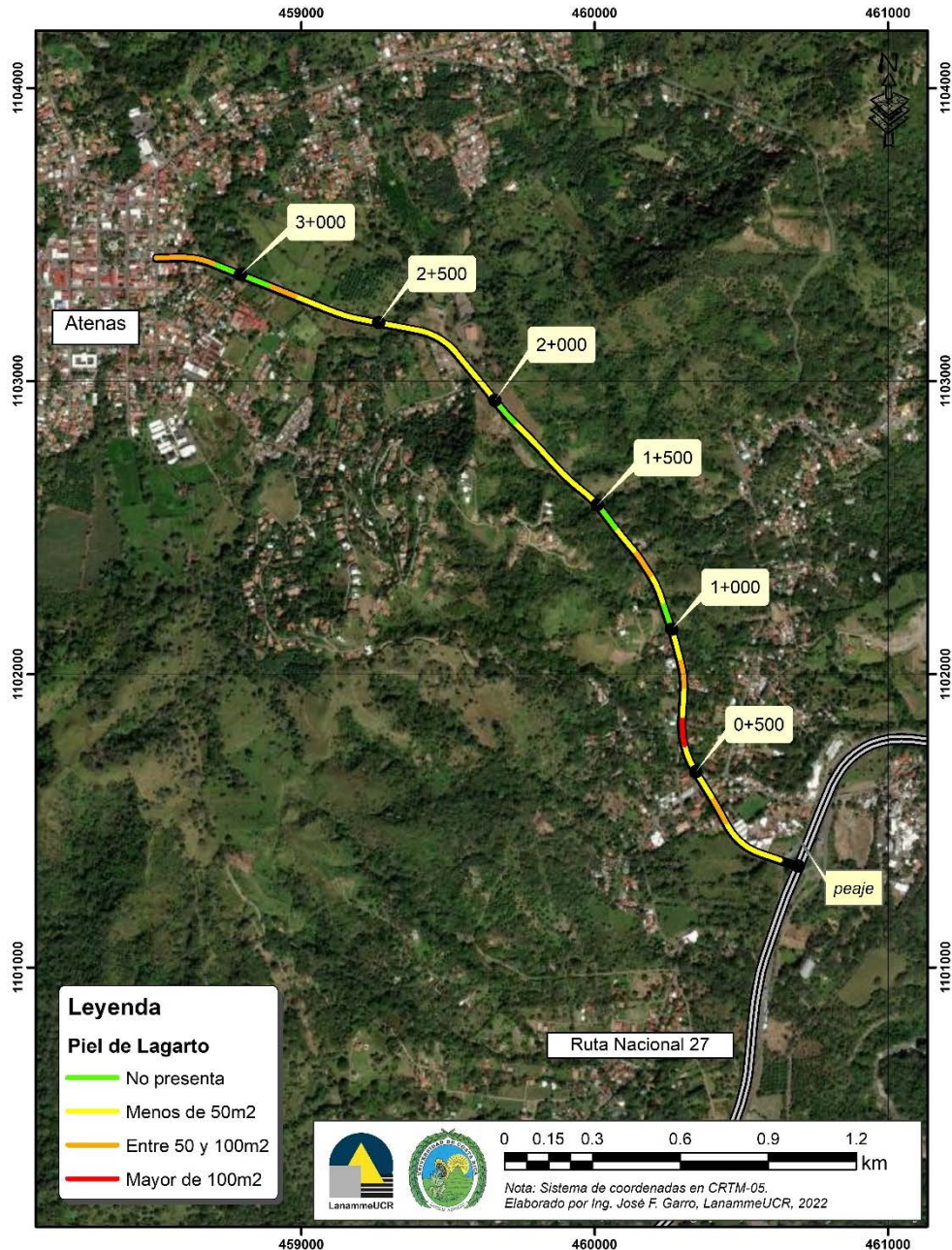


Figura A5 31. Resultados Piel de Lagarto, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 342

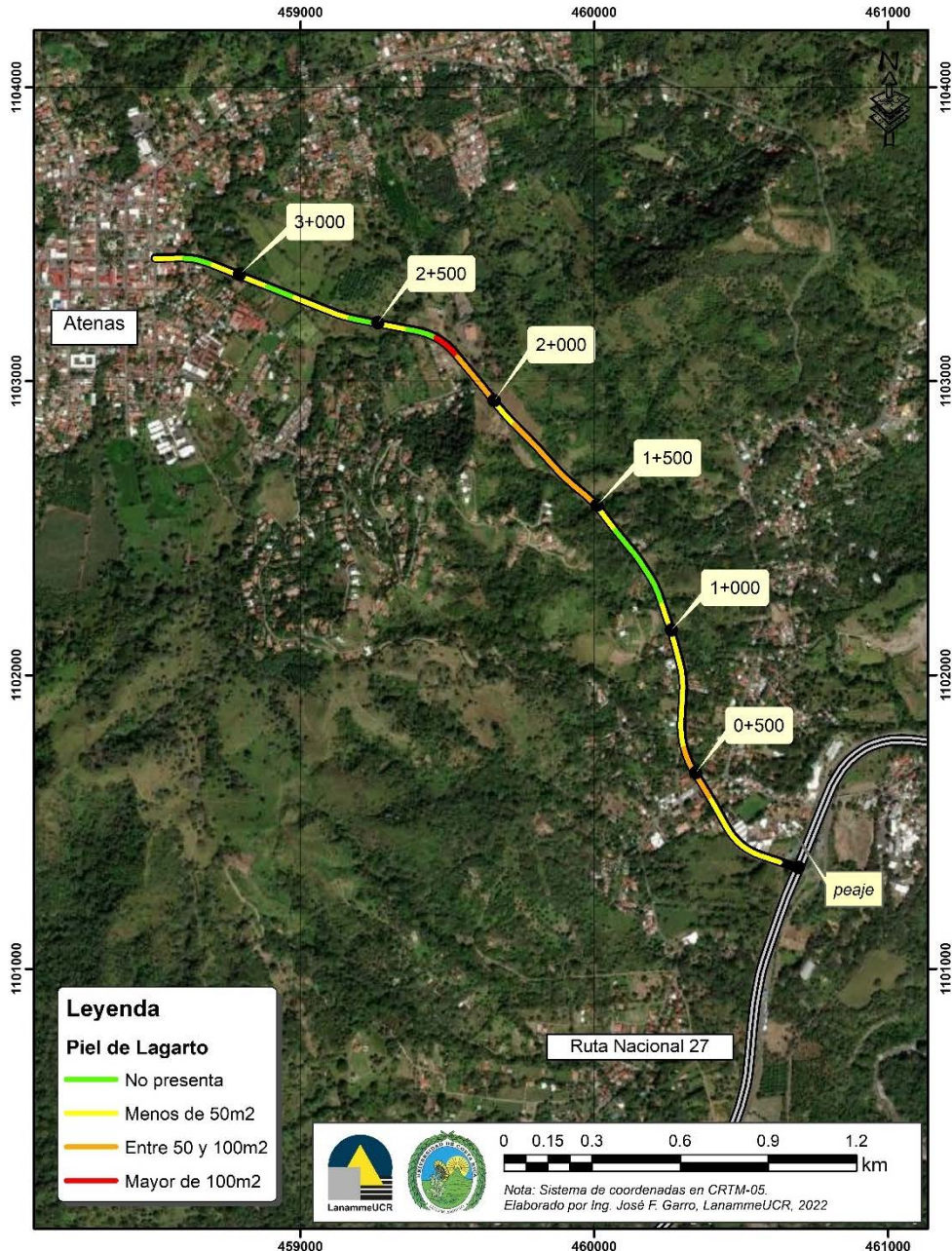


Figura A5 32. Resultados Piel de Lagarto, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

