



Laboratorio Nacional de Materiales
y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

Programa de Infraestructura del Transporte PITRA

Informe: INF – PI – UGERVN – 04 – 2017

Informe de Evaluación del Proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27 Año 2016 - 2017

Informe Final

Preparado por:

**Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional
LanammeUCR**

San José, Costa Rica

Agosto, 2017




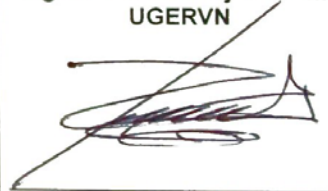
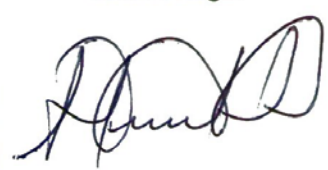
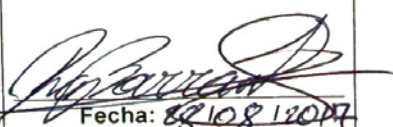
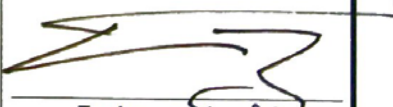
1. Informe INF-PI-UGERVN-04-2017		2. Copia No.1	
3. Título Informe de Evaluación del Proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27, Año 2015 - 2016		4. Fecha del Informe Agosto 2017	
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad 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 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, 2015 y 2016, 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.</i>			
8. Palabras clave Ruta 27, taludes, pavimentos, gestión, deslizamientos, deterioros, PSI, modelos		9. Nivel de seguridad: Alto	10. Núm. de páginas 175
11. Preparado por:			
Ing. Christian Valverde C. UGERVN  Fecha: 28/08/17	Ing. José Francisco Garro M., Ms.c UGERVN  Fecha: 28/08/2017	Geólogo Paulo Ruiz C., Ph.D. UGERVN  Fecha: 28/08/17	Ing. Ronald Naranjo Umaña UGERVN  Fecha: 28/08/2017
12. Revisado por:		13. Aprobado por:	
Lic. Miguel Chacón A. Asesor Legal  Fecha: 28/08/17	Ing. Roy Barrantes Jiménez Coordinador UGERVN  Fecha: 28/08/2017	Ing. Guillermo Loría Salazar, Ph.D. Coordinador PITRA  Fecha: 28/08/17	

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	10
1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	12
2. OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO EN CONCESIÓN SAN JOSÉ – CALDERA, AÑO 2016	14
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN, AÑO 2016	15
3.1 CAPACIDAD ESTRUCTURAL, DEFLEXIONES OBTENIDAS MEDIANTE EL FWD TRONCAL PRINCIPAL.....	15
3.1a. <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>15</i>
3.1b. <i>Resultados obtenidos, mes de septiembre del 2016.....</i>	<i>16</i>
3.1c. <i>Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad estructural con el ensayo de deflectometría FWD. Mes de septiembre del 2016.....</i>	<i>17</i>
3.2 CAPACIDAD FUNCIONAL, CONDICIÓN DEL PROYECTO SEGÚN REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI).....	18
3.2a. <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>18</i>
3.2b. <i>Resultados de regularidad superficial (IRI).....</i>	<i>19</i>
3.2c. <i>Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad funcional con el Perfilómetro Láser (IRI), mes de agosto del 2016.</i>	<i>20</i>
3.3 RESULTADOS OBTENIDOS DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DE PAVIMENTOS, JUNIO DEL 2016	20
3.3a. <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>20</i>
3.3b. <i>Resultados de coeficiente de rozamiento con el GRIPTester y Mu-Meter</i>	<i>22</i>
3.3.b.1 <i>Análisis general de resultados de la evaluación de la resistencia al deslizamiento. Mes de agosto del 2016</i>	<i>23</i>
3.4 ANÁLISIS DE NOTAS Q PARA AÑO 2016	24
3.5 COMPARACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA RUTA 27, CAMPAÑAS DE EVALUACIÓN 2012 Y 2016	25
3.5a. <i>Evaluación con el deflectómetro de impacto.....</i>	<i>25</i>
3.5b. <i>Evaluación con el perfilómetro láser superficial</i>	<i>26</i>
3.5c. <i>Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial</i>	<i>28</i>
3.6 COMPARACIÓN DE LAS NOTAS Q OBTENIDAS PARA LA RUTA 27, AÑOS 2014 AL 2016	29
3.7 ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PROYECTO. PRESENCIA, SEVERIDAD Y EXTENSIÓN DE DETERIOROS SEGÚN ANÁLISIS VISUAL POR MEDIO DEL EQUIPO DE IMÁGENES GEORREFERENCIADAS. EVALUACIONES REALIZADAS EN JUNIO DEL 2016	32
3.7a. <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>32</i>
3.7b. <i>Resumen de resultados de la evaluación visual de deterioros superficiales.....</i>	<i>34</i>
3.7c. <i>Comparación de resultados entre los años 2014 al 2016 de la evaluación visual de deterioros superficiales.</i>	<i>38</i>
4. EVALUACIÓN DE LAS RADIALES	42
4.1 ASPECTOS GENERALES	42
4.2 RESULTADOS OBTENIDOS: DEFLEXIONES DEL PAVIMENTO.....	43
4.3 RESULTADOS OBTENIDOS: REGULARIDAD SUPERFICIAL.....	44
4.4 RESULTADOS OBTENIDOS: DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL	44
4.5 NOTAS Q PARA LAS RADIALES	45
4.6 RESULTADOS OBTENIDOS: ANÁLISIS DE DETERIOROS SUPERFICIALES	47
4.7 COMPARACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LAS RADIALES, CAMPAÑAS DE EVALUACIÓN 2015 Y 2016	49



4.7a.	<i>Evaluación con el deflectómetro de impacto</i>	50
4.7b.	<i>Evaluación con el perfilómetro láser superficial</i>	53
4.7c.	<i>Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial.</i>	56
4.7d.	<i>Evaluación visual de Deterioro Superficial.</i>	59
5.	MODELOS DE DETERIORO	62
5.1	APLICACIÓN DE MODELO DE DETERIORO	63
5.2	METODOLOGÍA DE MODELOS DE DETERIORO	63
5.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	66
6.	ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS PUENTES MAYORES DE LA RUTA NACIONAL 27	70
7.	CONDICIONES GEOTÉNICAS Y SISTEMAS DE DRENAJE	76
7.1	<i>EVALUACIÓN TALUD EN ESTACIONAMIENTO 37+500</i>	76
7.2	<i>EVALUACIÓN TALUD EN ESTACIONAMIENTO 38+600</i>	77
7.3	<i>EVALUACIÓN TALUD EN ESTACIONAMIENTO 44+500</i>	82
7.4	<i>EVALUACIÓN TALUD EN ESTACIONAMIENTO 45+300</i>	84
7.5	<i>EVALUACIÓN TALUD EN ESTACIONAMIENTO 47+000</i>	86
7.6	<i>EVALUACIÓN DE TALUD EN ESTACIONAMIENTO 73+000</i>	88
8.	CONCLUSIONES	90
8.1	CONCLUSIÓN GENERAL	90
8.2	CONCLUSIONES ESPECÍFICAS	92
8.2a.	<i>Sobre la condición estructural</i>	92
8.2b.	<i>Sobre la condición funcional</i>	92
8.2c.	<i>Sobre la resistencia al deslizamiento como parámetro de seguridad vial</i>	92
8.2d.	<i>Sobre los deterioros superficiales de la mezcla asfáltica</i>	93
8.2e.	<i>Sobre el estado de las radiales.</i>	93
8.2f.	<i>Sobre los Modelos de Deterioro</i>	94
8.2g.	<i>Sobre el estado de los taludes y terraplenes adyacentes a la ruta</i>	94
8.2h.	<i>Sobre la evaluación de puentes mayores ubicados en la troncal principal</i>	95
9.	RECOMENDACIONES	95
9.1a.	<i>Sobre la evaluación funcional, estructural, resistencia al deslizamiento y de deterioro superficial del proyecto</i>	95
9.1b.	<i>Sobre la evaluación de las radiales</i>	96
9.1c.	<i>Sobre los Modelos de Deterioro</i>	96
9.1d.	<i>Sobre el estado de los taludes y terraplenes adyacentes a la ruta</i>	96
9.1e.	<i>Sobre la evaluación de puentes mayores ubicados en la troncal principal</i>	97
	BIBLIOGRAFÍA	98
	ANEXO I: RESULTADOS OBTENIDOS DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO	101
	ANEXO II: RESULTADOS OBTENIDOS PERFILÓMETRO LÁSER	106
	ANEXO III: RESULTADOS OBTENIDOS MEDIDOR DE AGARRE SUPERFICIAL	111
	ANEXO IV: RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE NOTAS Q	116
	ANEXO V: RESULTADO EVALUACIÓN VISUAL. PRINCIPALES DETERIOROS EN PAVIMENTO Y BARRERAS DE CONTENCIÓN LATERAL	121
	ANEXO VI: SITIOS DETECTADOS CON PROBLEMAS EN LOS GUARDAVÍAS	134



ANEXO VII RESULTADOS OBTENIDOS PARA CADA UNO DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS EN LAS RADIALES	146
ANEXO VIII MODELO DE DETERIORO PARA LA RUTA NACIONAL 27 SAN JOSÉ - CALDERA	167

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 DIAGRAMA DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO SAN JOSÉ – CALDERA RUTA 27, AÑO 2016	13
FIGURA 2 ESTADO GENERAL DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA SEGÚN LOS VALORES DE DEFLEXIÓN FWD OBTENIDOS, CAMPAÑA 2016	16
FIGURA 3 ESTADO GENERAL DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, SEGÚN LOS VALORES DE DEFLEXIÓN FWD OBTENIDOS, CAMPAÑA 2016	17
FIGURA 4: RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PARÁMETRO IRI, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA	19
FIGURA 5 RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PARÁMETRO IRI, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ	19
FIGURA 6: GRIP TESTER	20
FIGURA 7: MU METER	21
FIGURA 8: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE <i>GRIP TESTER</i> (IZQUIERDA) Y <i>MU METER</i> (DERECHA), PARA EL CARRIL EN EL SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA RUTA 27. LOS RANGOS DADOS PARA EL <i>MU METER</i> CORRESPONDEN A LOS INDICADOS EN CONTRATO.	22
FIGURA 9: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE <i>GRIP TESTER</i> (IZQUIERDA) Y <i>MU METER</i> (DERECHA), PARA EL SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ EN LA RUTA 27. LOS RANGOS DADOS PARA EL <i>MU METER</i> CORRESPONDEN A LOS INDICADOS EN CONTRATO.	23
FIGURA 10: DISTRIBUCIÓN DE LAS NOTAS DE CALIDAD Q PARA LA TRONCAL PRINCIPAL PARA AMBOS SENTIDOS	24
FIGURA 11: DISTRIBUCIÓN DE LAS LABORES DE REHABILITACIÓN EN PORCENTAJES, EN LA TRONCAL PRINCIPAL, PARA AMBOS SENTIDOS.	25
FIGURA 12 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS DEFLEXIONES DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2014 Y 2015, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA DE LA RUTA NACIONAL 27	25
FIGURA 13 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS DEFLEXIONES DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2014 Y 2015, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ DE LA RUTA NACIONAL 27	26
FIGURA 14 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS REGULARIDADES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2012 Y 2016, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA DE LA RUTA NACIONAL 27	27
FIGURA 15 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS REGULARIDADES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2012 Y 2016, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ DE LA RUTA NACIONAL 27	27
FIGURA 16 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2015 Y 2016, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA DE LA RUTA NACIONAL 27	28
FIGURA 17 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2012 Y 2016, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ DE LA RUTA NACIONAL 27	29
FIGURA 18 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA COMPARACIÓN DE NOTAS Q PARA LAS CAMPAÑAS 2014 Y 2016, PARA EL SENTIDO A) SAN JOSÉ - CALDERA Y B) CALDERA - SAN JOSÉ	30
FIGURA 19 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA COMPARACIÓN DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LAS CAMPAÑAS 2014 Y 2016 EN AMBOS SENTIDO DE CIRCULACIÓN	31
FIGURA 20 RESULTADOS DE DETERIOROS, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA. A) RESUMEN GENERAL DE DETERIORO, B) DETERIOROS CON MAYOR ÁREA DETECTADOS, C) RESUMEN DETERIOROS DE GRIETAS.	34
FIGURA 21. RESULTADOS DE DETERIOROS, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ. A) RESUMEN GENERAL DE DETERIORO, B) DETERIOROS CON MAYOR ÁREA DETECTADOS, C) RESUMEN DETERIOROS DE GRIETAS.	35
FIGURA 22. PRESENCIA DE EXUDACIÓN	36
FIGURA 23 UBICACIÓN DE GUARDAVÍAS IMPACTADAS	37
FIGURA 24 COMPARACIÓN DETERIORO SUPERFICIAL 2014 AL 2016 EN EL SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA. A) DETERIOROS TIPO ÁREA; B) DETERIOROS TIPO GRIETA	39
FIGURA 25 COMPARACIÓN DETERIORO SUPERFICIAL 2014 AL 2016 EN EL SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ. A) DETERIOROS TIPO ÁREA; B) DETERIOROS TIPO GRIETA	40

FIGURA 26 COMPARACIÓN DETERIORO SUPERFICIAL 2014 AL 2016 EN EL SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ. A) DETERIOROS TIPO ÁREA; B) DETERIOROS TIPO GRIETA.....	41
FIGURA 27: UBICACIÓN DE LAS RADIALES EN LA RUTA NACIONAL 27.....	42
FIGURA 28 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO, PARA LAS RADIALES DE LA RUTA 27, EN PORCENTAJES PARA CADA CATEGORÍA.	43
FIGURA 29 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PERFILÓMETRO LÁSER, PARA LAS RADIALES DE LA RUTA 27, EN PORCENTAJES PARA CADA RANGO.	44
FIGURA 30 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL GRIP TESTER, PARA LAS RADIALES DE LA RUTA 27, EN PORCENTAJES PARA CADA RANGO.	45
FIGURA 31 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL MU-METER, PARA LAS RADIALES DE LA RUTA 27, EN PORCENTAJES PARA CADA RANGO.	45
FIGURA 32 NOTAS Q PARA LAS RADIALES. A) NOTAS Q AÑO 2016, B) NOTAS Q AÑO 2015.....	46
FIGURA 33 CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RADIALES.....	47
FIGURA 34 COMPARATIVO DEFLEXIONES DE RADIALES AÑOS 2013-2016.....	50
FIGURA 35 COMPARATIVO REGULARIDAD SUPERFICIAL DE RADIALES AÑOS 2013-2016.....	53
FIGURA 36 COMPARATIVO COEFICIENTE DE ROZAMIENTO SUPERFICIAL AÑOS 2013-2016.....	56
FIGURA 37 CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RADIALES.....	60
FIGURA 38. GRÁFICA DE UNA ECUACIÓN CUADRÁTICA.....	64
FIGURA 39. GRÁFICO EJEMPLO, OBTENIDO DE DATOS DE PSI.....	64
FIGURA 40. GRÁFICA EJEMPLO PSI VS AÑO Y IRI VS AÑO.....	65
FIGURA 41 CONCEPTO DE PSI CON RANGOS DE ACEPTACIÓN.....	66
FIGURA 42 MODELO DE DETERIORO TRAMO 1, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ.....	67
FIGURA 43 MODELO DE DETERIORO TRAMO4, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA.....	68
FIGURA 44: PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SALITRAL. DETERIORO DE JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN A) AÑO 2016; B) AÑO 2017 ...	73
FIGURA 45: JUNTA DE CONSTRUCCIÓN ABIERTA Y CON DESPRENDIMIENTOS DE CONCRETO EN LOS BORDES.....	74
FIGURA 46 PUENTE SOBRE EL RÍO VIRILLA. ACUMULACIÓN DE SEDIMENTO EN LOS APOYOS DEL BASTIÓN NOROESTE. A) CONDICIÓN AÑO 2016; B) CONDICIÓN AÑO 2017.....	75
FIGURA 47 TALUD DE CORTE EN ESTACIONAMIENTO 37+500 LADO DERECHO.....	77
FIGURA 48 TALUD DEL ESTACIONAMIENTO 38+600.....	78
FIGURA 49 TALUD DE CORTE LD ESTACIONAMIENTO 38+600.....	79
FIGURA 50 SUB-DRENAJES HORIZONTALES Y MEDICIONES DE PH.....	80
FIGURA 51 MINERALIZACIÓN Y OXIDACIÓN DE MATERIALES EN TALUD.....	81
FIGURA 52 ACUMULACIÓN DE BLOQUES DE ROCA Y DE CONCRETO EN LA MALLA METÁLICA.....	82
FIGURA 53 A) DEFORMACIONES EN LA CAPA ASFÁLTICA, B) DAÑOS Y DEFORMACIONES EN LA CUNETAS.....	83
FIGURA 54 TALUDES DE CORTE ESTACIONAMIENTO 45+300.....	84
FIGURA 55 DETERIORO DE LA MALLA EN EL TALUD DE CORTE DEL LADO DERECHO, ESTACIONAMIENTO 45+300.....	86
FIGURA 56 TALUD 47+000 A) PATRÓN ACTUALMENTE DE GRIETAS CON MAYOR SEPARACIÓN, LADO DERECHO, B) CONDICIÓN 2015, GRIETA DE APROX. 1 CM DE GROSOR, C) CONDICIÓN 2017, GRIETA APROX. 3 CM.....	87
FIGURA 57 VISTA DEL TALUD AL LADO DERECHO DEL ESTACIONAMIENTO 73+000.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 RANGOS DE DEFLEXIÓN, UTILIZADOS PARA CLASIFICAR RESULTADOS DE DEFLECTOMETRÍA.....	16
TABLA 2 DEFLEXIONES FWD OBTENIDAS PARA EL SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA, CAMPAÑA 2015.....	16
TABLA 3 DEFLEXIONES FWD OBTENIDAS PARA EL SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ, CAMPAÑA 2016.....	17
TABLA 4 RANGOS DE CLASIFICACIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI).....	18
TABLA 5 RESULTADOS OBTENIDOS EN REGULARIDAD SUPERFICIAL, RUTA 27.....	19
TABLA 6 CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO SEGÚN EL GN.....	21
TABLA 7 RESULTADOS OBTENIDOS, COEFICIENTE ROZAMIENTO SUPERFICIAL DEL PROYECTO.....	22
TABLA 8. RANGO DE APLICACIÓN DEL MODELO PARA EL CÁLCULO DEL PSI COSTA RICA.....	63
TABLA 9 SECCIONES DE CONTROL.....	63



TABLA 10 AÑO EN EL QUE EL PSI ES IGUAL A 3	69
TABLA 11 INFORMES EMITIDOS POR LA UP DEL PITRA - LANAMMEUCR CON RESPECTO A LOS PUENTES MAYORES DE LA RUTA 27	70
TABLA 12 SEGUIMIENTO POR AÑO DE LOS PRINCIPALES DETERIOROS OBSERVADOS EN LOS 5 PUENTES MAYORES DE LA RUTA NACIONAL 27.	71
TABLA 13 NOMENCLATURA UTILIZADA EN LA TABLA 17.	72

ÍNDICE DE FIGURAS ANEXO

FIGURA A1 1 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 - 20+000.....	102
FIGURA A1 2 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 06+000 - 40+000.....	102
FIGURA A1 3 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 40+000 - 60+000.....	103
FIGURA A1 4 : RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 60+000 - 76+000.....	103
FIGURA A1 13 RESULTADOS FWD,. RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000.....	104
FIGURA A1 14 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000.....	104
FIGURA A1 15 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000.....	105
FIGURA A1 16 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 60+000 - 76+000.....	105
FIGURA A2 1 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 - 20+000	107
FIGURA A2 2 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 20+000 - 40+000.....	107
FIGURA A2 3 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 40+000 - 60+000.....	108
FIGURA A2 4 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 60+000 - 76+000.....	108
FIGURA A2 13 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000	109
FIGURA A2 14 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000	109
FIGURA A2 15 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000	110
FIGURA A3 1 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 -20+000.....	112
FIGURA A3 2 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 20+000 - 40+000.....	112
FIGURA A3 3 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 40+000 - 60+000.....	113
FIGURA A3 4 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 60+000 - 76+000.....	113
FIGURA A3 13 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000.....	114
FIGURA A3 14 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000.....	114
FIGURA A3 15 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000.....	115
FIGURA A3 16 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 60+000 - 76+000.....	115
FIGURA A4 2 RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 0+000 - 20+000	117
FIGURA A4 3 RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 20+000 - 40+000	117
FIGURA A4 4 RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 40+000 - 60+000	118
FIGURA A4 5 RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 60+000 - 76+000	118
FIGURA A4 6 RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000.....	119
FIGURA A4 7 RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000	119
FIGURA A4 8 RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000	120
FIGURA A4 9 RESULTADOS NOTAS Q, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 60+000 - 76+000	120
FIGURA A5 1 RESULTADOS BACHEO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 0+000 - 20+000.....	122
FIGURA A5 2 RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 0+000 - 20+000.....	122
FIGURA A5 3 RESULTADOS BACHEO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 20+000 - 40+000.....	123
FIGURA A5 4 RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 20+000 - 40+000... ..	123
FIGURA A5 5 RESULTADOS BACHEO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 40+000 - 60+000.....	124



FIGURA A5 6 RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 4 0+000 - 60+000...	124
FIGURA A5 7 RESULTADOS BACHEO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 600+000 - 76+000.....	125
FIGURA A5 8 RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA EST. 60+000 - 76+000...	125
FIGURA A5 9 RESULTADOS BACHEO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000.....	126
FIGURA A5 10 RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ EST. 0+000 - 20+000...	126
FIGURA A5 11 RESULTADOS BACHEO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000.....	127
FIGURA A5 12 RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ EST. 20+000 - 40+000.	127
FIGURA A5 13 RESULTADOS BACHEO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000.....	128
FIGURA A5 14 RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ EST. 40+000 - 60+000.	128
FIGURA A5 15 RESULTADOS BACHEO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ EST. 60+000 - 76+000.....	129
FIGURA A5 16 RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ EST. 60+000 - 76+000.	129
FIGURA A5 17 RESULTADOS EXUDACIÓN, RUTA NACIONAL 27, EST. 0+000 - 20+000.....	130
FIGURA A5 18 GUARDAVÍAS DEFECTUOSOS, RUTA NACIONAL 27, EST. 0+000 - 20+000.....	130
FIGURA A5 19 RESULTADOS EXUDACIÓN, RUTA NACIONAL 27, EST. 20+000 - 40+000.....	131
FIGURA A5 20 GUARDAVÍAS DEFECTUOSOS, RUTA NACIONAL 27, EST. 20+000 - 40+000.....	131
FIGURA A5 21 RESULTADOS EXUDACIÓN, RUTA NACIONAL 27, EST. 40+000 - 60+000.....	132
FIGURA A5 19 GUARDAVÍAS DEFECTUOSOS, RUTA NACIONAL 27, EST. 40+000 - 60+000.....	132
FIGURA A5 19 RESULTADOS EXUDACIÓN, RUTA NACIONAL 27, EST. 60+000 - 760+000.....	133
FIGURA A5 19 GUARDAVÍAS DEFECTUOSO, RUTA NACIONAL 27, EST. 60+000 - 76+000.....	133

FIGURA A7 1 RESULTADOS FWD, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL.....	147
FIGURA A7 2 RESULTADOS FWD, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27.....	147
FIGURA A7 3 RESULTADOS IRI, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL.....	148
FIGURA A7 4 RESULTADOS IRI, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27.....	148
FIGURA A7 5 RESULTADOS GRIP, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL.....	149
FIGURA A7 6 RESULTADOS GIRIP, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27.....	149
FIGURA A7 7 RESULTADOS NOTAS Q, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL.....	150
FIGURA A7 8 RESULTADOS NOTAS Q, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27.....	150
FIGURA A7 9 RESULTADOS BACHEO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL.....	151
FIGURA A7 10 RESULTADOS BACHEO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27.....	151
FIGURA A7 11 RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL.....	152
FIGURA A7 12 RESULTADOS EXUDACIÓN, RADIAL EL COYOL.....	152
FIGURA A7 13 RESULTADOS FWD, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS.....	153
FIGURA A7 14 RESULTADOS FWD, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27.....	153
FIGURA A7 15 RESULTADOS IRI, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS.....	154
FIGURA A7 16 RESULTADOS IRI, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27.....	154
FIGURA A7 17 RESULTADOS GIRIP, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS.....	155
FIGURA A7 18 RESULTADOS GIRIP, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27.....	155
FIGURA A7 19 RESULTADOS NOTAS Q, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS.....	156
FIGURA A7 20 RESULTADOS NOTAS Q, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27.....	156
FIGURA A7 21 RESULTADOS BACHEO, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS.....	157
FIGURA A7 22 RESULTADOS BACHEO, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27.....	157
FIGURA A7 23 RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS.....	158
FIGURA A7 24 RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27.....	158
FIGURA A7 25 RESULTADOS EXUDACIÓN, RADIAL ATENAS.....	159
FIGURA A7 26 RESULTADOS FWD, RADIAL TURRUCARES.....	159
FIGURA A7 27 RESULTADOS IRI, RADIAL TURRUCARES.....	160
FIGURA A7 28 RESULTADOS GRIP, RADIAL TURRUCARES.....	160
FIGURA A7 29 RESULTADOS NOTAS Q, RADIAL TURRUCARES.....	161
FIGURA A7 30 RESULTADOS PIEL DE LAGARTO, RADIAL TURRUCARES.....	161



FIGURA A7 31 RESULTADOS EXUDACIÓN, RADIAL TURRUCARES.....	162
FIGURA A7 32 RESULTADOS FWD, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ESCOBAL.....	162
FIGURA A7 33 RESULTADOS FWD, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO ESCOBAL - RUTA NACIONAL 27.....	163
FIGURA A7 34 RESULTADOS IRI, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ESCOBAL	163
FIGURA A7 35 RESULTADOS IRI, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO ESCOBAL - RUTA NACIONAL 27	164
FIGURA A7 36 RESULTADOS GRIP, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ESCOBAL.....	164
FIGURA A7 37 RESULTADOS GRIP, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO ESCOBAL - RUTA NACIONAL 27.....	165
FIGURA A7 38 RESULTADOS NOTAS Q, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ESCOBAL.....	165
FIGURA A7 39 RESULTADOS NOTAS Q, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO ESCOBAL - RUTA NACIONAL 27.....	166
FIGURA A7 40 RESULTADOS BACHEO, RADIAL ESCOBAL	166

ÍNDICE DE TABLAS ANEXOS

TABLA A6 1 UBICACIÓN DE LOS SITIOS CON PROBLEMAS EN EL GUARDAVÍA, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA	135
TABLA A6 2 UBICACIÓN DE LOS SITIOS CON PROBLEMAS EN EL GUARDAVÍA, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ	140



Agradecimientos

Se extiende un agradecimiento al Laboratorio de Campo por su valiosa colaboración en la programación y obtención de datos 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 excelentes resultados.

Por lo anterior, y por el valor que agrega a este informe el nivel técnico de ese laboratorio, se destaca la labor del siguiente personal:

Jefatura: Ing. Melissa Rojas Duarte

Personal Técnico:

- Cristian Molina Garita
- Edgar Mena Rodríguez
- Francisco González Villarreal
- Greivin Ceciliano Valverde
- Luis Pablo Blanco
- Marcos Vargas Romero
- Richard Vasquez Marin
- Sergio Castillo Mora

Además, extendemos el agradecimiento por la valiosa colaboración brindada en el desarrollo de este informe a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil que cumplen horas Asistentes en esta Unidad, los cuales son:

- Andrés Hernández Castro
- Lucía Domínguez Jara
- Mey Lin Vega Sánchez

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



Resumen

Bajo el marco de la Ley No. 8114, le corresponde al LanammeUCR realizar una evaluación anual de los proyectos y puentes administrados bajo la modalidad de concesión de obra pública, cumpliendo la función de ser un instrumento eficaz e imparcial de rendición de cuentas, y contribuyendo a garantizar la calidad y el mantenimiento de los niveles de servicio de aquel patrimonio vial en manos de las empresas concesionarias.

Para poder valorar de forma objetiva la calidad 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 los estándares mínimos de calidad. En este informe se evalúa la condición actual de los estándares de calidad de la Concesión de Obra Pública de la Ruta Nacional 27, de cara al cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas en el contrato, y de acuerdo con los estándares internacionalmente aceptados.

En el caso de aquellas especificaciones contractuales que presentaron 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 en el año 2016 están relacionados directamente con la vida útil o de servicio, con el costo de operación de la flota vehicular que circula por el proyecto y con la seguridad vial. Para tal efecto, 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 estructural del pavimento. Por otra parte, se utilizó el **Perfilómetro Láser**, el cual mide las irregularidades superficiales (*IRI*) de las vías, que se asocian tanto con el confort que percibe el usuario que circula por dicho tramo, como con los costos de operación de los vehículos que circulan por esa carretera. Adicionalmente, se realizaron mediciones por medio de equipo láser que permite detectar la presencia de deformaciones en el pavimento, deterioros conocidos como "roderas", y se realizó un análisis por medio de equipo de imágenes digitales de alta resolución las cuales además se encuentran georreferenciadas, para detectar la presencia de otros tipos de deterioros sobre la superficie de ruedo. En el tema de seguridad vial, se usan los equipos Medidores de Fricción o agarre superficial (**Grip Tester y Mu Meter**), lo que permitió medir el coeficiente de rozamiento existente entre la superficie de



ruedo y las llantas de los vehículos, lo que determina su adherencia a la calzada y que se relaciona directamente con el índice de peligrosidad de una ruta.

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 técnico que se enmarca dentro de las funciones de fiscalizador que la citada ley le confiere al LanammeUCR.

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 éste 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.

A pesar de ser éste el primer proyecto en concesión de obra pública que es evaluado a partir del año 2010, acumulando alrededor de 1064 km analizados hasta el año 2016, esto de acuerdo a lo establecido en los artículos 5 y 6 de la ley 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributaria, además el LanammeUCR ya ha realizado evaluaciones de toda la Red Vial Nacional desde el año 2002, sumando más de 35.000 km evaluados para el año 2014 y desarrollando un importante cúmulo de experiencia, conocimiento y tecnología en evaluación de proyectos viales.

La principal diferencia entre evaluar un proyecto en concesión o una red vial completa como 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. mediciones 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 100 metros).

Tomando en consideración lo explicado anteriormente, la evaluación realizada en este proyecto está representada en el siguiente esquema operativo:

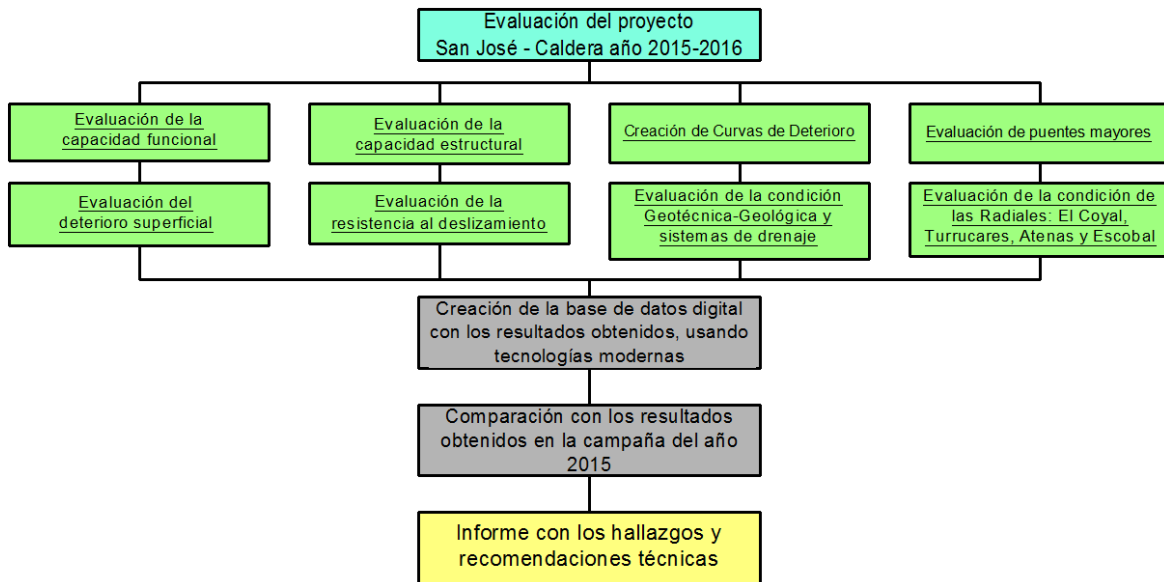


Figura 1 Diagrama de la evaluación del proyecto San José – Caldera Ruta 27, año 2016.

Como parte de las obras a realizar por la concesionaria en la carretera San José - Caldera, se incluyó la construcción de las radiales:

- Radial El Coyal de Alajuela (3.85 km)
- Radial Turrúcares (0.29 km)
- Radial Atenas (3.40 km)
- Radial Escobal (0.34 km)

Por esa razón se decidió agregar la evaluación del estado en que se encuentran estas radiales desde el punto de vista estructural, funcional, de seguridad vial y condición superficial.

Para poder aplicar rangos de estado de estas radiales, se utilizó la estructura de la sección de carretera más próximo a cada radial, siendo en este caso la sección Ciudad Colón - Orotina. Esto debido a que no se cuenta con información detallada sobre cada paquete estructural

Además, como parte de la evaluación hecha a esta ruta, se realizará un análisis geotécnico y geológico a los taludes aledaños. Se estudiará si hay evolución en deslizamientos detectados anteriormente, evaluación de sistemas de drenaje y zonas con drenaje ácido.



2. OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO EN CONCESIÓN SAN JOSÉ – CALDERA, AÑO 2016

2.1 Objetivo General

Evaluar la condición del pavimento del proyecto en Concesión San José – Caldera, Ruta Nacional 27 en el año 2016, cuantificando de manera sistemática la evolución del mismo y el desempeño a lo largo del tiempo, así como el nivel de mantenimiento de los niveles de servicio. Esta evaluación se realiza con el propósito de brindar a la Administración información oportuna y confiable que permita ejercer los controles de fiscalización que son 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 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.
- Hacer una evaluación del deterioro de la superficie de ruedo, por medio de equipo de imágenes digitales georreferenciadas, alertando de la presencia de deterioros que pueden poner en peligro la seguridad del usuario, así como el confort y durabilidad del proyecto.
- Comparar las condiciones actuales con las obtenidas en los años anteriores, para establecer la evolución del estado de la infraestructura como tal.
- Elaborar curvas de deterioro que permitan predecir la condición en que podría llegar a estar la carretera en años futuros según las condiciones que presenta en la evaluación actual y anteriores.
- Evaluar la condición de los puentes presentes en la ruta.
- Evaluar la condición de taludes, deslizamientos y sistemas de drenaje desde el punto de vista geológico y geotécnico.
- 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.
- Evaluar el estado estructural, funcional, seguridad vial y condición superficial de las cuatro radiales que forman parte del proyecto.



3. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN, AÑO 2016

3.1 Capacidad estructural, deflexiones obtenidas mediante el FWD Troncal Principal

3.1a. 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 de Internet del LanammeUCR (www.lanamme.ucr.ac.cr).

La evaluación del proyecto con dicho equipo abarcó la totalidad de su longitud, es decir aproximadamente 153 km (alrededor de 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 carriles por sentido se evaluó el carril externo, considerado el carril de diseño por ser el que resiste las mayores concentraciones de carga vehicular, y homogeneidad en 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 superficial, con base en la estructura de pavimento que presenta cada tramo de carretera². Estos rangos, que aparecen en la Tabla 1, tienen por objeto calificar la condición estructural del proyecto tomando en consideración 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 incluyen los tramos fuera del troncal principal del proyecto

² El informe Determinación de Rangos de Clasificación para la Red Vial Nacional, UI-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 este proyecto tomando en consideración las distintas estructuras del pavimento.

Tabla 1 Rangos de deflexión, utilizados para clasificar resultados de deflectometría

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⁻²)			
Bajas	menor a 52	menor a 36	menor a 47	menor a 50
Moderadas	52 – 57	36 – 40	47 – 52	50 – 58
Altas	57 – 71	40 – 49	52 – 66	58 – 80
Muy Altas	mayor a 71	mayor a 49	mayor a 66	mayor a 80

3.1b. Resultados obtenidos, mes de septiembre del 2016

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos en el parámetro de deflexiones superficiales, para la campaña de evaluación 2016; la Figura 2 muestra en forma gráfica este resultado. En total, se procesaron 1480 mediciones con el equipo en este sentido.

Tabla 2 Deflexiones FWD obtenidas para el sentido San José - Caldera, campaña 2015

Tipo de Deflexiones	Longitud (km)	Porcentajes (%)
Bajas	73	94,81
Moderadas	2	2,60
Altas	2	2,60
Muy Altas	0	0
Total	77	100

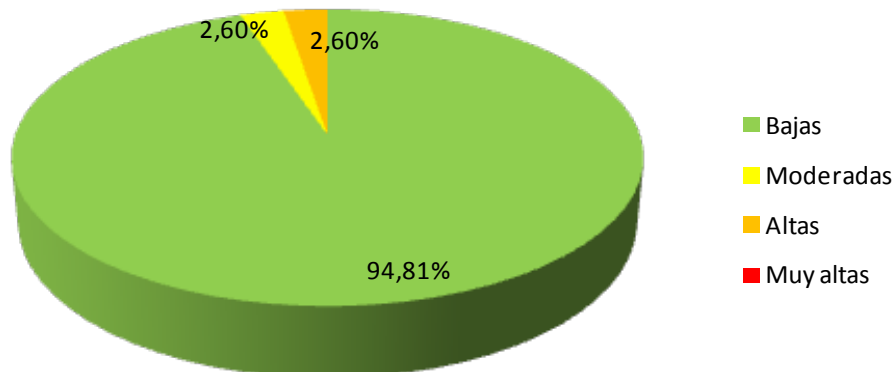


Figura 2 Estado general de la capacidad estructural sentido San José – Caldera según los valores de deflexión FWD obtenidos, campaña 2016

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

Tabla 3 Deflexiones FWD obtenidas para el sentido Caldera – San José, campaña 2016

Tipo de Deflexiones	Longitud (km)	Porcentajes (%)
Bajas	74	96,10
Moderadas	3	3,90
Altas	0	0
Muy Altas	0	0
Total	77	100

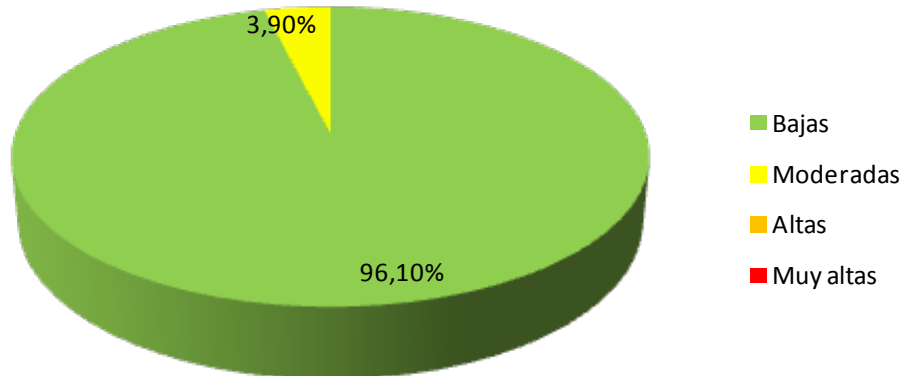


Figura 3 Estado general de la capacidad estructural sentido Caldera – San José, según los valores de deflexión FWD obtenidos, campaña 2016

3.1c. *Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad estructural con el ensayo de deflectometría FWD. Mes de septiembre del 2016*

Los resultados de la deflectometría de impacto revelan un pavimento con muy buena capacidad estructural en la mayor parte del ramal principal del proyecto. Esta valoración estructural representa la condición de soporte del pavimento hasta el momento de la medición, es decir hasta el mes de septiembre del 2016. Estos valores pueden variar posteriormente en magnitudes significativas con los cambios de temperatura durante épocas muy cálidas, así como con los cambios en los niveles de humedad de las capas de base, subbase y subrasante.

Las mediciones que se realicen durante el año 2017 y años subsiguientes revelarán los efectos de estas variaciones en la pérdida o mantenimiento de la capacidad estructural de este proyecto en el sentido San José – Caldera.

El caso de hundimientos en la vía, producto de debilidades de los rellenos sobre los cuales fueron construidos los pavimentos evaluados, no es posible detectarlos con el FWD. Estas fallas del pavimento se manifiestan por medio de asentamientos de secciones completas, y su valoración queda sujeta a estudios geotécnicos.

En el Anexo 1, se muestran los estacionamientos donde se localizan puntos con deflexiones moderadas, altas y muy altas, para cada sentido de la ruta.

3.2 Capacidad funcional, condición del proyecto según regularidad superficial (IRI)

3.2a. 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. Cuando existen 2 o más carriles por sentido, se mide el carril externo o carril de diseño, que es donde debe circular el tránsito pesado y por lo tanto, el que sufre el mayor deterioro.

Es importante recordar que el IRI se correlaciona, entre otros factores, con los costos de operación vehicular, la movilidad de los usuarios y el confort.

Los rangos de regularidad superficial de pavimentos utilizados para su clasificación, se muestran en la Tabla 4:

Tabla 4 Rangos de clasificación de regularidad superficial (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 se utiliza el MRI que es el promedio de los valores de IRI para los sensores izquierdo y derecho del Perfilómetro Láser; esto debido a que estos sensores son los que registran los datos sobre las huellas de rodamiento de los vehículos en la carretera, a partir de estos, se promedia la información por kilómetro. Además se excluye del análisis los elementos que se consideran como singularidades, 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

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

3.2b. Resultados de regularidad superficial (IRI)

La Tabla 6 muestra los resultados obtenidos en la evaluación de la regularidad superficial con perfilómetro láser del proyecto en el mes de agosto 2016; las Figuras 4 y 5 muestran en forma gráfica la evaluación para este periodo, para cada sentido.

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 km	0 %
entre 1,0 y 1,9	50 km	64,94 %	51 km	66,23 %
entre 1,9 y 3,6	27 km	35,06 %	26 km	33,77 %
entre 3,6 y 6,4	0 km	0 %	0 km	0 %
mayor a 6,4	0 km	0%	0 km	0%
Total	77 km		77 km	

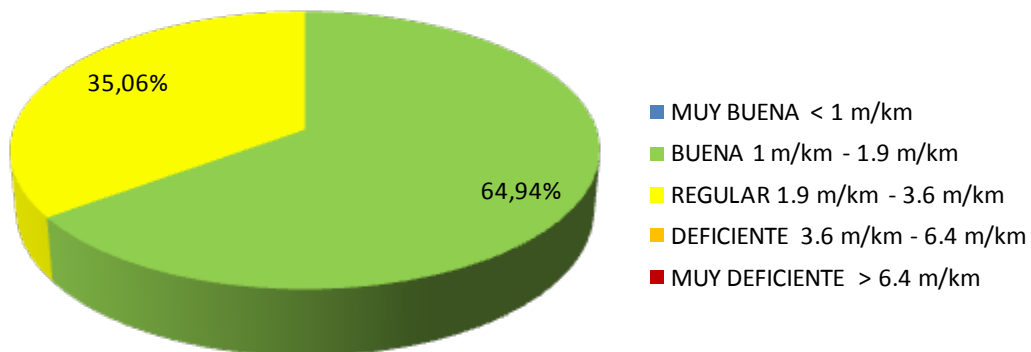


Figura 4: Resultados obtenidos en el parámetro IRI, sentido San José – Caldera

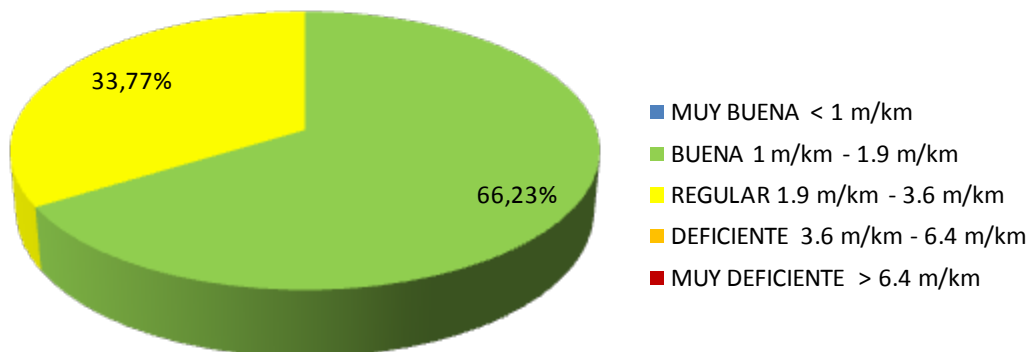


Figura 5 Resultados obtenidos en el parámetro IRI, sentido Caldera – San José

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

3.2c. *Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad funcional con el Perfilómetro Láser (IRI), mes de agosto del 2016.*

Los resultados de la valoración funcional del proyecto muestran que alrededor del 65% de la longitud total de la ruta cuenta con una regularidad superficial Buena, lo que significa que en su mayoría, el proyecto tiene valores del IRI menores a 1,9 m/km lo que influye directamente en una mejor sensación de confort y seguridad a los usuarios que transitan por esta ruta. Se puede ver además que alrededor de un 34% de la longitud de la troncal principal presenta una regularidad superficial Regular, o bien valores de IRI entre 1,9 m/km a 3,6 m/km, que a pesar de que no es una condición alarmante, si se debe procurar disminuir para evitar que en un futuro se presenten deterioros sobre el pavimento y se dé una disminución en el confort y seguridad del usuario.

3.3 Resultados obtenidos del coeficiente de rozamiento de pavimentos, Junio del 2016

3.3a. *Equipo utilizado y criterios de clasificación*

Para esta campaña de evaluación, se utilizaron 2 equipos distintos para estudiar el nivel de agarre superficial que presenta el pavimento de la ruta.

- *Grip Tester.* (Figura 6).



Figura 6: Grip Tester

La evaluación del proyecto San José – Caldera en este parámetro abarcó la totalidad de la superficie pavimentada de la troncal principal; para lo cual fue preciso realizar primero la medición de regularidad superficial (IRI), esto debido principalmente a la naturaleza del equipo: para mantener su precisión no puede ser utilizado en tramos que presenten un valor de IRI mayor a 4,0; de no mantener este cuidado, el equipo perdería su calibración rápidamente. Todas las mediciones se realizan a una velocidad promedio de 50 km/hora.

El rango de clasificación que se utilizó para evaluar la resistencia al deslizamiento es utilizado a nivel internacional, y relaciona los valores del coeficiente de fricción transversal

(CFT) con el valor *Grip Number* (GN) que se obtiene con la prueba; éste es ilustrado 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.

- *Mu Meter*. (Figura 7).



Figura 7: Mu Meter

El Mu Meter es utilizado principalmente para medir la fricción superficial en pistas de aeropuertos, mientras que el Grip Tester es ampliamente usado en redes viales. Debido a la naturaleza propia de medición y características de cada equipo, los datos no son comparables entre sí. Además, mientras que con el Grip Tester es posible medir la

fricción sobre la huella de los vehículos en la calzada, con el Mu Meter se mide la zona que se encuentra fuera de la huella por la que circula las llantas de los vehículos.

3.3b. *Resultados de coeficiente de rozamiento con el GRIPTester y Mu-Meter*

En esta sección se muestran los resultados obtenidos en la evaluación del coeficiente de rozamiento del proyecto San José – Caldera. De igual forma, este proyecto fue evaluado en ambos sentidos de circulación.

Los datos obtenidos con ambos equipos para cada sentido de la Ruta Nacional 27 se muestran en las Figuras 8 y 9. Es importante aclarar que en la literatura existen estudios que permiten relacionar los resultados obtenidos del *Grip Number* con la probabilidad de que ocurran accidentes, de tal manera que es posible definir rangos de estado; lo cual no sucede con los resultados del *Mu Meter* cuando es evaluado en redes viales

En total, se evaluaron y procesaron con este equipo más de 30,000 secciones de 5 metros de longitud los 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 y Figuras 8 y 9.

Tabla 7 Resultados obtenidos, coeficiente rozamiento superficial del proyecto

Sentido	Longitud en cada rango, km y %								Total km
	Muy Deslizante		Deslizante		Poco Deslizante		No Deslizante		
San José – Caldera	05	6,49%	28	36,36%	44	57,14%	0	0%	77
Caldera – San José	08	10,39%	38	49,35%	31	40,26%	0	0%	76,7



Figura 8: Resultados de las pruebas de *Grip Tester* (izquierda) y *Mu Meter* (derecha), para el carril en el sentido San José - Caldera Ruta 27. Los rangos dados para el *Mu Meter* corresponden a los indicados en contrato.