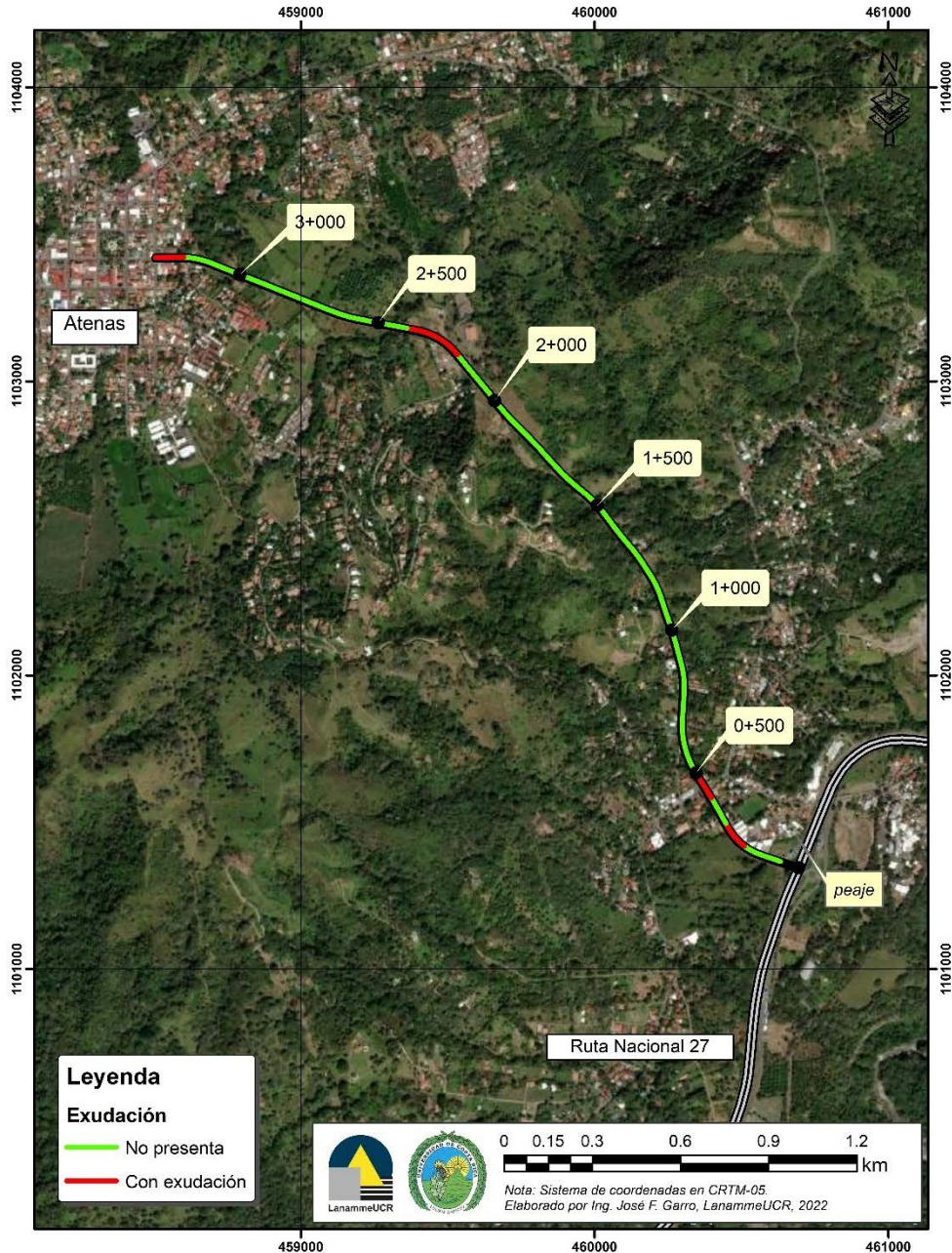


Figura A5 33. Resultados Exudación, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 – Atenas



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 344

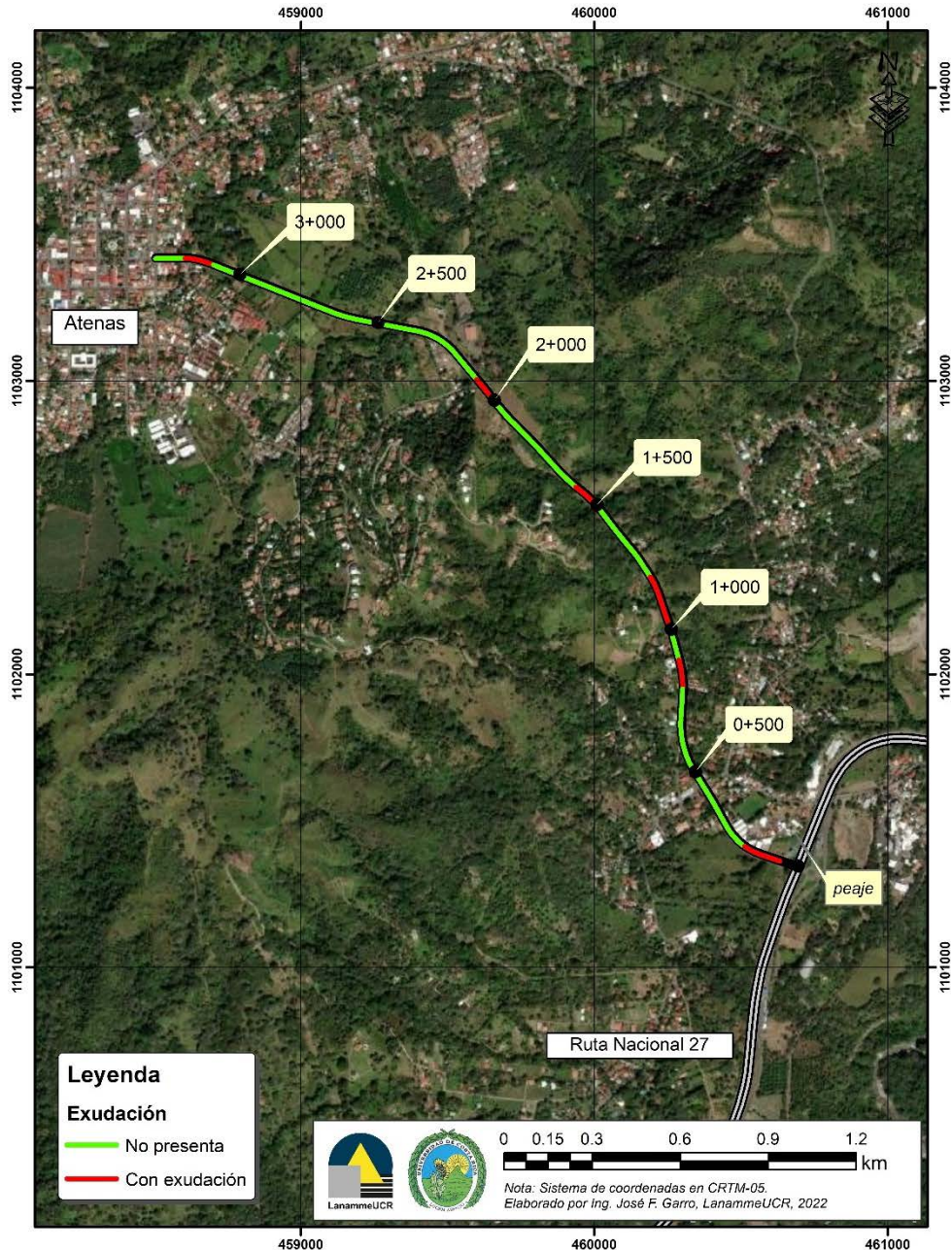


Figura A5 34. Resultados Exudación, Radial Atenas, sentido Atenas – Ruta Nacional 27

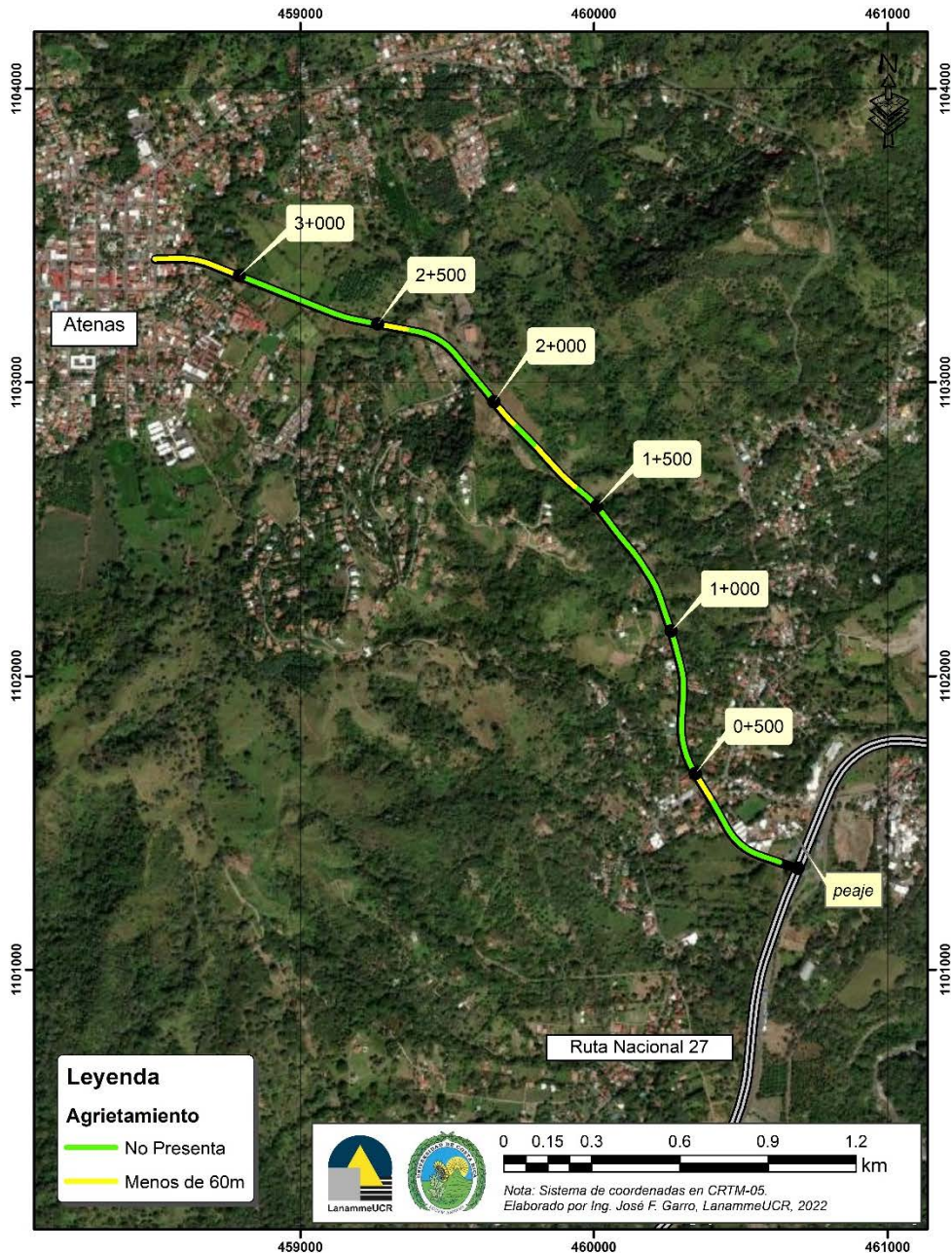


Figura A5 35. Resultados Agrietamiento, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 – Atenas

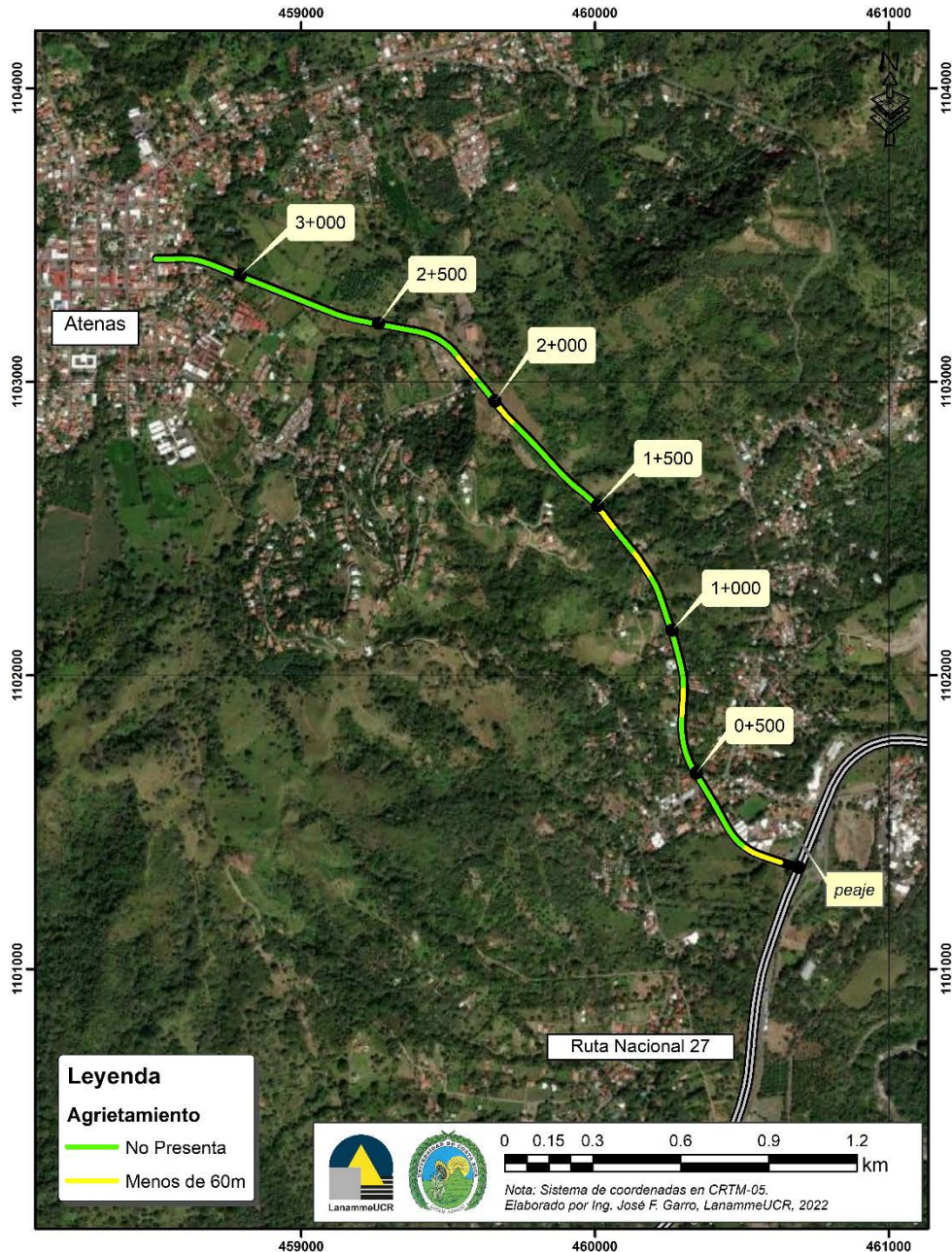


Figura A5 36. Resultados Agrietamiento, Radial Atenas, sentido Atenas – Ruta Nacional 27