Figura 9: Resultados de las pruebas de *Grip Tester* (izquierda) y *Mu Meter* (derecha), para el sentido Caldera - San José en la Ruta 27. Los rangos dados para el *Mu Meter* corresponden a los indicados en contrato.

Por la naturaleza del coeficiente de fricción, los valores obtenidos por ambos equipos no pueden ser comparables entre sí, por lo que se utilizan rangos que permitan de forma indirecta realizar esa comparación.

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

3.3.b.1 Análisis general de resultados de la evaluación de la resistencia al deslizamiento. Mes de agosto del 2016

Para el caso del Mu-Meter (Miu-meter según contrato) se utiliza los valores límites indicados en el contrato⁴, donde se indica que para pendientes mayores del 6% y en intersección el valor mínimo es de 0.55 y para tramos rectos con pendientes menores al 6% el valor mínimo es de 0.45, es pertinente aclarar que estos valores no son válidos desde el punto de vista técnico, ya que este equipo no se ve afectado por los cambios de pendiente de la carretera.

Una vez aclarado lo anterior y considerando los rangos especificados en el contrato, los valores obtenidos con el Mu-Meter se puede observar que el 100% de la longitud de la troncal principal cumple con valores mínimos de fricción contemplando en el contrato, caso contrario sucede con los datos obtenidos con el Grip Tester, equipo ampliamente utilizado a nivel internacional para medir este factor en carreteras, con el cual se obtuvo que alrededor del 50% en ambos sentidos de la troncal principal tiene una condición poco deslizante, presentando el sentido Caldera - San José casi un 50% de su longitud con condición deslizante lo cual genera una mayor probabilidad de provocar accidentes. Esto da la necesidad de revisar los rangos establecidos para el Mu Meter, de tal manera que representen mejor la realidad de la ruta.

⁴ Contrato Concesión de la carretera San José - Caldera, apartado "2.15.2 Indicadores para Pavimento Asfáltico, inciso f. Resistencia al resbalamiento (m)"

Se debe notar que como complemento a las Notas Q obtenidos con el FWD y el IRI, se utilizan los resultados obtenidos en la prueba con Grip Tester para la toma de decisión del tipo de intervención a realizar.

3.4 Análisis de Notas Q para año 2016

Con base en los datos obtenidos en los parámetros de Deflectometría de Impacto y Regularidad Superficial, se procedió a calcular las Notas de Calidad Q para tramos de un kilómetro en la troncal principal en ambos sentidos.

Para la ruta principal, los resultados muestran en general una superficie en buenas condiciones tanto desde el punto de vista estructural como funcional, dado que para ambos sentidos aproximadamente 95% de la ruta presenta notas Q1 y Q2 (ver Figura 10).

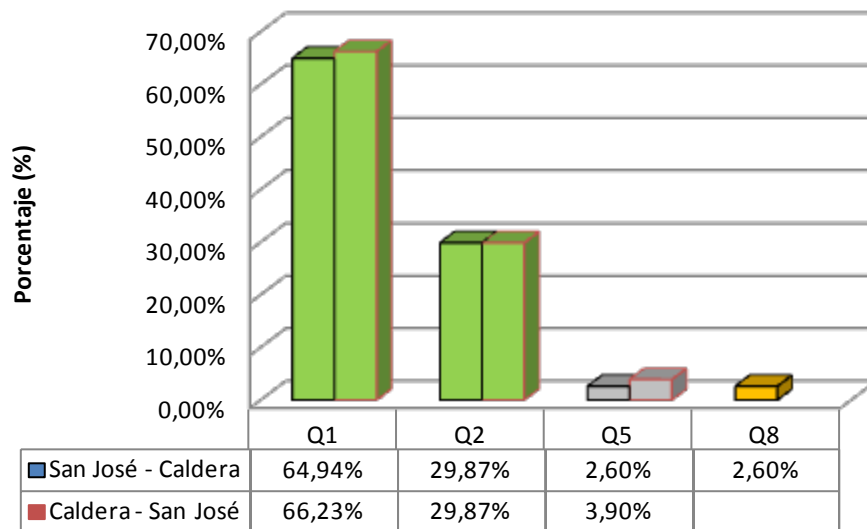


Figura 10: Distribución de las Notas de Calidad Q para la troncal principal para ambos sentidos

Sin embargo, y debido al porcentaje importante de longitud con bajos niveles de agarre superficial (ver Sección 3.3 *resultados del coeficiente de rozamiento*), las estrategias de intervención en los tramos donde deben realizarse, varían desde tareas sencillas y de bajo costo, hasta rehabilitaciones importantes, tal y como se muestra en la Figura 11.

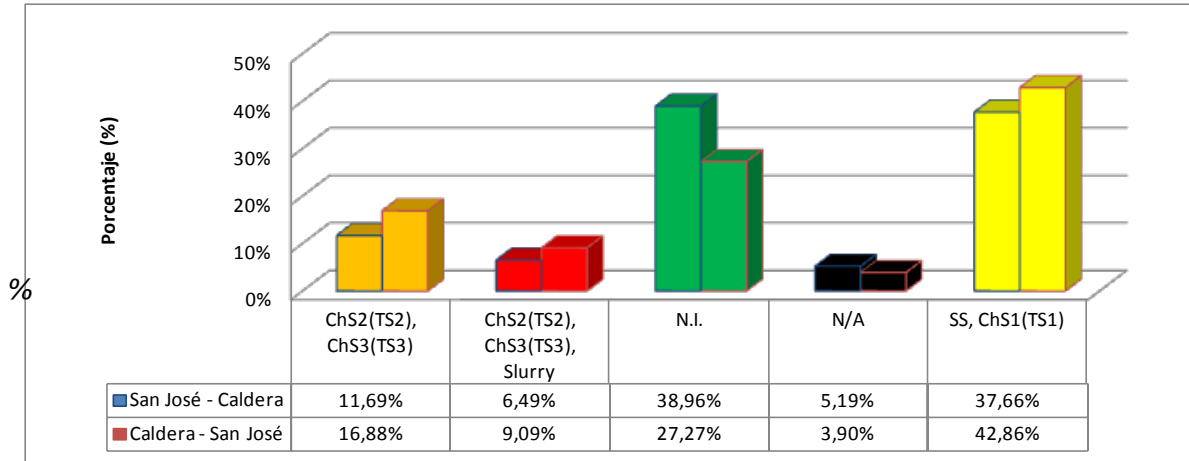


Figura 11: Distribución de las labores de rehabilitación en porcentajes, en la troncal principal, para ambos sentidos.

3.5 Comparación de la condición de la ruta 27, campañas de evaluación 2012 y 2016

3.5a. Evaluación con el deflectómetro de impacto

La Figura 12 muestra la evolución de la ruta en el parámetro de deflexiones obtenidas, para el sentido San José – Caldera. Por su parte, la Figura 13 muestra los resultados para el sentido Caldera – San José. La longitud evaluada en las 5 campañas es muy similar ($\pm 1\%$), por lo que los datos pueden ser comparados de manera directa.

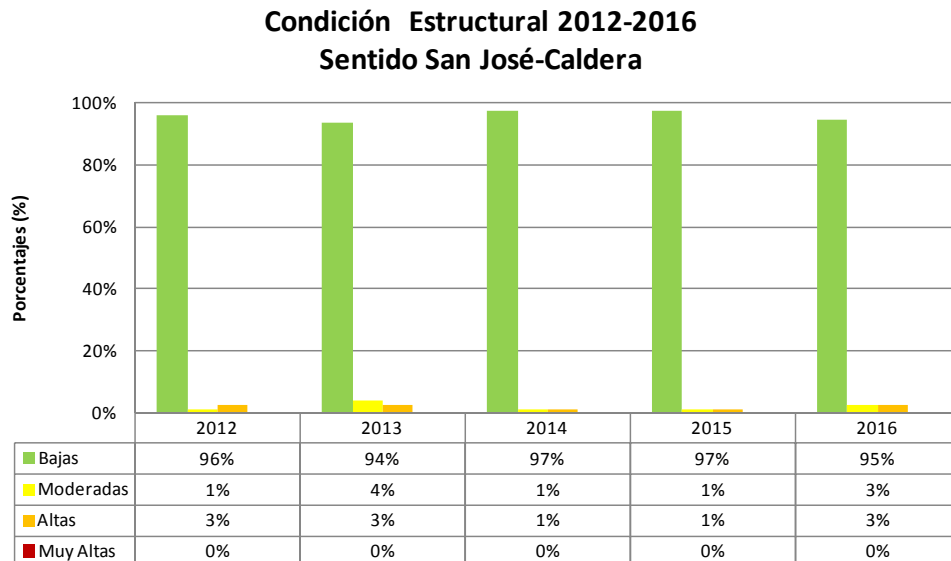


Figura 12 Resultados obtenidos en la evaluación de las deflexiones del pavimento para las campañas 2014 y 2015, sentido San José – Caldera de la Ruta Nacional 27

Condición Estructural 2012-2016 Sentido Caldera-San José

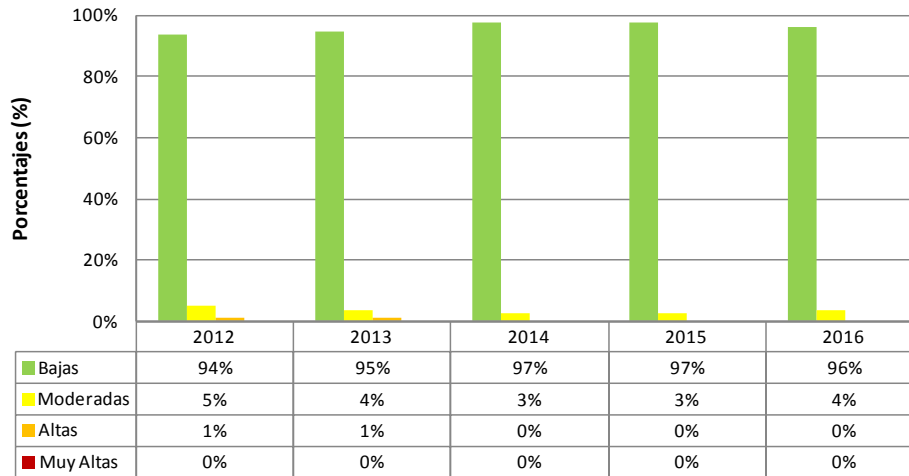


Figura 13 Resultados obtenidos en la evaluación de las deflexiones del pavimento para las campañas 2014 y 2015, sentido Caldera – San José de la Ruta Nacional 27

De las figuras anteriores, se observa que a partir del año 2014 la ruta mostró una mejora en su condición estructural, presentando una mejora del 3% y 2% en los sentidos San José - Caldera y viceversa (respectivamente), lo que significó que en las últimas 3 evaluaciones no hubo presencia de deflexiones Altas en el sentido Caldera - San José. Es importante mencionar que el deterioro que se puede presentar en lo referente a capacidad estructural es normal en cualquier pavimento, debido a que conforme pasan vehículos cargados la estructura va perdiendo resistencia, producto de fenómenos conocidos como fatiga o pérdida de capacidad de soporte de las capas subyacentes. Desde la apertura de la ruta, los resultados de este parámetro de evaluación han puesto en evidencia un aumento bajo pero constante en el porcentaje de los rangos críticos. Para esta evaluación se puede observar que para ambos sentidos se dio una leve disminución del porcentaje correspondiente a deflexiones Bajas (condición estructural muy buena).

3.5b. Evaluación con el perfilómetro láser superficial

La Figura 14 muestra la evolución de la ruta en el parámetro de regularidad superficial, para el sentido San José – Caldera. Por su parte, la Figura 15 muestra los resultados para el sentido Caldera – San José. La longitud evaluada en las 5 campañas es también muy similar ($\pm 1\%$), por lo que los datos pueden ser comparados de manera directa.

Condición Funcional 2012-2016 Sentido San José-Caldera

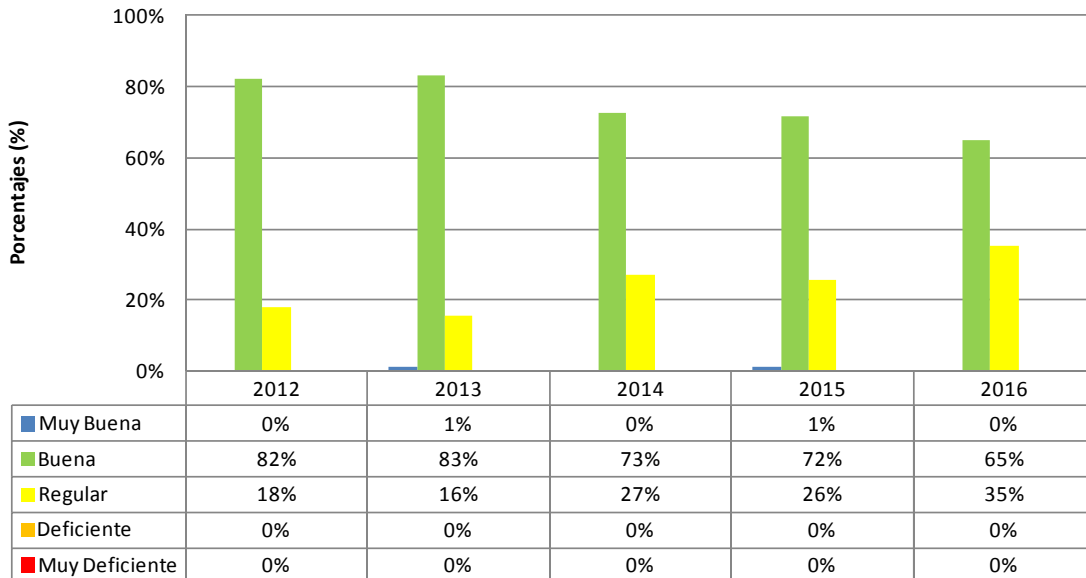


Figura 14 Resultados obtenidos en la evaluación de las regularidades superficiales del pavimento para las campañas 2012 y 2016, sentido San José – Caldera de la Ruta Nacional 27

Condición Funcional 2012-2016 Sentido Caldera-San José

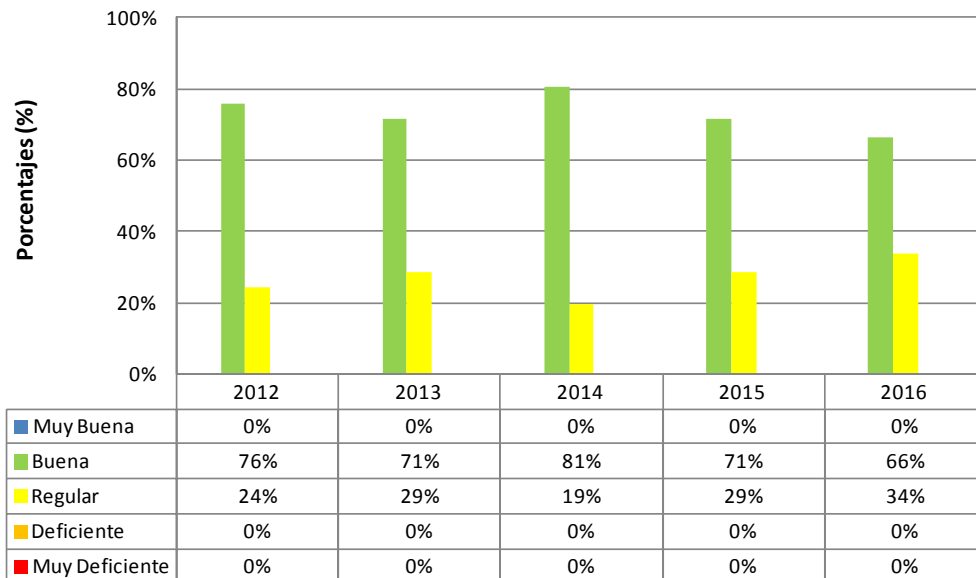


Figura 15 Resultados obtenidos en la evaluación de las regularidades superficiales del pavimento para las campañas 2012 y 2016, sentido Caldera – San José de la Ruta Nacional 27

En las figuras anteriores se puede observar que en el sentido Caldera – San José presentó una intervención en el año 2014 que permitió una mejora significativa en la regularidad superficial, pero no se logró mantener de forma constante, puesto que para el año 2015 regresó a la condición presentada en el 2013, continuando con la pérdida de una buena condición superficial. Caso similar ocurrió en el sentido San José - Caldera, en el cual se observa que en el año 2013 hubo una mejora considerable de este indicador, pero se presenta una desmejora de su condición a una tasa aproximada del 9% anual a partir del año 2013 hasta el año 2016.

3.5c. *Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial*

Las Figuras 16 y 17 comparan los resultados obtenidos en las campañas de evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial, realizadas en los años 2012 al 2016 para cada uno de los sentidos de la Ruta Nacional 27.

**Coeficiente de Rozamiento Superficial GRIP-Tester
2012-2016
San José-Caldera**

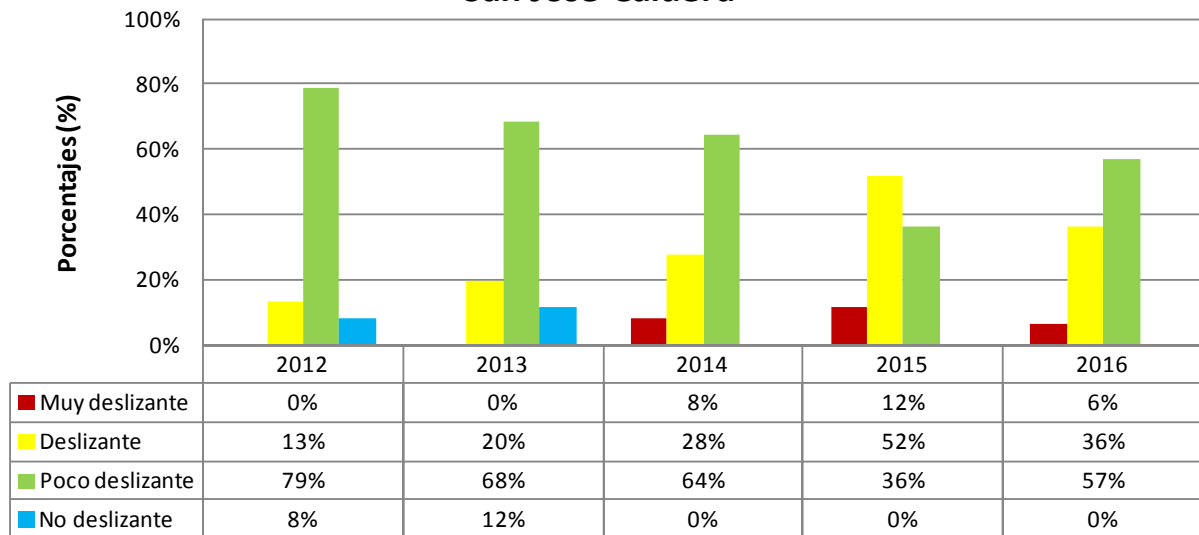


Figura 16 Resultados obtenidos en la evaluación del nivel de deslizamiento superficial del pavimento para las campañas 2015 y 2016, sentido San José – Caldera de la Ruta Nacional 27

Porcentaje de categorías GRIP 2012-2016 Sentido Caldera-San José

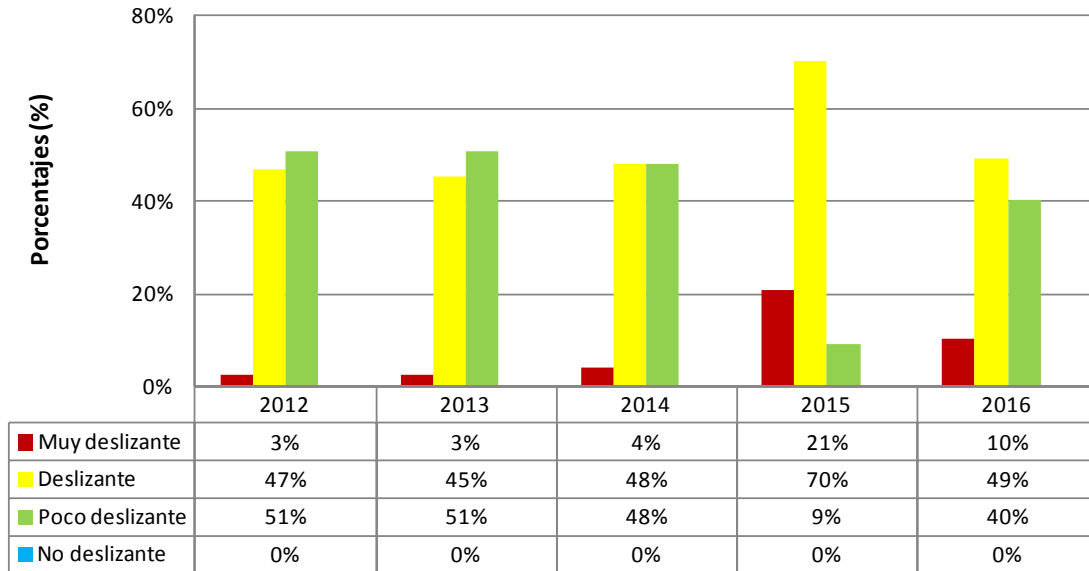


Figura 17 Resultados obtenidos en la evaluación del nivel de deslizamiento superficial del pavimento para las campañas 2012 y 2016, sentido Caldera – San José de la Ruta Nacional 27

Para ambos sentidos, se puede notar una importante mejoría para el año 2016 en comparación con el 2015, puesto que se ha disminuido la longitud que presentaba categorías de Muy deslizante y Deslizante. En el sentido Caldera - San José a pesar de que se ha dado una mejoría en relación con los tramos que presentan condición Deslizante y Muy deslizante en comparación con el año 2016, aún presenta porcentaje muy alto en esas categorías (60%). En el Anexo III se representa geográficamente la ubicación de las distintas condiciones de agarra superficial.

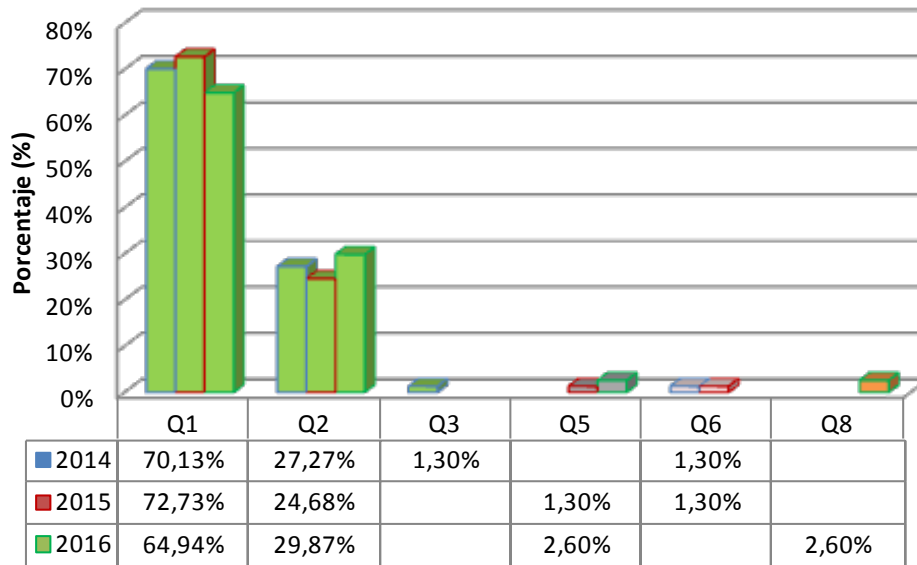
Desde el punto de vista de la seguridad vial, niveles bajos de agarre se asocian con aumento en la probabilidad de accidentes, sobre todo cuando la superficie se encuentra húmeda.

3.6 Comparación de las notas Q obtenidas para la Ruta 27, años 2014 al 2016

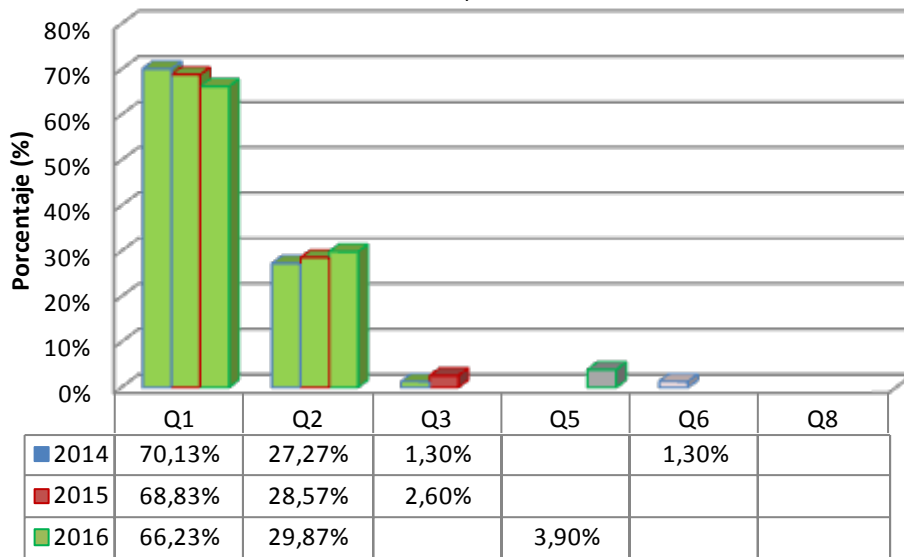
Por medio de la utilización de la metodología para el cálculo de las notas de calidad Q, el LanammeUCR introduce un indicador de condición del proyecto que permite evaluar la evolución del deterioro del corredor de forma integral.

Las notas de calidad Q ponderan la condición estructural y la condición funcional en un único indicador y correlaciona esta nota con niveles de intervención, es decir, intervenciones 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 para la evaluación anterior, se puede conocer el nivel de calidad del proyecto y su desempeño en el tiempo.



a)

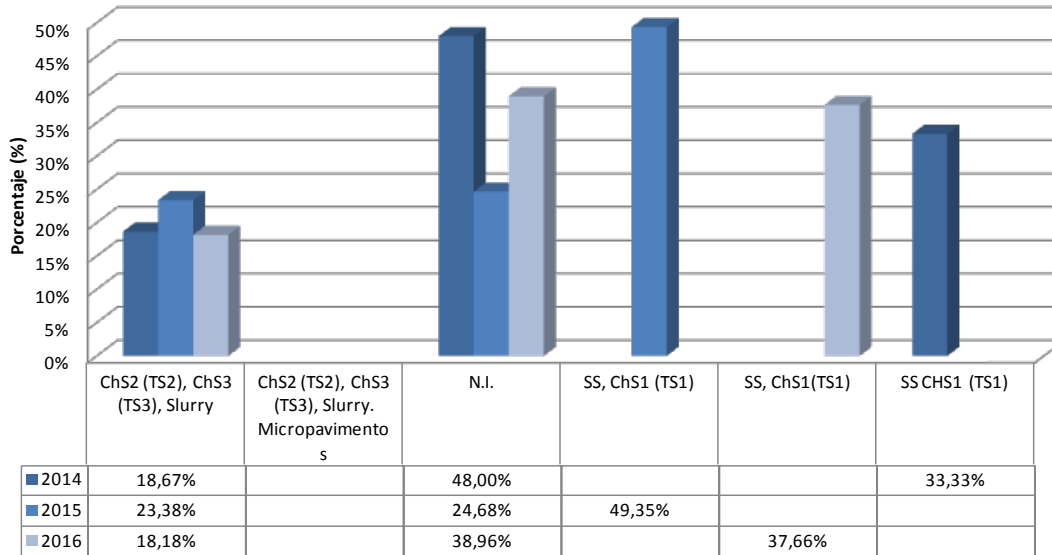


b)

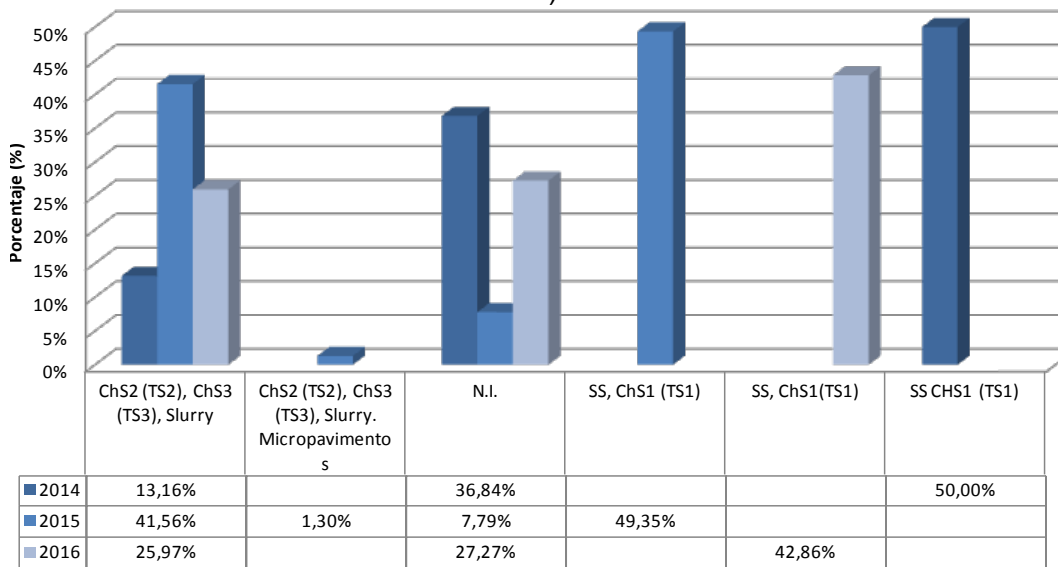
Figura 18 Resultados obtenidos en la comparación de Notas Q para las campañas 2014 y 2016, para el sentido a) San José - Caldera y b) Caldera - San José

En la mayoría de la longitud de la troncal principal (Figura 18) se ha mantenido entre las categorías Q1 y Q2, lo cual indica que su capacidad estructural es muy buena, y mantiene una capacidad funcional en una condición regular donde la calidad de manejo es inferior a la de los pavimentos nuevos.

En términos generales las estrategias de intervención para este tipo de pavimentos se mantienen en el rango de intervenciones de tipo "mantenimiento de preservación", lo cual indica intervenciones de bajo costo y de poco impacto para los usuarios.



a)



b)

Figura 19 Resultados obtenidos en la comparación de estrategias de intervención para las campañas 2014 y 2016 en ambos sentido de circulación

En la Figura 19, se muestra las intervenciones propuestas a partir del resultado de la evaluación realizada con el GRIP-Tester para los puntos que presenten Notas Q entre 1 y 3, mejorando el aspecto de seguridad vial en la ruta, lo cual disminuye la probabilidad de accidentes que se podrían generar al tener coeficientes de fricción bajos.



Acorde a los resultados obtenidos para el año 2016 las posibilidades de intervención necesarias para mejorar la condición superficial de la ruta desde el punto de vista de seguridad vial y confort, se deben realizar mantenimientos del tipo tratamiento superficial, para ambos sentidos de circulación. De no realizarse este tipo de acciones, podría esperarse que para la siguiente campaña de evaluación, se presente una disminución en la condición reflejada por medio del IRI en lo que es la condición funcional y el Grip-Tester en lo relacionado con la seguridad vial. En el Anexo IV se presenta la representación geográfica de las notas de calidad Q.

3.7 Análisis de la condición superficial del proyecto. Presencia, severidad y extensión de deterioros según análisis visual por medio del equipo de imágenes georreferenciadas. Evaluaciones realizadas en junio del 2016

3.7a. Equipo utilizado y criterios de clasificación

Los detalles del equipo de toma de Imágenes Georeferenciadas 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).

Los criterios de severidad que se utilizaron para la realización de esta evaluación, se establecieron de acuerdo con lo definido en la norma ASTM D6433, para deterioros superficiales en pavimentos flexibles.

Al contar con la información obtenida en los años del 2011 al 2016 referente a deterioros presentes en la misma, se pudo hacer un análisis comparativo por sentido de circulación, que permitió identificar si hubo un aumento, disminución o presencia de nuevos deterioros, lo que se puede ver reflejado también en el análisis realizado con el Índice de Regularidad Internacional (IRI).

Desde el punto de vista de seguridad vial, hay elementos presentes en la carretera que requieren de mantenimiento constante para garantizar la seguridad de los vehículos y sus usuarios. En este aspecto, las barreras de contención son elementos que ayudan a disminuir la gravedad de los accidentes cuando los choferes de los vehículos pierden el control de este y se salen de la vía, protegiendo al usuario de elementos que se encuentran al lado de la carretera, como por ejemplo árboles, postes de tendidos eléctricos, pilas de puentes, terraplenes altos, entre otros que representan un riesgo para la vida de los usuarios en caso de que se produzca una colisión contra alguno de estos elementos.

Además de las barreras, existen otras características propias de la carretera que pueden representar un riesgo a la hora de transitar por la vía, como lo son secciones de corte y relleno con pendientes pronunciadas, y que propician la aparición de deslizamientos de materiales; cunetas profundas sin ningún tipo de protección en caso de que un vehículo caiga en ellas, cabezales expuestos de alcantarillas, aproximaciones a puentes sin señalización ni dispositivos adecuados de seguridad vial, entre otros.



Para el presente informe, se han identificado, georreferenciado y fotografiado las barreras de contención laterales, comúnmente conocidas como *Flex Beam*, que se encuentran en condiciones inadecuadas que permita garantizar esa seguridad operacional de la ruta en caso de que un vehículo pierda el control y colisione con alguno de estos elementos al borde de la vía. Además, se realiza una comparación de la condición de estas barreras en los años 2015 y 2016.

3.7b. Resumen de resultados de la evaluación visual de deterioros superficiales.

En la Figura 20, se ilustran los resultados obtenidos de la evaluación realizada para la troncal principal en el sentido San José - Caldera en porcentaje relativo a la totalidad del área de deterioro registrado la cual asciende a 5585 m² y una longitud total para lo correspondiente a las grietas de 855 m. En el caso de los deterioros mostrados en la Figura 20 a) y b) se muestra que el bacheo es el deterioro predominante, seguido del Piel de Lagarto y Exudación, para el caso de los deterioro tipo grieta, la mayoría se categoriza como grietas longitudinales y transversales.

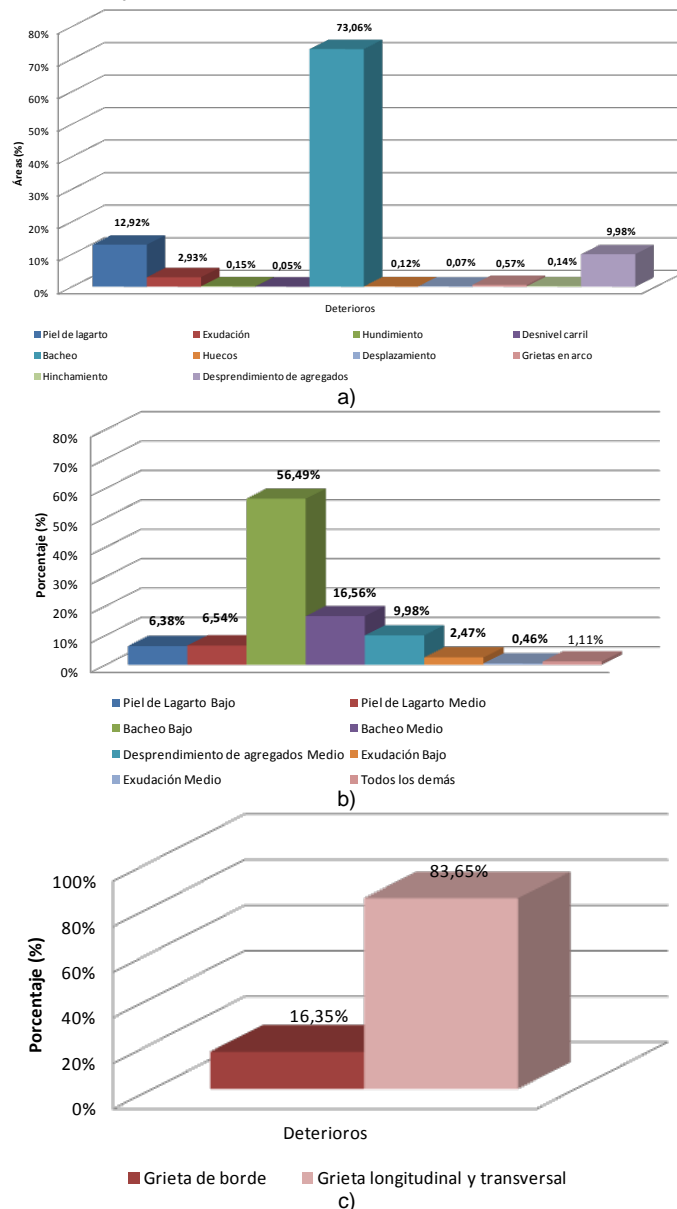


Figura 20 Resultados de deterioros, sentido San José – Caldera. a) Resumen General de deterioro, b) Deterioros con mayor área detectados, c) Resumen deterioros de grietas.

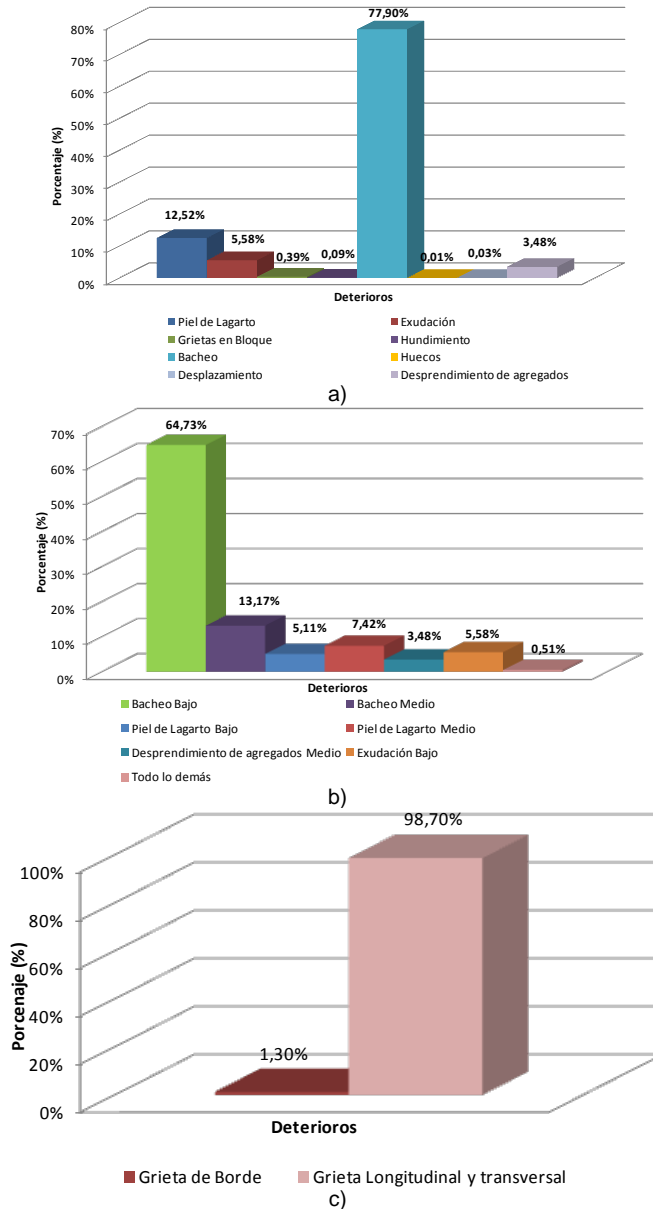


Figura 21. Resultados de deterioros, sentido Caldera - San José. a) Resumen General de deterioro, b) Deterioros con mayor área detectados, c) Resumen deterioros de grietas.

En la Figura 21 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de la superficie de ruedo de la troncal principal en el sentido Caldera San José, donde se presentan los porcentajes relativos al total del área registrada, la cual es de 5 382 m² y una longitud total de 143 m relacionado a deterioro tipo grieta. Al igual que en el sentido San José - Caldera, se puede presentar un comportamiento similar, pero con una mayor presencia de Piel de Lagarto y Exudación.

En la Figura 22 se presenta una muestra de la existencia de exudación con severidad media en varios puntos de la carretera los cuales se detectaron en la vista realizada el

pasado 2 de mayo, tal y como se indicó en el oficio LM-IC-D-0373-17, la presencia de este deterioro es considerable, principalmente en el entre el kilómetro 20+000 al 56+000 (ver Anexo V).



Estacionamiento 34+100



Estacionamiento 40+200

Figura 22. Presencia de exudación.

Con respecto al estado de las barreras laterales (*Flex Beam*), en la evaluación realizada en el 2016 se encontraron 30 puntos donde estas estructuras se encuentran deformadas debido a posibles impactos vehiculares. Donde 14 puntos se ubican en el sentido San José - Caldera, y 16 en el sentido Caldera - San José

Por otro lado, se ha detectado un aumento de "Flex Beam" deformadas por posibles impactos vehiculares en ambos sentidos, ya que en el sentido San José - Caldera se detectaron 17 puntos, y en el sentido Caldera - San José se presentan 16 sitios con guardavías impactados.

En la Figura 23 se muestra la ubicación de los puntos en los que se detectaron guardavías impactados, en el Anexo VI se presenta el detalle visual de estos puntos



San José - Caldera Est. 11+060
a)



San José - Caldera Est. 56+650
b)



San José - Caldera Est. 76+900
c)

Figura 23 Ubicación de Guardavías impactadas



Caldera - San José Est. 38+410
d)



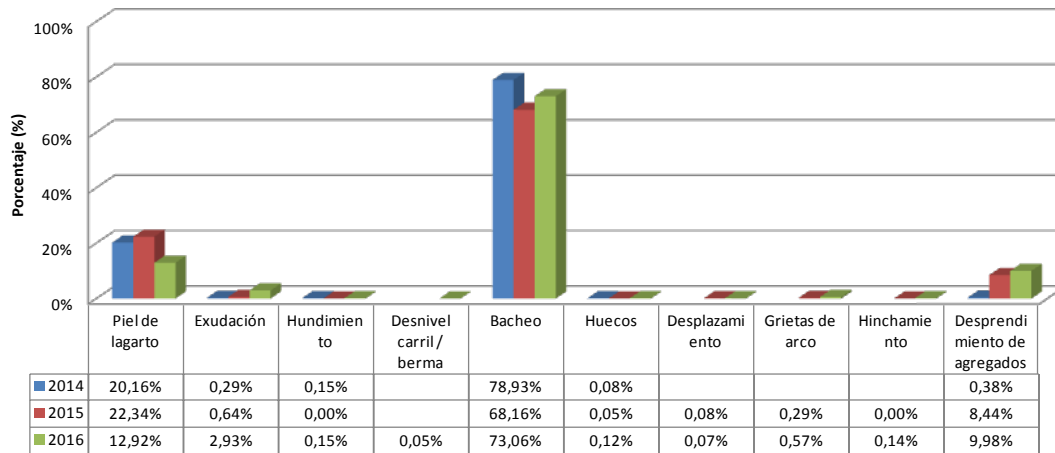
Caldera - San José Est. 26+490
e)

Figura 23 Ubicación de Guardavías impactadas (Continuación)

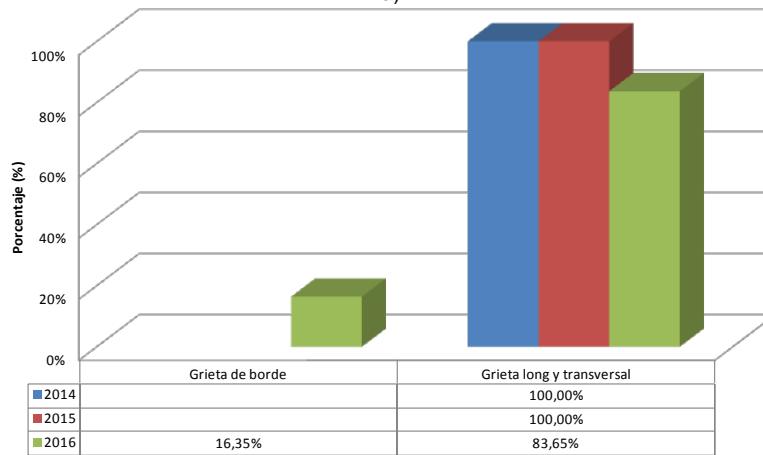
En el Anexo VI se presenta la ubicación de los puntos en los que se encontraron problemas en dichas obras. Ninguno de los sitios que se detectaron en la evaluación del 2015-2016 se detectaron en la evaluación 2016-2017.

3.7c. Comparación de resultados entre los años 2014 al 2016 de la evaluación visual de deterioros superficiales.

En la Figura 24 se muestra los resultado obtenidos a partir de la evaluación visual realizada en la troncal principal entre los años 2014 al 2016, donde se puede observar el comportamiento de la superficie de ruedo en lo relacionado con la presencia de deterioros y su evolución.



a)



b)

Figura 24 Comparación deterioro superficial 2014 al 2016 en el Sentido San José - Caldera. a) Deterioros tipo área; b) Deterioros tipo grieta

En la Figura 24 a) se puede notar que a lo largo de los tres años analizados, en lo que corresponde a deterioros que se registran según su área de afectación, hay una predominancia del deterioro clasificado como Bacheo, seguido por Piel de Lagarto, Desprendimiento de agregado y Exudación, siendo este último un deterioro que no debiera estar presente en el proyecto según lo indica el cartel de licitación en el apartado **2.5.2 Indicadores para Pavimento Asfáltico: No se aceptará exudación del asfalto.** En lo relacionado con los deterioros tipo grieta (Figura 24 b), los cuales se registran según la longitud afectada, las Grietas Longitudinales y Transversales han predominado siendo el único deterioro detectado en los años 2014 y 2015, para el año 2016 se detectó la presencia de Grietas de Borde y disminuyó la presencia de Grietas Longitudinales y Transversales. Los porcentajes mostrados son en relación al total del área y longitud detectados para cada uno de los tipos de deterioro. En el Anexo VII se puede ver de manera gráfica la presencia de los principales deterioros detectados

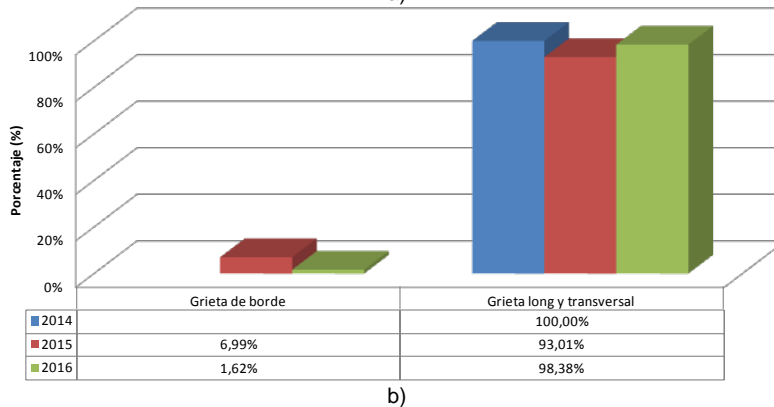
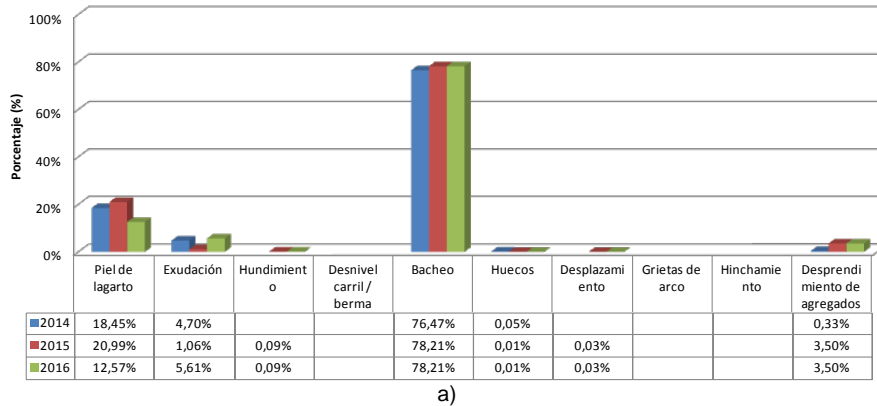


Figura 25 Comparación deterioro superficial 2014 al 2016 en el Sentido Caldera - San José. a) Deterioros tipo área; b) Deterioros tipo grieta

En figura anterior se resume el comportamiento presentado en el sentido Caldera - San José, en el cual se puede apreciar un comportamiento similar al detectado en el sentido San José - Caldera, puesto que sigue predominando el Bacheo a lo largo de la ruta, con variaciones en zonas con Piel de Lagarto y un incremento en la presencia de Exudación.

En términos generales, se puede destacar que el área total deteriorada en la ruta se incrementa cada año (Figura 26), siendo el sentido Caldera - San José el que presenta una mayor cantidad de deterioro. Cabe destacar que el incremento en la presencia de deterioro se puede ver reflejado en menor medida en lo registrado en la condición funcional.