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

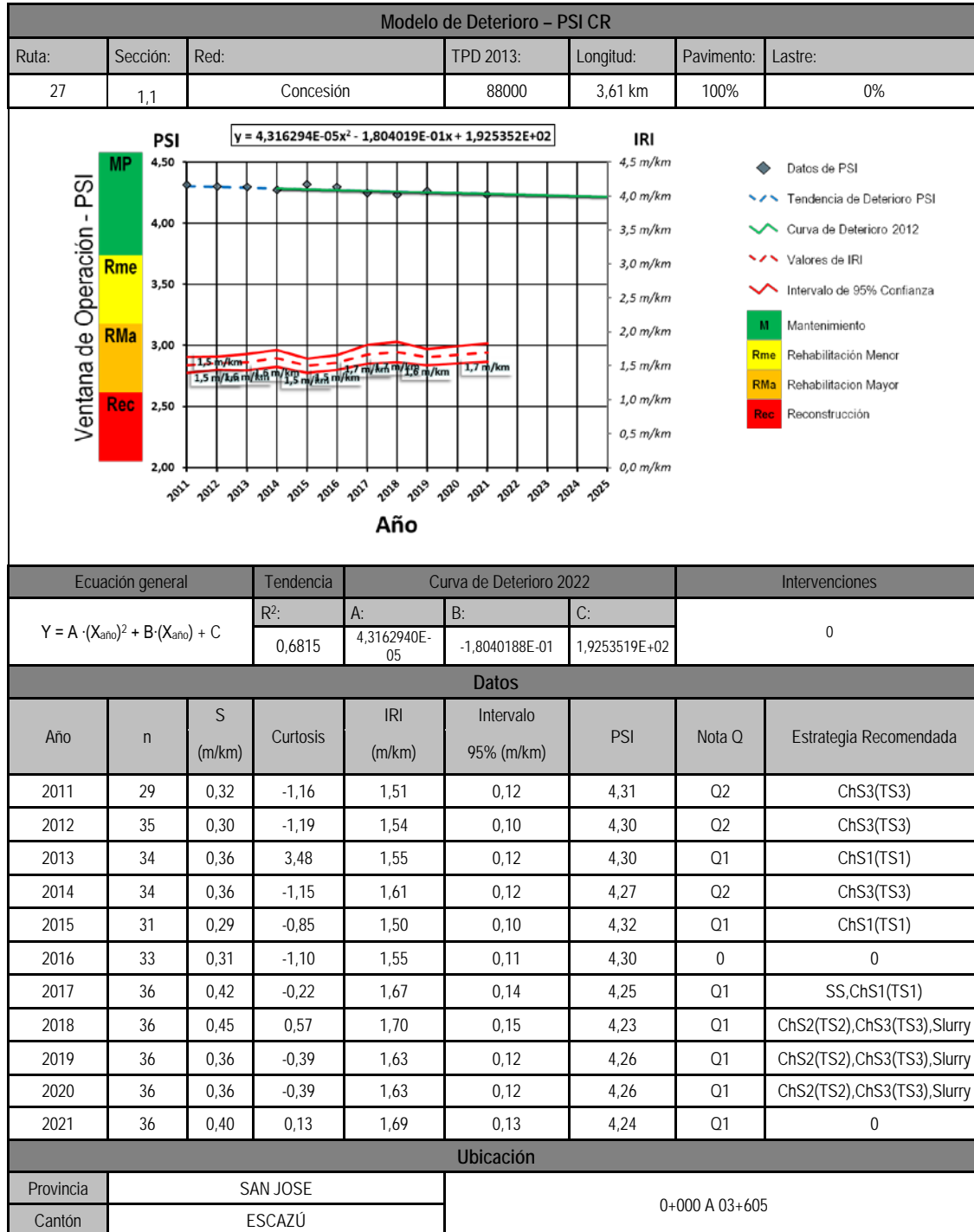
LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 347

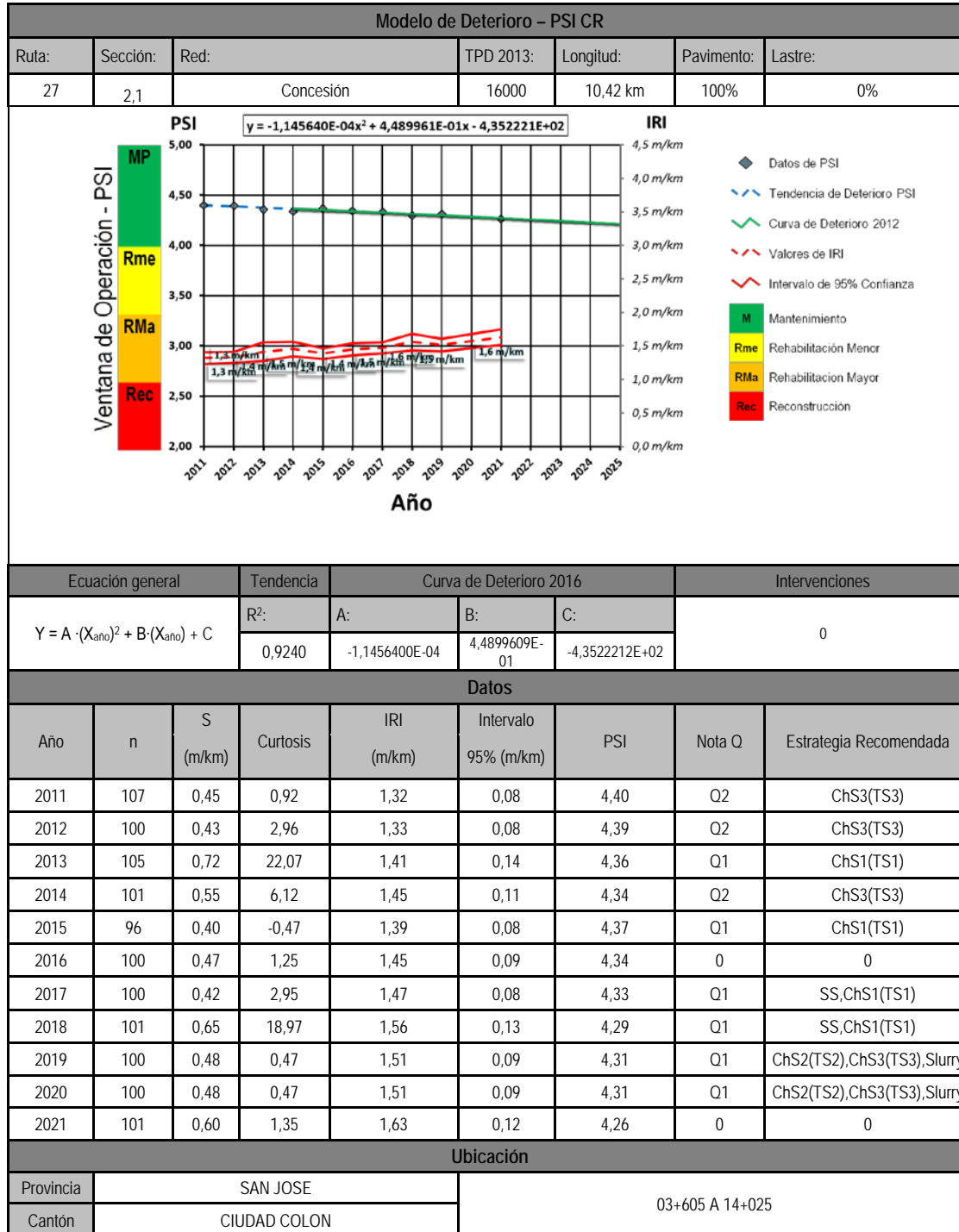
Anexo VI Modelo de Deterioro para la Ruta Nacional 27 San José – Caldera





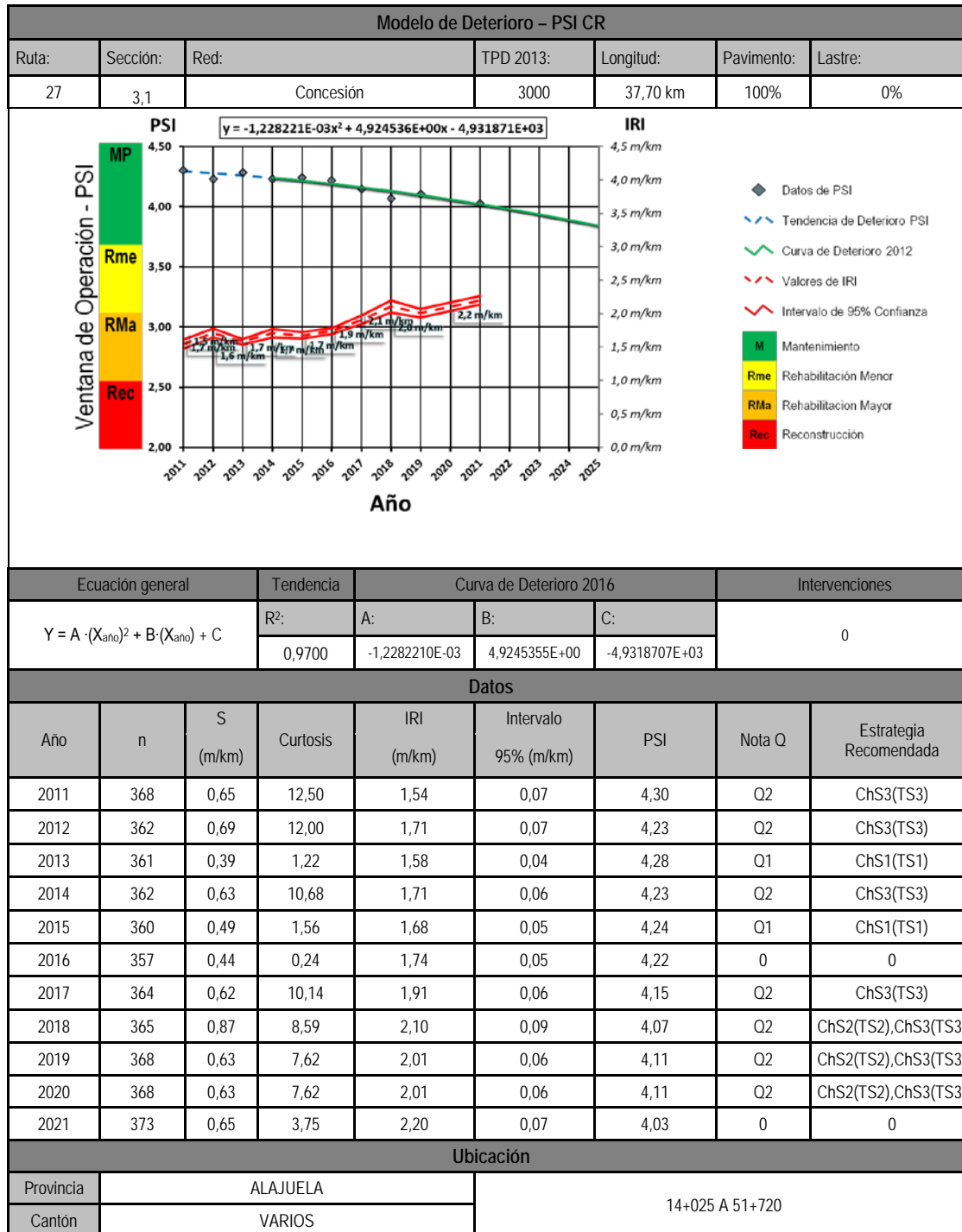
Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 349





Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 350



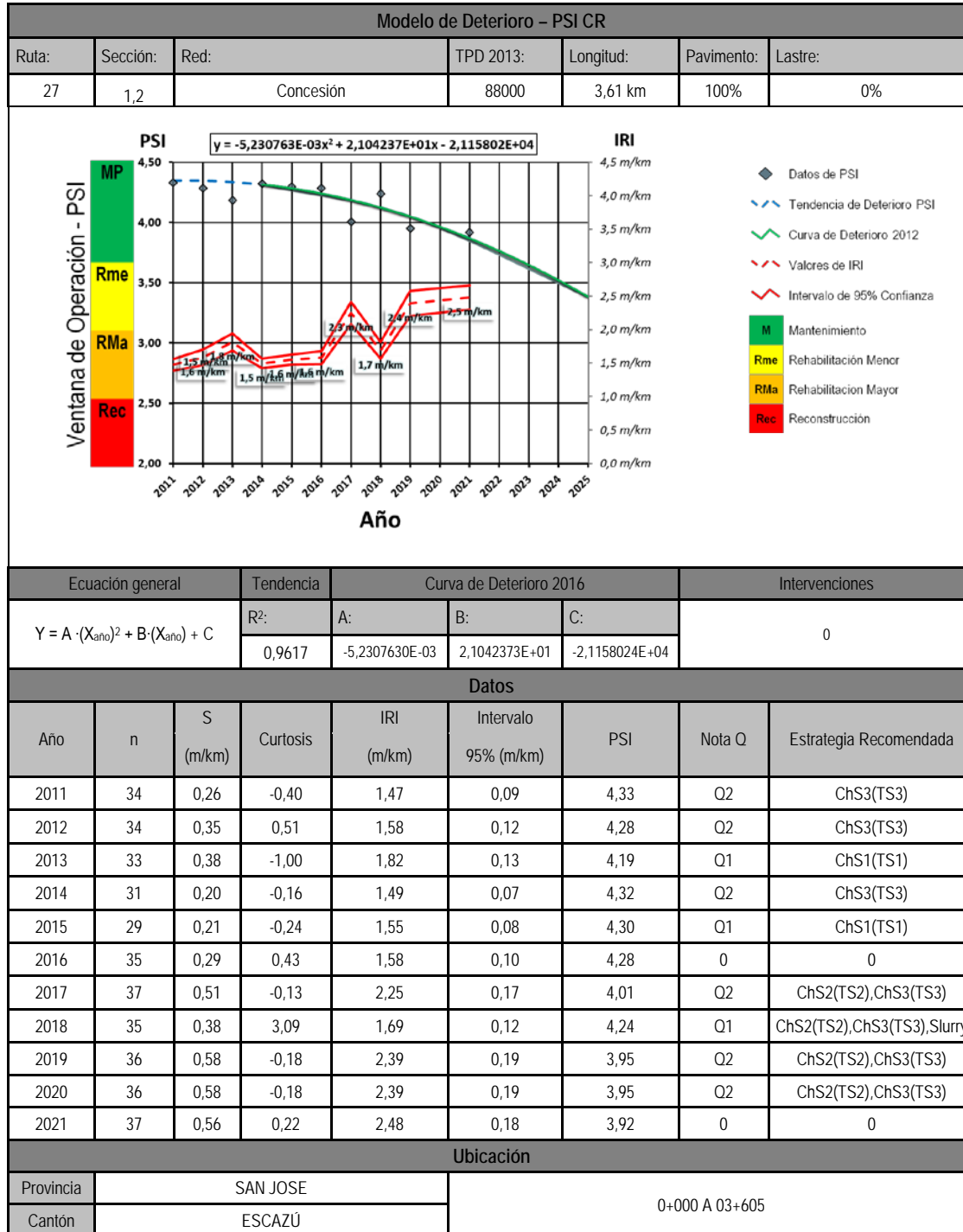


Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
 Página 351



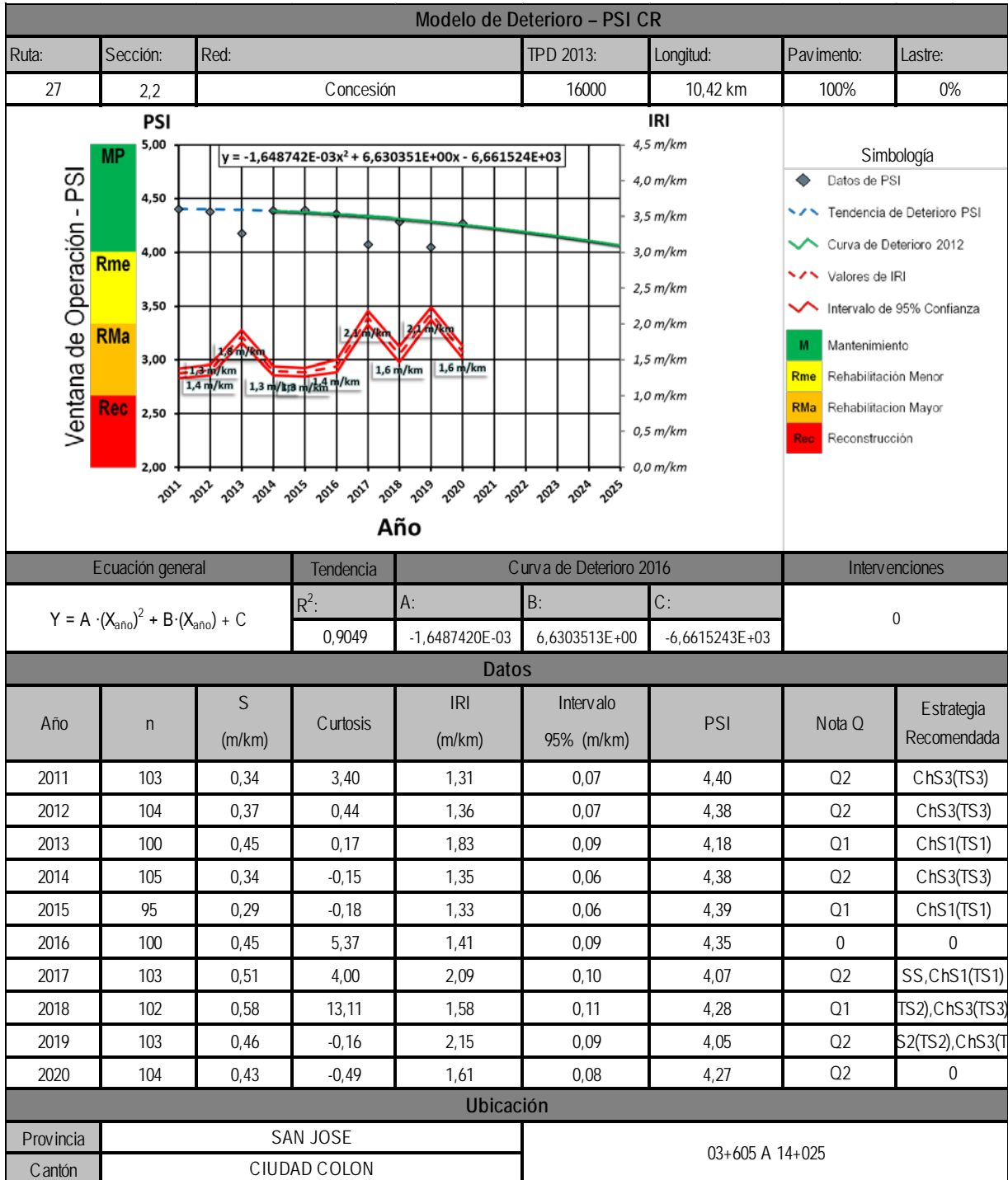


Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 352



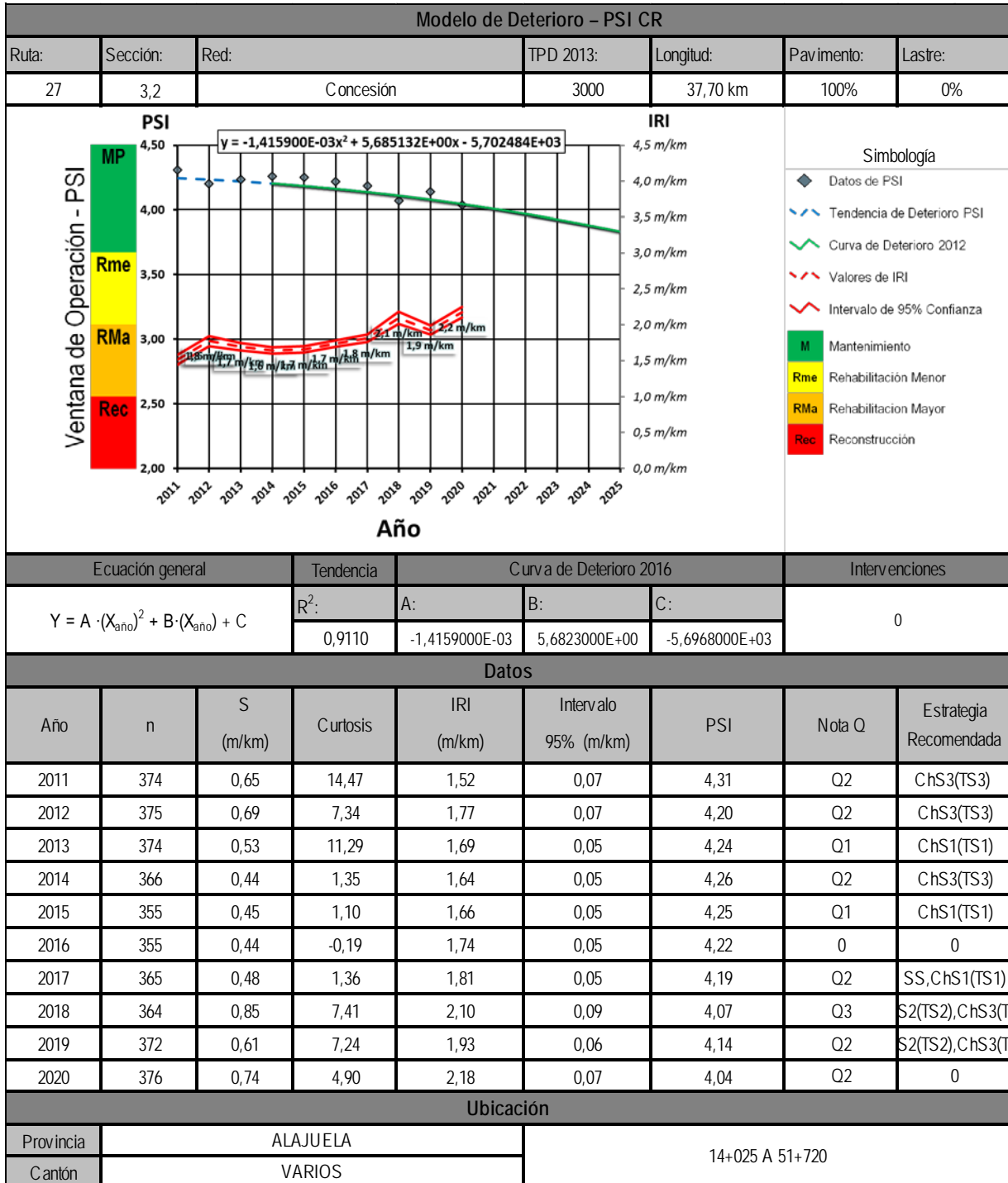


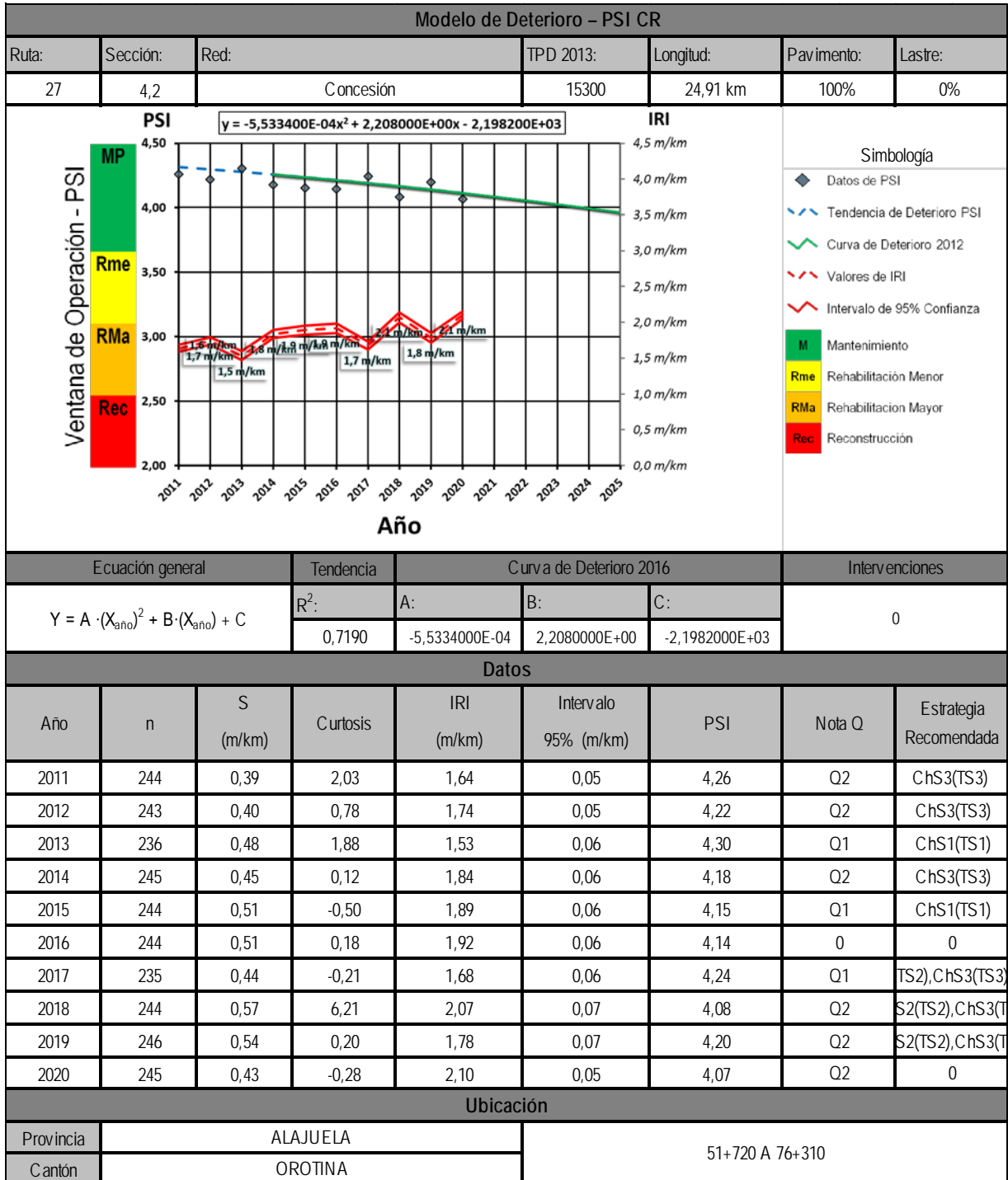
Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 353





Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 354







UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 356

Anexo VII Deslizamientos históricos de la Ruta Nacional 27 San José – Caldera



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 357

Año	Mes	Día	Ubicación	Tipo de evento	Fotografías	Fuente
2010	02	22	47	Deslizamiento. Cierre de vía	No	La Nación. https://www.nacion.com/el-pais/empresa-no-descartas-derrumbes-en-via-a-caldera/GHGNMRL7F5CF3PLOXYC6GQBOIA/story/
2010	02	NA	Entre Km 37-38	Caída de bloques	Sí	A.C.G.
2010	04	01	Entre Km 36 a 50	Deslizamiento, caída de rocas	No	La Nación. https://www.nacion.com/el-pais/servicios/lluvia-causa-otra-caida-de-rocas-en-via-a-caldera/OL5VLERQEFGZTJC3FUMMMYGPPM/story/
2010	05	23	28+850	Caída de rocas	No	CR-Hoy. https://archivo.crhoy.com/joven-que-perdio-vehiculo-por-piedra-en-ruta-27-responde-a-declaraciones-de-oscar-arias/nacionales/ y https://www.nacion.com/el-pais/servicios/deslizamientos-en-ruta-caldera-dejan-al-menos-tres-heridos/QYA44DDZ35FLZBH6BES7AQ6RAA/story/www.lateja.cr