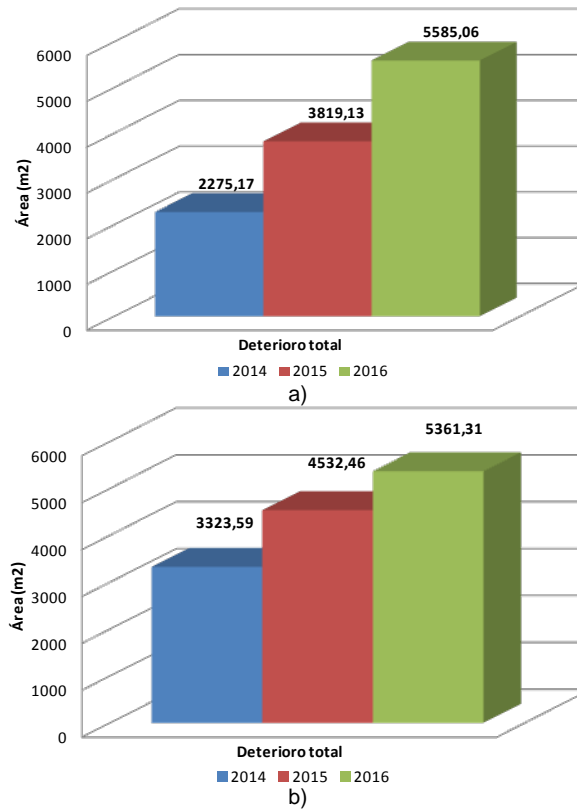


Figura 26 Comparación deterioro superficial 2014 al 2016 en el Sentido Caldera - San José. a) Deterioros tipo área; b) Deterioros tipo grieta

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 la ruta 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 y la más larga con 4.100 metros de longitud.
- Radial de Turrucares: conecta la Ruta 27 en el estacionamiento 26+350 con el poblado de Turrucares de Alajuela. Es la radial más corta, con 140 metros.
- Radial de Atenas: cerca del peaje de Atenas (estacionamiento 31+560), conecta la ruta con el poblado del mismo nombre. 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 420 metros.

Todas las radiales presentan accesos desde la troncal principal, mediante carriles de aceleración / desaceleración, intersecciones y rotondas; asimismo todas presentan un carril por sentido de circulación.

La longitud indicada anteriormente es el recorrido principal de cada radial, sin incluir las rampas o rotondas de acceso. En la Figura 27 se muestra la ubicación de dichas radiales.

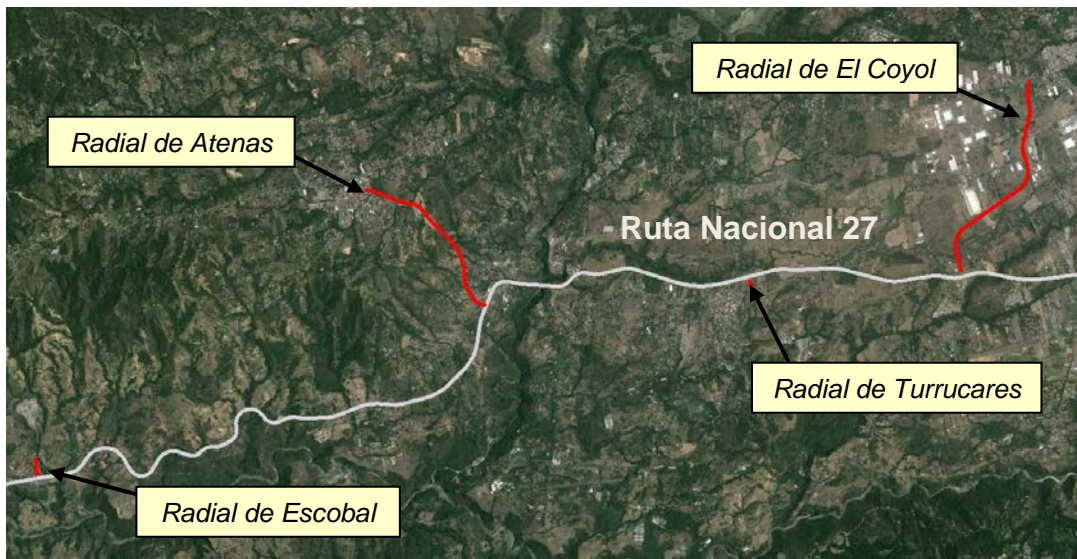


Figura 27: Ubicación de las radiales en la Ruta Nacional 27.

Como parte de la Campaña de Evaluación 2016 – 2017 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: Deflexiones del pavimento

La Figura 28 muestra para cada radial, los resultados obtenidos con el Deflectómetro de Impacto.

Los resultados que aparecen en dicha figura representan los porcentajes relativos a cada sentido de cada radial. 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, 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.

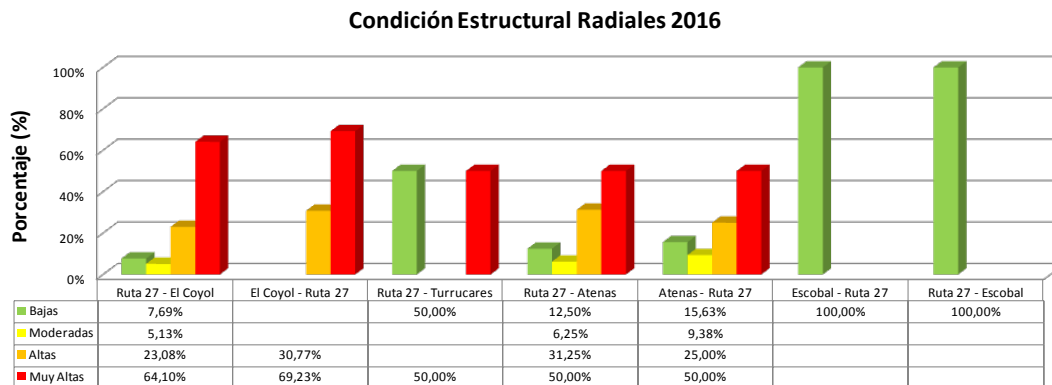


Figura 28 Resultados obtenidos con el Deflectómetro de Impacto, para las radiales de la Ruta 27, en porcentajes para cada categoría.

De la información analizada se pudo ver que la Radial a El Coyol es la que presenta las deflexiones más altas. La misma está construida sobre una zona donde abundan los suelos de arcillas expansivas, lo cual puede generar problemas estructurales sobre la carpeta en el corto plazo, aumentando sus costos de mantenimiento y disminuyendo su nivel de servicio para los usuarios.

La radial Atenas presenta también deflexiones predominantemente muy altas; mientras que la Radial a Escobal es la que presenta la mejor condición estructural con deflexiones bajas en la totalidad de su longitud.

4.3 Resultados obtenidos: Regularidad superficial

En la Figura 29 se muestran los resultados obtenidos para las radiales, con el Perfilómetro Láser. Al igual que con los datos de regularidad superficial, los resultados muestran los porcentajes relativos a cada sentido para cada radial.

Condición Funcional Radiales 2016

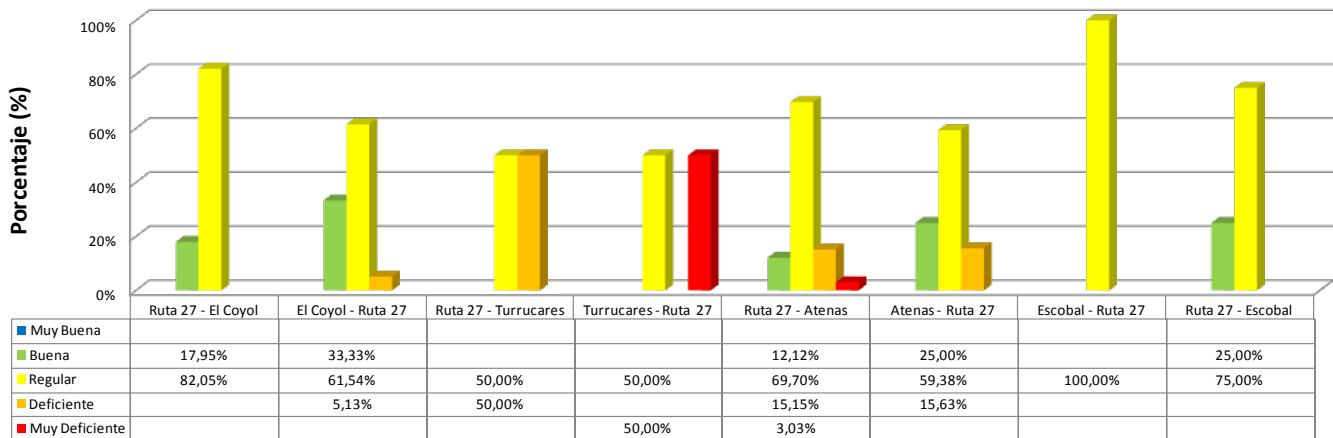


Figura 29 Resultados obtenidos con el Perfilómetro Láser, para las radiales de la Ruta 27, en porcentajes para cada rango.

En general, todas las radiales presentan un porcentaje importante de su longitud en la categoría Regular.

La radial de El Coyol, es la que presenta una mejor condición, con porcentajes mayores en la categoría Regular.

La radial a Turrucarees presenta una de las condiciones menos favorables en lo relacionado a la regularidad superficial, ya que cuenta con un 50% en condición Regular y un 50% en condición Muy Deficiente.

4.4 Resultados obtenidos: Deslizamiento superficial

En la Figura 30 y 31 se muestran los resultados de Deslizamiento Superficial obtenidos con el Medidor de Agarre superficial. Como en las figuras anteriores, se muestran los resultados por porcentaje para cada sentido en cada radial.

Coeficiente de Rozamiento Superficial Grip-Tester 2016

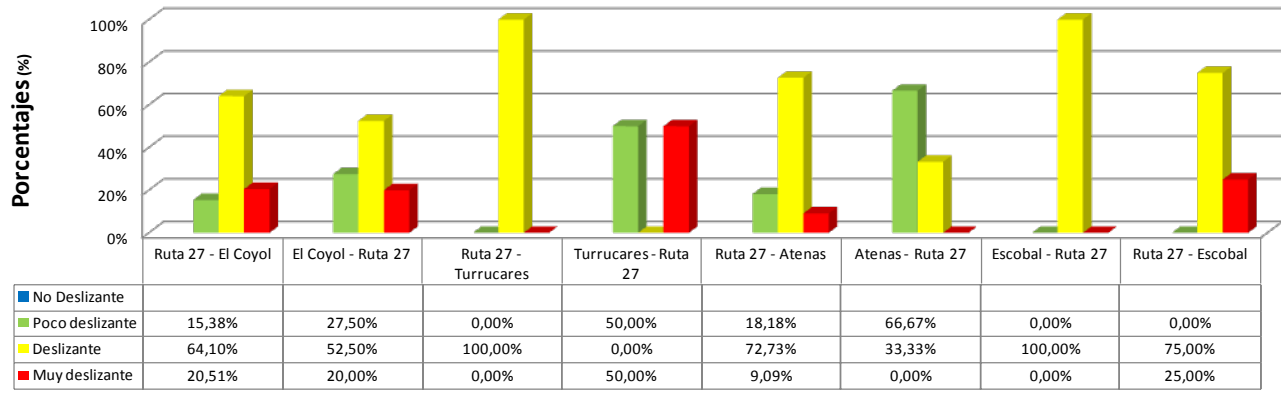


Figura 30 Resultados obtenidos con el Grip Tester, para las radiales de la Ruta 27, en porcentajes para cada rango.

Coeficiente de Rozamiento Superficial Mu-Meter 2016

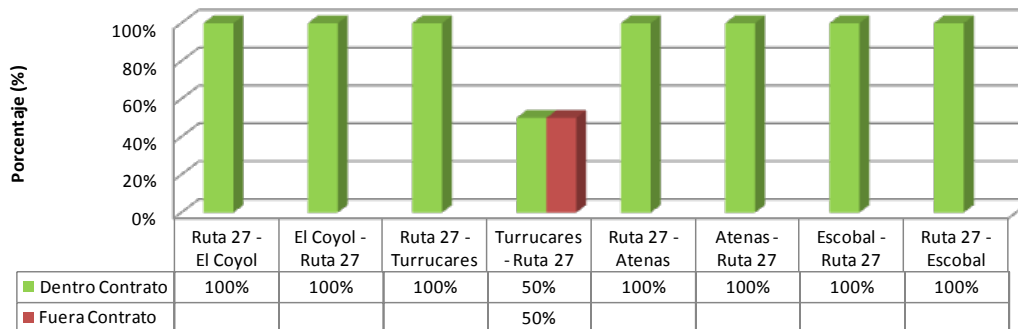


Figura 31 Resultados obtenidos con el Mu-Meter, para las radiales de la Ruta 27, en porcentajes para cada rango.

Los sentidos Ruta 27 - Turrucarees y Escobal - Ruta 27 presentan la totalidad de su longitud con condición Deslizante, aumentando la probabilidad de que se generen accidentes por falta de agarra superficial.

En general, la Radial a Escobal es la que presenta la peor condición, puesto que cuenta con las categorías de Deslizante y Muy Deslizante. La Radial Atenas presenta mejor condición mostrando porcentajes más altos en la categoría de Poco Deslizante.

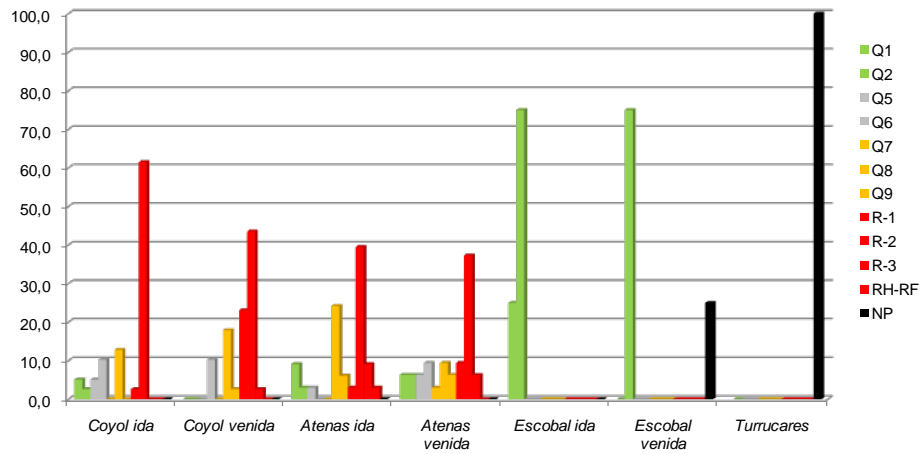
De los valores obtenidos con el Mu-Meter se desprende que el sentido Turrucarees - Ruta 27, el 50% de la longitud de la radial se encuentra fuera de los rangos indicados en el contrato.

4.5 Notas Q para las radiales

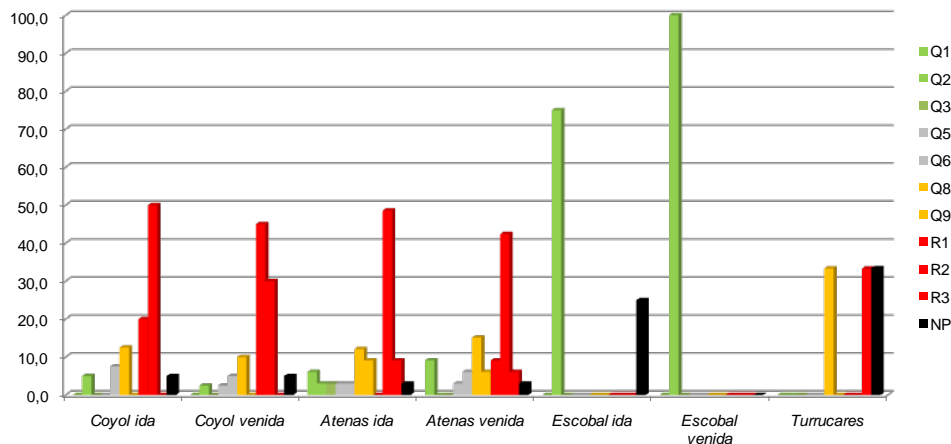
Con base en los resultados obtenidos en la evaluación de las radiales, se procede al cálculo de sus Notas Q y determinar el tipo de intervención a realizarse. La metodología

para determinar dicha nota se indica con detalle en el informe INF – PITRA – 003 – 2013 Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada, años 2012 – 2013, del LanammeUCR.

En la Figura 32 se resumen los resultados obtenidos para cada radial, el sentido de evaluación de las radiales se definen a partir de su intersección con la Ruta Nacional 27.



a)



b)

Figura 32 Notas Q para las Radiales. a) Notas Q año 2016, b) Notas Q año 2015

Del estudio de los resultados, las 2 radiales con mayor longitud (Radial a El Coyol y la Radial a Atenas) presentan un porcentaje importante de su longitud con notas bajas (R-1 a R-3), lo cual hace evidente las necesidades de rehabilitación / reconstrucción en dichas rutas. La Radial a Escobal se encuentra en buen estado en sus 400 metros, mientras que la Radial a Turrúcares ocupa reconstrucción en toda su longitud (300 metros aproximadamente).

Igual que la troncal principal, la comparación entre evaluaciones arroja una ligera tendencia hacia el deterioro. Excepto por la Radial a Escobal, las demás necesitan de manera urgente reconstrucción / rehabilitación de prácticamente la totalidad de su longitud,

para cumplir con los niveles de servicio mínimos necesarios en un proyecto de esta naturaleza.

4.6 Resultados obtenidos: análisis de deterioros superficiales

En la figura 23 se muestra los resultados para la evaluación de la condición superficial de las radiales.

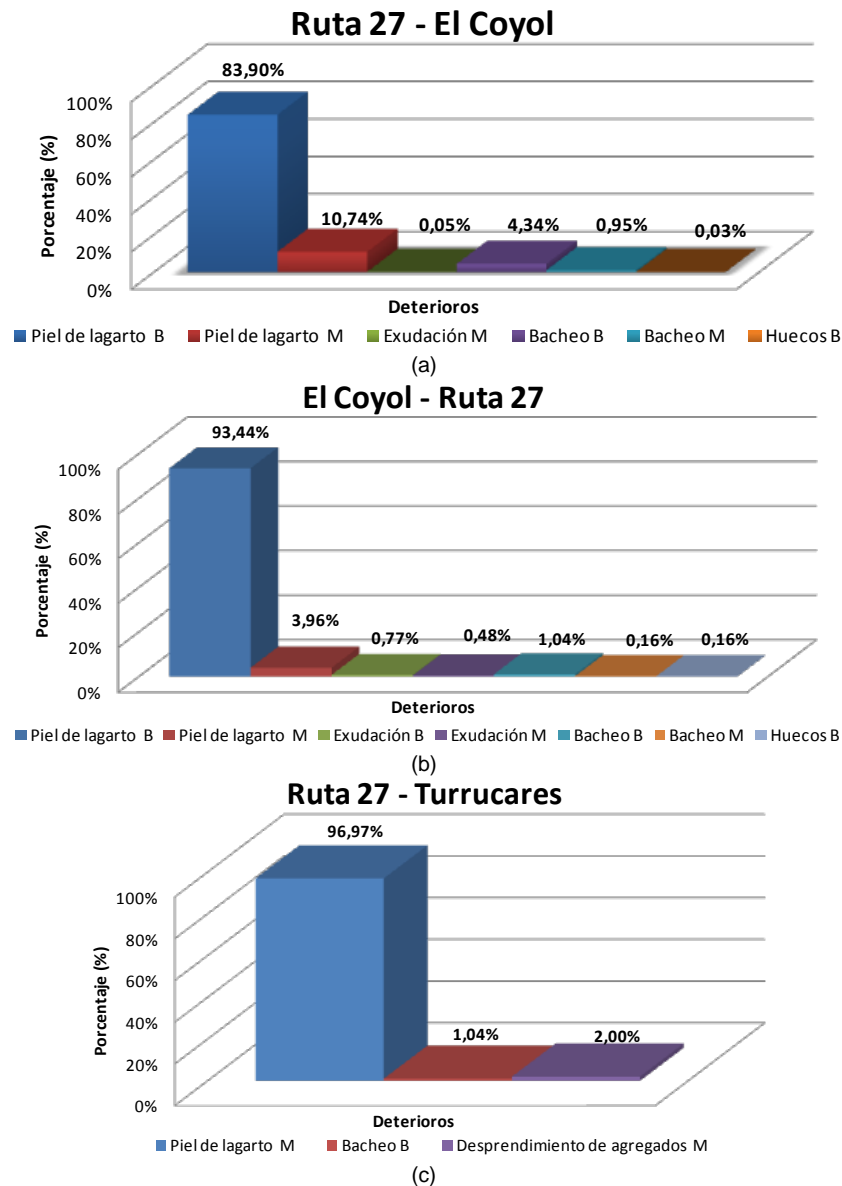
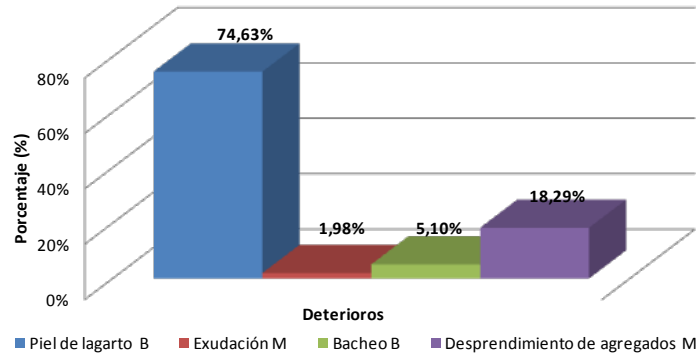


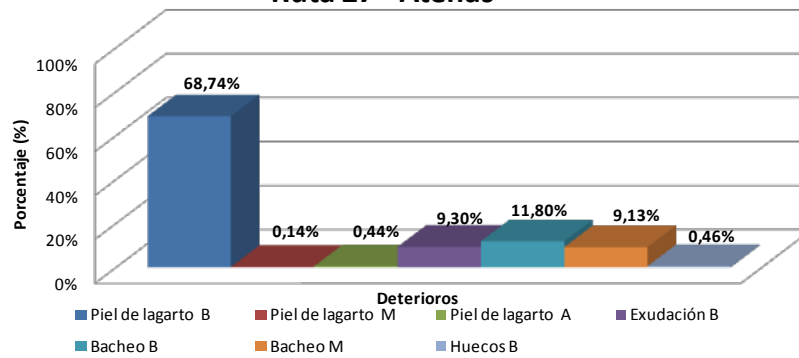
Figura 33 Condición superficial en Radiales

Turrucares - Ruta 27



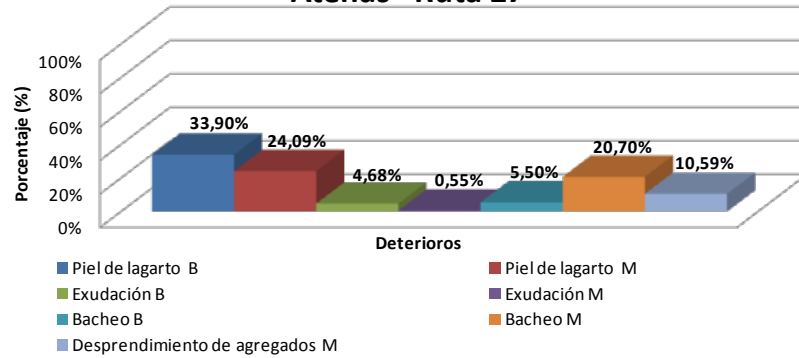
(d)

Ruta 27 - Atenas



(e)

Atenas - Ruta 27



f)

Figura 33 Condición superficial en Radiales (continuación)

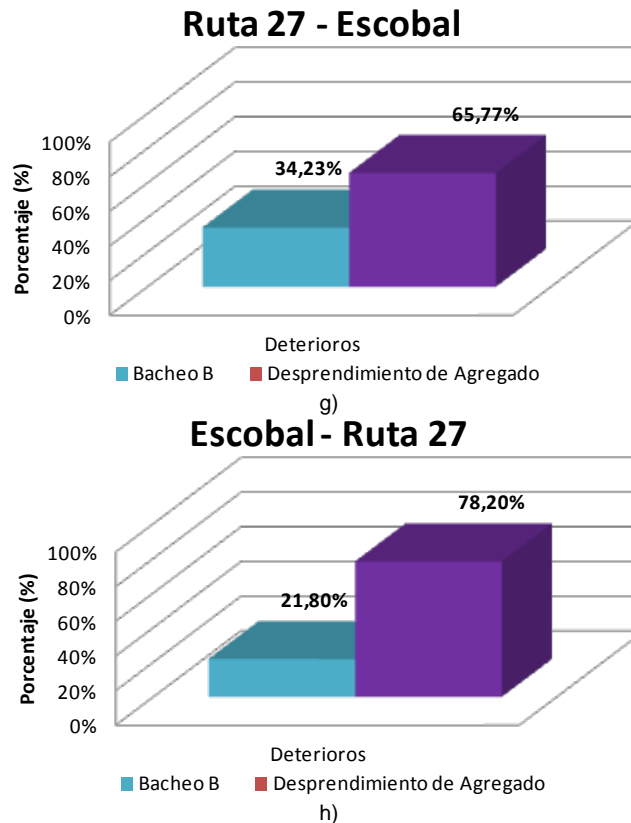


Figura 33 Condición superficial en Radiales (continuación)

Como se muestra en la figura anterior, las radiales a El Coyol y Atenas presentan el deterioro "Piel de Lagarto" como el que predomina entre los diferentes tipos de deterioro superficial detectado.

En comparación con lo obtenido en la valoración de las notas Q, la mayor presencia de Piel de Lagarto en la radial a El Coyol y Atenas es congruente con la calificación obtenida para el nivel de intervención definido como Rehabilitación Mayor, puesto que la presencia de este deterioro refleja el daño por fatiga de la capa asfáltica, lo que provoca el debilitamiento de la estructura del pavimento al permitir el ingreso del agua a las capas inferiores.

4.7 Comparación de la condición de las radiales, campañas de evaluación 2015 y 2016

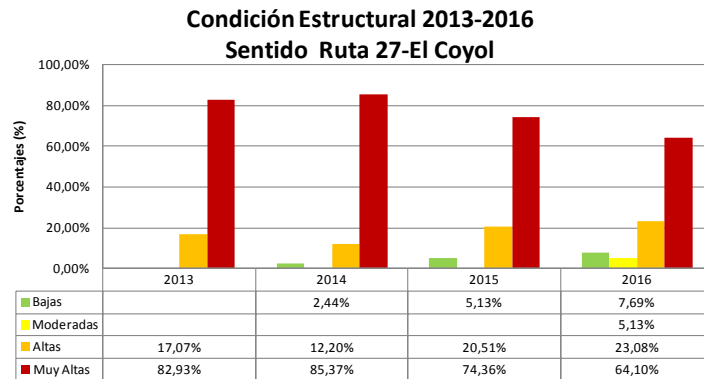
En el presente informe se formulan, a partir de las Notas Q obtenidas, las estrategias de intervención para devolver a estos tramos un nivel de servicio adecuado para los usuarios. Sin embargo, con base en los resultados obtenidos en la presente campaña de evaluación, estas recomendaciones no se siguieron, ya que las rutas exhiben resultados que revelan una condición inferior, en el caso de la Radial a Escobal muestra señales

deterioro acelerado, al tener valores más altos tanto en deflexiones, como en regularidad superficial.

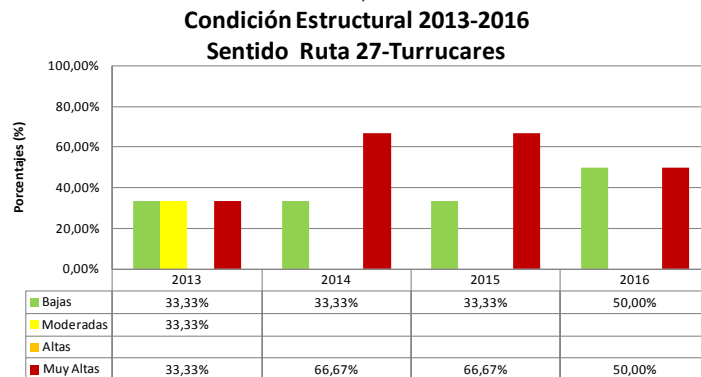
Sin embargo, el parámetro más preocupante es el relacionado con la seguridad vial, el cual presenta valores bajos de agarre superficial cuando se comparan con los obtenidos en el año 2016, lo cual aumenta la probabilidad de accidentes en condiciones lluviosas o de bajas temperaturas.

4.7a. Evaluación con el deflectómetro de impacto

En la Figura 34 se observa una comparación entre los años 2013 al 2016 de las cuatro radiales que conforman el proyecto en ambos sentidos de circulación, siendo notable el hecho de que en el año 2014 todas presentaron los mayores porcentajes de deflexiones Muy Altas, a excepción de la Radial a Escobal, que en el 2014 presentó una leve disminución del porcentaje de deflexiones Bajas en el sentido Ruta 27 - Escobal. En los años 2015 y 2016 se presenta una tendencia a la mejora en la condición estructural, pero esto no significa que la mayoría de las radiales presenten una buena respuesta estructural al paso de las cargas vehiculares, si se puede percibir una tendencia a la mejora de este indicador, pero sigue presentando porcentajes muy altos con una condición estructural muy deficiente.



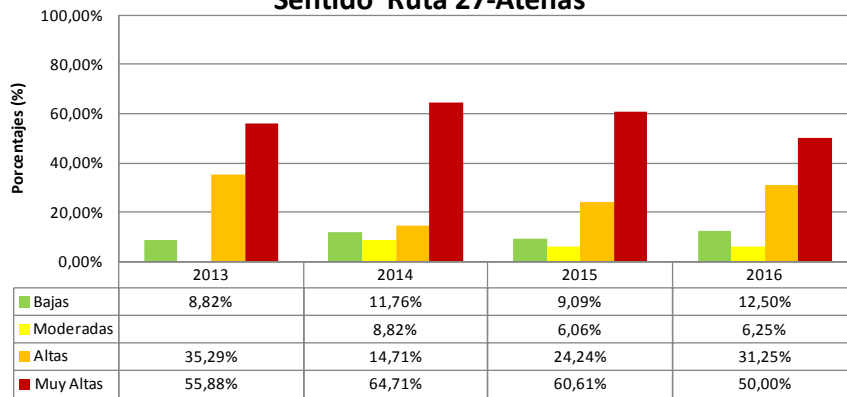
a)



b)

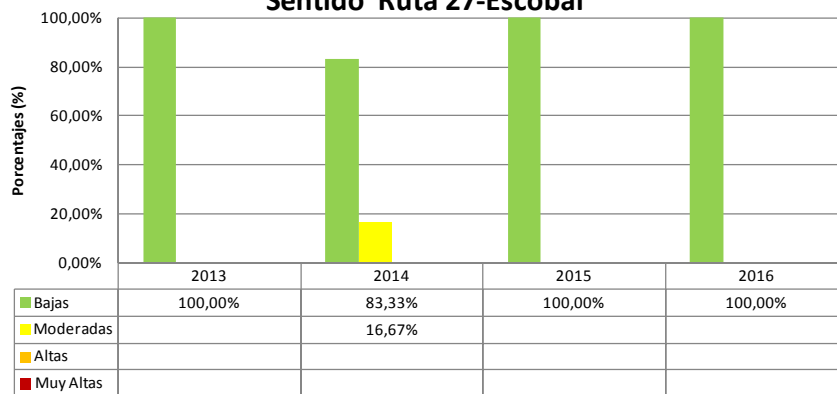
Figura 34 Comparativo Deflexiones de Radiales años 2013-2016

**Condición Estructural 2013-2016
Sentido Ruta 27-Atenas**



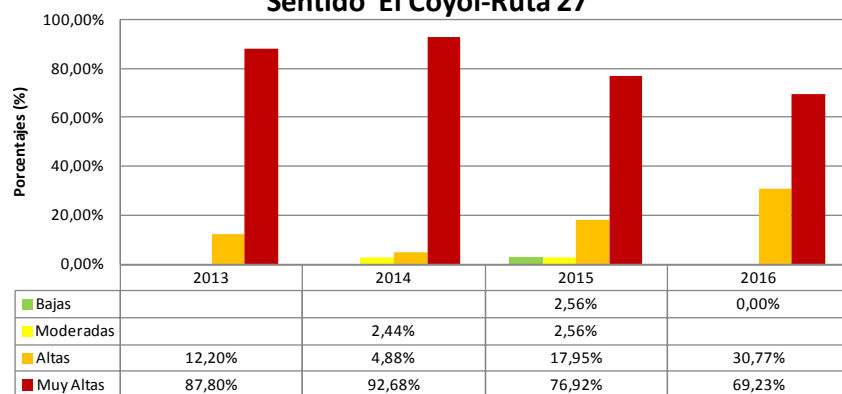
c)

**Condición Estructural 2013-2016
Sentido Ruta 27-Escobal**



d)

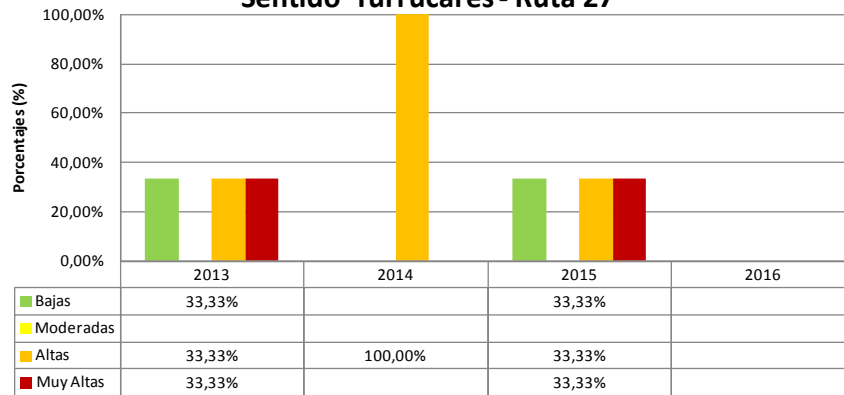
**Condición Estructural 2013-2016
Sentido El Coyoil-Ruta 27**



e)

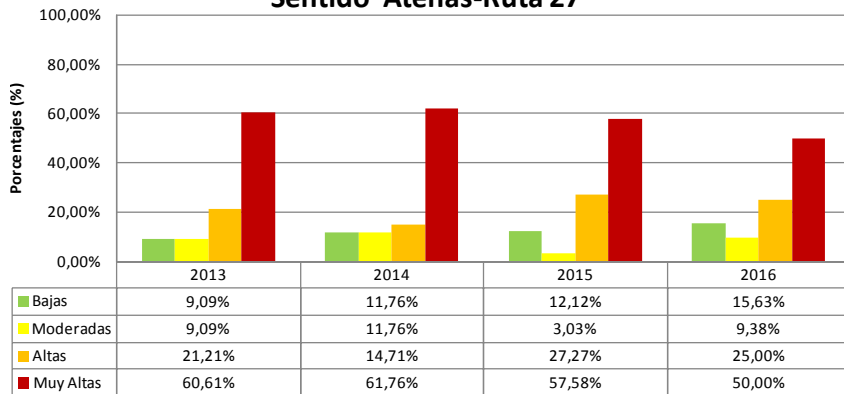
Figura 34 Comparativo Deflexiones de Radiales años 2013-2016 (continuación)

**Condición Estructural 2013-2016
Sentido Turrucares - Ruta 27**



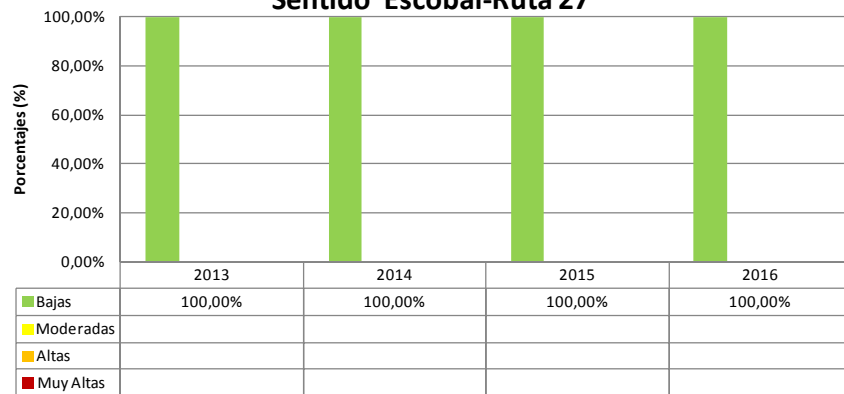
f)

**Condición Estructural 2013-2016
Sentido Atenas-Ruta 27**



g)

**Condición Estructural 2013-2016
Sentido Escobal-Ruta 27**

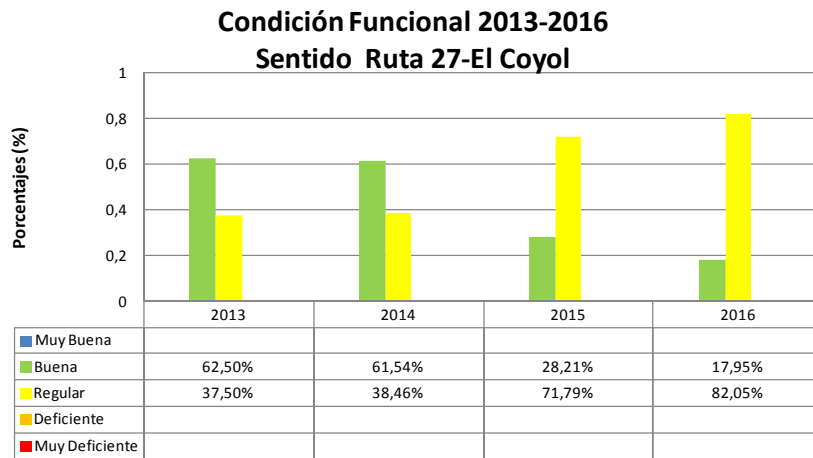


h)

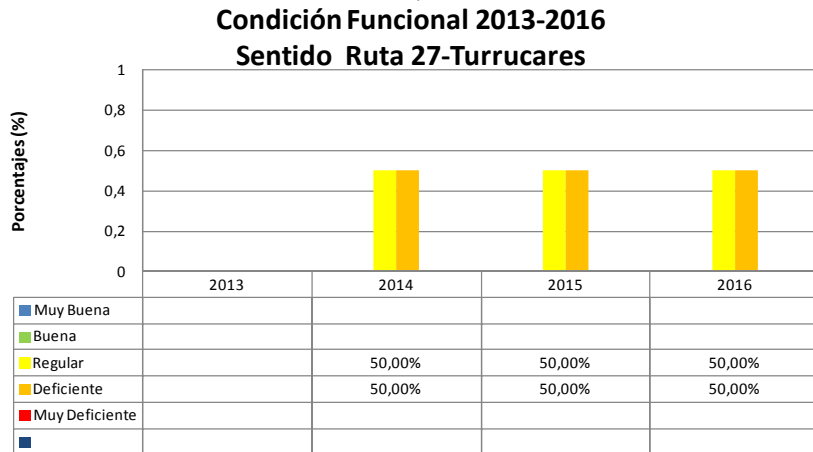
Figura 34 Comparativo Deflexiones de Radiales años 2013-2016 (continuación)

4.7b. Evaluación con el perfilómetro láser superficial

Al comparar los resultados obtenidos de la presente evaluación respecto a los del año 2013 al 2015, se pudo observar que en las radiales a El Coyol y Atenas se da un cambio descendente en la clasificación según el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), lo que indica que en términos de la condición funcional, el pavimento de las radiales está presentando un deterioro progresivo de este indicador repercutiendo en la sensación de confort y seguridad a la hora de que los usuarios transitan por ellas, a excepción de las radiales a Turrucare y Escobal que han mantenido su condición. (Figura 35).



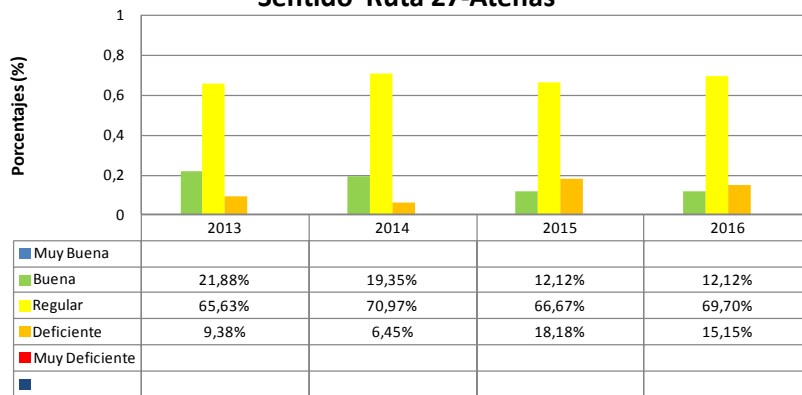
a)



b)

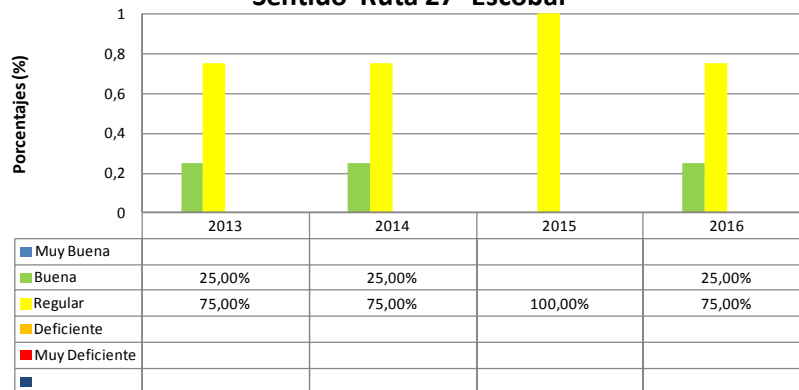
Figura 35 Comparativo Regularidad Superficial de Radiales años 2013-2016

**Condición Funcional 2013-2016
Sentido Ruta 27-Atenas**



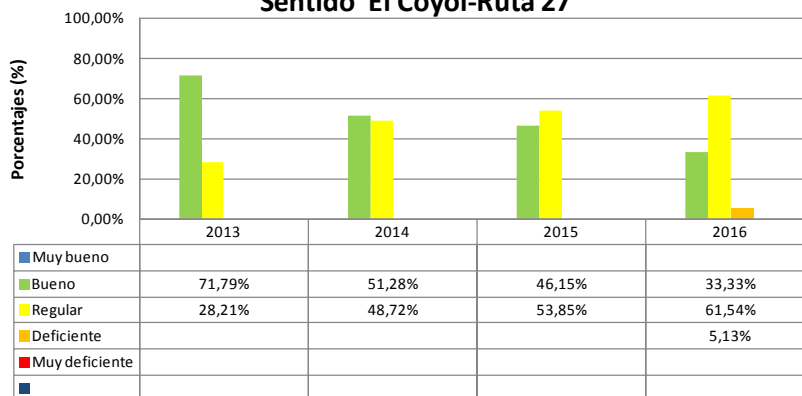
c)

**Condición Funcional 2013-2016
Sentido Ruta 27- Escobal**



d)

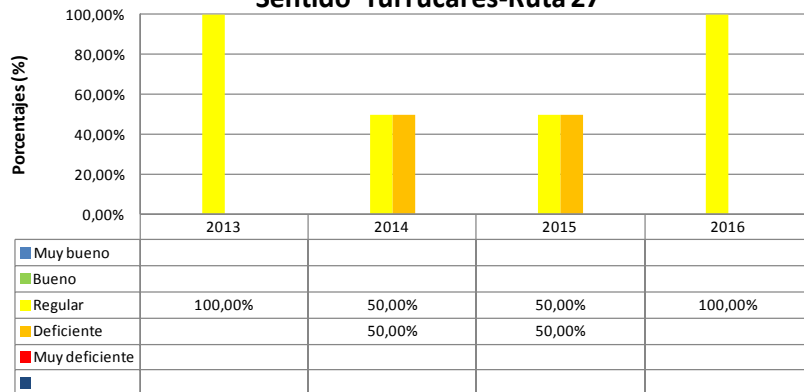
**Condición Funcional 2013-2016
Sentido El Coyol-Ruta 27**



e)

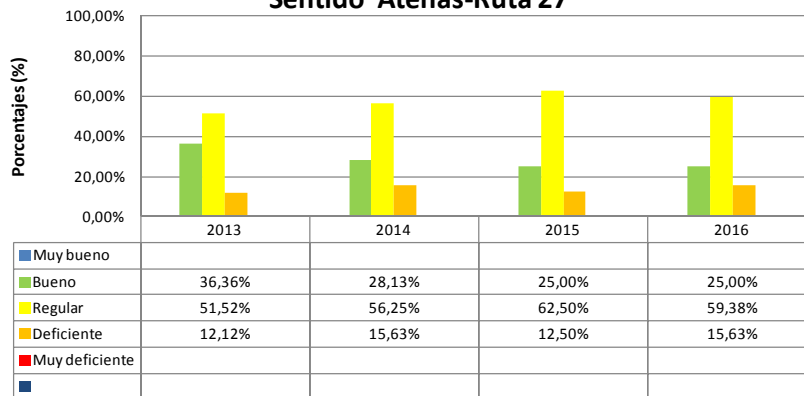
Figura 35 Comparativo Regularidad Superficial de Radiales años 2013-2016 (Continuación)

**Condición Funcional 2013-2016
Sentido Turrucare-Ruta 27**



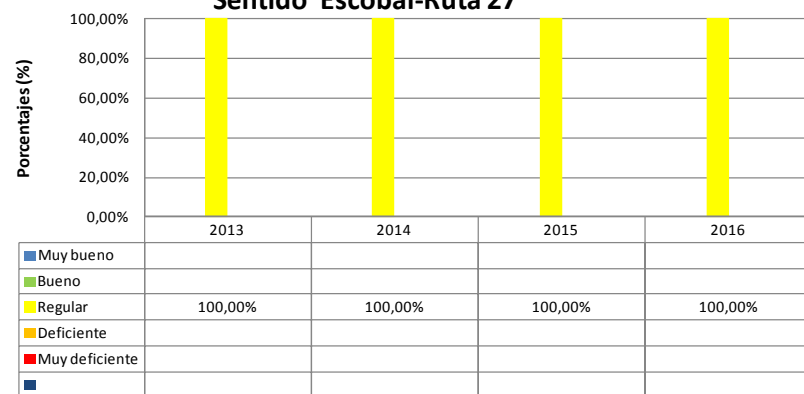
f)

**Condición Funcional 2013-2016
Sentido Atenas-Ruta 27**



g)

**Condición Funcional 2013-2016
Sentido Escobal-Ruta 27**

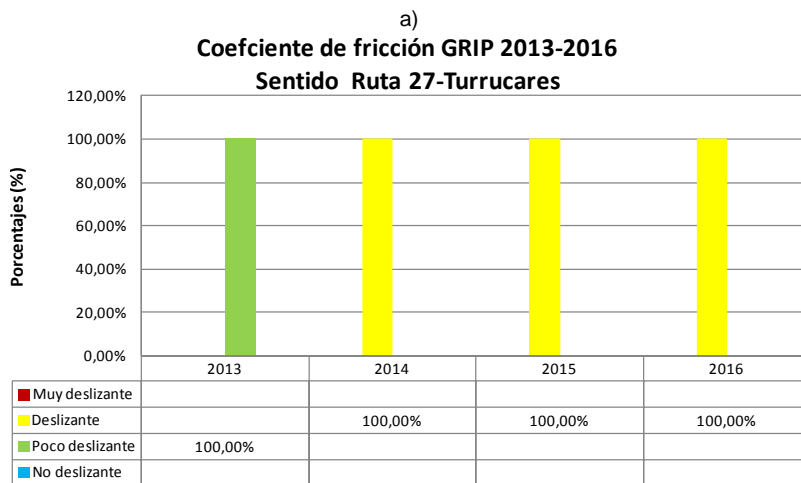
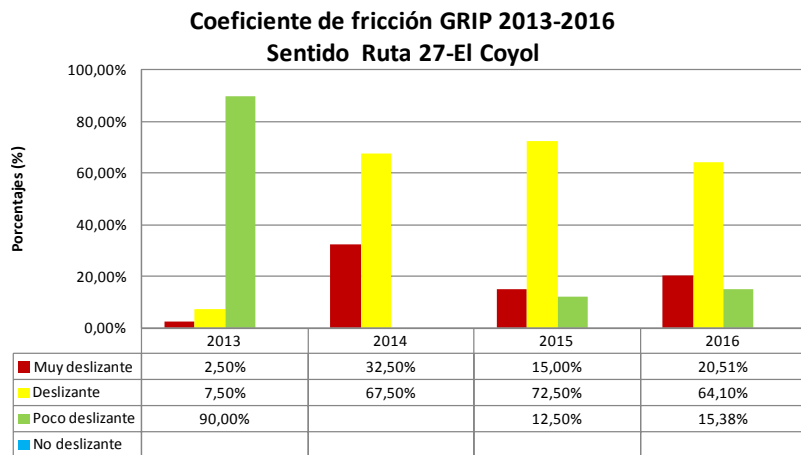


h)

Figura 35 Comparativo Regularidad Superficial de Radiales años 2013-2016 (Continuación)

4.7c. Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial.