2010	05	NA	45+200	Constante caída de bloques cm. LI	Sí	Asociación Costarricense de Geotecnia (A.C.G., 2010)
2010	05	NA	38+560	Deslizamiento. LD	Sí	A.C.G.
2010	NA	NA	48+400	Deslizamiento (caída bloques)	Sí	INF-PI-UGERVN-05-2014
2010	NA	NA	Radial Atenas. 1.93 km desde intersección sobre Ruta N. 27	Deslizamiento. LI y LD	Sí	INF-PI-UGERVN-05-2014
2011	NA	NA	37+640	Afectación talud, geotextil y malla metálica rotos, acumulación de material en la base. LD	Sí	LM-PI-UE-008-2011
2011	NA	NA	43+740	Afectación talud, desprendimientos del concreto lanzado que recubría el talud. LI	Sí	LM-PI-UE-008-2011
2011	NA	NA	45+220	Afectación talud, desprendimientos de concreto lanzado que recubría el talud, grietas, daño por hidrotermalismo. LI y LD	Sí	LM-PI-UE-008-2011
2011	NA	NA	44+800	Deslizamiento. LD	Sí	LM-PI-UE-008-2011
2011	NA	NA	46+050	Caída bloques (falta de revestimiento de concreto). LD	Sí	LM-PI-UE-008-2011
2011	09	01	46+250	Deslizamiento. Cierre de vía. LD	Sí	LM-PI-UE-008-2011
2011	NA	NA	47+700	Deslizamiento. LI	Sí	LM-PI-UE-008-2011
2011	NA	NA	21+400	Deslizamiento de talud. LI	Sí	INF-PITRA-010-2011
2011	NA	NA	28+350	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-010-2011