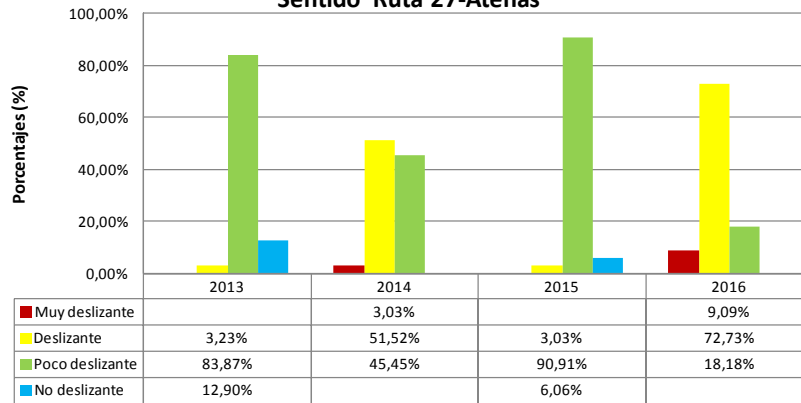
Este coeficiente permite conocer la condición en que se encuentran las radiales desde el punto de vista de seguridad vial, específicamente en la posibilidad de la ocurrencia de accidentes por falta de fricción entre la superficie de ruedo y la llanta del vehículo. Se puede notar que la Radial a Turrucare no presenta variación en este indicador en los años 2015 y 2016 para ambos sentidos manteniendo las condiciones de Muy Deslizante, Deslizante y Poco Deslizante, contrario al comportamiento de esta radial, la Radial a Atenas presenta la variación más importante, ya que contaba con zonas No deslizantes y poco deslizantes en dos de los cuatro años analizados, en el 2016 el aumenta considerablemente el porcentaje de zonas Deslizantes. (Figura 36).



b)
Figura 36 Comparativo Coeficiente de Rozamiento Superficial años 2013-2016

Coefficiente de fricción GRIP 2013-2016

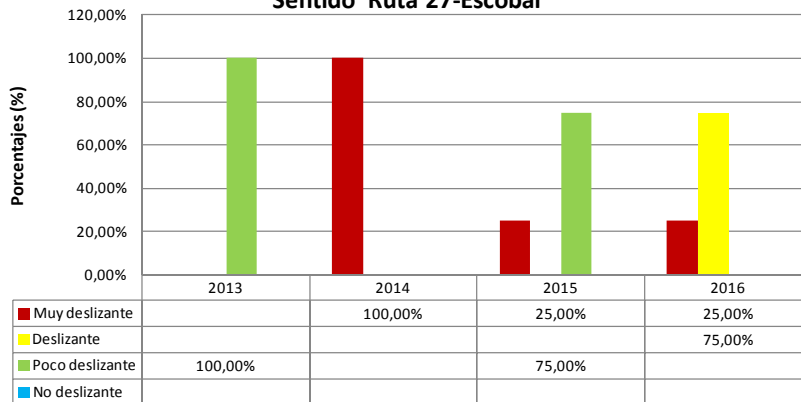
Sentido Ruta 27-Atenas



c)

Coefficiente de fricción GRIP 2013-2016

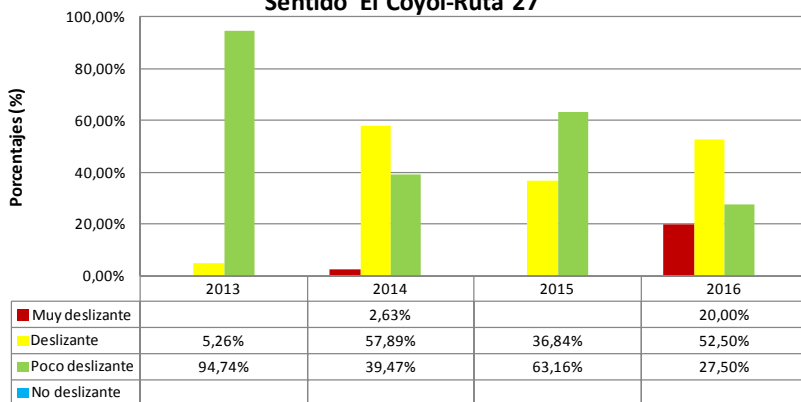
Sentido Ruta 27-Escobal



d)

Coefficiente de fricción GRIP 2013-2016

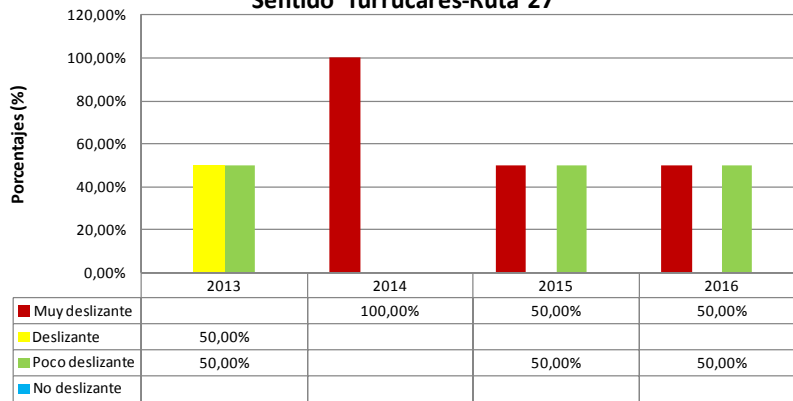
Sentido El Coyol-Ruta 27



e)

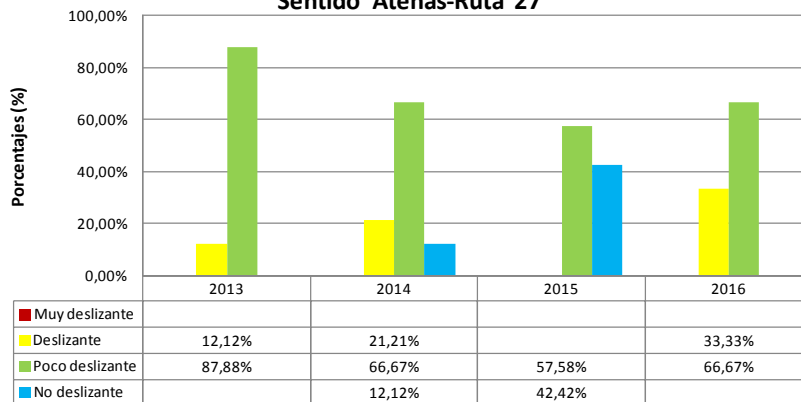
Figura 36 Comparativo Coeficiente de Rozamiento Superficial años 2013-2016 (Continuación)

**Coefficiente de fricción GRIP 2013-2016
Sentido Turrucares-Ruta 27**



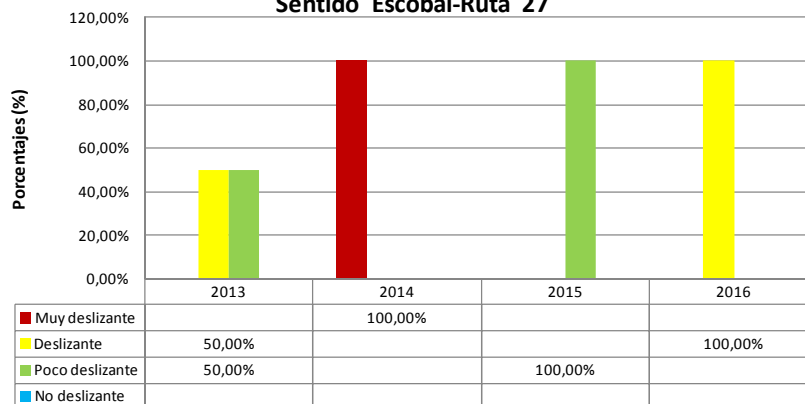
f)

**Coefficiente de fricción GRIP 2013-2016
Sentido Atenas-Ruta 27**



g)

**Coefficiente de fricción GRIP 2013-2016
Sentido Escobal-Ruta 27**



h)

Figura 36 Comparativo Coeficiente de Rozamiento Superficial años 2013-2016 (Continuación)



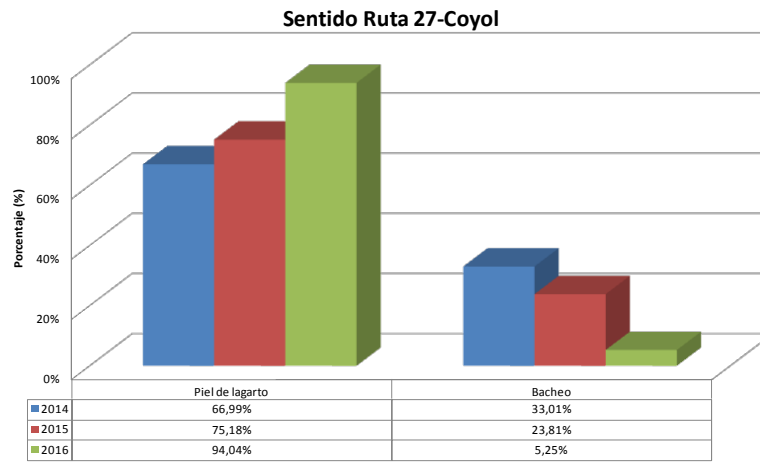
4.7d. *Evaluación visual de Deterioro Superficial.*

El análisis de la evaluación visual de deterioros se realizó obteniendo la distribución porcentual por año, deterioro y por cada radial, se pudo detectar que en cada evaluación se incrementó el área total que presenta daño superficial.

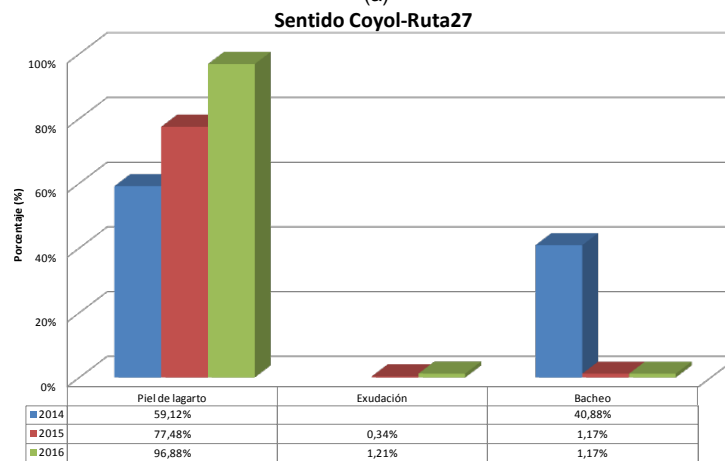
De las cuatro radiales analizadas, la radial El Coyol (Figura 37 a) y b)) presenta un incremento en la presencia de deterioro tipo Piel de Lagarto en comparación con los años 2014 y 2015, cabe aclarar que también se incrementó considerablemente el área total deteriorada de 485 m², 1 356 m² y 2 441 m² para los años 2014 a 2016 respectivamente en el sentido Ruta 27 - El Coyol, presentando un comportamiento similar en el sentido contrario.

Para el caso de la radial Atenas (Figura 37 e) y f)), presenta una leve disminución en el deterioro Piel de Lagarto, en lo que respecta a Bacheo, mostrando para la evaluación del 2016 un incremento en el área afectada con deterioro superficial, principalmente Bacheo y Piel de Lagarto, al igual que en el caso de la radial a El Coyol, ésta presenta un aumento en el área deteriorada, pero en menor cantidad puesto que para el año 2014 presentaba solo un 93 m² para los siguientes años incrementó a 163 m² y 485 m².

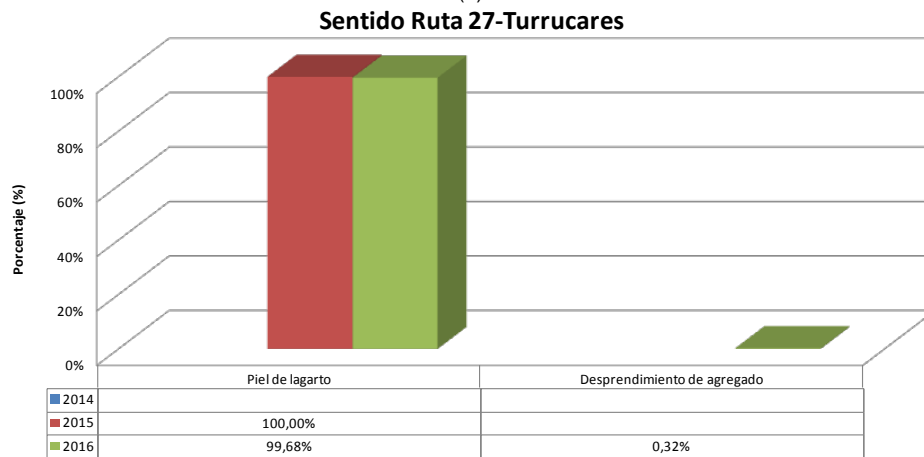
En la Figura 37 se muestra la distribución de deterioro por Radial y año de evaluación.



(a)

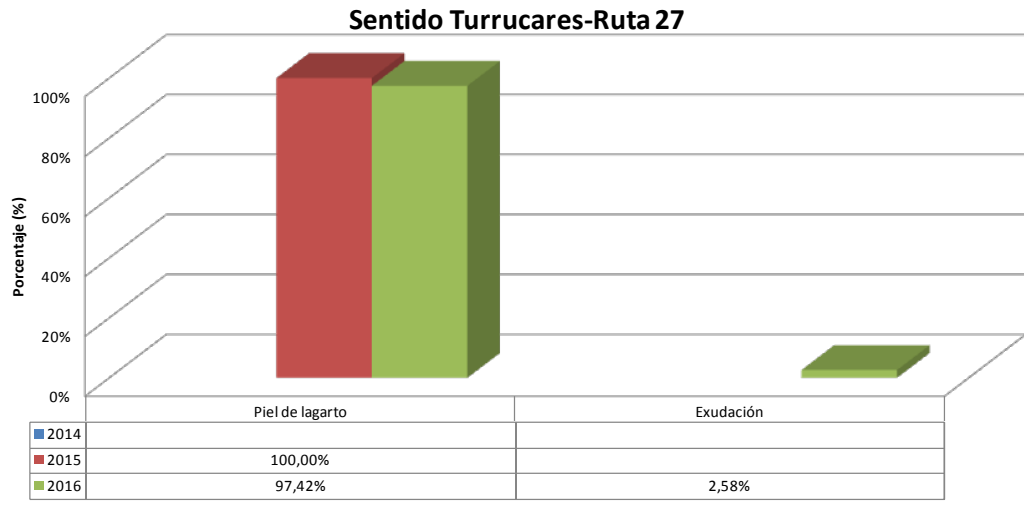


(b)

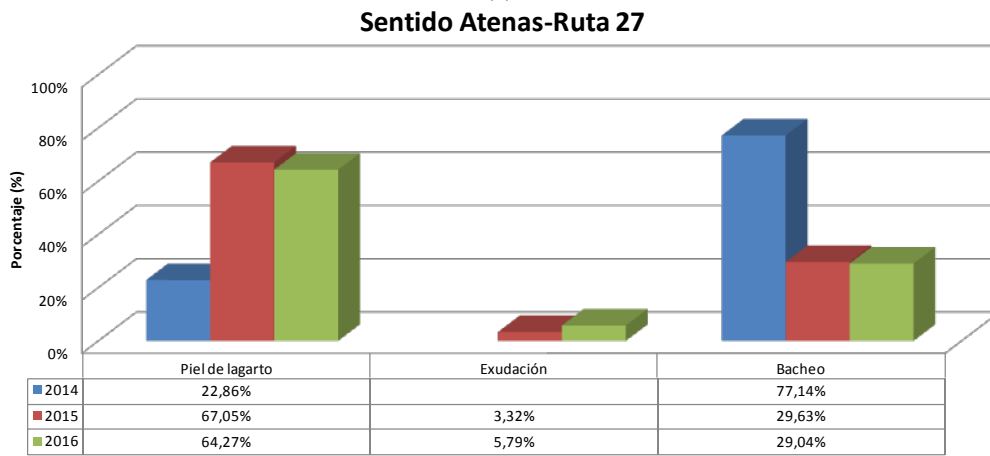


(c)

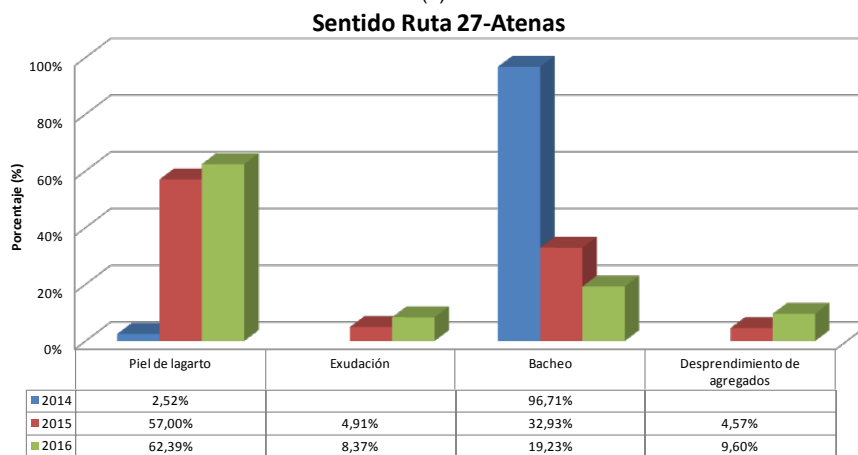
Figura 37 Condición superficial en Radiales



(d)

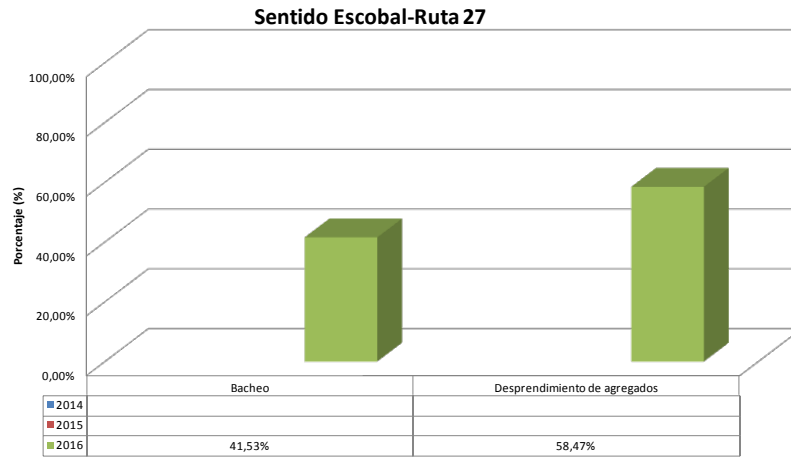


(e)

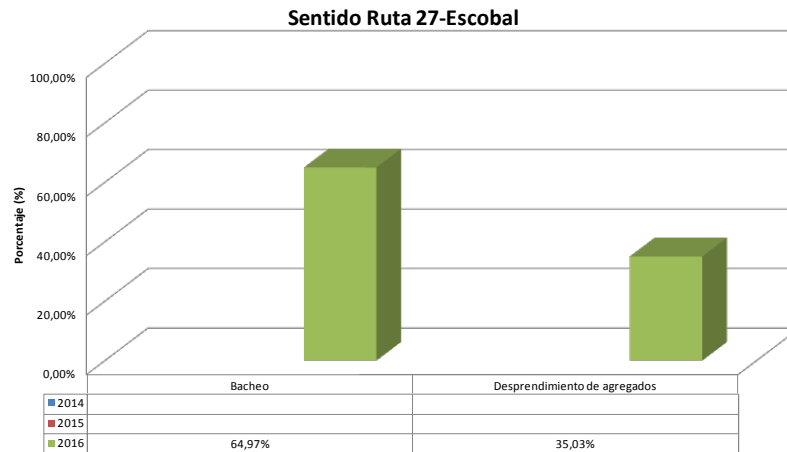


f)

Figura 37 Condición superficial en Radiales (continuación)



g)



h)

Figura 37 Condición superficial en Radiales (continuación)

5. MODELOS DE DETERIORO

Los modelos de deterioro son una herramienta que, dentro del marco de la administración de pavimentos, permite predecir el deterioro que éstos puedan sufrir a lo largo de su vida útil; para este fin se pueden usar varios tipos de modelos, los cuales corresponden generalmente a modelos matemáticos que permiten predecir la evolución del estado del pavimento en el tiempo.

Los modelos de deterioro pueden surgir a partir de desarrollos empíricos, los cuales se originan en bases de datos reales de pavimentos existentes, donde se registra gran cantidad de información relacionada con diseño, información general, datos de tránsito, entre otros. Una vez que se seleccionan las variables más relevantes, se realiza un análisis estadístico que permite generar el modelo para predecir el comportamiento futuro del pavimento. Otro tipo de modelo que se usa es el mecanicista, el cual no sólo se basa en datos de pavimentos existentes, sino que además hace uso de características del comportamiento de las diversas capas y materiales que conforman el pavimento,

específicamente en las propiedades físicas y mecánicas de la subbase, la base granular o estabilizada y el pavimento propiamente.

5.1 Aplicación de Modelo de Deterioro

En el informe de investigación LM-PI-UMP-010-R1 desarrollado por la Unidad de Materiales y Pavimentos del LanammeUCR, el cual se orientó principalmente en determinar la relación entre los parámetros subjetivos (percepción humana) de serviciabilidad de un pavimento y los parámetros objetivos (IRI) para Costa Rica, utilizando la metodología aplicada por el AASHTO.

Considerado que el modelo se desarrolló para valores de IRI de 1 a 9 m/km y utilizando la zona de tendencia lineal es que se define el rango de aplicación, según lo establecido en la Tabla 8. Por lo tanto, utilizar las ecuaciones para valores de IRI mayores a 10 no es aconsejable ya que las ecuaciones se indefinen a partir de este punto.

Tabla 8. Rango de aplicación del Modelo para el cálculo del PSI Costa Rica

Modelo	Rango de Aplicación (Valores de IRI)
1. $PSI_{CR} = 0,015 * IRI^2 - 0,470 * IRI + 4,989$	0 - 10

Para el análisis de curvas de deterioro en la Ruta Nacional 27, se utilizó 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 el valor del IRI.

Se segmentó la ruta en cuatro secciones homogéneas estructuralmente, según información proporcionada por el concesionario, los cuales se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9 Secciones de control

Tramo	Estacionamiento
1	00+000 - 03+605
2	03+605 - 14+025
3	14+025 - 51+720
4	51+720 - 76+310

5.2 Metodología de Modelos de Deterioro

Para el desarrollo de los modelos de deterioro se recopilieron datos de IRI de los tramos a lo largo del proyecto para procesarlos haciendo un análisis estadístico.

El PSI asociado a cada valor de IRI se obtiene usando la fórmula indicada en la Tabla 8, permitiendo posteriormente generar las curvas de deterioro para cada tramo.

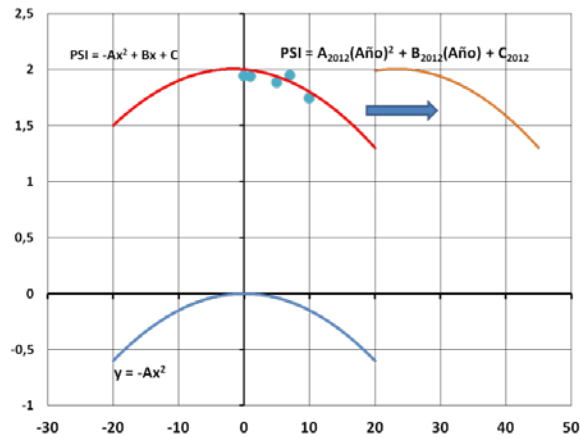


Figura 38. Gráfica de una ecuación cuadrática

Se puede apreciar en la Figura 38 dos tipos de ecuaciones polinomiales de tipo cuadrática, donde el punto máximo de la gráfica es el valor de PSI inicial del pavimento, antes de las evaluaciones sufriendo un descenso con el tiempo, esto partiendo del supuesto que no se ha realizado algún mantenimiento o mejora.

La parte creciente no se toma en cuenta, ya que se considera que la ecuación modela el deterioro de la sección a partir del valor máximo de PSI.

También en algunos casos se da un desplazamiento de la curva de deterioro en el eje horizontal (tiempo en años), esto con tal de proyectar el comportamiento a futuro, tal como se muestra en la figura anterior representada con la curva naranja.

La ecuación que describe la gráfica está definida de la siguiente manera:

$$AX^2 + BX + C$$

Donde los coeficientes “A”, “B” y “C” se obtienen de la gráfica trazada por los datos de PSI, que presenten decrecimiento, de la Figura 39.

A continuación se muestra un ejemplo de una gráfica obtenida a partir de los datos de PSI decrecientes:

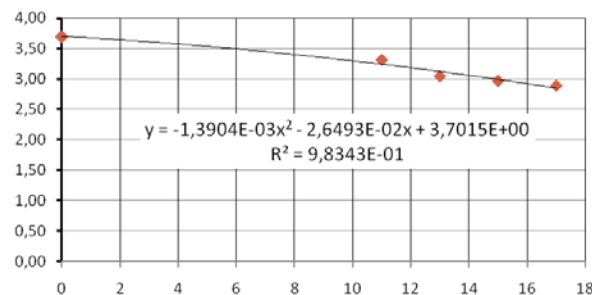


Figura 39. Gráfico ejemplo, obtenido de datos de PSI

En la Figura 40 se muestra como una ecuación cuadrática característica de un tramo evaluado permite proyectar la condición funcional de una sección en años posteriores (curva verde).

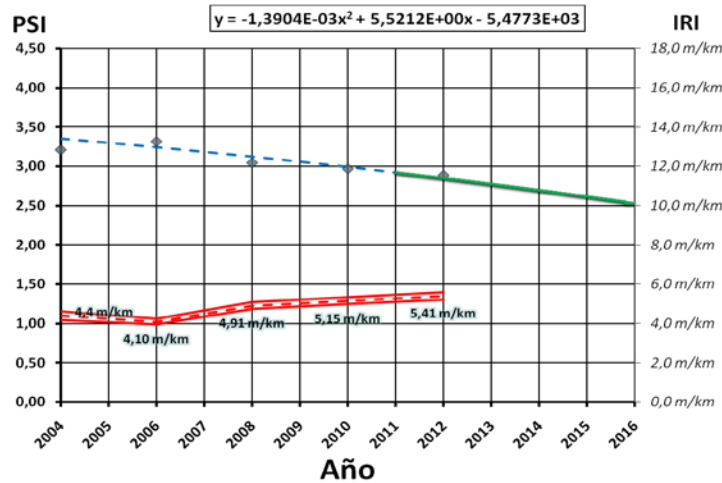


Figura 40. Gráfica ejemplo PSI vs Año y IRI vs Año

El R^2 obtenido de la gráfica de la Figura 40, no es el más acertado ni se ajusta a este modelo, por lo que se utilizó un coeficiente de determinación ajustado, definido de la siguiente forma:

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

Donde 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 SST es la suma total de los cuadrados corregida, esta representa la variación en los valores de respuesta que idealmente serían explicados en el modelo, como:

$$SST = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \sum_{i=1}^n 2y_i\bar{y}_i + n \sum_{i=1}^n \bar{y}_i^2$$

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

Luego de obtener el análisis completo del tramo analizado, se procede a realizar una ficha representativa donde se muestran los elementos más importantes y destacados, en la sección 5.4 se muestra un ejemplo de la forma en que se presenta la información.

5.3 Análisis de Resultados

Para el caso de Costa Rica, se desarrolló un modelo determinístico, que permite predecir el deterioro del pavimento en el tiempo.

La importancia de un modelo de deterioro radica en la posibilidad de proyectar la condición de una sección en el tiempo y de esta forma poder planificar de manera más eficiente las actividades de intervención y la inversión a realizar.

En este caso se desarrollaron 8 modelos de deterioro basados en la variable IRI para calcular el indicador de serviciabilidad presente por medio del Índice de Serviciabilidad o PSI por sus siglas en inglés.

Los modelos se utilizaron para proyectar un valor de PSI igual a 3 siendo este momento en el que el pavimento requiere de una rehabilitación mayor para llevarlo a su condición inicial, es decir un valor de PSI que puede oscilar entre 4.5 a 5 (Figura 41)

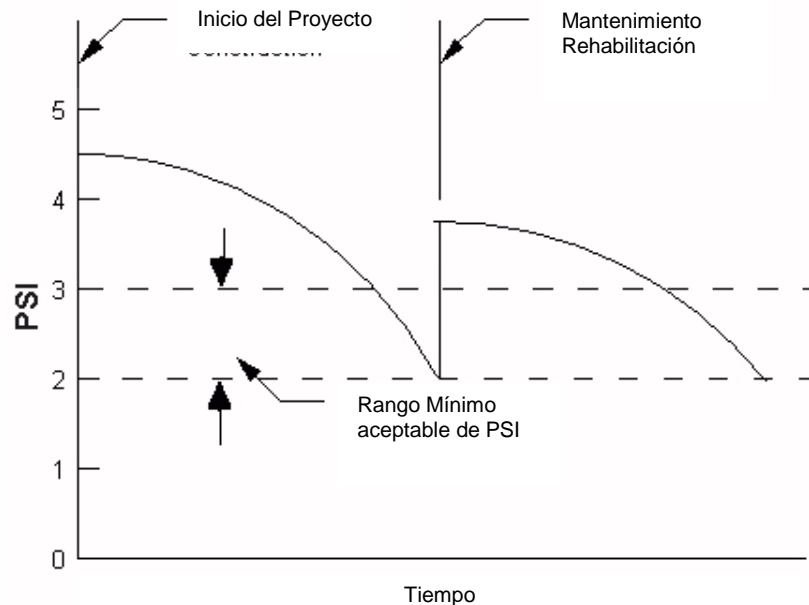


Figura 41 Concepto de PSI con rangos de aceptación

A continuación se muestra el modelo de deterioro que representa los principales tramos.

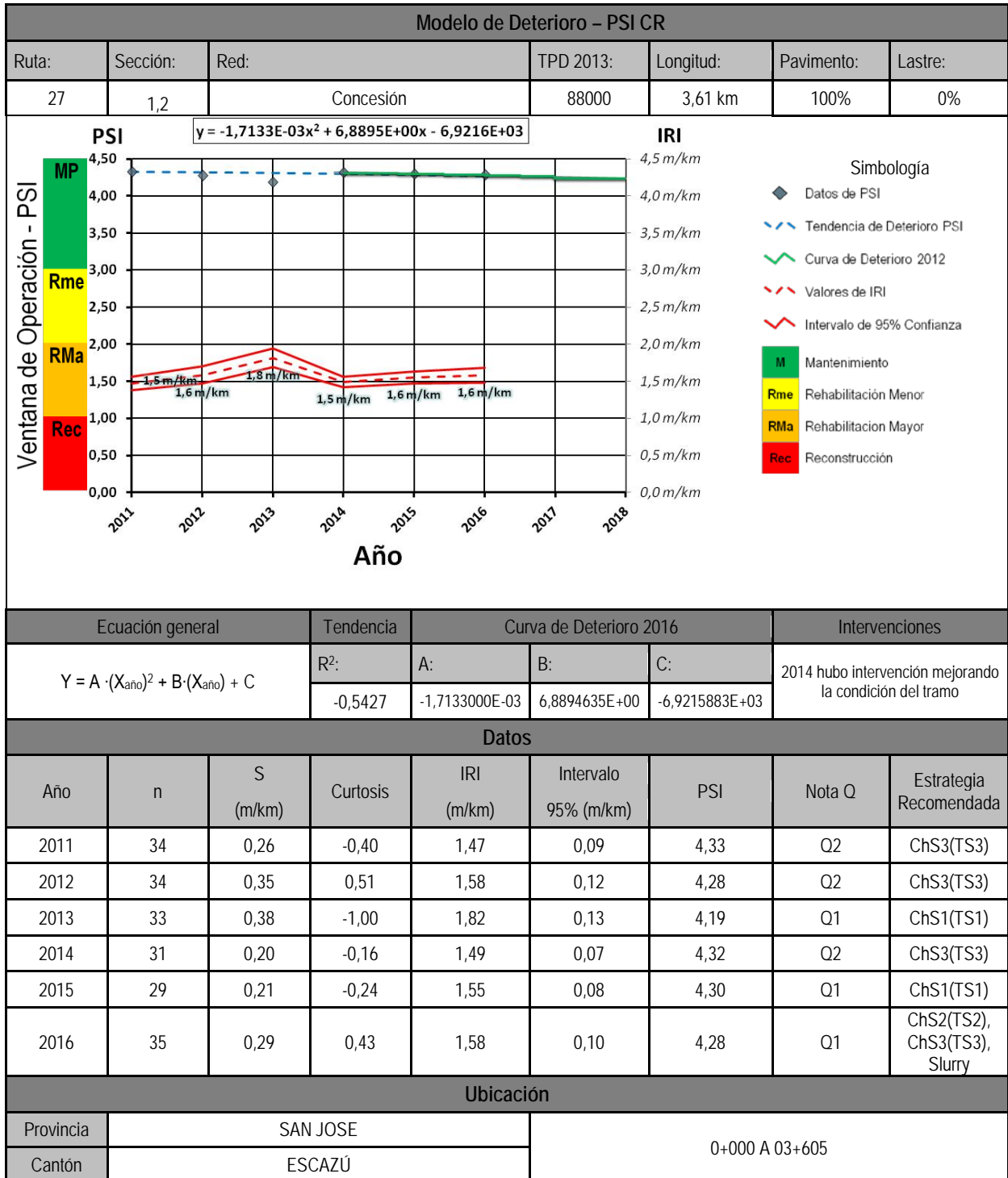


Figura 42 Modelo De Deterioro tramo 1, sentido Caldera - San José.

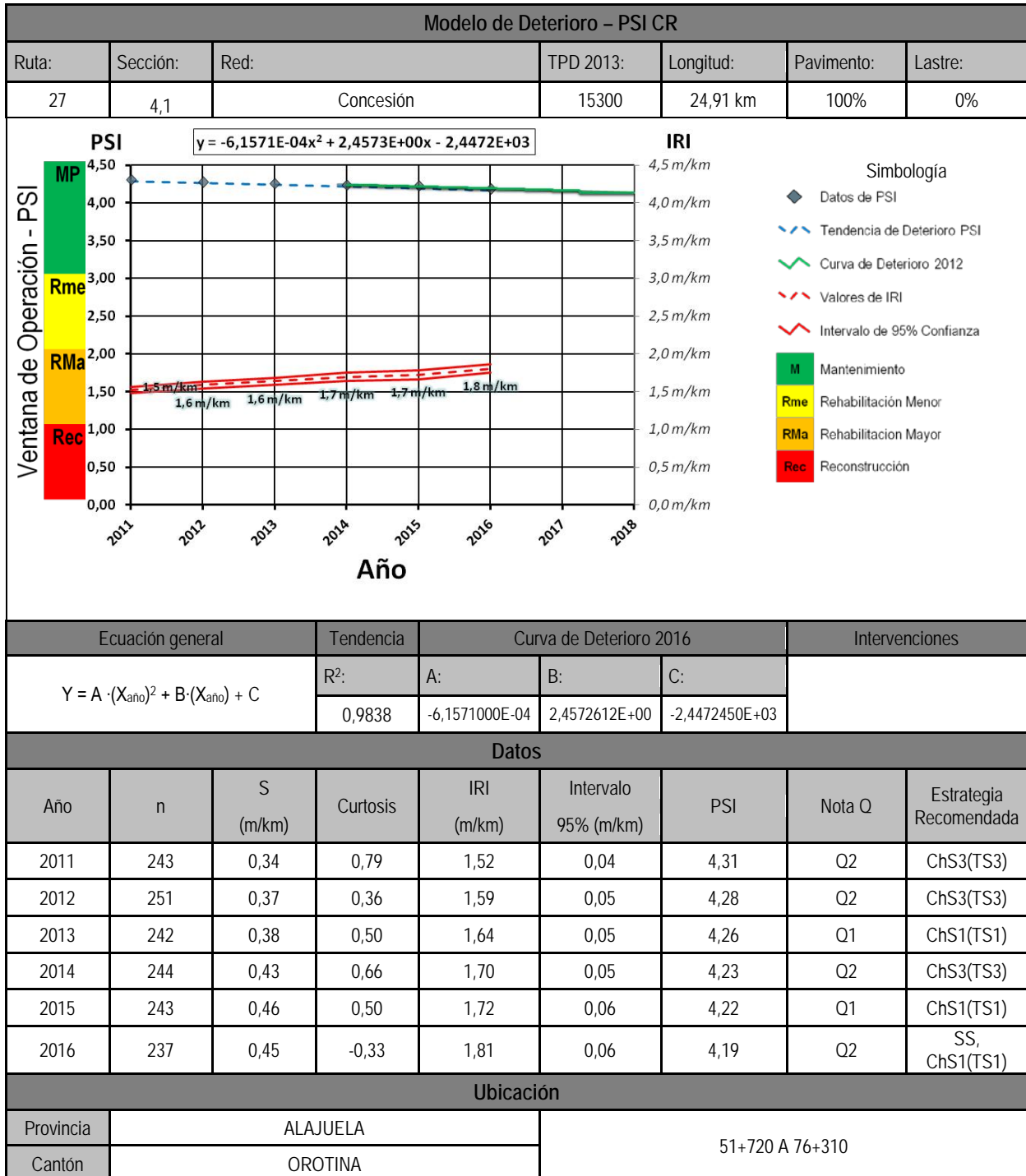


Figura 43 Modelo De Deterioro tramo4, sentido San José - Caldera.

Como se indicó anteriormente, a partir de estos modelos se puede predecir el momento en el que la percepción del usuario y la condición del pavimento ha llegado al punto de necesitar una rehabilitación mayor en cada tramo.

En la Tabla 10 se muestra un cuadro resumen donde se indica el año en el que cada tramo llegará a tener esa condición.

Tabla 10 Año en el que el PSI es igual a 3

Tramo	Sentido	Long. (km)	Ubicación	TPD 2012	Nota Q 2016	Estrategia 2016	PSI-2016	PSI=3	Años
1	San José - Caldera	3,61	00+000 - 03+605	88000	Q1	SS, ChS1(TS1)	4,30	2032	16
2	San José - Caldera	10,42	03+605 - 14+025	16000	Q1	N.I	4,34	2042	26
3	San José - Caldera	37,7	14+025 - 51+720	3000	Q2	SS, ChS1(TS1)	4,22	2033	17
4	San José - Caldera	24,91	51+720 - 76+310	15300	Q2	SS, ChS1(TS1)	4,19	2042	26
1	Caldera - San José	3,61	00+000 - 03+605	88000	Q1	TS2), ChS3(TS3),	4,28	2036	20
2	Caldera - San José	10,42	03+605 - 14+025	16000	Q1	SS, ChS1(TS1)	2,35	2042	26
3	Caldera - San José	37,7	14+025 - 51+720	3000	Q2	S2(TS2), ChS3(TS3)	4,22	2033	17
4	Caldera - San José	24,91	51+720 - 76+310	15300	Q2	S2(TS2), ChS3(TS3)	4,14	2035	19

En la tabla anterior se puede observar el comportamiento en general de los 8 tramos analizados por medio de Modelos de Deterioro, permitiendo predecir el comportamiento del pavimento con base en información histórica. Con base en estos modelos se puede estimar que cuatro de los 8 tramos podrían llegar a tener un PS = 3 a largo plazo siempre y cuando se mantengan o mejoran las políticas de mantenimiento que permitan conservar la condición del pavimento. En el Anexo VIII se presentan las curvas de deterioro para los ocho tramos analizados.



6. Estado de conservación de los puentes mayores de la Ruta Nacional 27

La Ruta Nacional 27 presenta 5 puentes mayores, evaluados por el LanammeUCR. La referencia a estos informes se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11 Informes emitidos por la UP del PITRA - LanammeUCR con respecto a los puentes mayores de la Ruta 27

TÍTULO DEL INFORME	INFORME	FECHA
Inspección del puente sobre el río Virilla	LM-PI-UP-PC08-2011	27/10/2011
Inspección del puente sobre el río Ciruelas	LM-PI-UP-PC01-2012	17/01/2012
Inspección del puente sobre el río Grande	LM-PI-UP-PC10-2013	26/11/2013
Inspección del puente sobre el río Concepción	LM-PI-UP-PC03-2012	07/01/2012
Inspección del puente sobre la quebrada Salitral	LM-PI-UP-PC05-2013	29/04/2013

Estos informes de fiscalización y evaluación son un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes (UP) del PIE – LanammeUCR para evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional Concesionada, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la ley 8114. Se presenta una imagen en el tiempo del estado real del puente, y se dan recomendaciones generales de mejoras, mantenimiento y reparación de la estructura principal y de los elementos conexos, con base en inspecciones detalladas realizadas en el sitio.

Se entiende por inspección el reconocimiento visual de todos los elementos estructurales y no estructurales del puente a los cuales se tiene acceso por parte de un ingeniero calificado con el fin de evaluar su condición el día de la visita al sitio.

Como parte del seguimiento del estado de conservación de estos puentes, en el 2016 se llevó a cabo una revisión en sitio de la información contenida en los informes de la Tabla 11, cuyos resultados se incluyeron en el *Informe INF-PI-UGERVN-05-2016 Informe de Evaluación del Proyecto San José-Caldera Ruta Nacional 27 Año 2015-2016*.

Para el informe de evaluación del año 2016 nuevamente se realizó el seguimiento de los estados de conservación de cada uno de los 5 puentes mayores, y los resultados se muestran resumidos por año en la Tabla 12 incluida a continuación. La nomenclatura utilizada en dicha tabla se muestra en la Tabla 13.

Como se puede observar de la Tabla 12, no se le está brindando un adecuado mantenimiento a los puentes ya que la mayoría de los principales deterioros no han sido atendidos y muchos ya muestran un estado más avanzado.

Tabla 12 Seguimiento por año de los principales deterioros observados en los 5 puentes mayores de la Ruta Nacional 27.

Puente	Daño	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Río Virilla	Junta de expansión	DD			S-EVA	M-E	NS
	Deterioro en losa de concreto	DD			NS	NS	ED
	Falta de mantenimiento bastión sureste	DD			NS	NS	NS
	Acero de refuerzo expuesto superficie de ruedo	DD			NS	NS	NS
	Desgaste Juntas constructivas	DD			NS	NS	NS
	Falta de mantenimiento bastión noroeste	ND			DD	NS	NS
	Falta de mantenimiento sistema de apoyos	ND			DD	NS	NS
Río Ciruelas	Junta de expansión		DD		M-E	M-E	ED
	Acumulación de material en bastiones		DD		S-EVA	ND	Sol
	Acumulación de sedimentos en apoyos de vigas principales		ND		DD	NS	NS
	Grietas y juntas con desprendimiento en losa						DD
	Falta de mantenimiento en apoyos móviles		ND		DD	NS	ED
Río Grande	Falta de mantenimiento bastión acceso este			DD	NI	NI	NS
	Falta de mantenimiento apoyos			DD	Sol	M-E	NS
	Deformación Permanente apoyos bastión oeste			ND	ND	ND	DD
	Falta elementos verticales y pernos en guardavías			DD	NS	NS	NS
	Falta marcadores de objetos en los accesos			DD	NS	NS	NS
	Mal estado de ductos de drenaje			DD	Sol	ND	DD
	Falta de mantenimiento en junta de expansión oeste			DD	ED	ED	NS
	Falta de obras para evitar erosión en taludes de accesos			DD	ND	ND	NS
	Deterioro en losa de concreto			DD	ED	ED	ED

Tabla 12 Seguimiento por año de los principales deterioros observados en los 5 puentes mayores de la Ruta Nacional 27 (Continuación).

Puente	Daño	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Río Concepción	Deficiencias en juntas de expansión dentadas		DD		ED	NS	ED
	Falta mantenimiento apoyos		DD		M-E	NS	NS
	Angulares de protección bastión este		DD		S-EVA	M-E	
	Guardavías acceso norte		ND		ND	Ausencia	Sol
	Agrietamiento y desprendimientos en losa		DD	NI	NI	NI	NS
	Acero de refuerzo expuesto en superestructura		ND		DD	NS	NS
Quebrada Salitral	Deterioro en losa de concreto			DD	NS	ED	ED
	Desgaste juntas constructivas			DD	NS	ED	ED
	Falta de mantenimiento en apoyos móviles			ND	DD	NS	NS
	Deficiencia en junta de expansión			ND	DD	NS	ED
	Baranda de protección vehicular			ND	ND	M-E	NS

Tabla 13 Nomenclatura utilizada en la Tabla 17.

Nomenclatura:
DD: Daño Detectado
S-EVA: Sustitución, Estado Visual Aceptable
M-E: Mal Estado
ND: No Detectado
NS: No Solucionado
Sol: Solucionado
NI- No Inspeccionado
ED: Evolución de Deterioro

De la Tabla 12 se extraen a manera de ejemplo dos de los principales deterioros que no han sido tratados adecuadamente desde su detección, y en donde las consecuencias sobre las estructuras se presentan podrían llegar a ser muy importantes.

EL primer caso es el del puente sobre la quebrada Salitral. Se había identificado y reportado deterioro de las juntas de construcción en los informes anteriores. Tal y como se puede observar de la Figura 44 a), el día de la evaluación visual en el año 2016 una de las juntas de construcción presentaba deterioro y pérdida de sección considerable, así como la falla transversal del acero longitudinal de la losa de concreto.

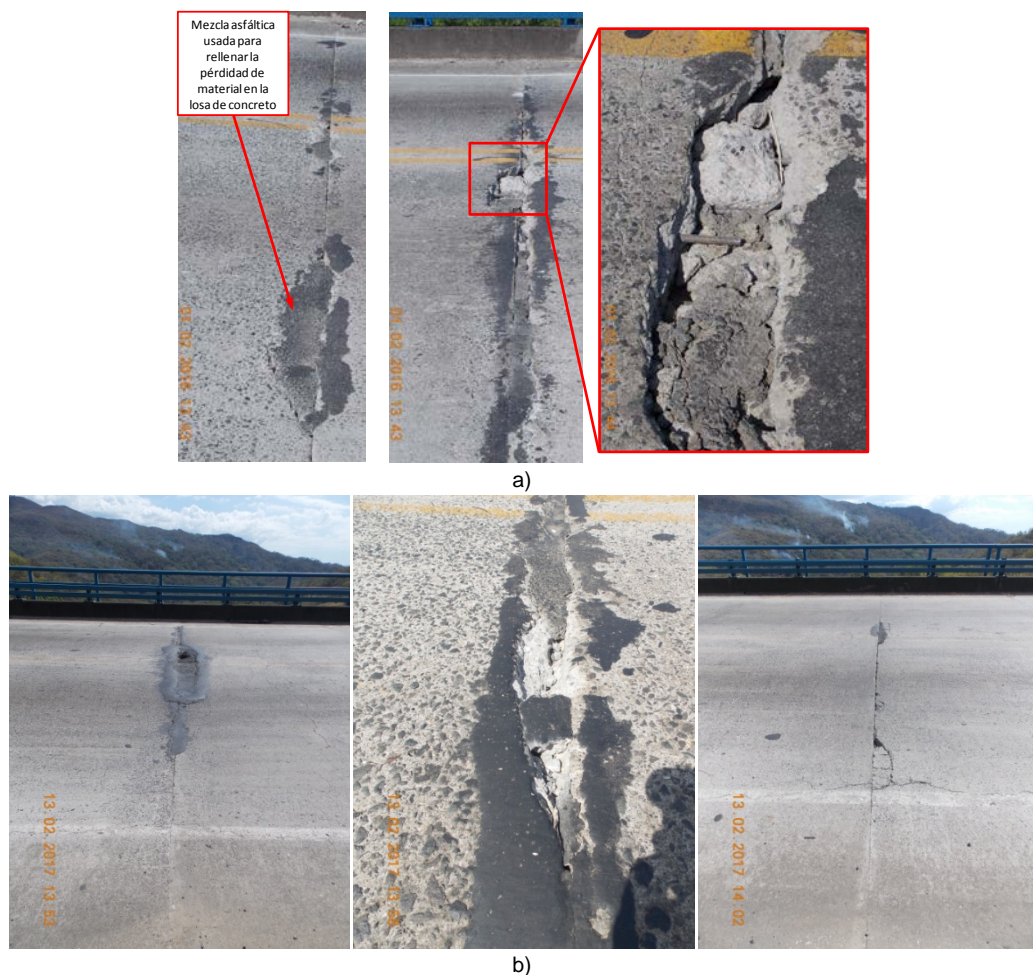


Figura 44: Puente sobre la quebrada Salitral. Deterioro de juntas de construcción a) año 2016; b) año 2017

En la Figura 44 b) se pudo observar que se sigue utilizando mezcla asfáltica para rellenar las zonas con pérdida de sección, método de intervención que restablece temporalmente la superficie de ruedo pero que no garantiza la integridad estructural de la losa y no protege al acero de refuerzo de las condiciones ambientales.

En la Figura 45 se presenta el caso de las juntas de construcción del puente sobre el Río Ciruelas las presentan deterioro similar al que presentó inicialmente el puente sobre la Quebrada Salitral, además de que ambas estructuras presentan un diseño similar, lo que podría significar que la evolución del presente deterioro llegue a las condiciones con las que cuenta actualmente éste último puente.

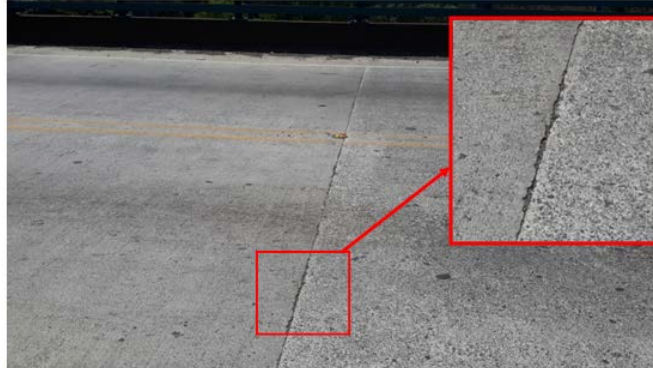


Figura 45: Junta de construcción abierta y con desprendimientos de concreto en los bordes

El otro ejemplo es el del puente sobre el río Virilla. En el caso de los apoyos del bastión noroeste, existe una tubería que vierte agua directamente sobre el mismo, esto a pesar de que el día de la visita no llovió. Debido a esto, uno de los apoyos se encuentra parcialmente cubierto de agua, mientras que el otro presenta gran cantidad de sedimentación que prácticamente cubre dicho dispositivo (Ver Figura 46). Como se puede observar de la Tabla 17, esta condición ya había sido reportada. La condición de los apoyos no garantiza su adecuado funcionamiento por lo que el deterioro observado aumenta la vulnerabilidad de la estructura de sufrir otros daños más serios ya sea por condiciones de servicio, últimas o extremas.

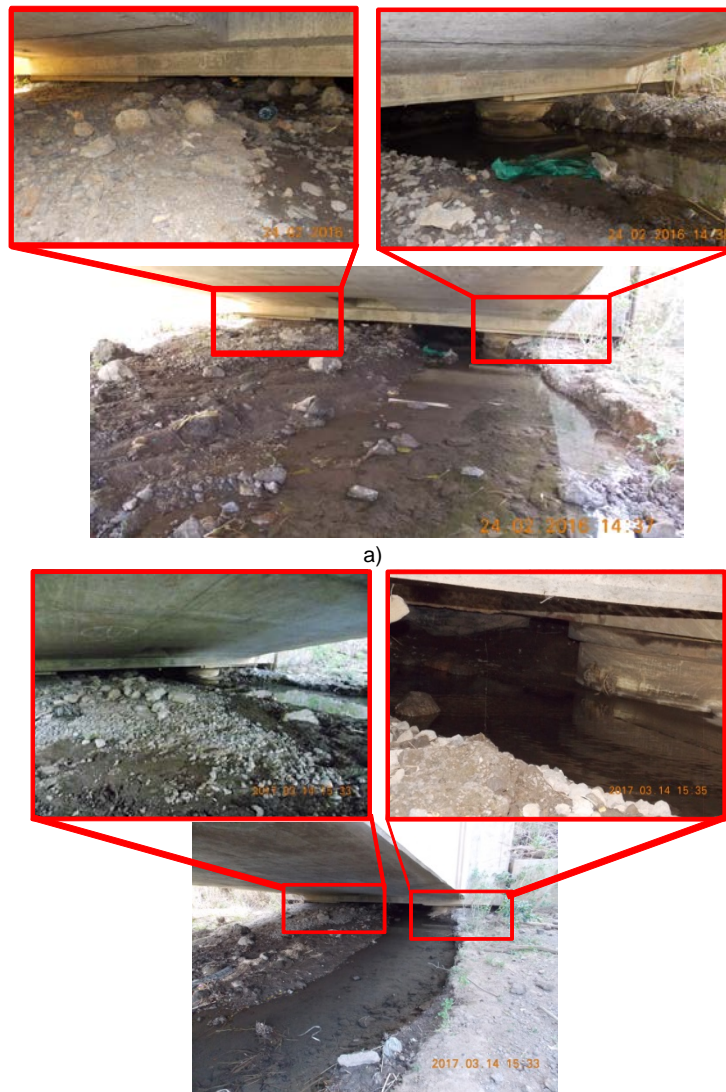


Figura 46 Puente sobre el río Virilla. Acumulación de sedimento en los apoyos del bastión noroeste. a) Condición año 2016; b) Condición año 2017



7. CONDICIONES GEOTÉNICAS Y SISTEMAS DE DRENAJE

Se visitaron y analizaron en detalle 6 sitios sobre la Ruta Nacional No. 27.

Estos puntos están ubicados específicamente en el tramo comprendido entre El puente de Río Segundo (km 18 + 000) y el km 73 + 000 (1.5 km después del Puente sobre Río Jesús María). Se analizaron taludes, evolución de deslizamientos, sistemas de drenaje, zonas de alteración hidrotermal, entre otras.

A continuación se detalla el análisis realizada a los 6 puntos de mayor afectación sobre la ruta.

7.1 Evaluación talud en estacionamiento 37+500

El talud de corte en el sentido San José - Caldera corresponde a lavas masivas con diferentes grados de alteración y familias de diaclasas, el cuenta con una protección superficial, constituida por una malla metálica y un manto geosintético. Con el paso de los años, tanto la malla metálica como el manto se han deteriorado en varios sectores, esta condición y el riesgo que representa para los usuarios, ha sido señalado por el LanammeUCR desde el año 2011, sin embargo el deterioro continúa avanzando y no se ha concretado ninguna acción para corregir esta situación. En la Figura 47 a) y b) se observa la condición actual del talud y el deterioro de la malla , con orificios que en algunos casos son mayores a un metro de diámetro, respectivamente. En la zona media y superior se observó una cantidad importante de material que no tiene un soporte adecuado, por lo que se considera propenso a caer en la carretera.

Es de esperar que con el inicio de la época lluviosa se desprenda más material, siendo el material fino y grueso que se desprende el que sature las cunetas y genere un problema adicional de estancamiento de agua. Por estas razones se recomienda considerar una intervención en el talud de forma tal, que el material propenso a caer sea estabilizado o removido y se instale una nueva protección acorde a la pendiente, altura y características del material a retener.



a)



b)

Figura 47 Talud de corte en estacionamiento 37+500 lado derecho

7.2 Evaluación talud en estacionamiento 38+600

En los últimos años las obras de estabilización en el km 38+600 han presentado deterioro acelerado y falla prematura. Las condiciones geológicas y geotécnicas particulares de este sitio han sido ampliamente estudiadas y presentadas por el LanammeUCR al Consejo Nacional de Concesiones mediante los siguientes siete informes:

- INF-PITRA-001-2013
- LM-PI-UGERVN-005-2013
- LM-PI-UGERVN-007-2013
- INF-PI-UGERVN-005-2014
- INF-PI-UGERVN-014-2014
- LM-PI-UGERVN-003-2015

- LM-PI-UGERVN-008-2015.

En el sector donde se ubica este talud, el cual no está cubierto por concreto lanzado, se ha observado caída de bloques y suelo que colmatan las cunetas al lado derecho de la vía (ver Figura 48). La caída de estos bloques, generado por la degradación de materiales afectados por el drenaje ácido de rocas, representa un peligro para la seguridad de los usuarios de la ruta. Cabe destacar que el sistema de contra cunetas en este sitio también está impactado negativamente por los procesos de drenaje ácido de roca.



Figura 48 Talud del estacionamiento 38+600

El Drenaje Ácido de Roca (DAR) que se produce en este talud, impacta negativamente y de forma directa al concreto lanzado, al acero de los anclajes y a la malla metálica de refuerzo con y sin recubrimiento polimérico. Estos materiales han sido colocados con el propósito de proteger la superficie de procesos erosivos generados por la escorrentía sobre el talud. Dicha escorrentía se ve favorecida por las pendientes superiores a 30 grados.

Actualmente, el sector más deteriorado del talud sigue siendo el sitio donde se dio el deslizamiento y la caída de concreto lanzado en agosto del 2015, el cual presenta nuevamente deterioro avanzado de los materiales colocados por el Concesionario a finales de ese mismo año. Es muy probable que con el inicio de la estación lluviosa del presente año 2017, aumente la pérdida de suelos finos alterados, así como la socavación del concreto y los bloques de roca alterada, esto puede producir caída de suelo, rocas y concreto sobre la vía, con el consecuente peligro para los usuarios. En la Figura 49 a) se muestra como en el talud en el sentido San José - Caldera presenta la malla con una pérdida severa, casi completa de la sección del acero (Figura 49 b)



a)



b)

Figura 49 Talud de corte LD estacionamiento 38+600.

En diferentes visitas realizadas a este sitio durante el año 2016 siempre se observaron los drenajes sub-horizontales saturados con sales y sedimentos (Figura 50 a)), lo que impide el adecuado funcionamiento de estos sistemas. La generación de sales y sulfatos se ve favorecida por el proceso de DAR que se está presentando en este lugar y que no han sido tratados adecuadamente. En los pocos drenajes sub-horizontales que están funcionando se hicieron mediciones de pH de las aguas (ver Figura 50 b)) y los resultados siempre mostraron valores muy bajos, lo que indica una alta acidez del agua.



a) b)
Figura 50 Sub-drenajes horizontales y mediciones de pH.

Debido al acelerado deterioro que presentan los materiales que se han utilizado para la estabilización y protección del talud, este laboratorio considera que las soluciones empleadas hasta el momento no responden a las condiciones agresivas del medio. El proceso de generación de drenaje ácido de roca como su mismo nombre lo indica, está dado por el drenaje de materiales con acidez muy alta. Las obras construidas en este sitio, no están tratando ni modificando de alguna forma el drenaje *per se* que baja por el talud.

Los trabajos realizados por el Concesionario expusieron aun más la superficie, lo que propicia la salida de agua por el frente del talud, aunado a que la malla que cubre una parte del talud, la cual es permeable, permite que se dé la oxidación de los minerales de sulfuro que dan origen al DAR. Actualmente no se está dando atención o tratamiento al problema del DAR de forma directa, por lo que el proceso de generación de ácido se sigue dando por debajo de la malla que se colocó en el sitio.

Otra evidencia de que el proceso de DAR continúa dándose en este sitio, además del daño visible en los materiales antes mencionados, es que se han formado mineralizaciones sobre la malla metálica colocada en el año 2015 (Figura 51 a)). Estas mineralizaciones corresponden con sales de sulfatos y yesos que se han observado anteriormente en sitios con procesos activos de DAR. Además se ha observado que en los pernos de anclaje también se está dando mineralizaciones de este tipo (Figura 51 b)), por lo que la presencia de estos minerales y la exposición al DAR genera la oxidación y corrosión de los materiales metálicos.



a) b)
Figura 51 Mineralización y oxidación de materiales en talud

Otro problema detectado en este sitio y que este laboratorio considera que se debe de atender lo antes posible es la acumulación de bloques de tamaño considerable en las partes altas y medias de la malla metálica. El desprendimiento de concreto lanzado, bloques de rocas y suelo se ha dado durante todo el año. La malla metálica ha servido como retenedor de estos materiales y ha evitado que caigan directamente en la vía (Figura 52). Sin embargo, en estos sitios no se realizan los trabajos de remoción de materiales y restitución de los anclajes de la malla después de estos eventos.



Figura 52 Acumulación de bloques de roca y de concreto en la malla metálica

Recomendamos realizar los estudios básicos, geológicos, geoquímicos y geotécnicos, que permitan caracterizar el sitio, diseñar y construir una solución específica para las condiciones presentes en este tramo de la carretera, que incluyan materiales aptos para las condiciones de acidez del medio.

7.3 Evaluación talud en estacionamiento 44+500

Al lado izquierdo de la carretera, en el sentido San José – Caldera se localiza un talud de relleno, el cual presentó deformaciones y desplazamientos en los años 2010 y 2011, viéndose afectado por el nivel freático, el cual influye en el comportamiento mecánico del relleno, como lo comentó INSUMA en su Informe 406B-12 INSUMA. Hace aproximadamente tres años el Concesionario realizó un movimiento de tierras en el relleno, construyó cunetas de concreto y realizó perforaciones para instalar drenajes sub-horizontales.

Desde finales del año 2016 y principios del 2017, se han observado nuevas deformaciones en la carpeta asfáltica (ver la siguiente figura), en la misma zona que en el pasado ha presentado asentamientos en el relleno.

Se recomienda evaluar nuevamente la evolución de los asentamientos, diseñar e implementar medidas que permitan limitar las deformaciones del relleno, de forma tal que se disminuya la afectación que se presenta periódicamente en la superficie de ruedo y se asegure la estabilidad del relleno en el largo plazo. Se debe considerar la proximidad de la época lluviosa y su efecto en el asentamiento del relleno.

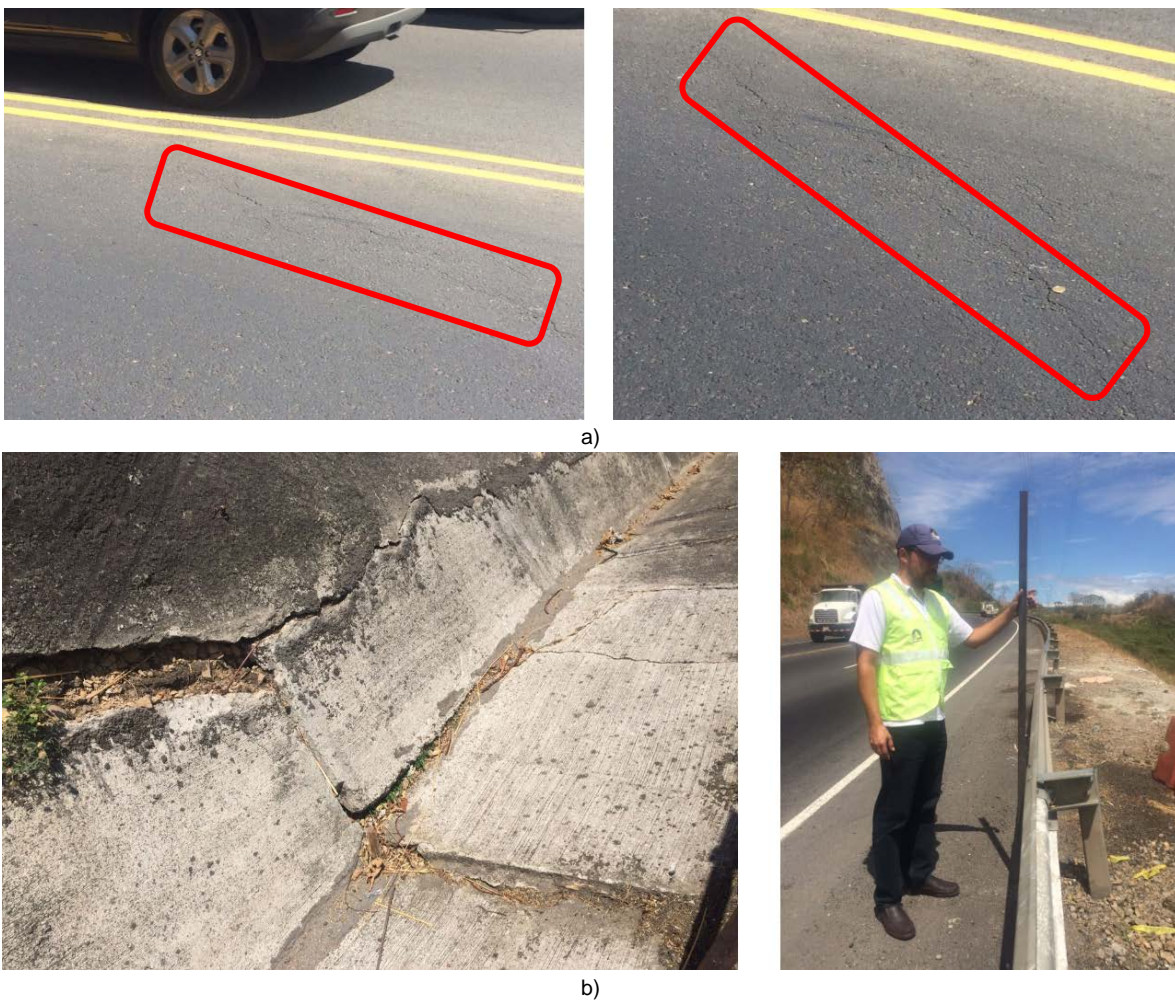


Figura 53 a) Deformaciones en la capa asfáltica, b) daños y deformaciones en la cuneta

7.4 Evaluación talud en estacionamiento 45+300

En este tramo se localiza un corte tipo cajón. Los taludes a ambos lados de la carretera han presentado en el pasado problemas por caída de suelo y rocas en la carretera. En varios puntos de este sector se ha observado durante años un deterioro acelerado del concreto y el acero colocado para la protección superficial del talud.

Recientemente los taludes a ambos lados de la ruta fueron intervenidos mediante la conformación de al menos tres bermas para la remoción de suelo y rocas (Figura 54 a)). En el talud del lado derecho (sentido San José – Caldera) fue colocado un manto para control de erosión con refuerzo de malla metálica. La condición que presentan actualmente se aprecia en la siguiente figura.



a)



b)

Figura 54 Taludes de corte estacionamiento 45+300.

Este Laboratorio ha demostrado que en este sitio se presentan las condiciones geológicas para que se genere DAR, producto de la exposición de minerales sulfurosos a la humedad y oxígeno por la realización de cortes para construir la carretera. Este proceso y su impacto negativo en el sitio fue comprobado por el LanammeUCR y comunicado al CNC



mediante el informe de fiscalización anual de esta ruta en concesión, emitido en el año 2015.

Las rocas que afloran en este sitio corresponden con lavas masivas, con familias de diaclasas y acumulación de sulfuros. La degradación acelerada de las rocas originales expuestas a las condiciones de DAR, así como el concreto lanzado que se había colocado en este sitio generó que se dieran problemas de erosión intensa, lo que provocó la caída de bloques de roca y concreto lanzado, impactando negativamente en la vía. En el sitio el concesionario realizó trabajos que buscan mejorar la estabilidad en los taludes, estos fueron principalmente cortes en el talud del lado izquierdo y colocación de anclajes y malla metálica del lado derecho.

En el caso del talud de corte del lado derecho, este ha presentado problemas por deslizamientos y caída de material en la carretera. La más reciente intervención consistió en remover una parte del suelo y las rocas para generar bermas intermedias, lo cual, según la geometría que presenta favorece la estabilidad del macizo. En la superficie del talud colocaron un manto sintético para control de erosión, el cual se considera apto para las condiciones del sitio. Sobre este manto instalaron una malla metálica, la cual, al pie del talud ya presenta zonas con un alto grado de corrosión del acero. El deterioro que presenta el acero se considera acelerado, tomando en cuenta el poco tiempo que ha estado colocado en el sitio (Figura 55).

El talud del lado izquierdo tiene ahora una geometría que parece más favorable desde el punto de vista de la estabilidad. Con la configuración actual el talud está más retirado de la carretera y la pendiente es menor, lo que normalmente favorece la estabilidad del talud y por ende la seguridad de los usuarios. Sin embargo, el corte realizado en el talud expone una nueva superficie de suelo y roca al agua y al oxígeno atmosférico, estos son elementos necesarios para que se pueda generar el DAR, el cual se volverá a presentar a no ser que se intervengan las reacciones químicas que los generan

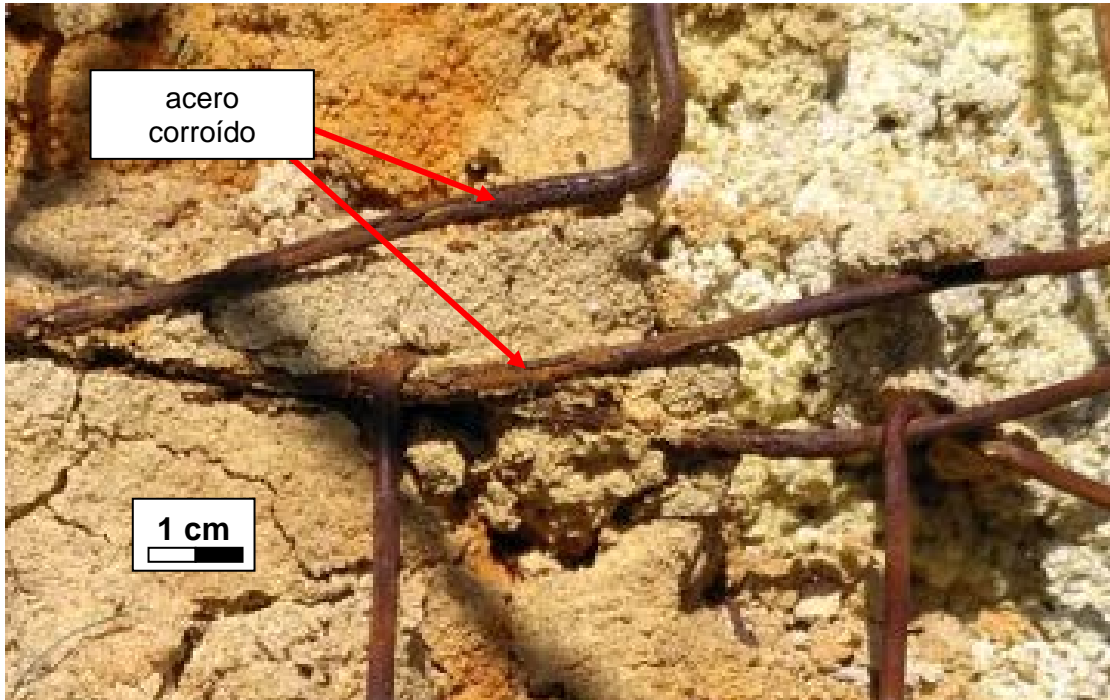


Figura 55 Deterioro de la malla en el talud de corte del lado derecho, estacionamiento 45+300.

El deterioro avanzado que presentan algunos sectores de la malla obedece a la exposición que está teniendo el acero al Drenaje Ácido de Rocas. Resulta evidente que, si no se interviene el sitio de forma tal que se logre disminuir significativamente la producción del DAR, los materiales como el acero y el concreto convencional verán reducida su vida útil significativamente, ya que son atacados fuertemente por la acidez del sitio.

Por lo tanto, se recomienda considerar el diseño e instalación de un sistema integral que logre reducir de manera significativa la producción de DAR en estos taludes, junto con una protección superficial que considere materiales aptos para las condiciones de acidez que se generan en este sitio. Se recomienda también considerar el diseño y construcción de obras para el manejo del agua de escorrentía en los sitios donde todavía no existen, con el fin de prevenir el deterioro superficial del talud por acción de la erosión, así como la caída de suelo y rocas en la carretera.

7.5 Evaluación talud en estacionamiento 47+000

En los taludes de la carretera localizados a ambos lados de este estacionamiento, también ha sido posible para el LanammeUCR comprobar la generación de DAR, y como quedó evidenciado en el informe LM-PI-05-2016, emitido en mayo del 2016.

En este sitio de corte de cajón se dio algo muy similar a lo ocurrido en el km 45. Al construir la carretera y hacer los cortes, se expusieron rocas que habían sido afectadas por alteración hidrotermal y que en el momento del corte presentaban gran contenido de minerales sulfurosos, al ser expuestas al oxígeno y humedad dio inicio a la generación de DAR, el cual continúa generándose actualmente, provocando grandes deterioros en el concreto que fue colocado en el talud del lado izquierdo, de tal forma que para la visita realizada en febrero del 2017 solo quedaban algunos pocos vestigios de ese concreto. En lo que respecta al concreto lanzado en el talud del lado derecho, presenta desde el año 2010 agrietamientos en varios sectores, propiciando que en el año 2013 el material de esos sectores tuviese que ser sustituido.

Para la visita realizada este año, tal como se observa en la Figura 56, en otras áreas del talud las grietas en el concreto continúan incrementándose. Es de esperar que en la época lluviosa el desplazamiento de los bloques de concreto lanzado aumente, debido al incremento en la presión hidrostática y la presión entre el macizo y el concreto, así como a la pérdida de finos.



a)



b)



c)

Figura 56 Talud 47+000 a) Patrón actualmente de grietas con mayor separación, lado derecho, b) Condición 2015, grieta de aprox. 1 cm de grosor, c) Condición 2017, grieta aprox. 3 cm



Es un hecho conocido el deterioro que provoca el DAR en el concreto lanzado y en el acero de refuerzo tal y como se indicó en el informe LM-PI-UGERVN-08-2015. Por lo tanto, es muy probable que el deterioro de estos materiales en este estacionamiento continúe avanzando, sobre todo durante la estación lluviosa.

Tomando en cuenta lo anterior, se recomienda considerar realizar una intervención en este talud, de forma tal que, mediante el diseño e instalación de un sistema integral que logre reducir de manera significativa la producción de DAR en estos taludes, junto con una protección superficial que considere materiales aptos para las condiciones de acidez que se generan en este sitio, se disminuya el riesgo para los usuarios de la carretera ante la eventual caída de suelo, rocas o concreto en la vía.

7.6 Evaluación de talud en estacionamiento 73+000

La sección de la carretera en este estacionamiento corresponde con un corte tipo cajón. El talud del lado izquierdo presenta crecimiento de vegetación y no muestra evidencia de caída reciente de suelo o rocas. El talud de corte del lado derecho no tiene cobertura vegetal y está expuesto a la acción de los agentes erosivos.

En este sitio, afloran rocas sedimentarias estratificadas y poco consolidadas. Esto genera que el material arenoso sea fácil de disgregar de los estratos por agentes erosivos como el agua y el viento. El principal deterioro que presenta el talud es ocasionado por la erosión de la superficie de la roca. Se ha observado caída constante de partículas de tamaños de arena y grava. Esto provoca que cada cierto tiempo, bloques de roca de mayor tamaño pierdan el soporte y por gravedad caigan al pie del talud o sobre la carretera.

Actualmente existe una zona en la parte alta del talud en la que se localizan bloques de tamaño disimétrico, en los cuales se perdió parcialmente el estrato que les da sustento, por lo tanto, recomendamos considerar realizar una intervención en la parte alta del talud, de forma tal que estas rocas sean removidas y se disminuya el riesgo por caída de rocas para los usuarios.



Figura 57 Vista del talud al lado derecho del estacionamiento 73+000.



8. CONCLUSIONES

8.1 Conclusión General

Según se establece en el artículo 5 de la Ley No. 8114 de 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 técnico que se enmarca dentro de las funciones de fiscalizador que la citada ley le confiere al LanammeUCR.

El análisis integral del pavimento, en la sección de la troncal principal, debe realizarse tomando en consideración la influencia de una serie de aspectos que afectan, en mayor o menor medida, la calidad general del proyecto. Se debe tomar en consideración la calidad de los materiales utilizados, es decir, el diseño de la mezcla asfáltica, 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. Ninguno de estos aspectos 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.

Los análisis realizados revelan que el proyecto cuenta en general con una muy buena capacidad estructural y una condición funcional calificada como regular. Los resultados revelan un incremento de alrededor un 9% de la longitud en condición regular en relación con los resultados obtenidos en el año 2015 tal como se muestra en el apartado 3.5b *Evaluación con el perfilómetro láser superficial*, disminuyendo la presencia de la condición Muy Buena y Buena en ambos sentidos

Con respecto a la resistencia al deslizamiento medido con el equipo Grip Tester, en comparación con el año 2015, se presenta una tendencia a la mejora de este indicador en el sentido San José - Caldera, puesto que ha disminuido las zonas con condiciones Muy Deslizante y Deslizante, adicionalmente se logró detectar un incremento de los tramos que migraban a la condición de Poco Deslizante, siendo la condición del sentido Caldera – San José la que aún presenta mayores porcentajes con niveles bajos de agarre superficial, aunque cabe destacar que presentó una mejora considerable en el aumento de zonas Poco Deslizantes.

A pesar de lo indicado anteriormente, no se puede dejar de lado que se han disminuido las zonas que presentan condiciones Deslizantes y Muy deslizantes, pero aún se cuenta con porcentajes altos de la longitud de la troncal principal en condición Deslizante y muy Deslizante como se indica en el apartado 3.5c *Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial* (42% y 59% para los sentidos San José - Caldera y Caldera -



San José, respectivamente), siendo estas las zonas que presentan mayor probabilidad al deslizamiento cuando se expone a condiciones de lluvia. Los resultados obtenidos con el Mu-Meter (equipo que especifica el contrato) muestra que la troncal principal se encuentra dentro de las especificaciones indicadas en el contrato.

El LanammeUCR desde el año 2015 ha consignado en el informe INF-PI-UGERVN-05-2016, las especificaciones presentes en el Contrato de Concesión de Obra Pública con Servicios Públicos de la Carretera San José - Caldera, en el apartado 2.15.2 *Indicadores para Pavimento Asfáltico, inciso f. Resistencia al resbalamiento (m) pág. 117*, no son apropiadas para poder evaluar desde el punto de vista técnico, la resistencia al deslizamiento, ya que este equipo no se ve afectado por los cambios de pendiente de la carretera como se puede apreciar en el apartado 3.3.b.1 *Análisis de resultados de la evaluación de la resistencia al deslizamiento. Mes de agosto del 2016* del presente informe.

En términos generales y a partir de los indicadores analizados, se puede obtener una Nota de Calidad con la que se puede conocer la condición de la vía, la cual está presentando un lento pero constante deterioro, pasando de 56 km aproximadamente en el año 2015 a 50 km en el 2016 en categoría de Q1, incrementando el porcentaje de superficie con nota de calidad Q2, lo que representa un aumento de 4 km en la longitud del proyecto con esa categoría.

En relación con la evaluación hecha a las radiales, 3 de las 4 radiales presentan un estado muy deficiente respecto a la condición estructural, lo que las ubica como candidatas a Rehabilitación Mayor en la mayoría de los tramos analizados. Únicamente la Radial a Escobal se presenta como candidata a mantenimiento preventivo.

En términos generales, el proyecto presenta una leve mejora en su capacidad estructural, ya que con respecto al año 2014-2015, en promedio ha mejorado cerca de un 5%, de igual manera, se ha detectado un aumento, en comparación con el año 2014, de alrededor un 3% de la longitud con irregularidades entre condición Deficiente y un 1% en condición Muy Buena. Los niveles de deterioro mostrados en el año 2014, tanto en la parte estructural como funcional, aún mantienen al proyecto en una condición aceptable, sin embargo, deben procurarse mantener planes de mantenimiento y refuerzo, tomando en consideración la tasa con que ha venido aumentando el deterioro, lo cual se ve reflejado en los modelos de deterioros presentados en este informe. Además, la importancia de llevar un mejor control de deterioros que, según lo indicado en el contrato en la sección 2.15.2 "Indicadores para Pavimento Asfáltico" apartado h) Apretamiento en relación con la presencia de exudación, no debieran presentarse a lo largo de la explotación del proyecto, condición que no se está cumpliendo, presentándose un incumplimiento a las condiciones del contrato.

En relación a los puentes evaluados en la visita realizada el pasado mes de febrero se identificaron 2 daños comunes en todos los puentes mayores, agrietamiento generalizado en una y dos direcciones en la superficie superior de las losas de concreto y falta de



mantenimiento en los apoyos móviles, situación que se mantiene a pesar de las recomendaciones indicadas en el informe de evaluación presentado en el año 2015.

8.2 Conclusiones Específicas

8.2a. Sobre la condición estructural

Los resultados de la deflectometría de impacto revelan un pavimento que mantiene una buena capacidad estructural en gran parte de la longitud del ramal principal del proyecto.

Se detectó que las radiales continúan con la urgente necesidad de que se realicen intervenciones prontas que permitan mejorar su condición estructural, ya que presentan deflexiones entre altas y muy altas, revelando la presencia de una estructura débil para soportar las cargas de tránsito que pasan por estas.

8.2b. Sobre la condición funcional

Cerca de un 35% de la troncal principal es calificada con valores donde la calidad de manejo es inferior a la de los pavimentos nuevos, y pueden presentar problemas para altas velocidades de tránsito, aumentos en los costos de operación vehicular y disminución de la durabilidad del proyecto al aumentar el número de cargas dinámicas sobre el pavimento. Los defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamiento, parches y agrietamiento. Lo que indica que según los parámetros internacionales su condición se encuentra en una condición "Buena".

Se midió un incremento de un 9% en el Sentido San José - Caldera en la categoría Regular respecto al año anterior y un aumento del 5% en esta misma categoría en el sentido Caldera - San José.

Las radiales a Turrucare y Escobal presentan los valores más altos en su condición funcional, ubicándolos entre en la categoría de Regular (1.9 y 3.6 m/km), condición que requiere atención por parte del concesionario para brindar mantenimiento preventivo. La radial Atenas presenta una leve disminución en la categoría Deficiente, en comparación con las demás radiales

8.2c. Sobre la resistencia al deslizamiento como parámetro de seguridad vial

Los resultados de la evaluación de la resistencia al deslizamiento obtenidos con el Grip-Tester revelan que existe un disminución de zonas de peligrosidad alta y media por los bajos coeficientes de rozamiento. Hubo una disminución considerable de zonas Poco Deslizantes pasando de un 9% en el 2015 a un 40% en el 2016 en el sentido Caldera - San José. En varios estudios de accidentes a nivel internacional se ha llegado a demostrar que las rutas con pavimento deslizante aumenta la probabilidad de incidencia en accidentes de tráfico. Debido a esto, y en perspectiva dentro de un proyecto con velocidades de circulación superiores a los 90 km/h y en condiciones de humedad superficial, es donde las secciones denominadas como "deslizantes" o "muy deslizantes" toman una ponderación mayor en el aspecto de seguridad vial.



Se realizó la medición de este parámetro con el Mu-Meter, el cual también brinda un valor de resistencia al deslizamiento. Con este equipo se puede determinar que, según los rangos planteados en el contrato, los cuales no se apegan a los criterios que utiliza este equipo para evaluar este factor y que además el fabricante hace la recomendación de que el mismo está orientado a evaluar pistas de aeropuertos, se obtiene que la troncal principal cumple con los valores de referencia estipulados en el contrato.

La evaluación a las radiales con el Grip-Tester reveló que éstas presentan una condición con alta probabilidad al deslizamiento, lo que a su vez aumenta la posibilidad de que ocurran accidentes por poca fricción entre la llanta y el concreto asfáltico.

Contrario a los valores obtenidos con el Grip-Tester, la evaluación realizada con el Mu-Meter reveló que todas las radiales cumplen con los rangos establecidos en el contrato, a excepción de la Radial a Turrúcares que no cumple en un 50% de su longitud.

8.2d. Sobre los deterioros superficiales de la mezcla asfáltica

El proceso de auscultación visual por medio del equipo de cámaras digitales georreferenciadas, permite realizar un análisis de los deterioros superficiales encontrados en el proyecto. Se pudo detectar que en comparación con el área total de deterioro en años anteriores, la presencia de estos se ve distribuida, predominando siempre el Bacheo, Piel de lagarto, Desprendimiento de agregados y Exudación.

En comparación con el porcentaje de área deteriorada en el año 2015, se dio un incremento de un 5% del área afectada por Bacheo en el 2016; caso similar ocurrió con el desprendimiento de agregado. Cabe destacar que ha habido un incremento considerable en la presencia del deterioro tipo Exudación, principalmente en el Tramo II, siendo un deterioro que no debiera estar presente en este proyecto.

En lo que respecta a las barreras laterales flexibles, se ha detectado un aumento de "Flex Beam" deformadas por posibles impactos vehiculares en ambos sentidos, ya que en el sentido San José - Caldera se detectaron 17 puntos, y en el sentido Caldera - San José se presentan 16 sitios. En todos los sitios encontrados con barreras deformadas hay presencia de la categoría "Deslizante" y "Muy Deslizante" con respecto al coeficiente de agarre superficial, lo que indica la necesidad de atender las zonas deslizantes para colaborar en disminuir la probabilidad de la ocurrencia de accidentes.

8.2e. Sobre el estado de las radiales.

Los resultados obtenidos para la condición estructural presentan valores críticos, que indican una estructura con reducida capacidad estructural en las radiales de El Coyol, Turrúcares y Atenas, requiriendo especial atención para aplicar técnicas de rehabilitación mayor.

Desde el punto de vista funcional, todas las radiales presentan condición entre baja y regular, lo que brinda mayor confort y seguridad al usuario, mientras que desde el punto



de vista de agarre superficial usando el Grip-Tester, todas presentan en su mayoría una condición deslizante, aumentando la probabilidad de accidentes.

Al combinar los tres parámetros indicados anteriormente se pueden obtener las notas de calidad Q, las cuales permiten definir estrategias de intervención necesarias, definiendo para las radiales de El Coyol, Turrúcares y Atenas la necesidad de realizar una Rehabilitación Mayor a un corto plazo y para el caso de la radial a Escobal realizar obras de mantenimiento preventivo.

Con respecto a la presencia de deterioro superficial en la radial a el Coyol, Turrúcares y Atenas se detectó una predominancia del área afectada por Piel de Lagarto en comparación.

8.2f. Sobre los Modelos de Deterioro

Los resultados obtenidos del análisis hecho al PSI para determinar la envolvente de la curva de deterioro de la troncal principal mostraron que el sentido San José - Caldera presenta un deterioro progresivo pero de forma leve en los primeros 5 años de evaluación, siendo un comportamiento esperado para proyectos de este tipo. En su contraparte, en el sentido Caldera - San José se observa un deterioro más acelerado, pero con intervenciones oportunas que mejoran la condición de cada tramo.

Se desarrollaron 8 modelos de deterioro basados en la variable IRI para calcular el Índice de Serviciabilidad Presente, de donde se desprende que en los tramos 1 y 3 en el sentido San José - Caldera y 3 y 4 Caldera - San José, tendrán un valor de PSI igual a 3 en un periodo de entre 16 y 19 años. En los demás casos, se proyecta que se requiere de un plazo mayor a 19 años para que se requiera de una intervención mayor.

8.2g. Sobre el estado de los taludes y terraplenes adyacentes a la ruta

En las inspecciones realizadas se identificaron varios taludes de la Ruta Nacional No.27 con condiciones de estabilidad y erosión que ameritan intervención por parte del concesionario de la carretera.

Requieren especial atención los tramos que presentan alteración hidrotermal, sobre todo aquellos sectores en los cuales el concreto lanzado sobre los taludes está degradado por esta condición. El potencial desprendimiento del concreto representa un peligro para los usuarios de la vía.

Existen tramos que presentan condiciones de tipo de suelo, altura y pendiente que los hacen muy susceptibles a la erosión por acción de la lluvia. De no tomarse medidas en el corto plazo, el deterioro puede derivar en deslizamientos con el consecuente peligro para los usuarios de la vía.

8.2h. *Sobre la evaluación de puentes mayores ubicados en la troncal principal*

Se identifican 2 daños comunes a todos los puentes mayores de la Ruta 27, los cuales son:

- a. Agrietamiento generalizado en una y dos direcciones en la superficie superior de las losas de concreto, con desprendimientos en algunos casos y en otros incluso con acero de refuerzo expuesto, a pesar de eso, no se observaron medidas de mantenimiento o correctivas tendientes a evitar el deterioro progresivo de estas losas.
- b. Falta de mantenimiento en los apoyos móviles, también conocidos como amortiguadores o dispositivos de bloqueo sísmico; esto por la cantidad de sedimentos acumulados e indicios de corrosión en los pernos de anclaje, y deterioro general del sistema de protección de pintura. El adecuado funcionamiento de estos mecanismos es esencial para el desempeño estructural en condiciones de servicio y condiciones extremas de los puentes, por lo que el estado actual de los mismos puede provocar daños en los otros componentes de estas obras.

Es importante resaltar que los puentes sobre Quebrada Salitral y Río Virilla son los que presentan la peor condición de las losas de concreto, ya que el primero presenta acero de refuerzo fallado por fatiga.

Los demás puentes presentan una fuerte evidencia de falta de mantenimiento tanto periódico como preventivo.

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:

- 9.1a. *Sobre la evaluación funcional, estructural, resistencia al deslizamiento y de deterioro superficial del proyecto*
- Ordenar al Concesionario 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.
 - Revisar los estándares de calidad y mantenimiento del proyecto, puesto que al realizar el análisis de modelos de deterioro se detectó que en algunos casos se refleja la realización de intervenciones importantes para mejorar el índice de condición superficial (IRI) por la presencia de deterioro acelerado, por lo que se debe considerar exigir al concesionario las acciones preventivas correspondientes que garanticen al Estado Costarricense obtener un proyecto de altos estándares al final del periodo de concesión.



9.1b. *Sobre la evaluación de las radiales*

- Realizar una intervención mayor (Rehabilitación) inmediata de las radiales que presentan condiciones estructurales críticas para extender su vida de servicio.
- Implementar un programa de mantenimiento rutinario a la radial que cuenta con una adecuada condición estructural, funcional y de seguridad vial evitando que presente un deterioro prematuro y acelerado.

9.1c. *Sobre los Modelos de Deterioro*

Dado que el tiempo de la concesión es por 25.5 años, se recomienda solicitar a la concesionaria implementar políticas de mantenimiento que garanticen al final del periodo de la concesión una carretera con índices de serviciabilidad entre 4 y 4.5, garantizando un excelente Nivel de servicio en lo que resta del periodo

9.1d. *Sobre el estado de los taludes y terraplenes adyacentes a la ruta*

- Revisión de las condiciones que presentan los taludes y obras de contención indicados en este informe.
- Para el talud en el estacionamiento 37+500, Recomendamos realizar los estudios básicos, geológicos, geoquímicos y geotécnicos, que permitan caracterizar el sitio, diseñar y construir una solución específica para las condiciones presentes en este tramo de la carretera, que incluyan materiales aptos para las condiciones de acidez del medio.
- En el talud del estacionamiento 44+500, evaluar nuevamente la evolución de los asentamientos, diseñar e implementar medidas que permitan limitar las deformaciones del relleno, de forma tal que se disminuya la afectación que se presenta periódicamente en la superficie de ruedo y se asegure la estabilidad del relleno en el largo plazo.
- Para el talud del estacionamiento 45+300, considerar el diseño e instalación de un sistema integral que logre reducir de manera significativa la producción de DAR en estos taludes, junto con una protección superficial que considere materiales aptos para las condiciones de acidez que se generan en este sitio.
- En el talud del estacionamiento 47+000, recomienda considerar realizar una intervención en este talud, de forma tal que, mediante el diseño e instalación de un sistema integral que logre reducir de manera significativa la producción de DAR en estos taludes, junto con una protección superficial que considere materiales aptos para las condiciones de acidez que se generan en este sitio, se disminuya el riesgo para los usuarios de la carretera ante la eventual caída de suelo, rocas o concreto en la vía.
- Para el talud en el estacionamiento 73+000, considerar realizar una intervención en la parte alta del talud, de forma tal que estas rocas sean removidas y se disminuya el riesgo por caída de rocas para los usuarios.



9.1e. *Sobre la evaluación de puentes mayores ubicados en la troncal principal*

- Es necesaria una evaluación estructural y funcional más profunda por parte de la Administración que determine el origen, y sus posibles consecuencias, para efectuar la reparación más efectiva que necesiten los cinco puentes mayores.
- Implementar un plan sistemático de operación, mantenimiento rutinario por parte de la concesionario y un plan de rehabilitación de los puentes por parte de la Administración; dado que se evidencia la reparación de aquellos aspectos que ponen en riesgo inmediato al usuario y a la obra (actitud pasiva). Por lo que se recomienda tomar una actitud preventiva de tal manera que los deterioros sean localizados en un tiempo corto, para evitar su propagación y así minimizar el costo de las reparaciones y posibles problemas contractuales que puedan generar el cierre parcial o total de estos puentes en una ruta tan importante para la economía nacional, como lo es la Ruta Nacional 27.
- Dado el deterioro presente en los principales puentes evaluados, se recomienda a la Administración tomar las medidas necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de estas estructuras en beneficio de los usuarios y prevenir que se interrumpa la explotación de la concesión de esta vía, pudiendo representar costos de indemnización por parte del Estado a la empresa concesionaria.



Bibliografía

- American Association of State Highway Transportation Officials. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 6th Edition.
- 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.
- ASTM E 867. (2006). *Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems*.
- 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.
- 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.
- De Solminihac, H., Salsilli, R., Kohler, E. & Bengoa, E. (2003). *Analysis of Pavement Serviceability for the AASHTO Design Method: The Chilean Case*. Santiago, Chile.
- Dujisin, D. & Arroyo, A. (1995). *Desarrollo de una Relación Índice de Serviciabilidad Índice de Rugosidad Internacional (IRI)*. Comisión de Diseño y Evaluación De



- Pavimentos*, Corporación de Desarrollo Técnico (CDT), Cámara Chilena de la Construcción. Santiago, Chile.
- 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.
- Huang, Y. (1998) *Pavement Analysis and Design* Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. Estados Unidos de América.
- Hveem, F M. & Carmany R. M. (1948). *The Factors Underlying the Rational Design of Pavements*. Highway Research Board, Vol 28, pp 101-136. Estados
- INSUMA, Ingenieros y Geólogos Consultores, 2012. Estudio Geotécnico Carretera San José Caldera, Rellenos entre las estaciones 44+260 y 44+540
- 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 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.
- 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.
- Piedra Rodríguez, Jonathan. *Coefficiente de fricción de las carreteras nacionales en Costa Rica*, Proyecto final de graduación, año 2007, 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.
- Ruiz, P., Araúz, A., García, J., Villalobos, G., Sedó, A & Suáres, 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.
- 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.

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.



Anexo I: Resultados obtenidos Deflectómetro de Impacto

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.