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 358

Año	Mes	Día	Ubicación	Tipo de evento	Fotografías	Fuente
2011	NA	NA	33+050	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-010-2011
2011	NA	NA	36+400	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-010-2011
2011	NA	NA	37+200	Deslizamiento. LI	Sí	INF-PITRA-010-2011
2011	NA	NA	37+750	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-010-2011
2011	NA	NA	38+500	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-010-2011
2011	11	NA	46	Deslizamiento	Sí	INF-PITRA-010-2011
2011	11	NA	48+350	Deslizamiento	Sí	INF-PITRA-010-2011
2011	NA	NA	46+250	Deterioro del talud. DAR	Sí	INF-PITRA-010-2011
2012	06	22	47+500	Deterioro del talud y deslizamiento	Sí	LM-PI-UE-005-2012
2012	11	NA	36+400	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-001-2013
2012	11	NA	37+600	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-001-2013
2012	NA	NA	38+200	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-001-2013
2012	NA	NA	38+200	Deslizamiento. LI	Sí	INF-PITRA-001-2013
2012	NA	NA	39+500	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-001-2013
2012	NA	NA	44+950	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PITRA-001-2013
2012	NA	NA	46+400	Grietas, humedad y desprendimiento de concreto lanzado	Sí	INF-PITRA-001-2013
2013	03	NA	30+000 a 30+050	Deslizamiento. LI	Sí	LM-PI-UGERVN-007-2013
2014	08	10	45-47	Caída de rocas	Sí	La Extra. https://www.diarioextra.com/Noticia/detalle/238502/piedras-cayeron-en-la-27 y https://www.diarioextra.com/Noticia/detalle/238462/piedras-caen-sobre-carros-sin-causar-heridos-en-ruta-27
2014	09	14	18	Desbordamiento de agua	Sí	CR-Hoy. https://archivo.crhoy.com/ruta-27-con-paso-regulado-por-desborde-de-agua-en-cunetas/ Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=pgthFPvBu7k
2014	09	14	Salida km 19	Deslizamiento (a 4 s de golpear moto). LD	Sí	CR-Hoy.com (17 sept 2014)
2014	11	NA	38+700	Deslizamiento	Sí	INF-PI-UGERVN-14-2014
2014	11	NA	37+500	Deslizamiento (caída rocas). LD	Sí	INF-PI-UGERVN-14-2014



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022
Página 359

Año	Mes	Día	Ubicación	Tipo de evento	Fotografías	Fuente
2014	11	NA	40+700	Deslizamiento (bloqueo total). LD y LI	Sí	INF-PI-UGERVN-05-2016 La Nación. https://www.nacion.com/el-pais/infraestructura/paso-en-ruta-27-sigue-cerrado-por-derrumbe/d0802cd0-c3cb-4295-9b9d-e12eeebd7d1f/video/
2015	06	04	45	Deslizamiento (bloqueo total)	Sí	El País. https://www.elpais.cr/2015/06/03/ruta-27-se-desploma-de-nuevo-y-permanecera-cerrada-hasta-este-jueves/
2015	08	09	38+600	Deslizamiento (DAR). LD y LI	Sí	LM-PI-UGERVN-008-2015
2015	NA	NA	37+500	Deslizamiento (caída rocas). LD	Sí	INF-PI-UGERVN-05-2016
2016	NA	NA	38+600	Sedimento y bloques en cuneta. LD	Sí	INF-PI-UGERVN-04-2017
2016	NA	NA	45+300	Deslizamiento (caída rocas y suelo). Ambos lados. LD y LI	Sí	INF-PI-UGERVN-04-2017
2016	10	19	28+700	Deslizamiento, caída de rocas	No	Repretel. https://www.repretel.com/noticia/derrumbe-provoco-colapso-vial-en-ruta-27/
2017	09	16	46+700	Deslizamiento (línea férrea afectada también) [Onda Tropical 40]. LD	Sí	INF-PI-UGERVN-12-2018
2017	NA	NA	44+400	Deslizamiento. LD	Sí	INF-PI-UGERVN-12-2018
2017	NA	NA	47+000	Bloques en cuneta. LI	Sí	INF-PI-UGERVN-12-2018
2018	07	18	75+900	Desprendimiento bloque métrico	Sí	CR-Hoy. https://www.crhoy.com/nacionales/presas-kilometricas-en-puntarenas-la-tarde-de-este-viernes/
2018	NA	NA	47+000	Cuneta obstruida. LI	Sí	INF-PI-UGERVN-01-2019
2019	NA	NA	73+000	Caída de bloques en cuneta. Barrera. NJ	Sí	INF-PI-UGERVN-12-2020
2020	06	11	16+800	Deslizamiento, estrechamiento carril. LD	Sí	Mundo Villa Colón. https://www.mundovillacolón.com/index.php/noticias-villacolón/1054-deslizamientos-en-ruta-27-provoca-estrechamiento-de-carril
2020	11	04	38+600	Deslizamiento. Cierre de vía [tormenta ETA]	Sí	EIC-Lanamme-INF-0140-2021
2020	11	05	3	Deslizamiento. LI	Sí	Mundo Escazu. https://www.youtube.com/watch?v=wbmPVeTn9Sc
2020	11	05	31	Deslizamiento. Cierre del paso	N/A	RutaAlterna.org
2020	11	05	53	Deslizamiento. Cierre del paso	N/A	RutaAlterna.org
2020	11	10	40+800	Deslizamiento. Cierre de vía impacta camión. LD	Sí	EIC-Lanamme-INF-0140-2021
2021	03	07	75+900	Desprendimiento bloque métrico	Sí	EIC-Lanamme-INF-0140-2021
2022	5	10	46+400	Deslizamiento. Cierre de vía. Un furgón, tres vehículos	Sí	CR-Hoy. https://www.crhoy.com/nacionales/fotos-enormes-piedras-caen-en-ruta-27-e-impactan-trailer/



Informe: EIC-Lanamme-INF-0776-2022

Página 360

Año	Mes	Día	Ubicación	Tipo de evento	Fotografías	Fuente
				afectados. Personas heridas		
2022	6	15	30+200	Deslizamiento de suelo, material bloqueó cuneta y agua inundó puente sobre Río Grande	Sí	CR-Hoy. https://www.crhoy.com/nacionales/video-armese-de-paciencia-inundacion-complica-paso-por-puente-en-ruta-27/
2022	6	24	30+200	Deslizamiento de suelo, material bloqueó cuneta y agua inundó puente sobre Río Grande	Sí	CR-Hoy. https://www.crhoy.com/nacionales/video-fuertes-lluvias-provocan-inundaciones-y-colapso-vehicular-en-ruta-27/