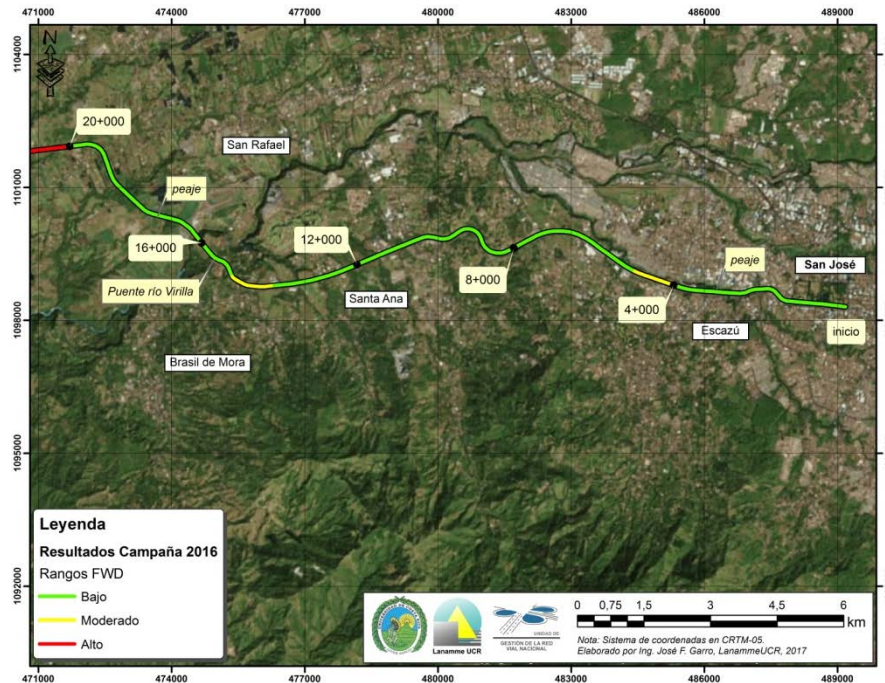


Figura A1 1 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 - 20+000

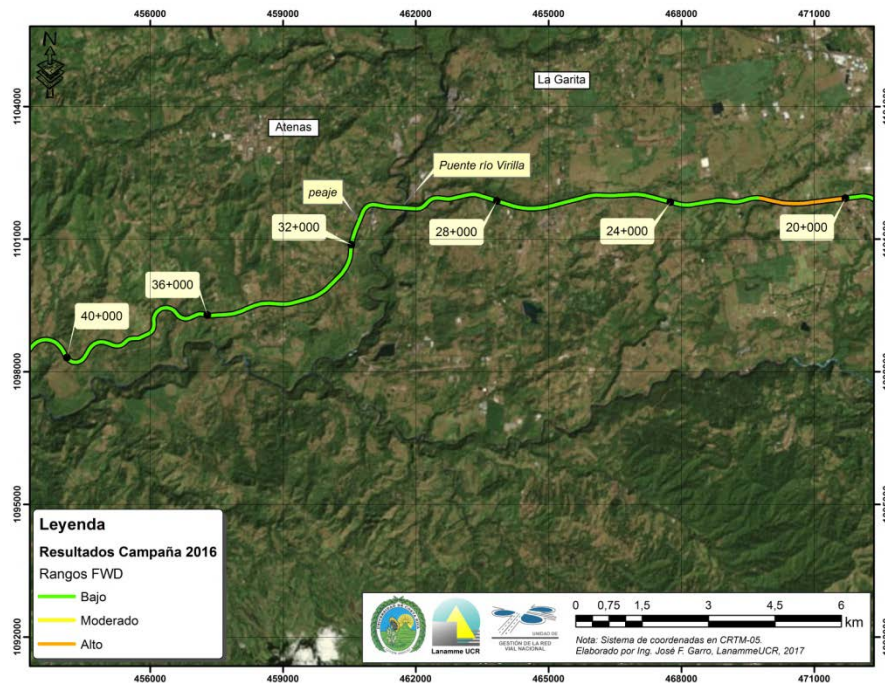


Figura A1 2 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 06+000 - 40+000

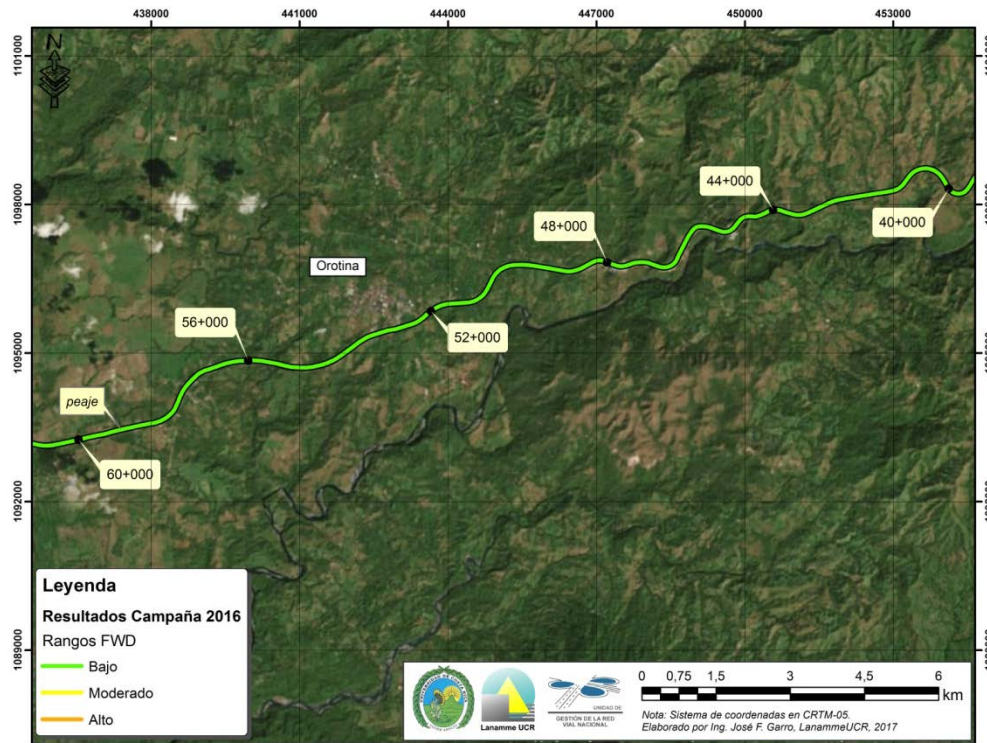


Figura A1 3 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 40+000 - 60+000

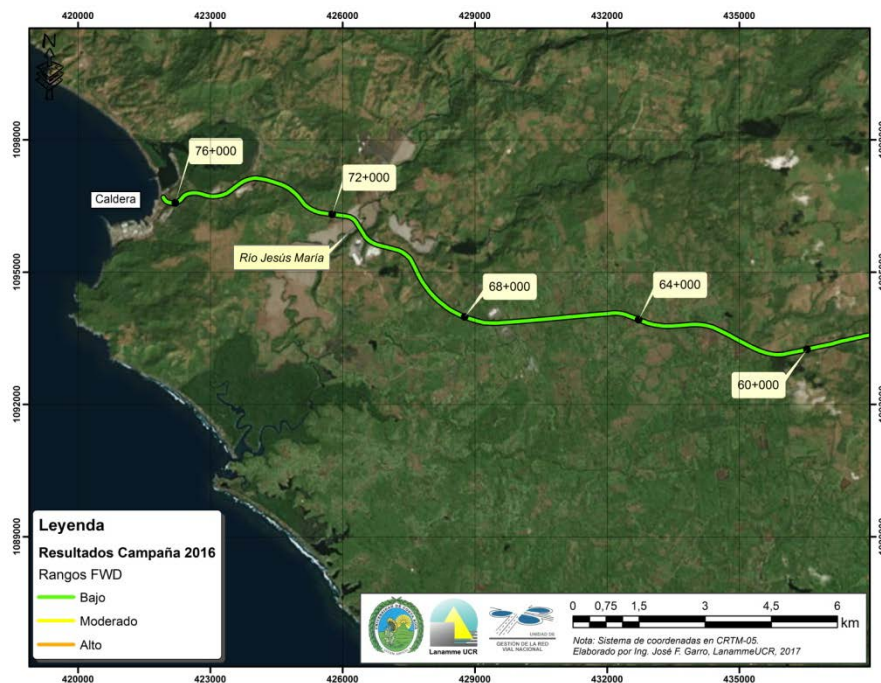


Figura A1 4 : Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 60+000 - 76+000

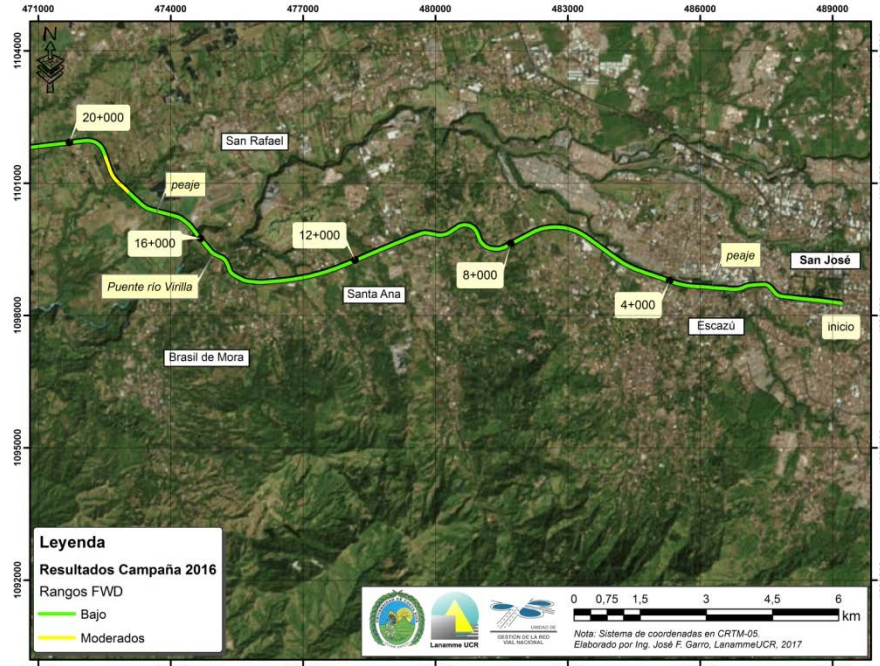


Figura A1 5 Resultados FWD,. Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000

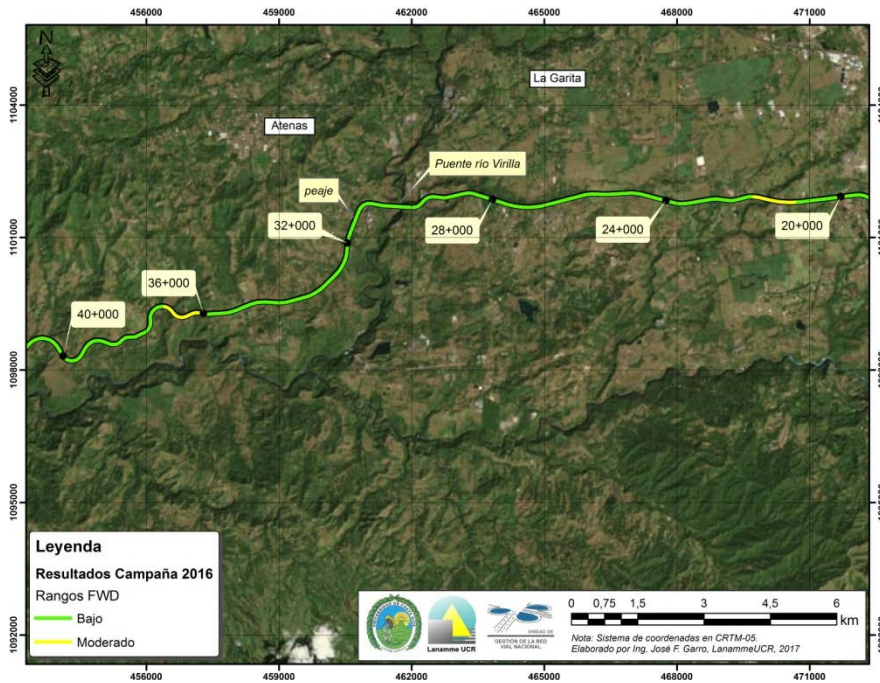


Figura A1 6 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 20+000 - 40+000

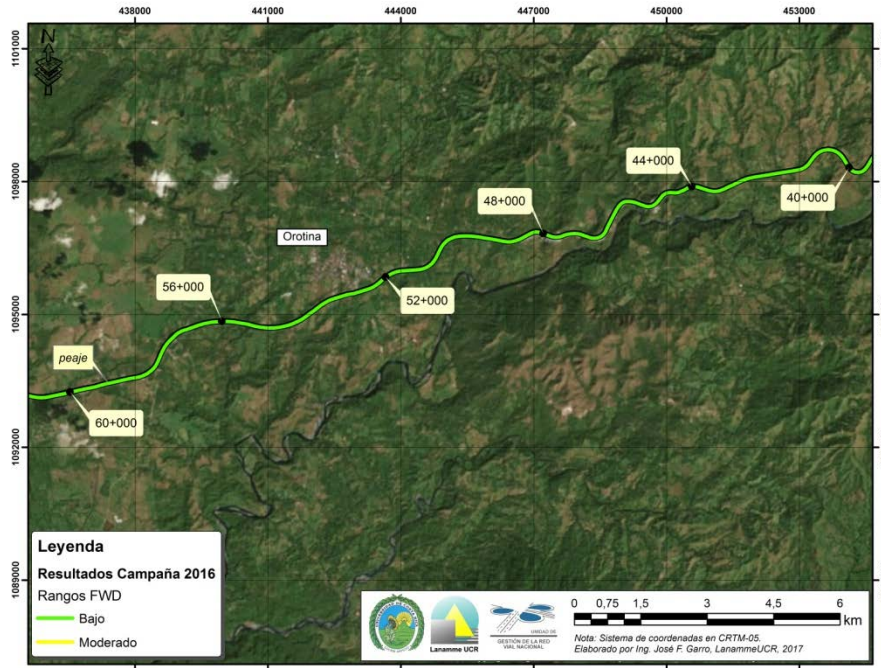


Figura A1 7 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 40+000 - 60+000

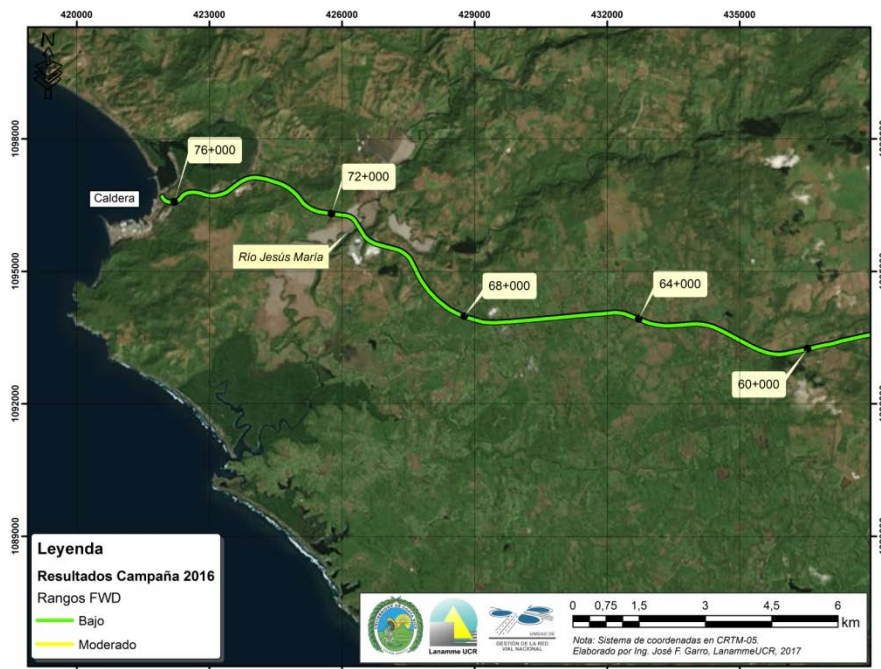


Figura A1 8 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 60+000 - 76+000



Anexo II: Resultados obtenidos Perfilómetro Láser

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.

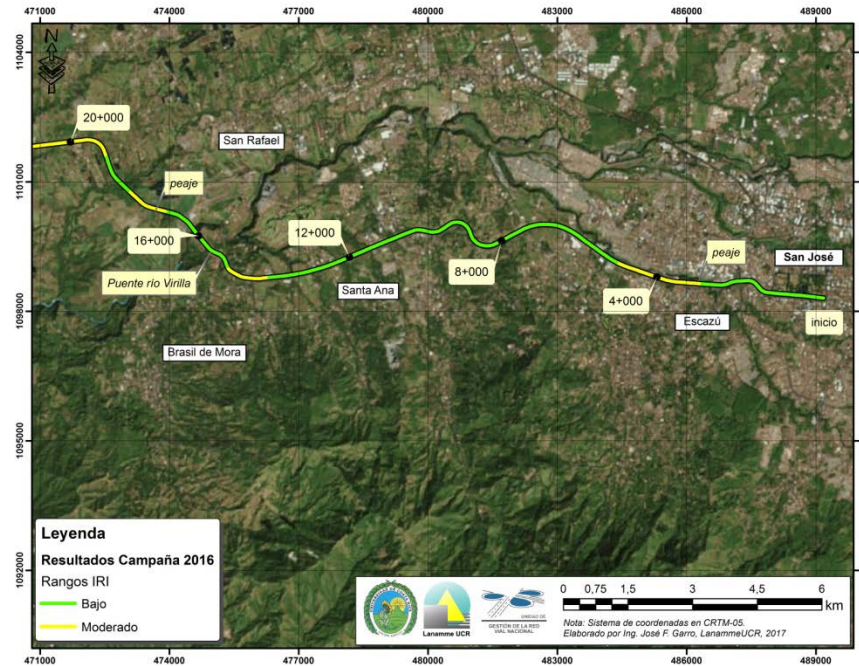


Figura A2 1 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 - 20+000

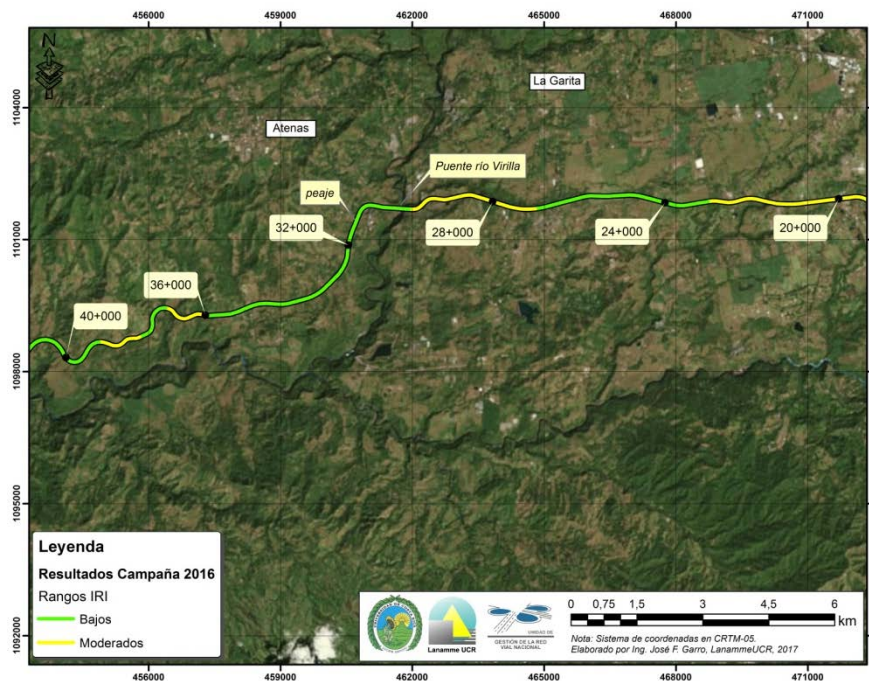


Figura A2 2 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 20+000 - 40+000

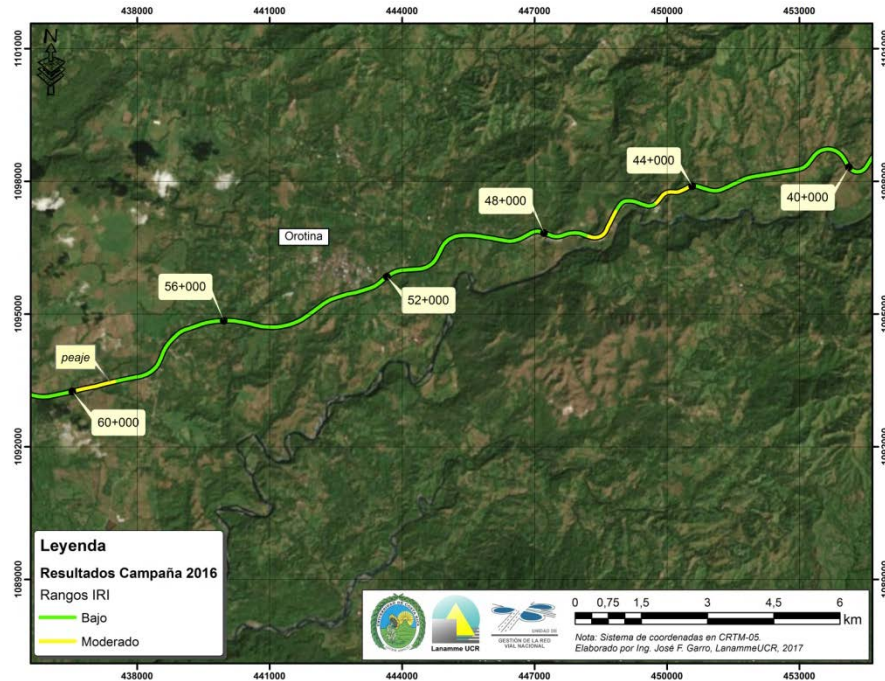


Figura A2 3 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 40+000 - 60+000

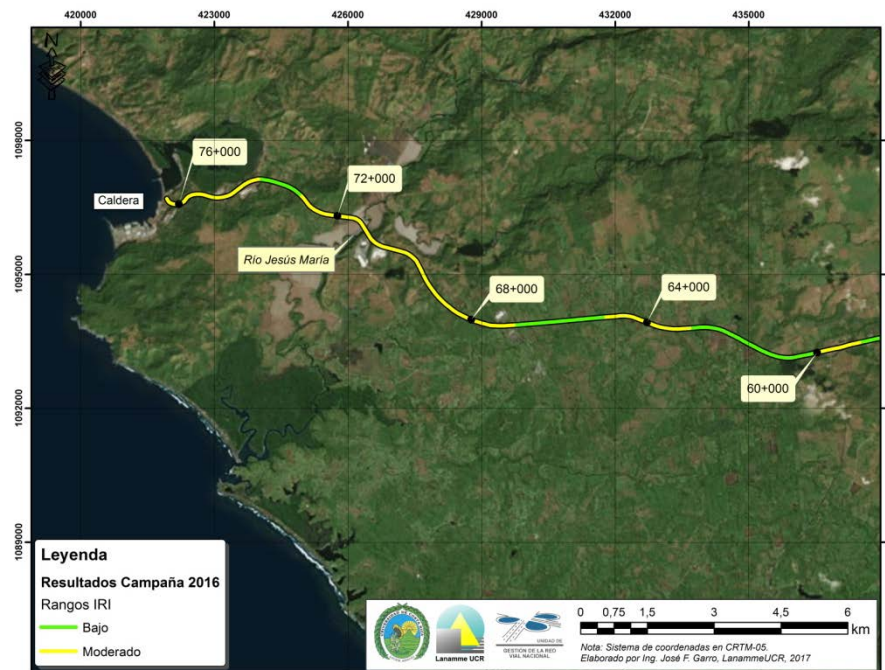


Figura A2 4 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 60+000 - 76+000

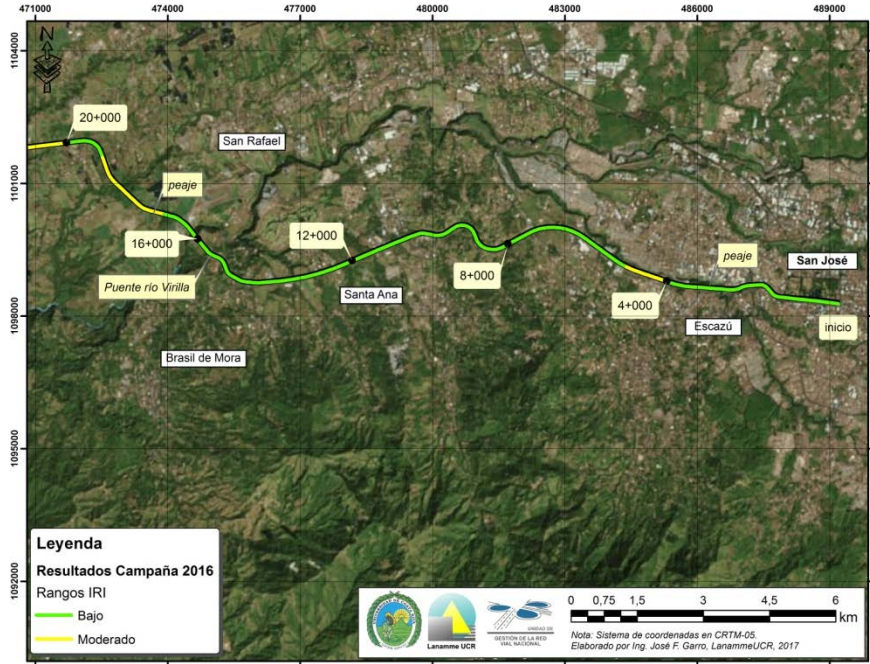


Figura A2 5 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000

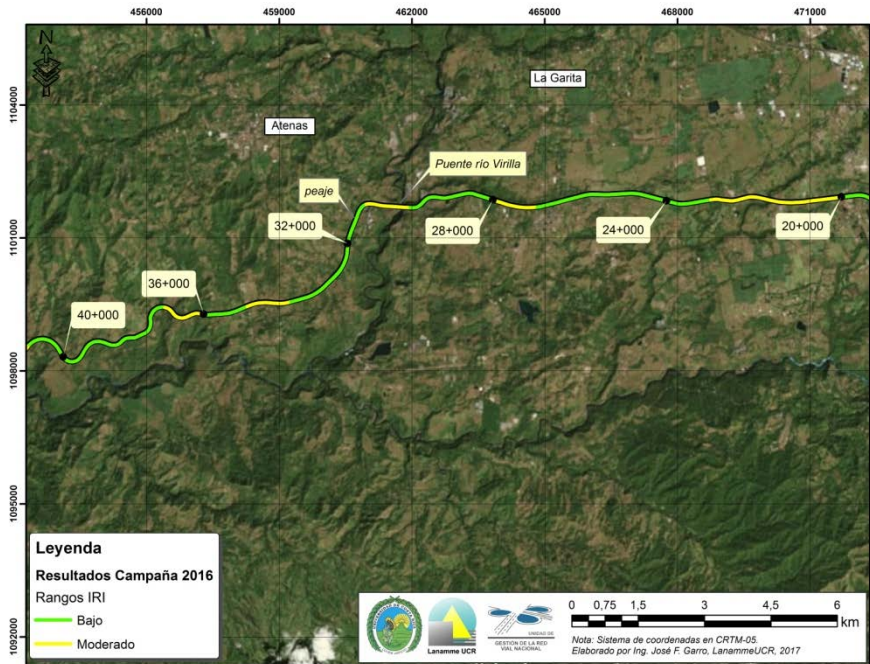


Figura A2 6 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 20+000 - 40+000

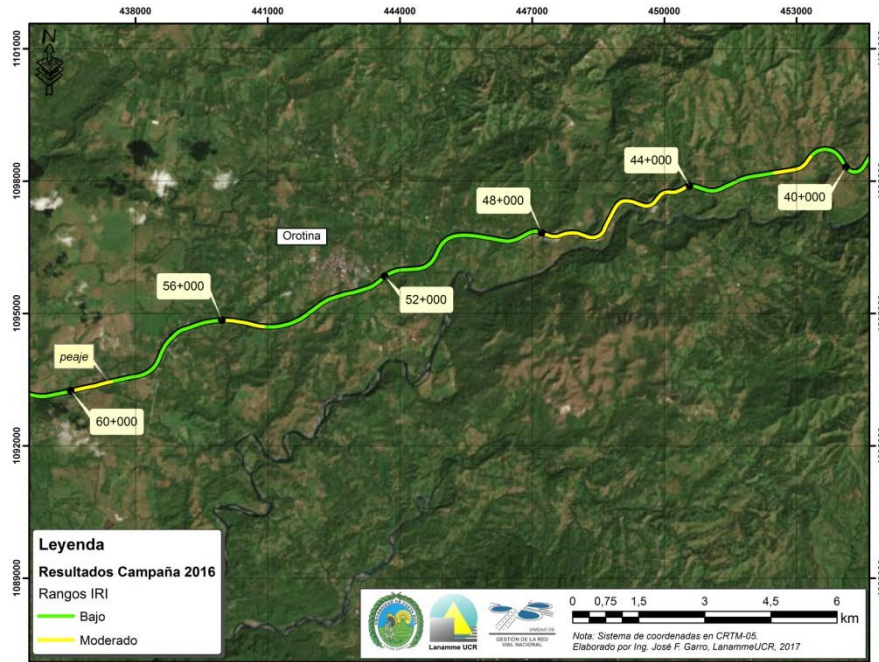
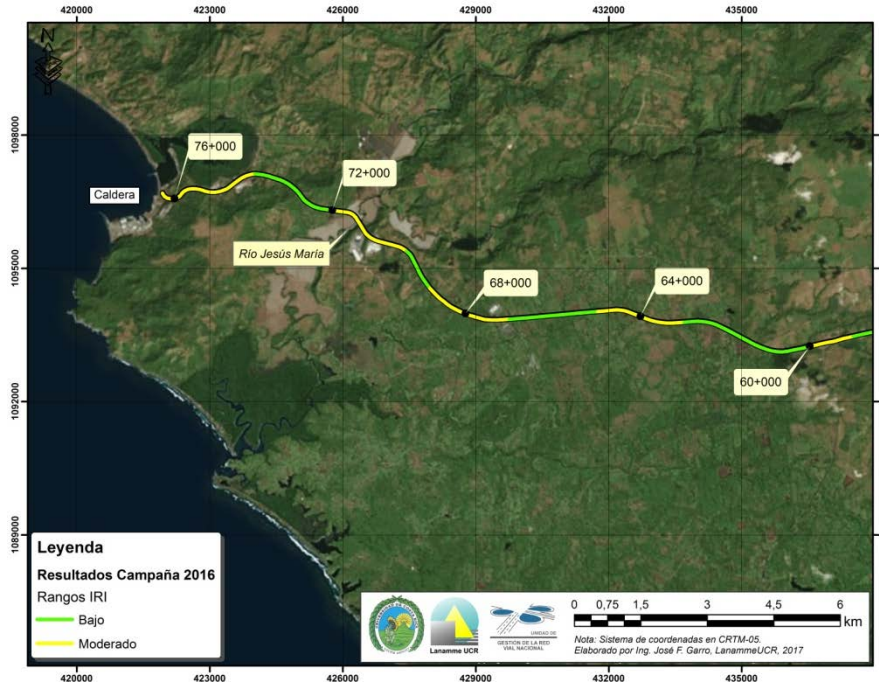


Figura A2 7 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 40+000 - 60+000





Anexo III: Resultados obtenidos Medidor de Agarre Superficial

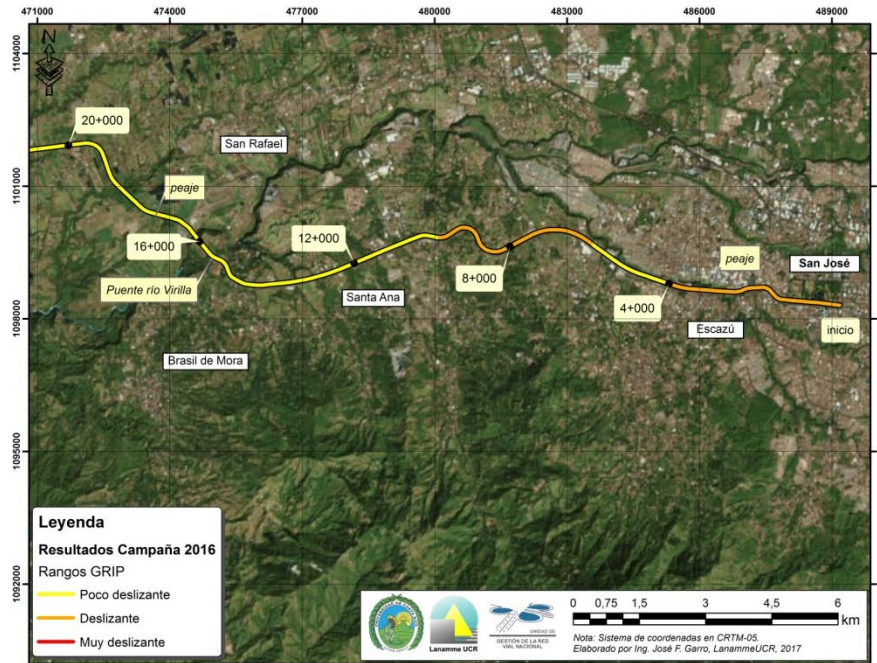


Figura A3 1 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 -20+000

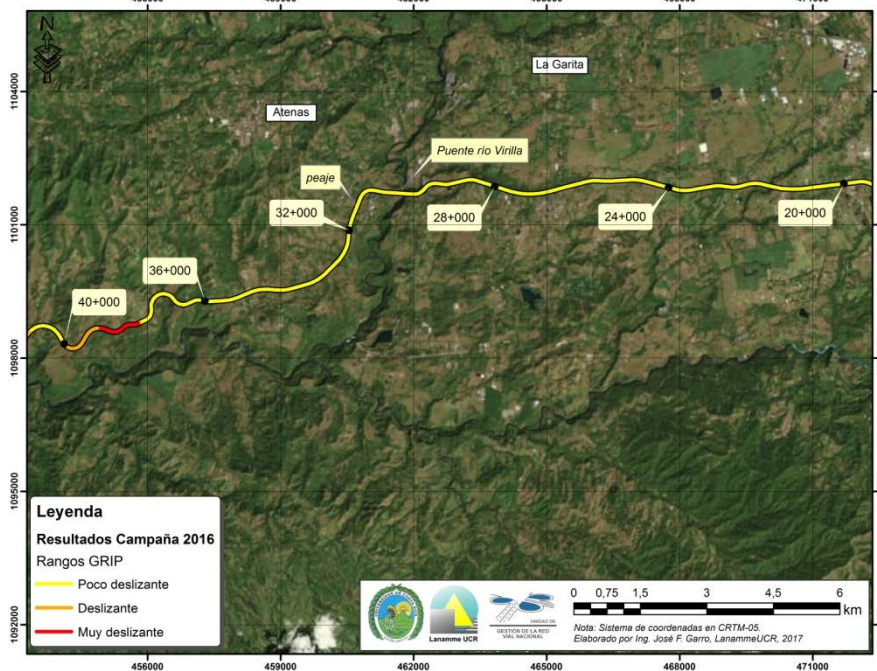


Figura A3 2 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 20+000 - 40+000

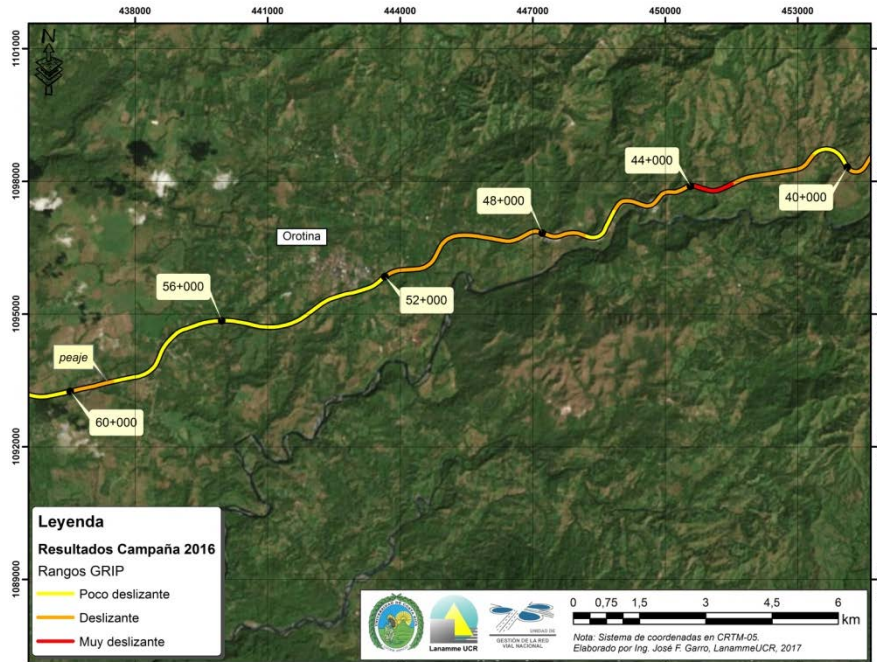


Figura A3 3 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 40+000 - 60+000

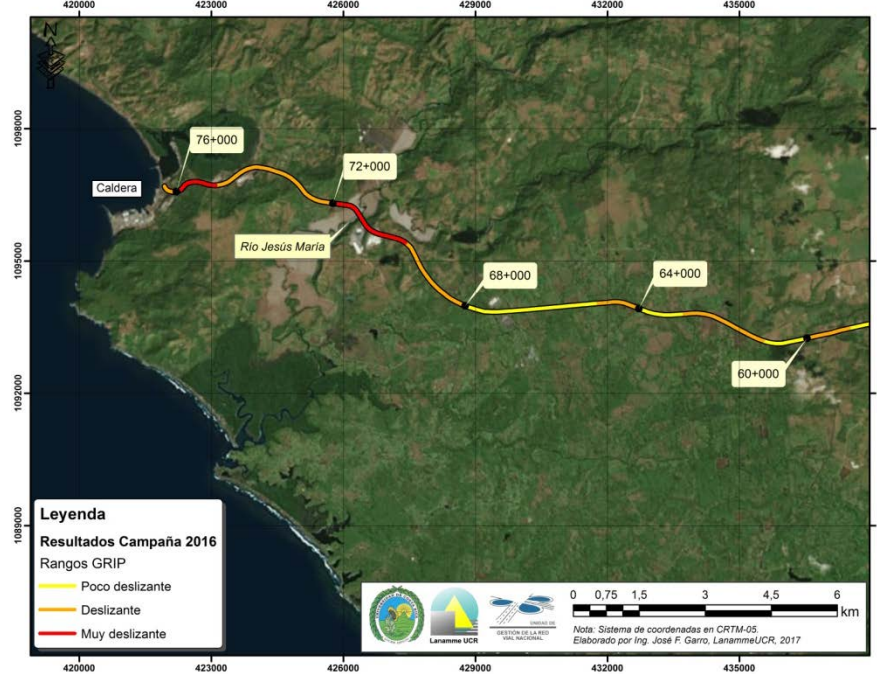


Figura A3 4 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 60+000 - 76+000

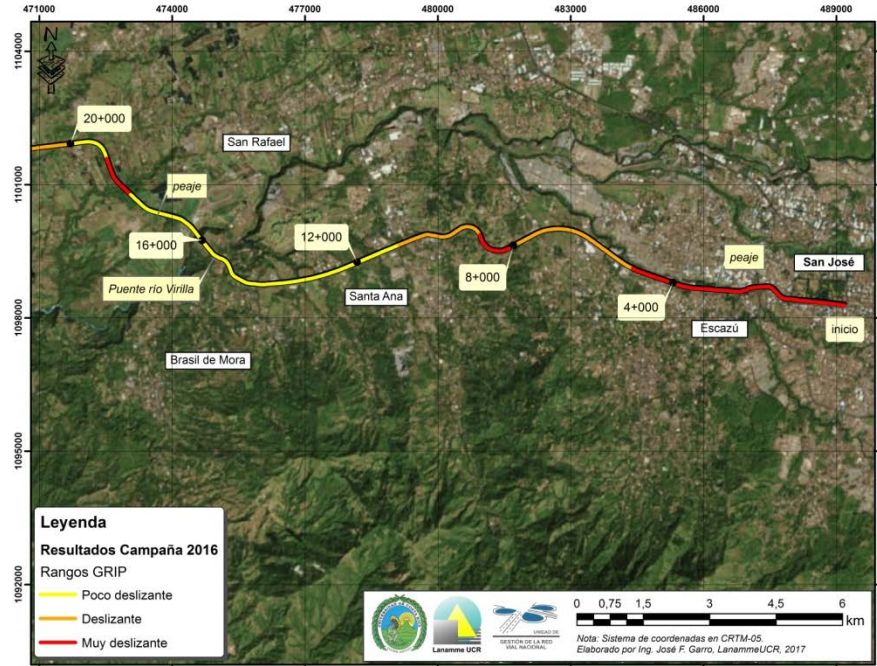


Figura A3 5 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000

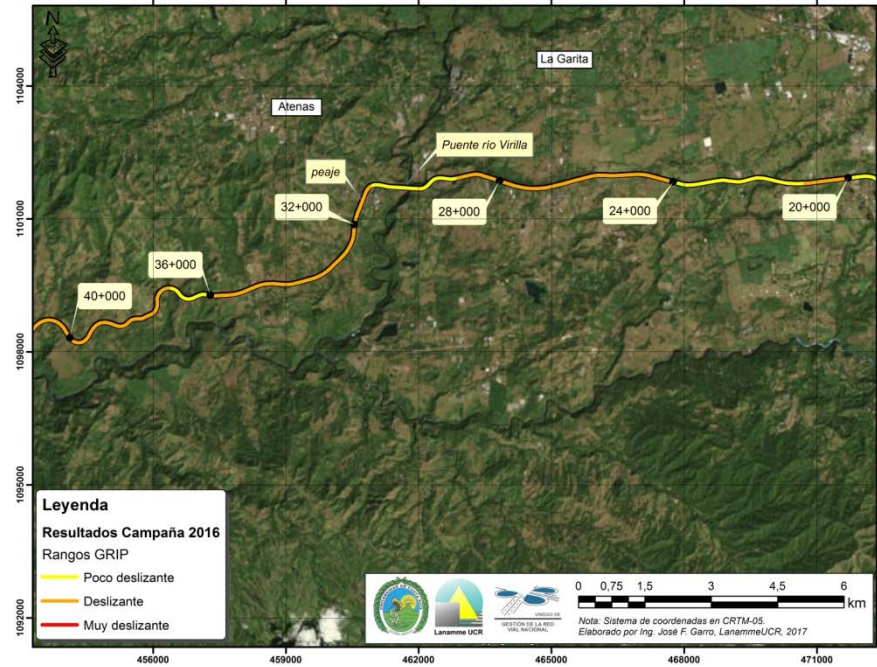


Figura A3 6 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 20+000 - 40+000

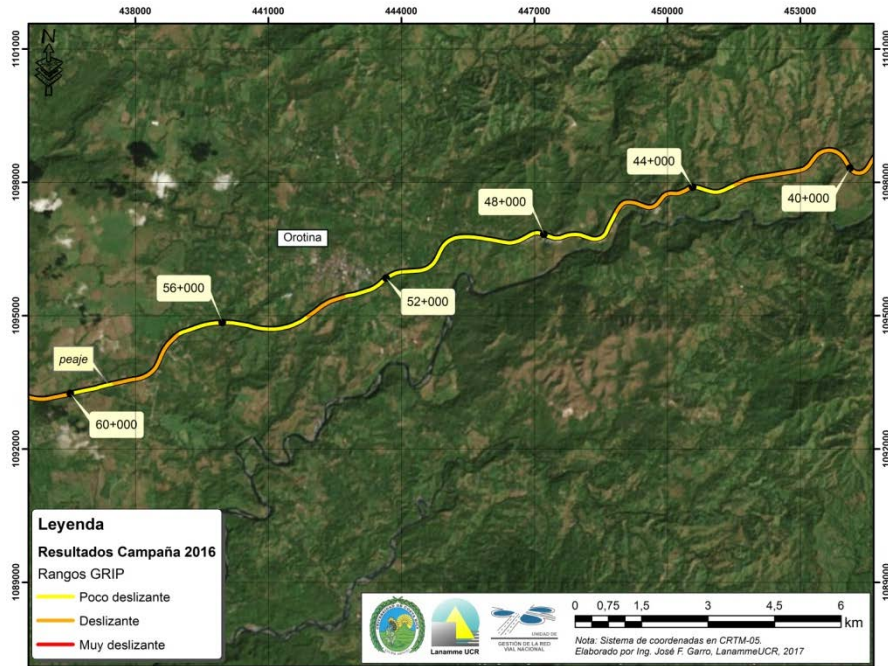


Figura A3 7 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 40+000 - 60+000

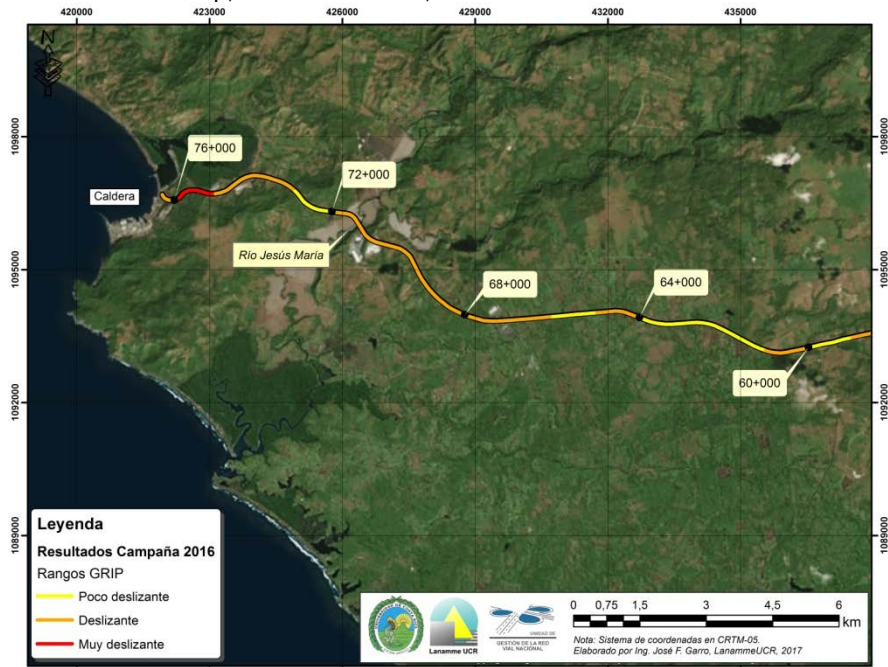


Figura A3 8 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 60+000 - 76+000



Anexo IV: Resultados Obtenidos para el cálculo de Notas Q

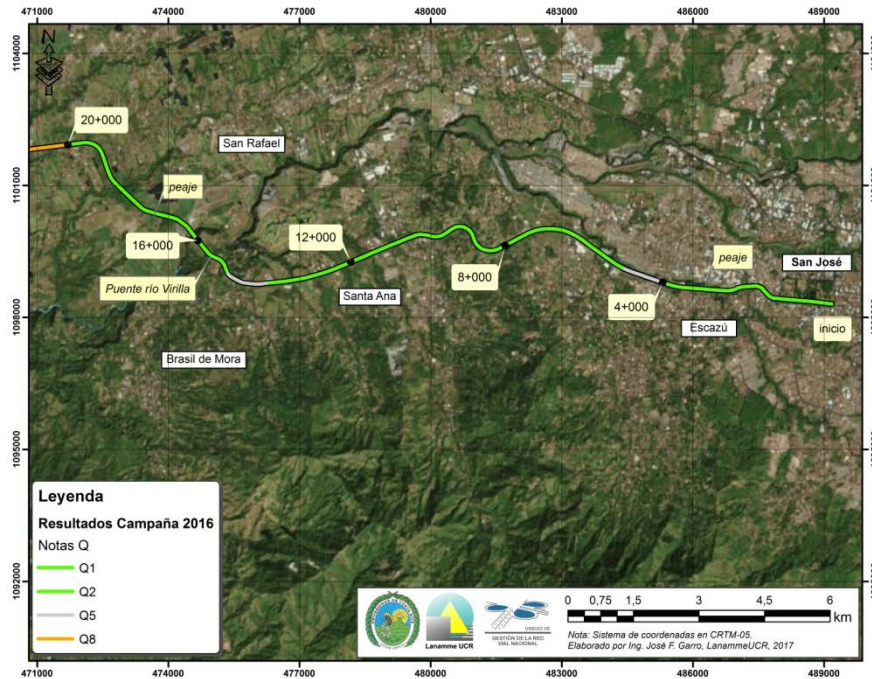


Figura A4 1 Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 0+000 - 20+000

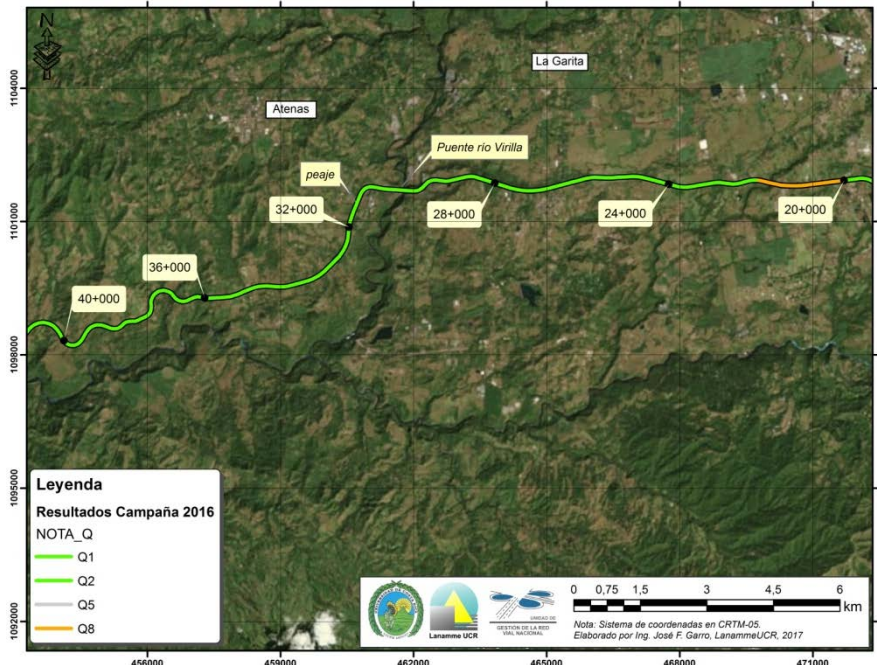


Figura A4 2 Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 20+000 - 40+000

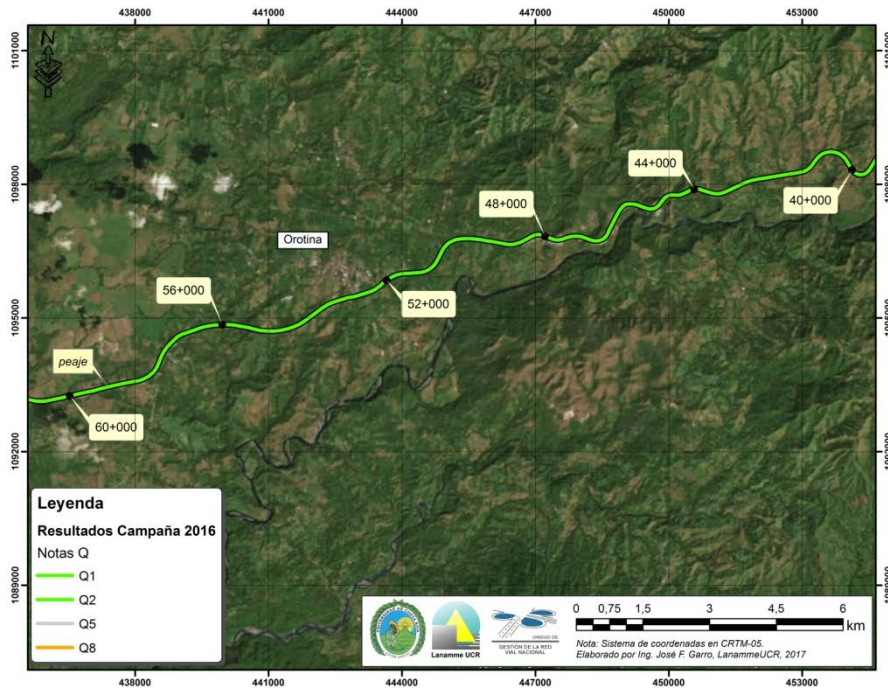


Figura A4 3 Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 40+000 - 60+000

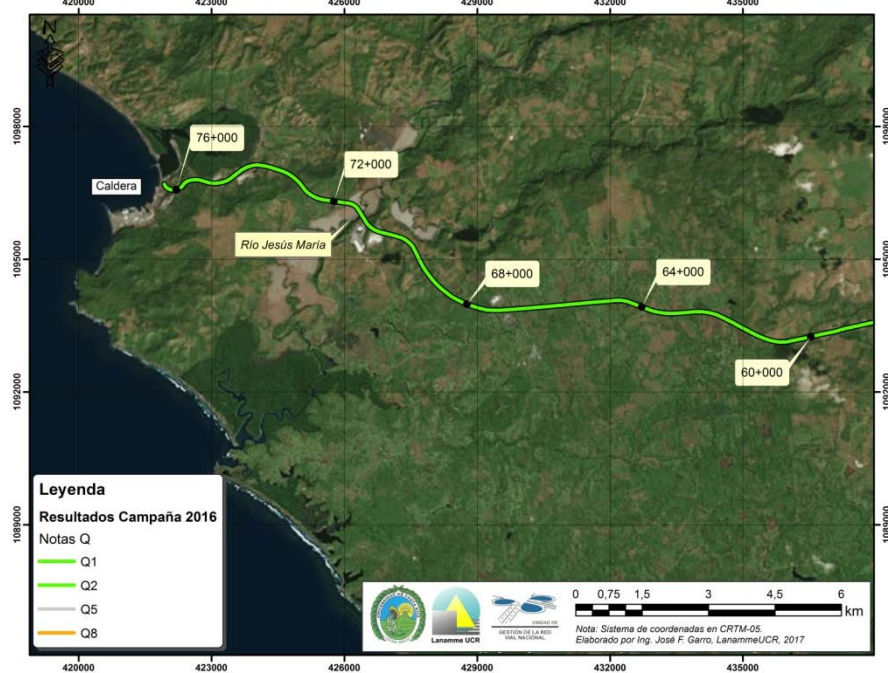


Figura A4 4 Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 60+000 - 76+000

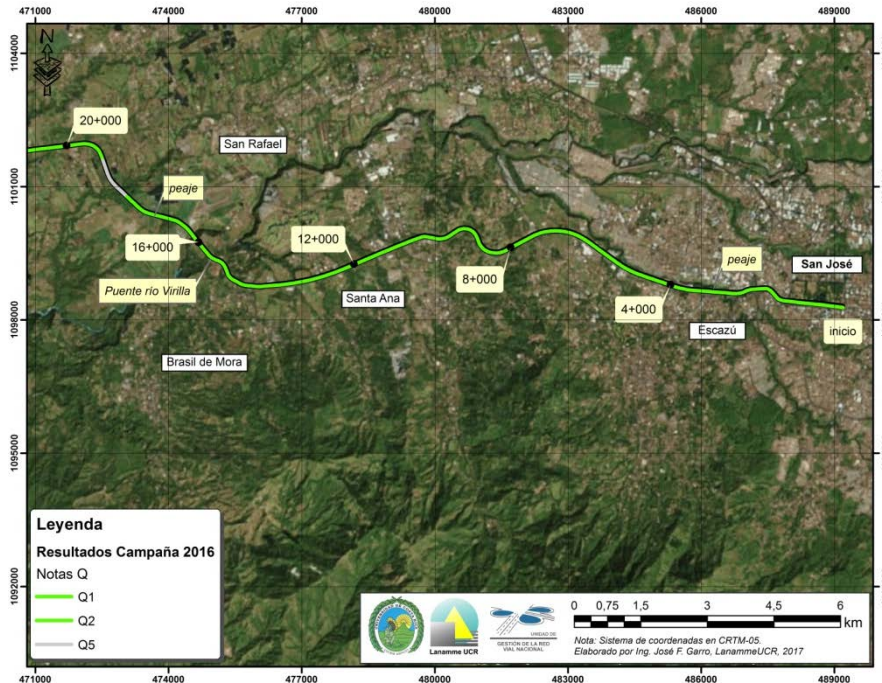


Figura A4 5 Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 20+000

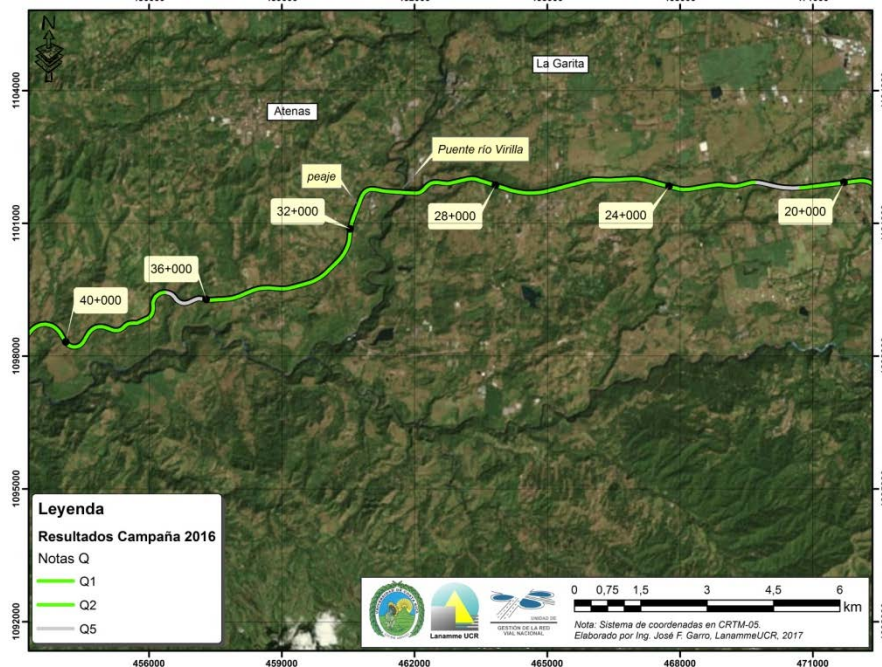


Figura A4 6 Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 20+000 - 40+000

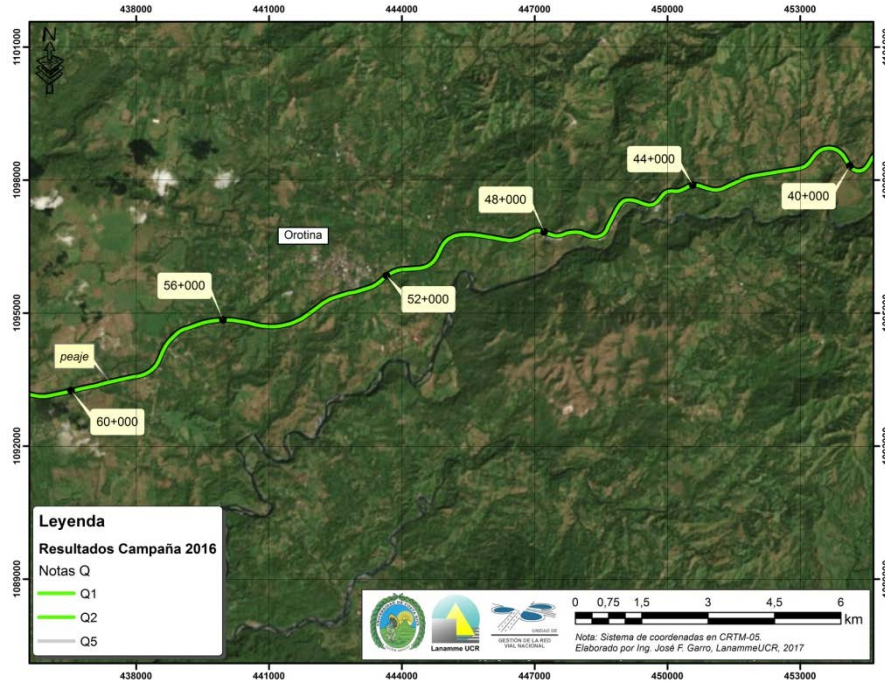


Figura A4 7 Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 40+000 - 60+000

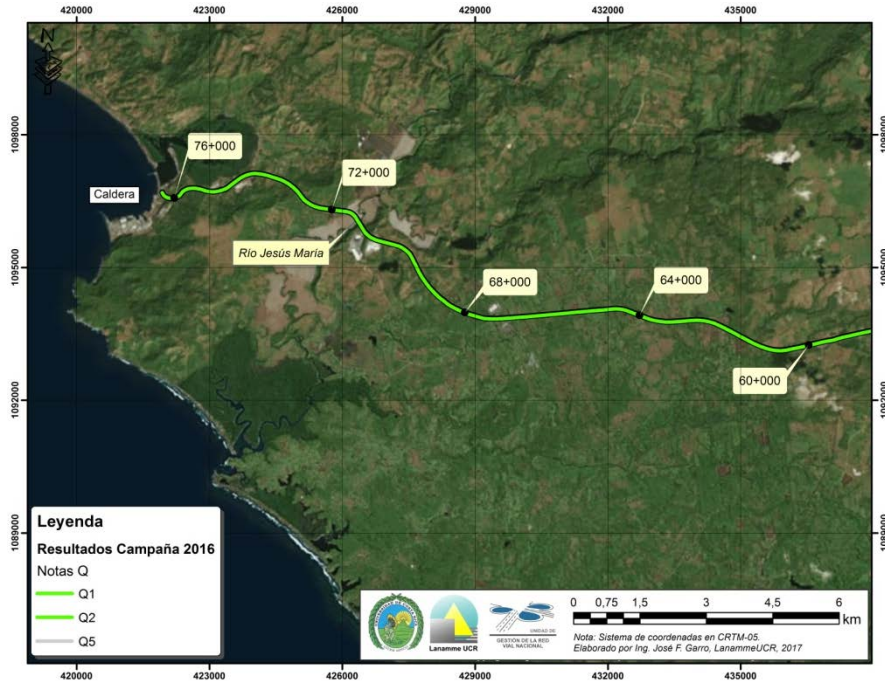


Figura A4 8 Resultados Notas Q, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 60+000 - 760+000



Anexo V: Resultado evaluación visual. Principales deterioros en pavimento y barreras de contención lateral

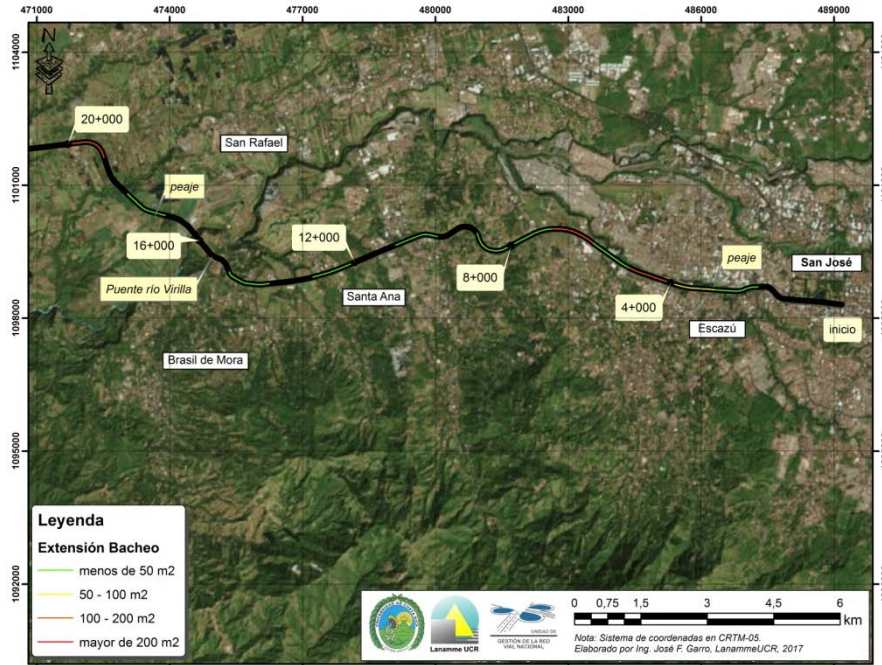


Figura A5 1 Resultados Bacheo, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 0+000 - 20+000

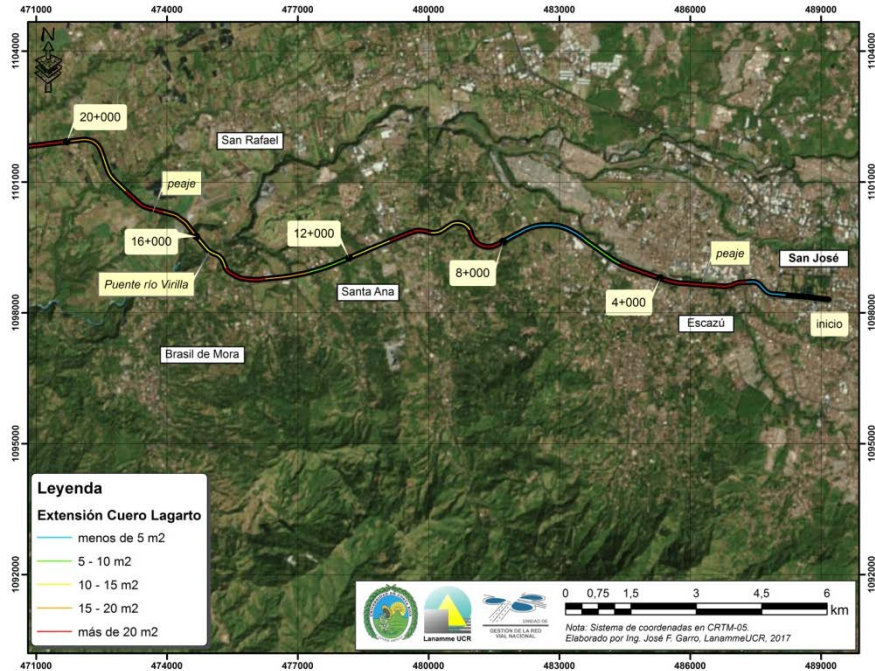


Figura A5 2 Resultados Piel de Lagarto, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 0+000 - 20+000

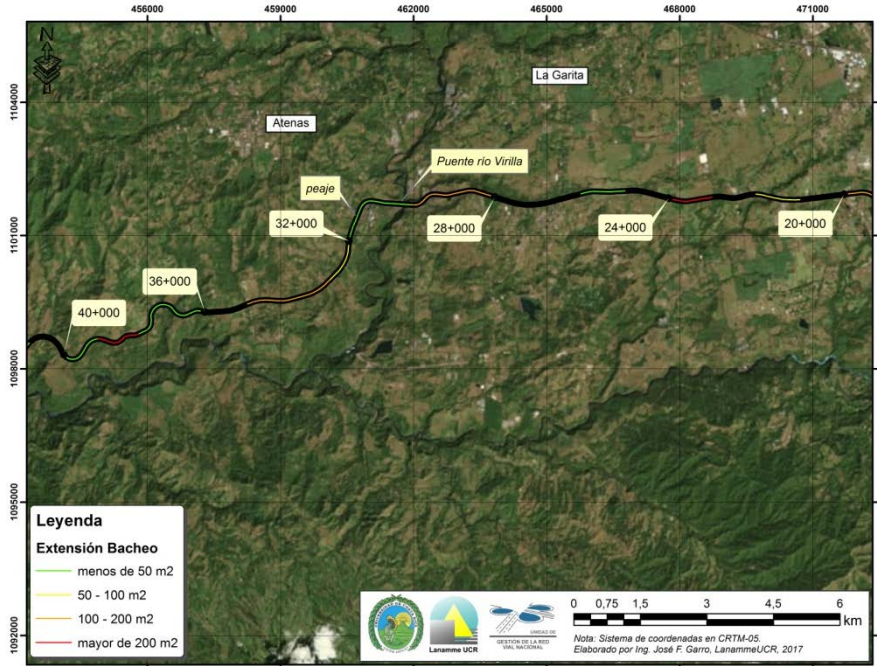


Figura A5 3 Resultados Bacheo, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 20+000 - 40+000

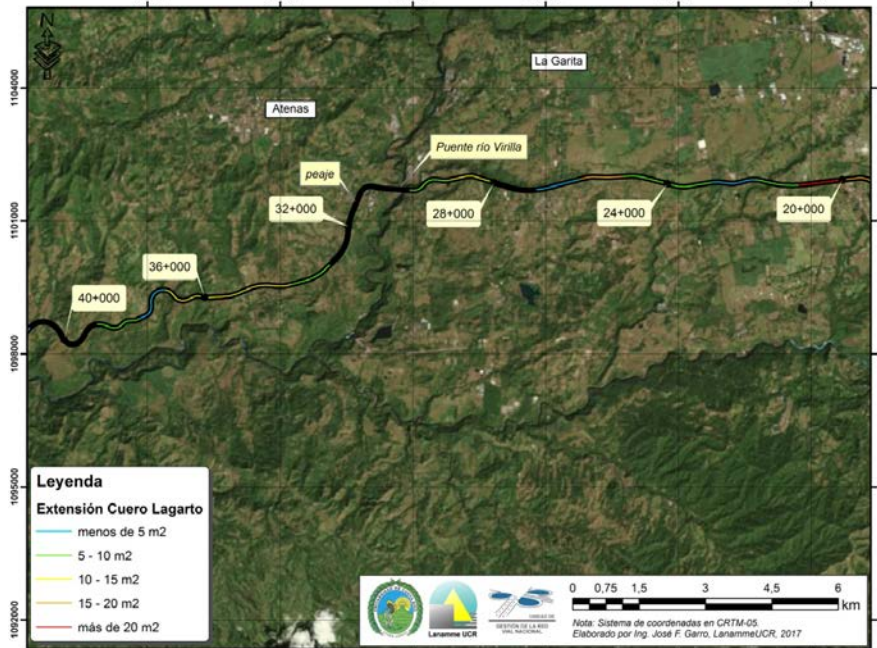


Figura A5 4 Resultados Piel de Lagarto, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 20+000 - 40+000

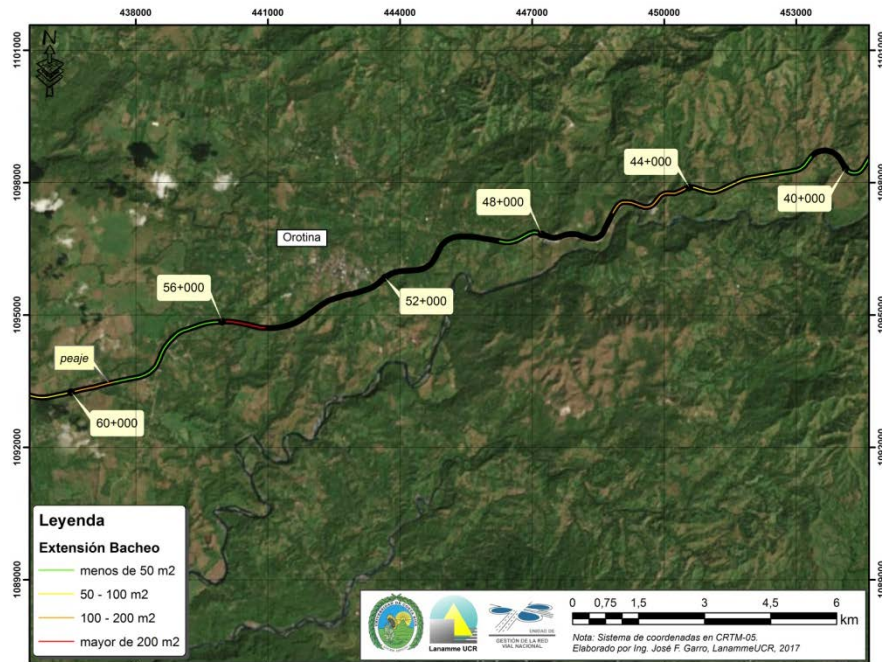


Figura A5 5 Resultados Bacheo, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 40+000 - 60+000

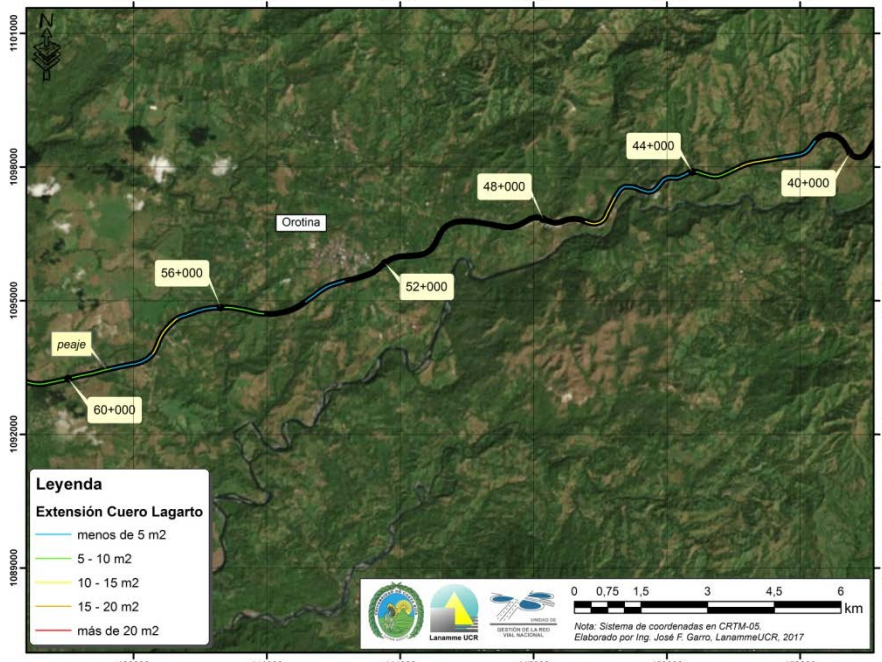


Figura A5 6 Resultados Piel de Lagarto, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 40+000 - 60+000

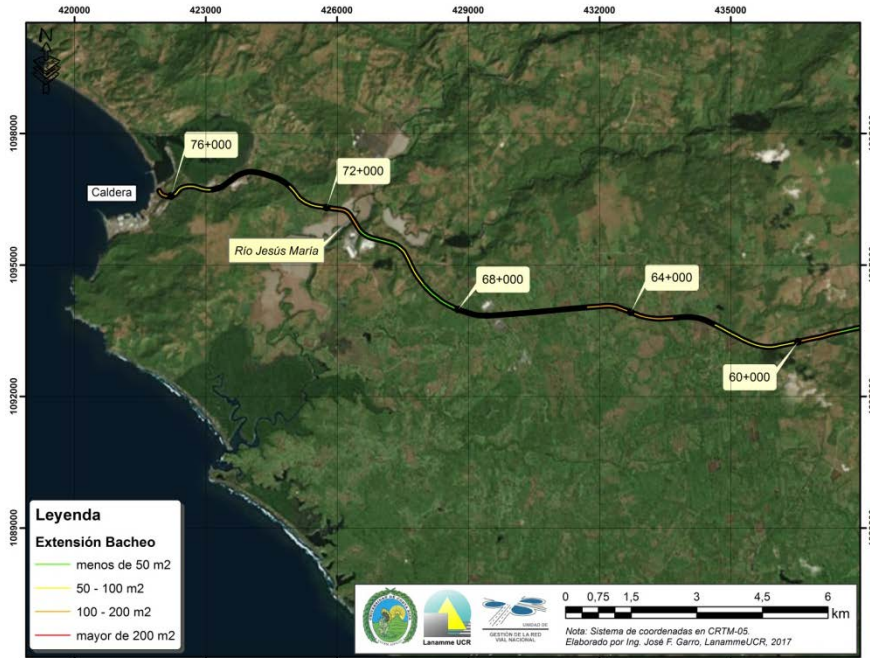


Figura A5 7 Resultados Bacheo, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 600+000 - 76+000

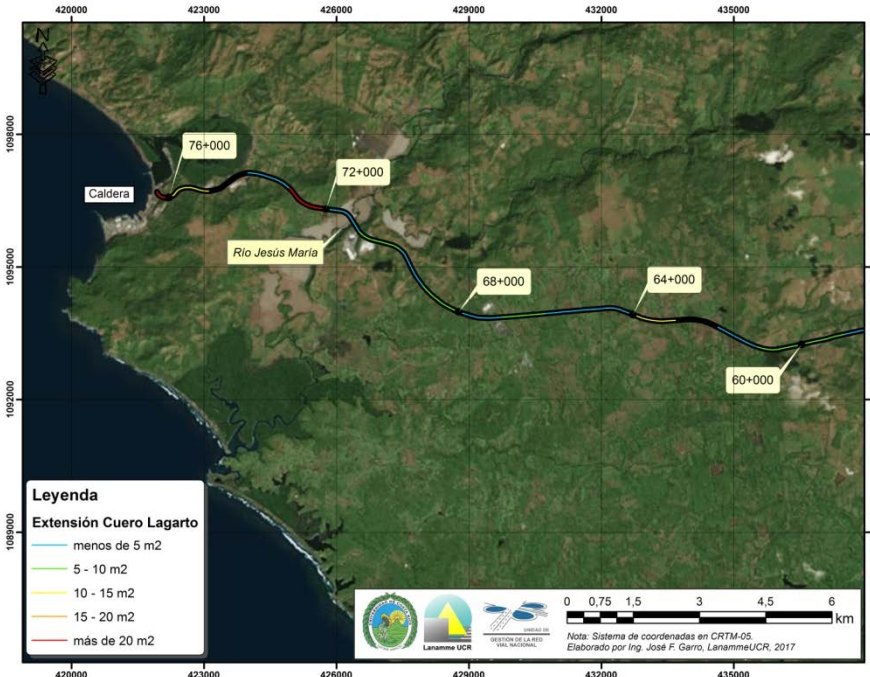


Figura A5 8 Resultados Piel de Lagarto, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 60+000 - 76+000

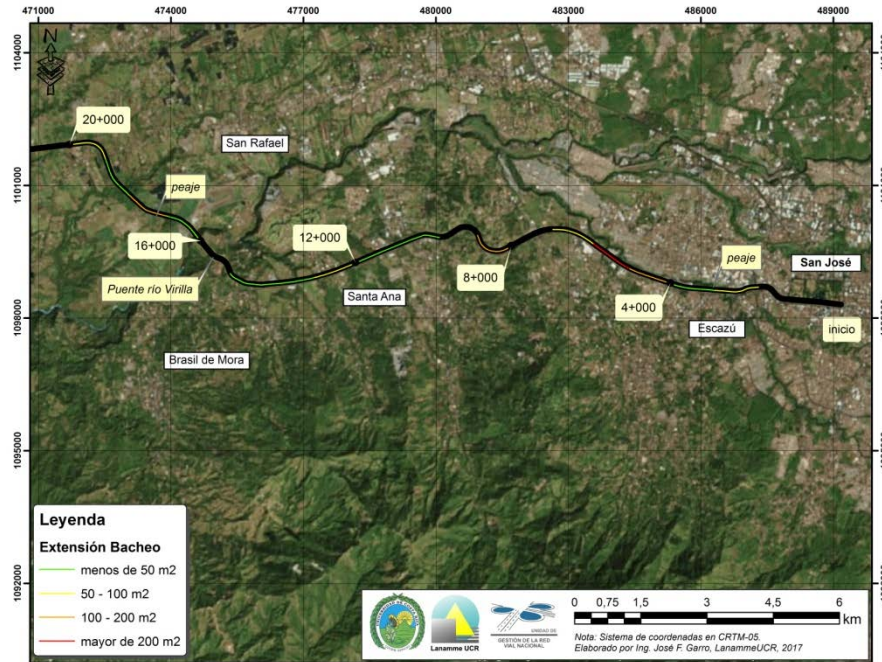


Figura A5 9 Resultados Bacheo, Ruta Nacional 27, sentido Caldera - San José Est. 0+000 - 20+000

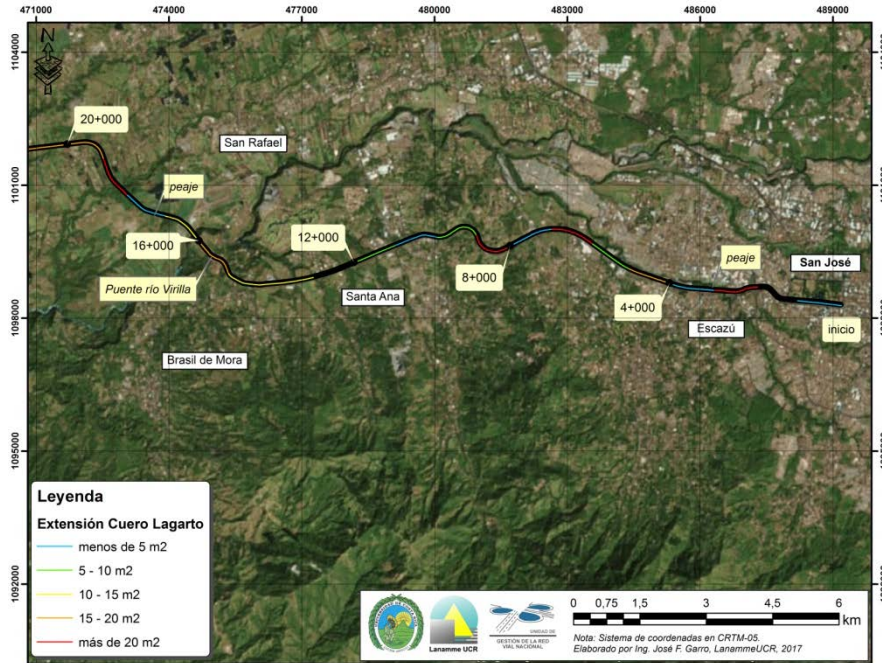


Figura A5 10 Resultados Piel de Lagarto, Ruta Nacional 27, sentido Caldera - San José Est. 0+000 - 20+000

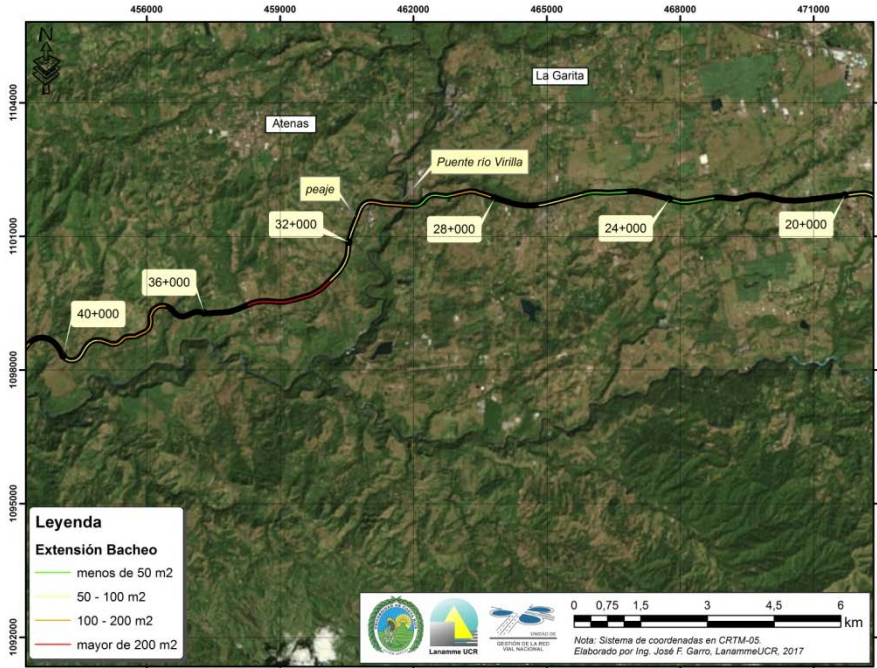


Figura A5 11 Resultados Bacheo, Ruta Nacional 27, sentido Caldera - San José Est. 20+000 - 40+000

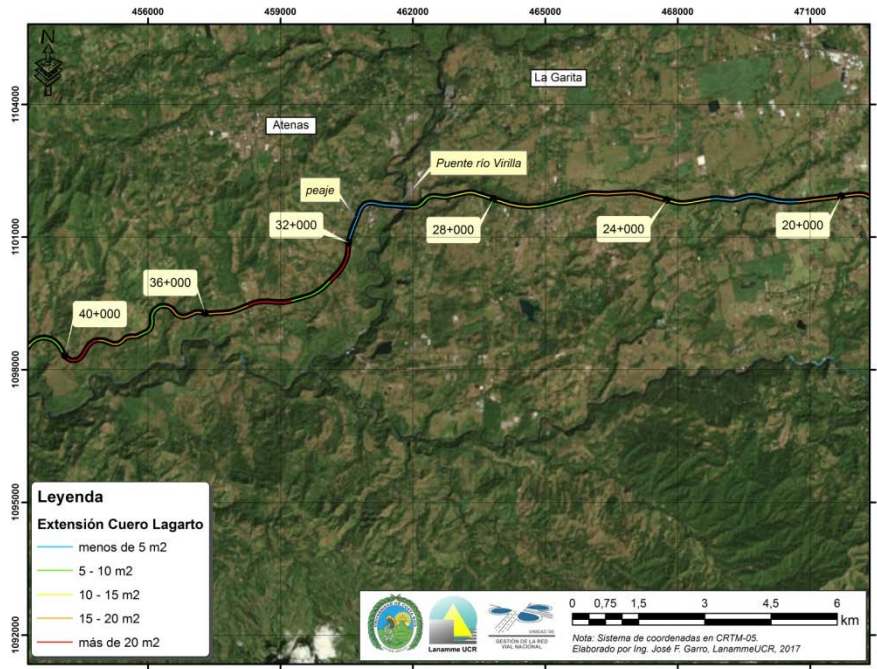


Figura A5 12 Resultados Piel de Lagarto, Ruta Nacional 27, sentido Caldera - San José Est. 20+000 - 40+000

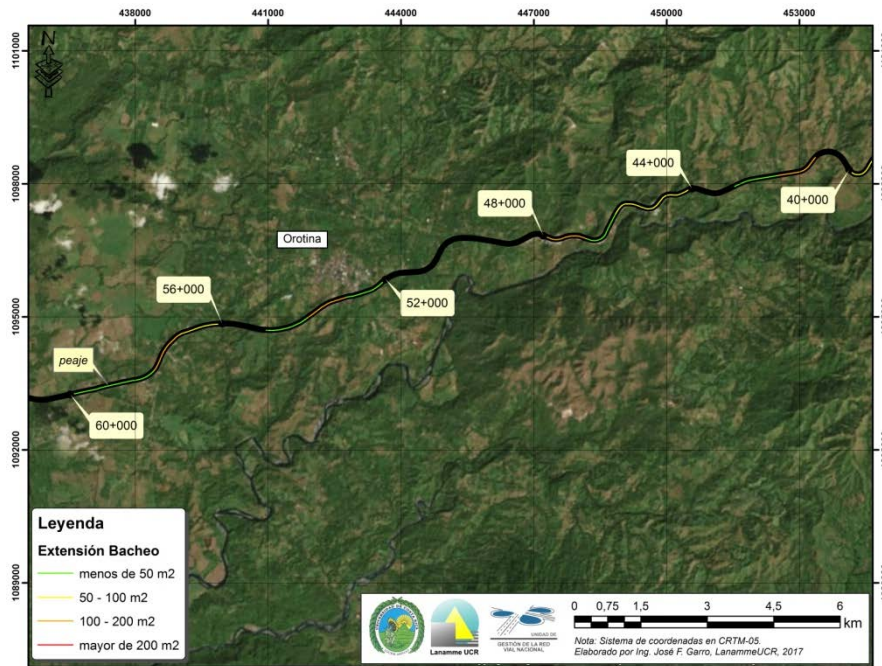


Figura A5 13 Resultados Bacheo, Ruta Nacional 27, sentido Caldera - San José Est. 40+000 - 60+000

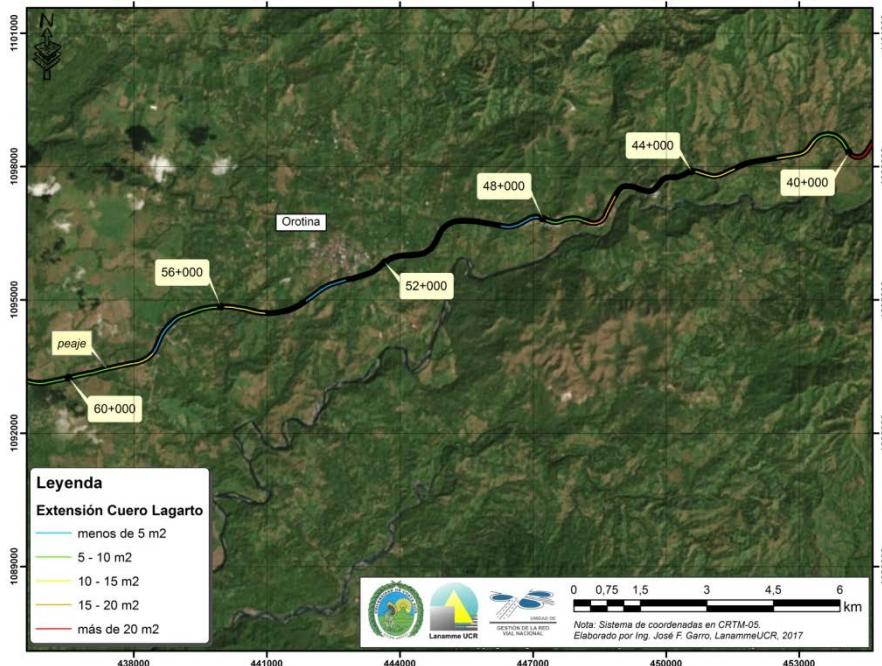


Figura A5 14 Resultados Piel de Lagarto, Ruta Nacional 27, sentido Caldera - San José Est. 40+000 - 60+000

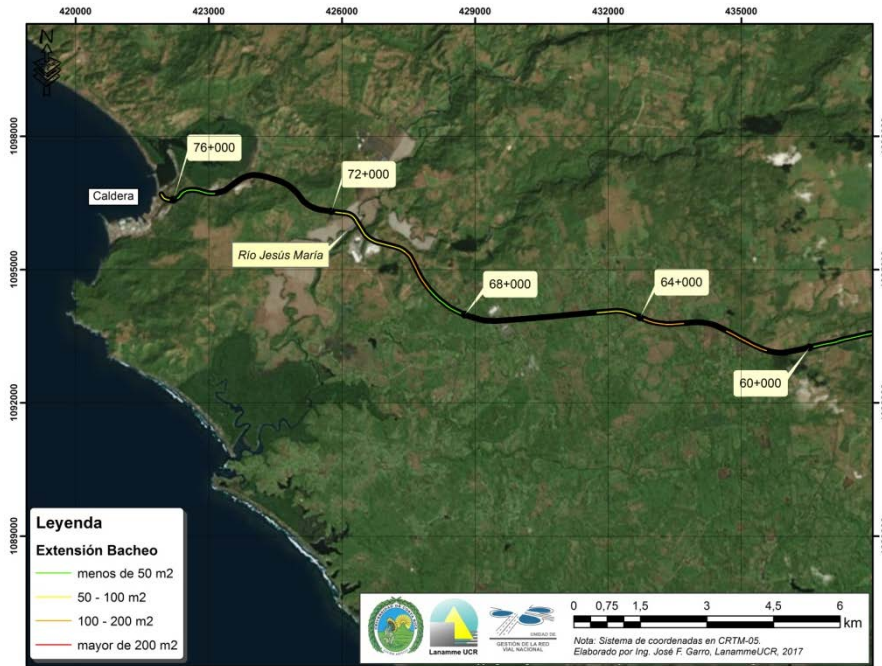


Figura A5 15 Resultados Bacheo, Ruta Nacional 27, sentido Caldera - San José Est. 60+000 - 76+000

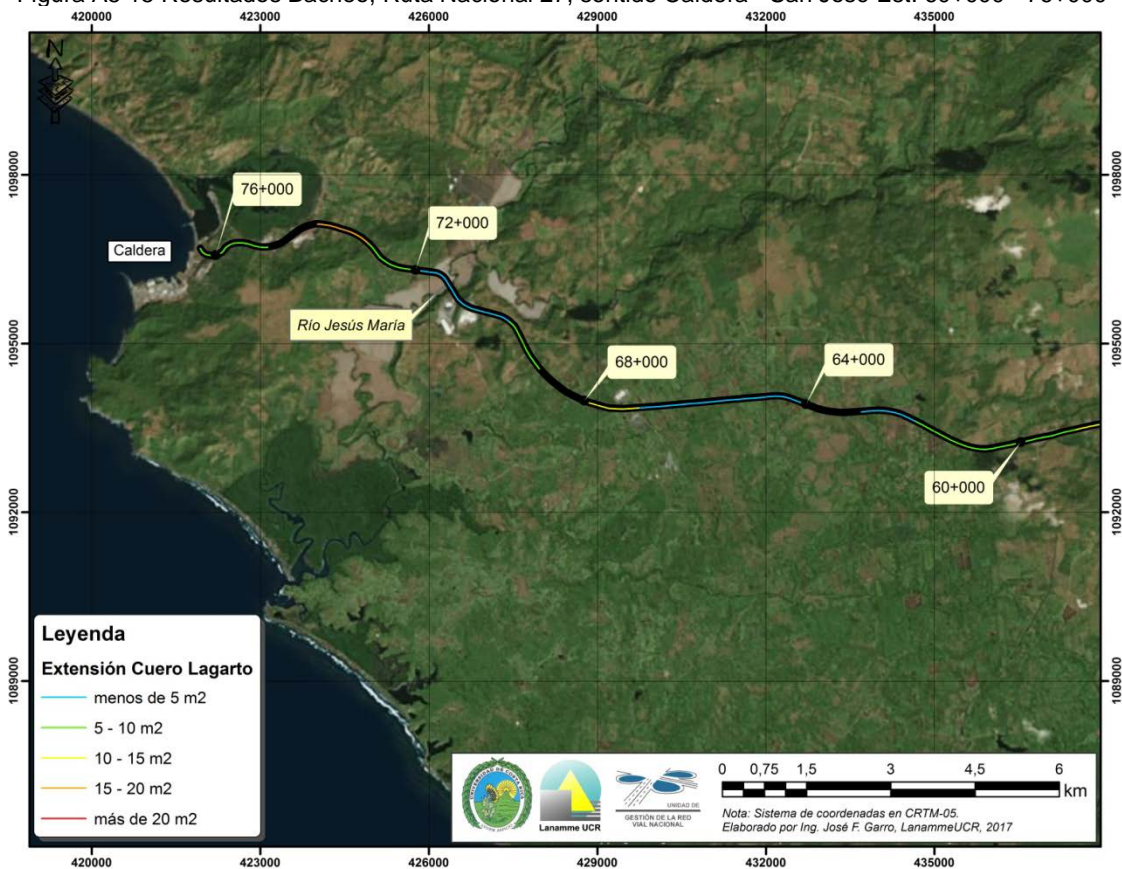


Figura A5 16 Resultados Piel de Lagarto, Ruta Nacional 27, sentido Caldera - San José Est. 60+000 - 76+000

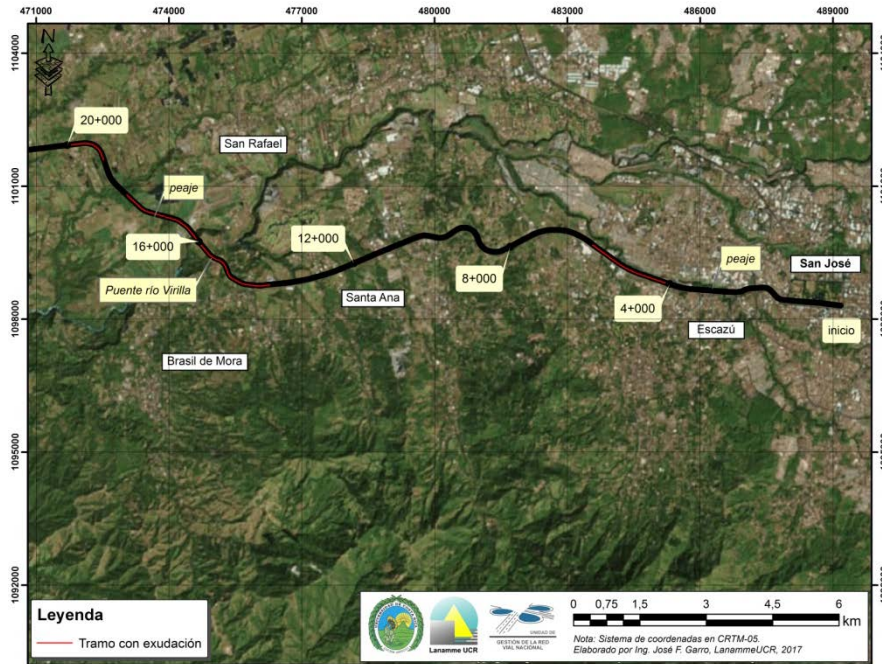


Figura A5 17 Resultados Exudación, Ruta Nacional 27, Est. 0+000 - 20+000

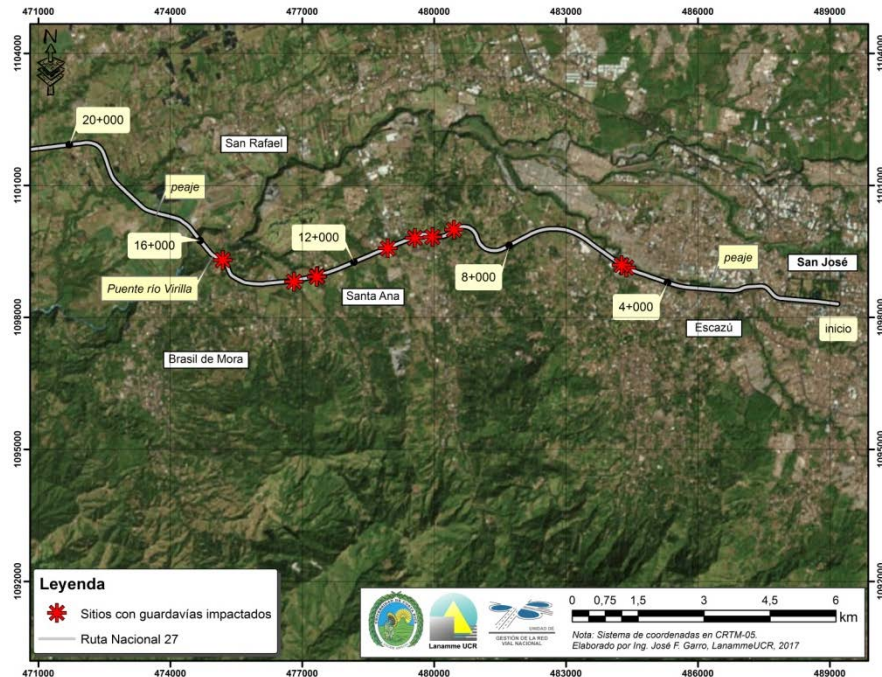


Figura A5 18 Guardavías defectuosos, Ruta Nacional 27, Est. 0+000 - 20+000

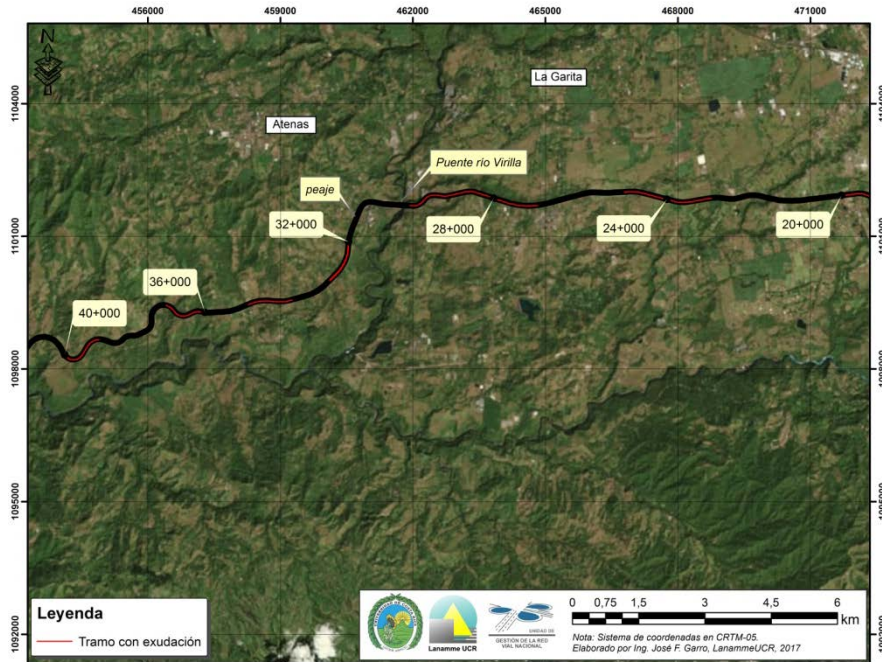


Figura A5 19 Resultados Exudación, Ruta Nacional 27, Est. 20+000 - 40+000

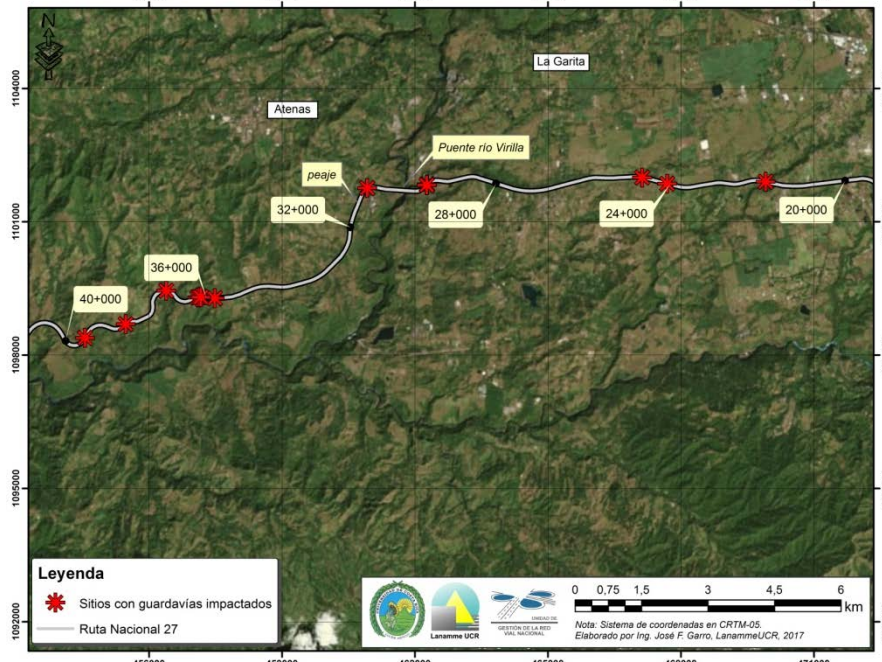


Figura A5 20 Guardavías defectuosos, Ruta Nacional 27, Est. 20+000 - 40+000

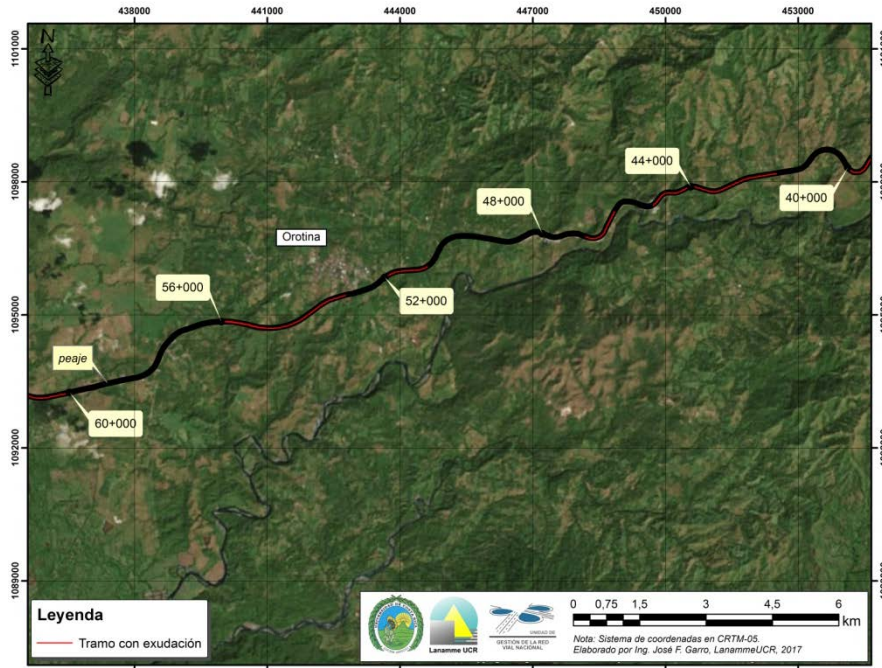


Figura A5 21 Resultados Exudación, Ruta Nacional 27, Est. 40+000 - 60+000

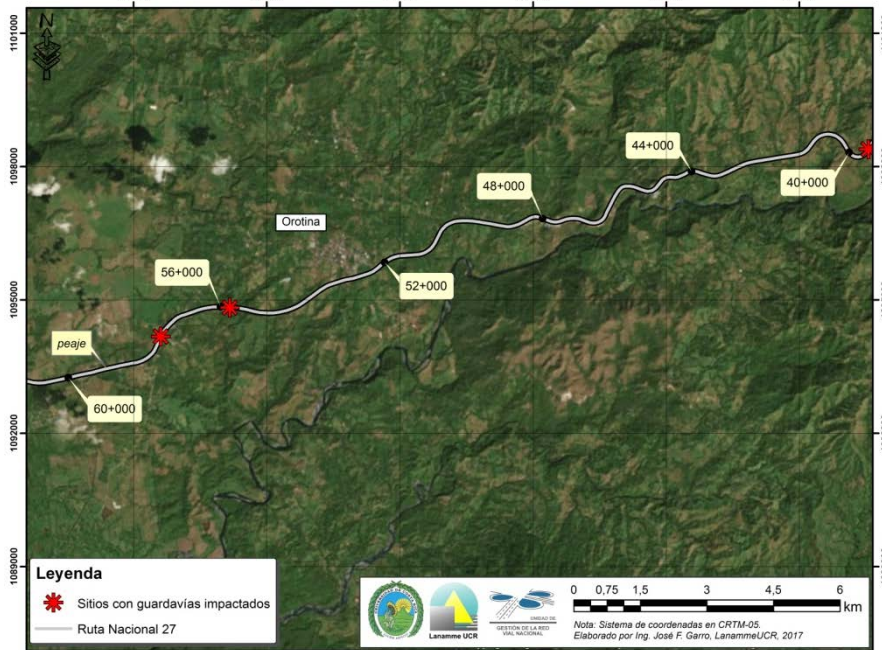


Figura A5 22 Guardavías defectuosos, Ruta Nacional 27, Est. 40+000 - 60+000

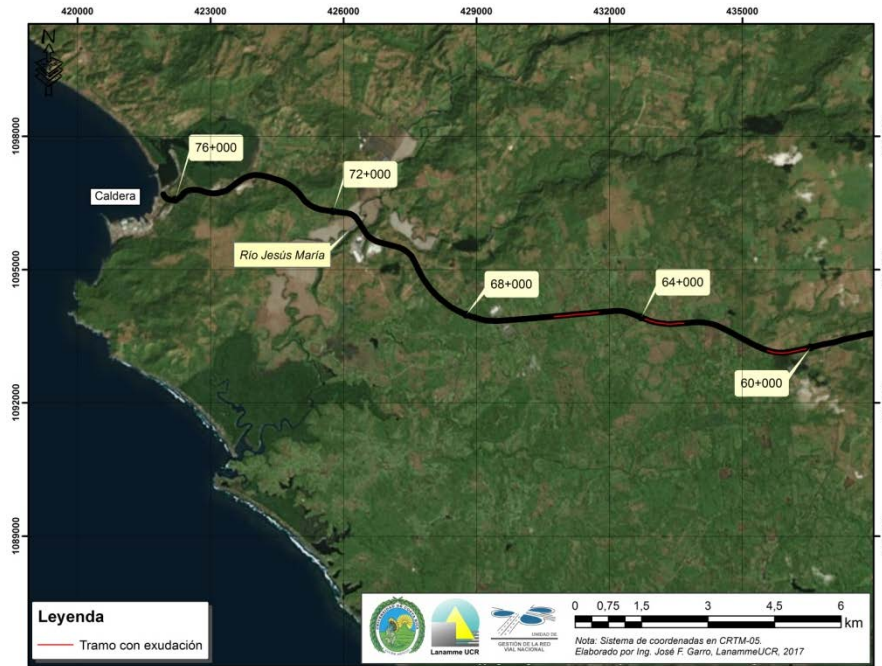


Figura A5 23 Resultados Exudación, Ruta Nacional 27, Est. 60+000 - 76+000

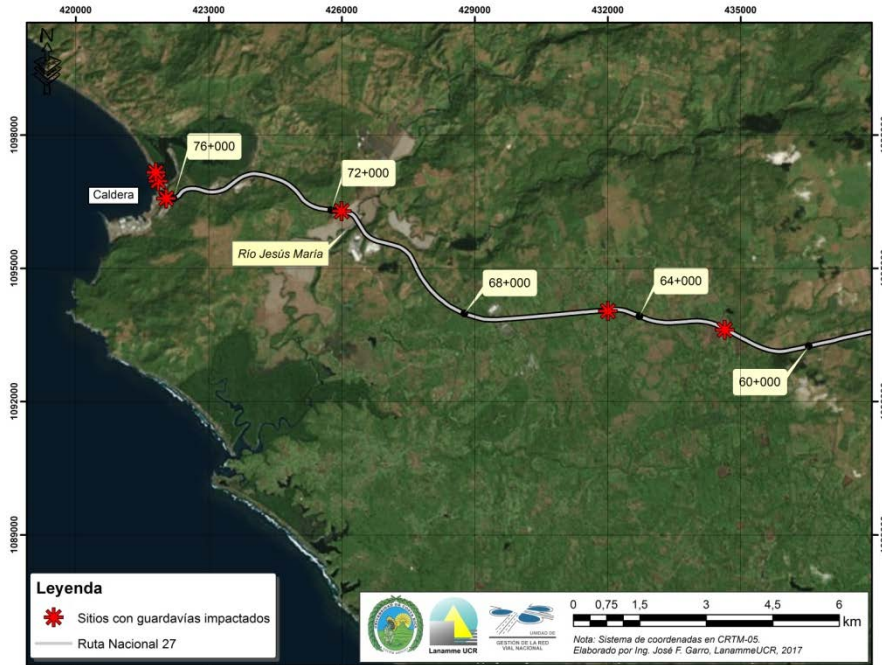


Figura A5 24 Guardavías defectuoso, Ruta Nacional 27, Est. 60+000 - 76+000



Anexo VI: Sitios detectados con problemas en los guardavías

Tabla A6 1 Ubicación de los sitios con problemas en el guardavía, sentido San José – Caldera




Flex-Beam Ruta 27		
Sentido	Estacionamiento	Imagen
San José - Caldera	5+063	
San José - Caldera	5+186	
San José - Caldera	9+602	

Tabla A6 1 Ubicación de los sitios con problemas en el guardavía, sentido San José - Caldera (Continuación)




Flex-Beam Ruta 27		
Sentido	Estacionamiento	Imagen
San José - Caldera	11+065	
San José - Caldera	12+920	
San José - Caldera	15+350	

Tabla A6 1 Ubicación de los sitios con problemas en el guardavía, sentido San José - Caldera (Continuación)




Flex-Beam Ruta 27		
Sentido	Estacionamiento	Imagen
San José - Caldera	24+100	
San José - Caldera	29+790	
San José - Caldera	31+070	

Tabla A6 1 Ubicación de los sitios con problemas en el guardavía, sentido San José - Caldera (Continuación)




Flex-Beam Ruta 27		
Sentido	Estacionamiento	Imagen
San José - Caldera	35+850	
San José - Caldera	57+650	
San José - Caldera	71+850	

Tabla A6 1 Ubicación de los sitios con problemas en el guardavía, sentido San José - Caldera (Continuación)



Flex-Beam Ruta 27		
Sentido	Estacionamiento	Imagen
San José - Caldera	76+700	
San José - Caldera	76+900	

Tabla A6 2 Ubicación de los sitios con problemas en el guardavía, sentido Caldera - San José




Flex-Beam Ruta 27		
Sentido	Estacionamiento	Imagen
Caldera - San José	76+290	
Caldera - San José	64+825	
Caldera - San José	62+108	

Tabla A6 2 Ubicación de los sitios con problemas en el guardavía, sentido Caldera - San José (Continuación)




Flex-Beam Ruta 27		
Sentido	Estacionamiento	Imagen
Caldera - San José	55+940	
Caldera - San José	39+512	
Caldera - San José	38+410	

Tabla A6 2 Ubicación de los sitios con problemas en el guardavía, sentido Caldera - San José (Continuación)




Flex-Beam Ruta 27		
Sentido	Estacionamiento	Imagen
Caldera - San José	36+260	
Caldera - San José	36+225	
Caldera - San José	36+188	

Tabla A6 2 Ubicación de los sitios con problemas en el guardavía, sentido Caldera - San José (Continuación)




Flex-Beam Ruta 27		
Sentido	Estacionamiento	Imagen
Caldera - San José	29+700	
Caldera - San José	26+490	
Caldera - San José	21+870	

Tabla A6 2 Ubicación de los sitios con problemas en el guardavía, sentido Caldera - San José (Continuación)




Flex-Beam Ruta 27		
Sentido	Estacionamiento	Imagen
Caldera - San José	13+440	
Caldera - San José	12+900	
Caldera - San José	10+440	

Tabla A6 2 Ubicación de los sitios con problemas en el guardavía, sentido Caldera - San José (Continuación)

Flex-Beam Ruta 27		
Sentido	Estacionamiento	Imagen
Caldera - San José	10+154	



Anexo VII Resultados obtenidos para cada uno de los parámetros evaluados en las Radiales

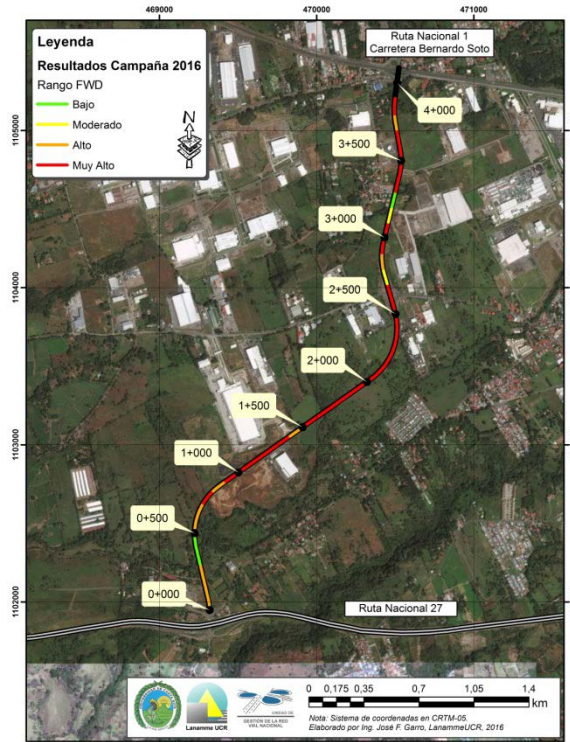


Figura A7 1 Resultados FWD, Radial El Coyol, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyol

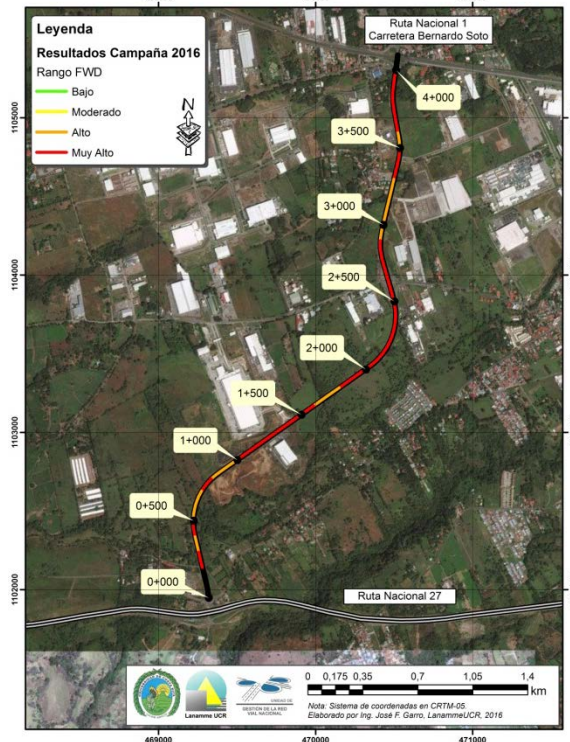


Figura A7 2 Resultados FWD, Radial El Coyol, sentido El Coyol - Ruta Nacional 27

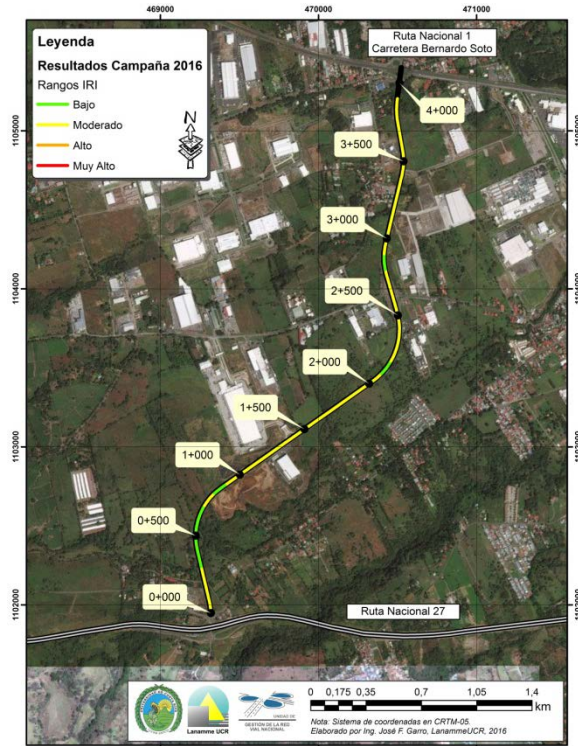


Figura A7 3 Resultados IRI, Radial El Coyo, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyo

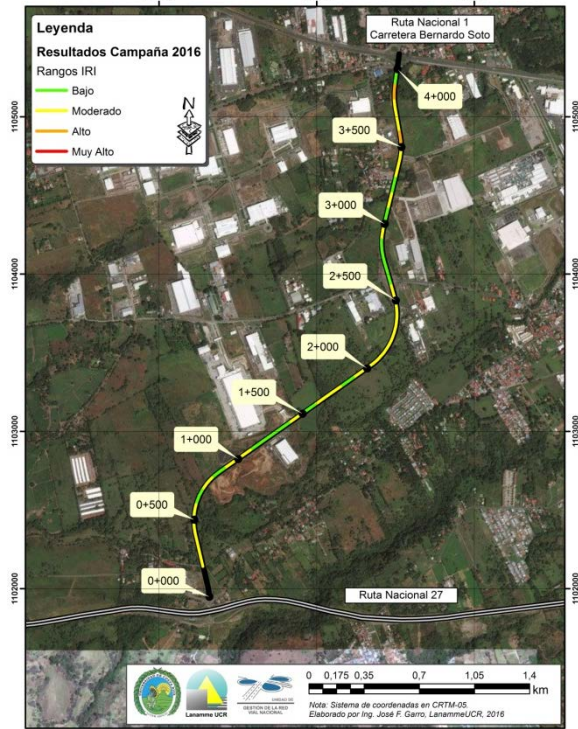


Figura A7 4 Resultados IRI, Radial El Coyo, sentido El Coyo - Ruta Nacional 27

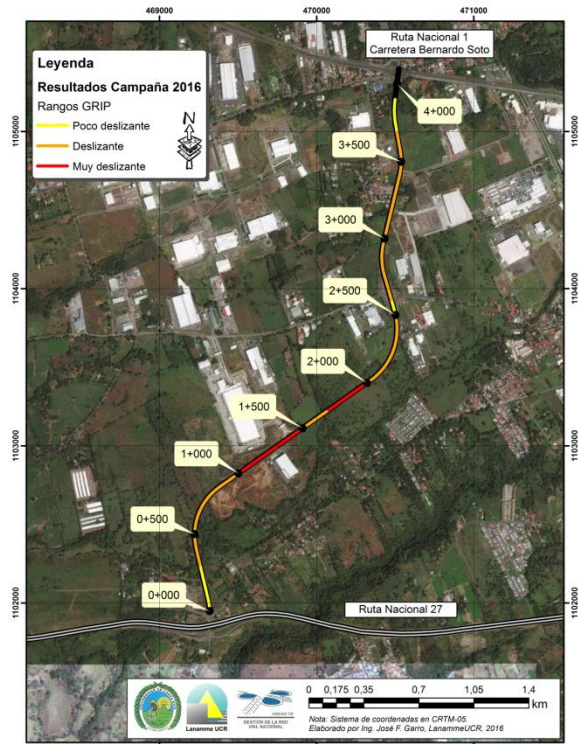


Figura A7 5 Resultados GRIP, Radial El Coyo, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyo

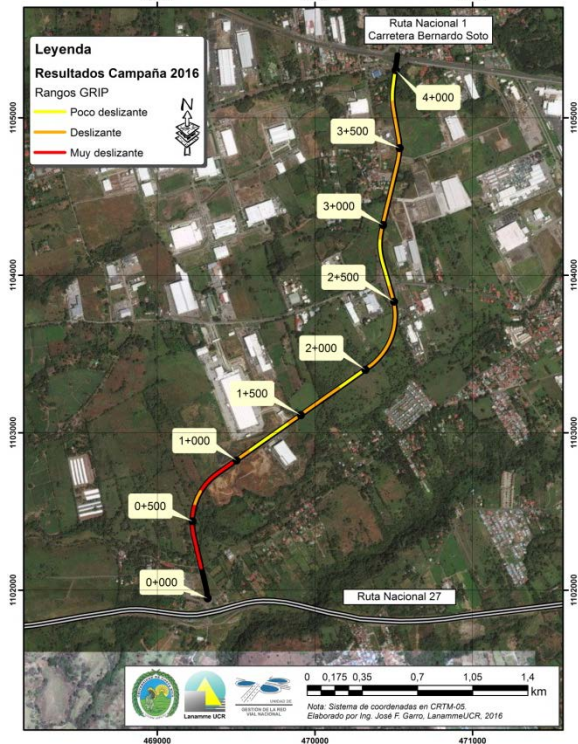


Figura A7 6 Resultados GIRIP, Radial El Coyo, sentido El Coyo - Ruta Nacional 27

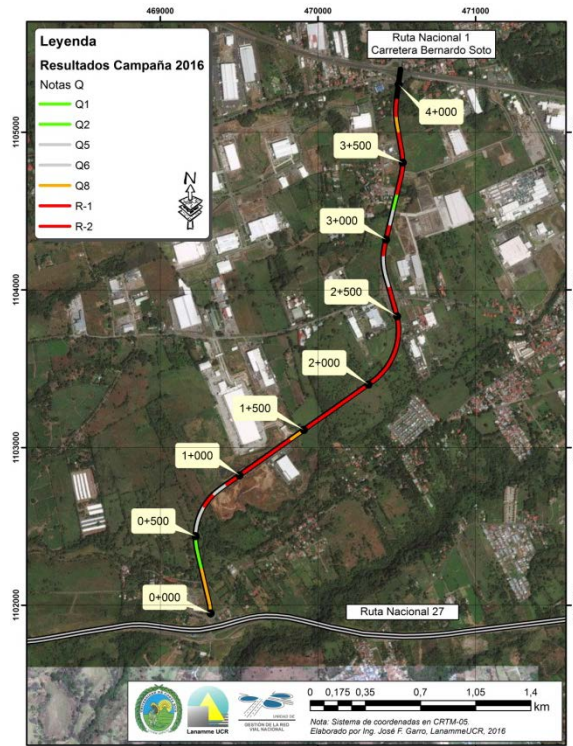


Figura A7 7 Resultados Notas Q, Radial El Coyoil, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyoil

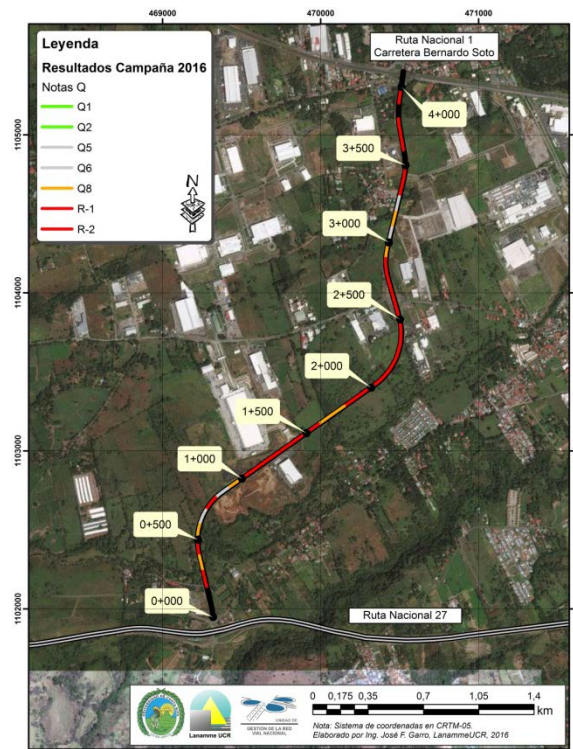


Figura A7 8 Resultados Notas Q, Radial El Coyoil, sentido El Coyoil - Ruta Nacional 27

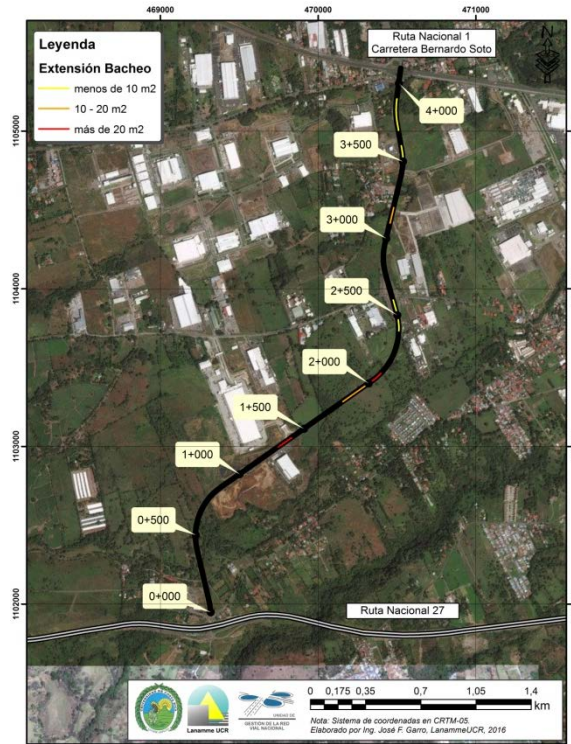


Figura A7 9 Resultados Bacheo, Radial El Coyal, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyal

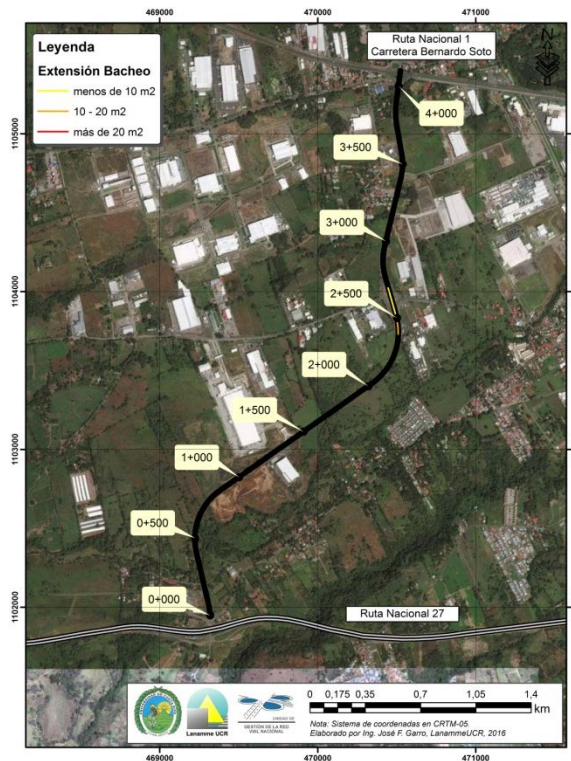


Figura A7 10 Resultados Bacheo, Radial El Coyal, sentido El Coyal - Ruta Nacional 27

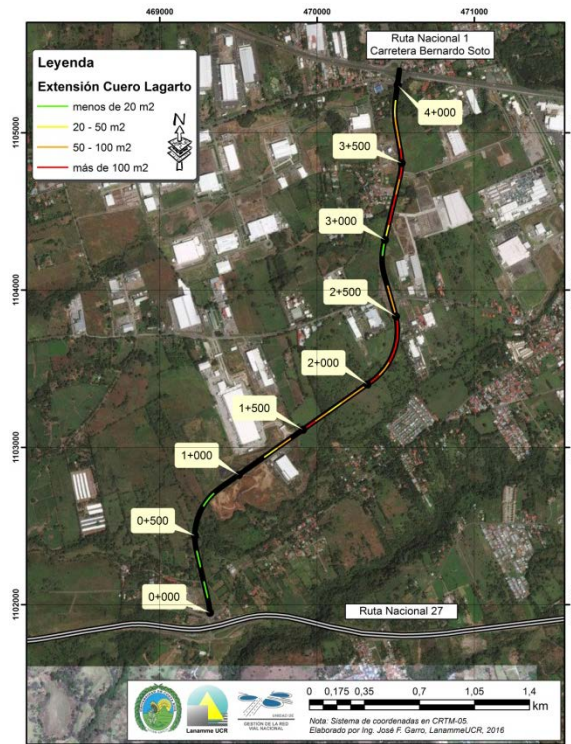


Figura A7 11 Resultados Piel de Lagarto, Radial El Coyal, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyal

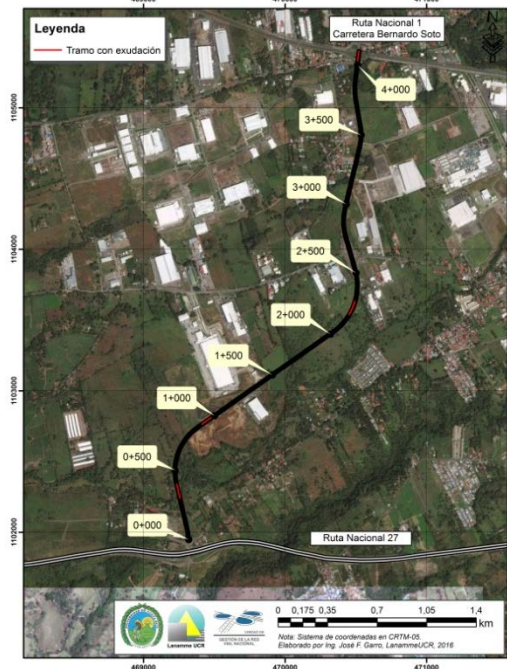


Figura A7 12 Resultados Exudación, Radial El Coyal

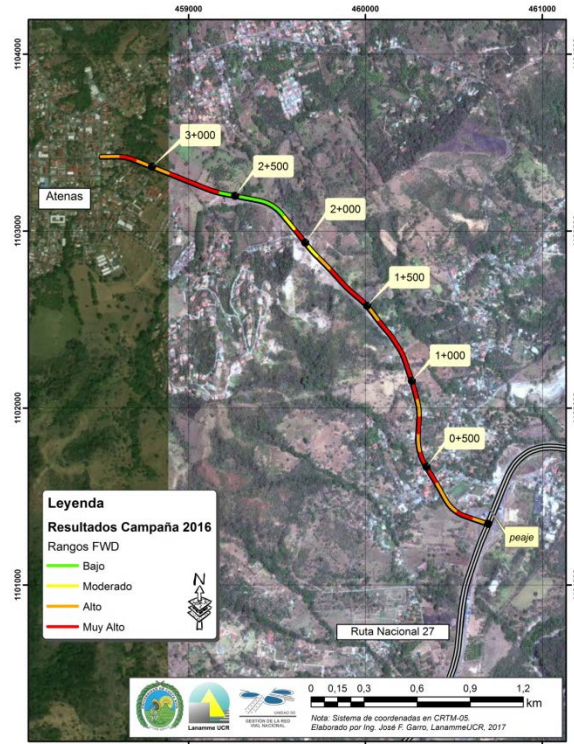


Figura A7 13 Resultados FWD, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

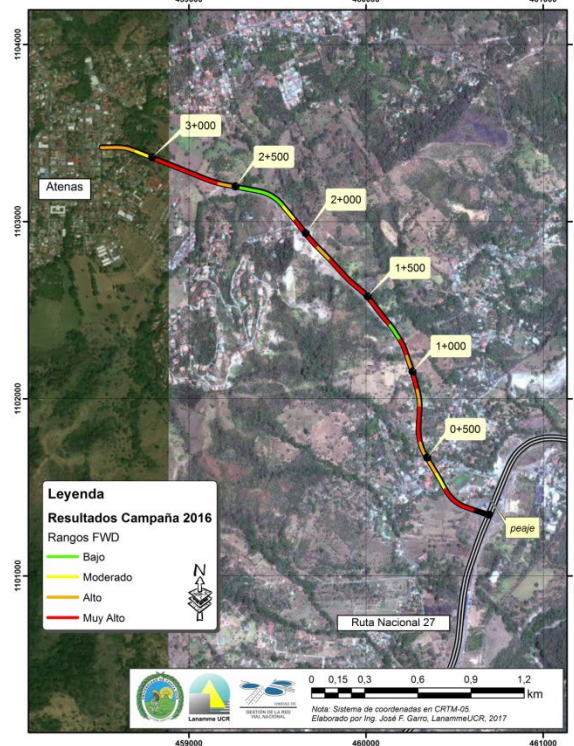


Figura A7 14 Resultados FWD, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

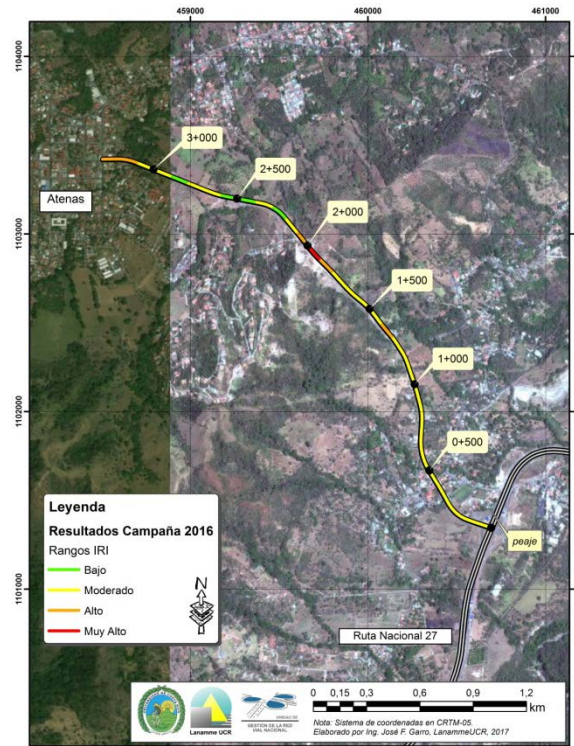


Figura A7 15 Resultados IRI, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

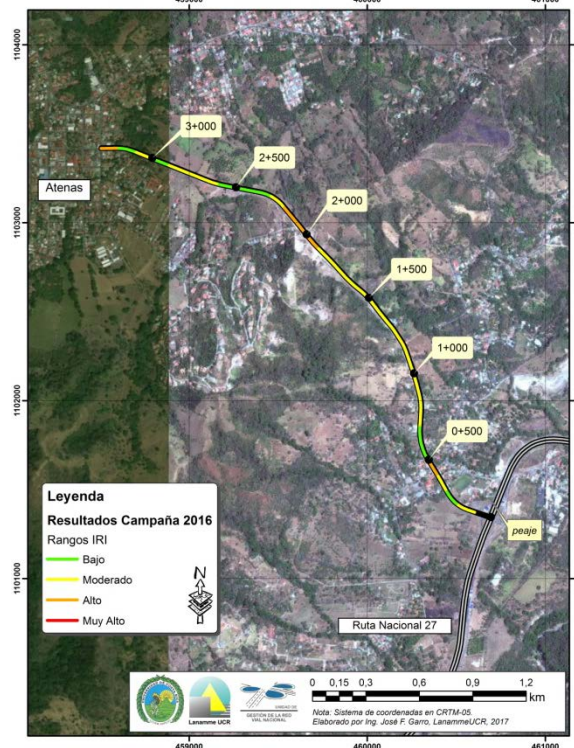


Figura A7 16 Resultados IRI, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

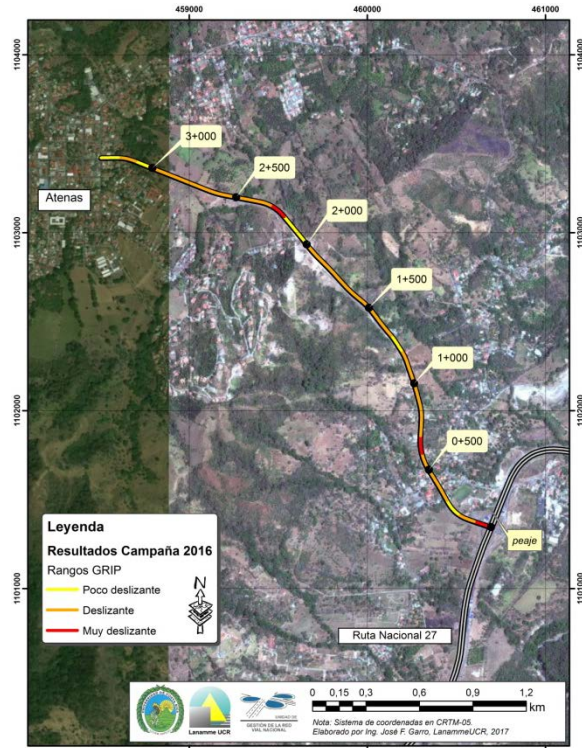


Figura A7 17 Resultados GIRIP, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

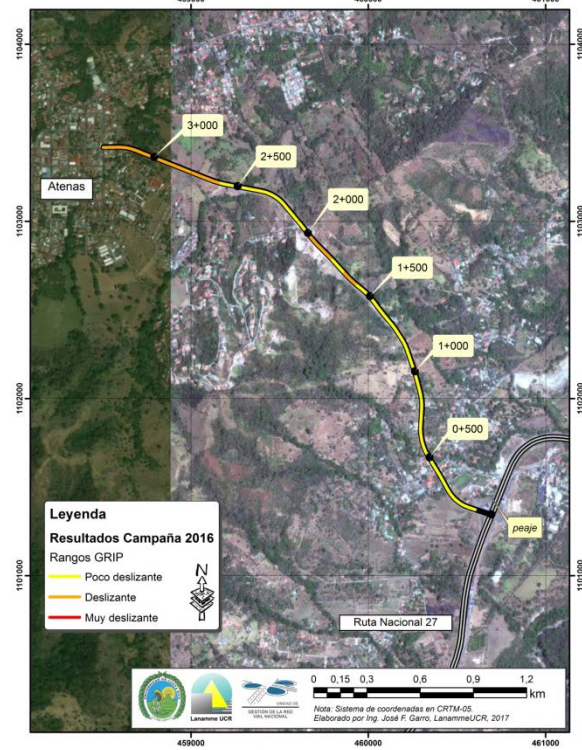


Figura A7 18 Resultados GIRIP, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

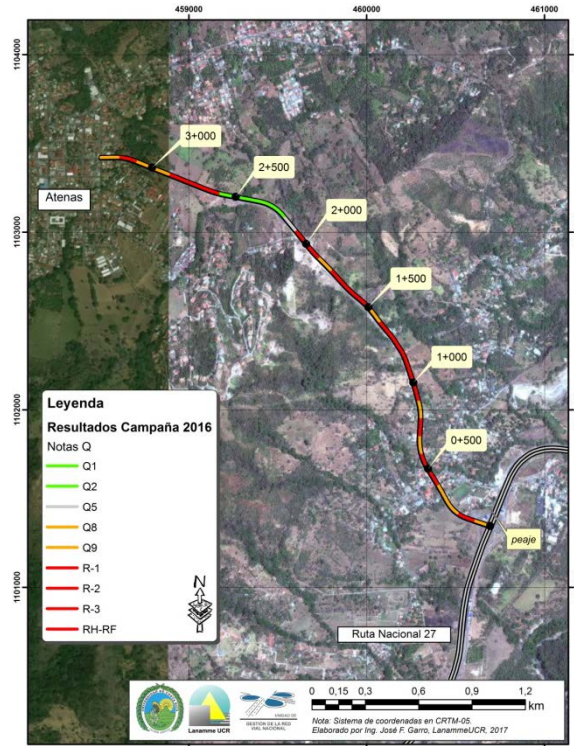


Figura A7 19 Resultados Notas Q, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

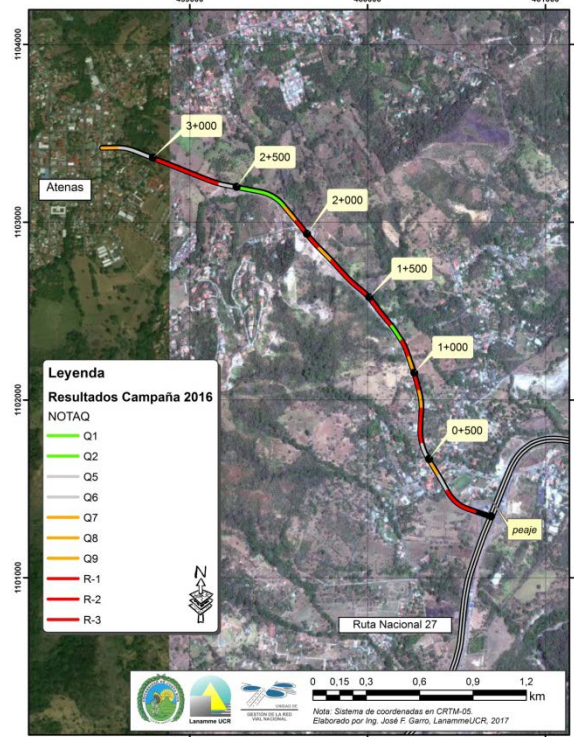


Figura A7 20 Resultados Notas Q, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

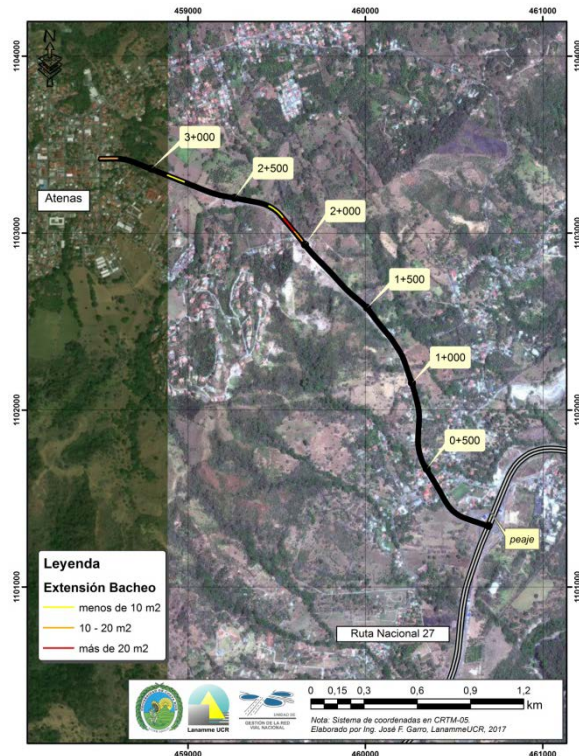


Figura A7 21 Resultados Bacheo, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

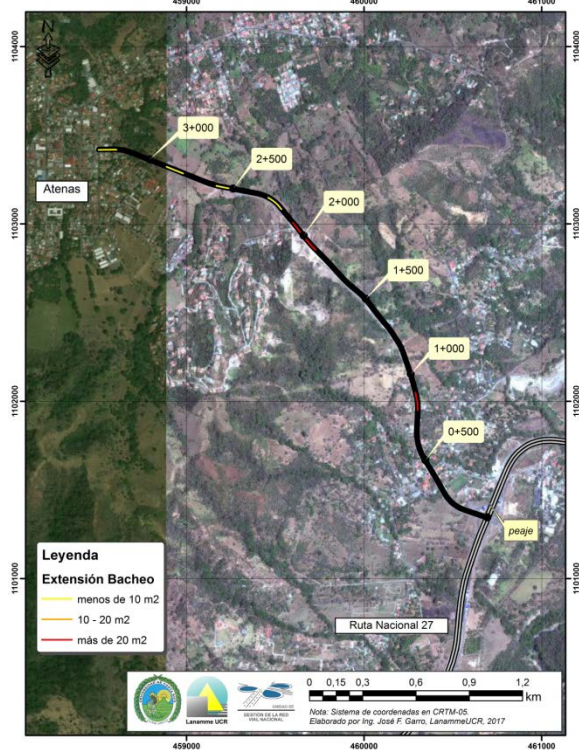


Figura A7 22 Resultados Bacheo, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

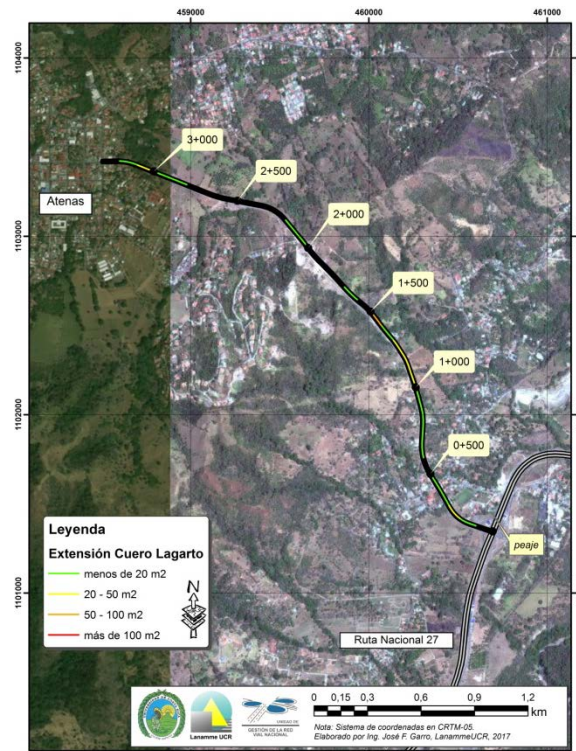


Figura A7 23 Resultados Piel de Lagarto, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

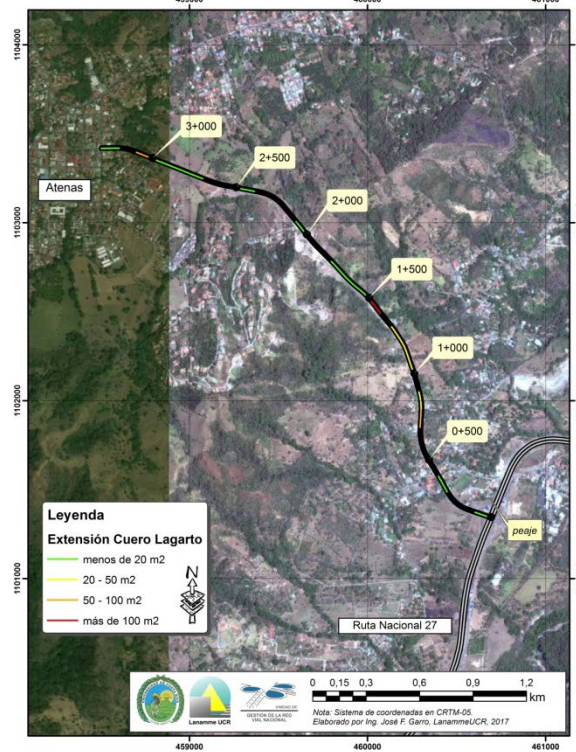


Figura A7 24 Resultados Piel de Lagarto, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

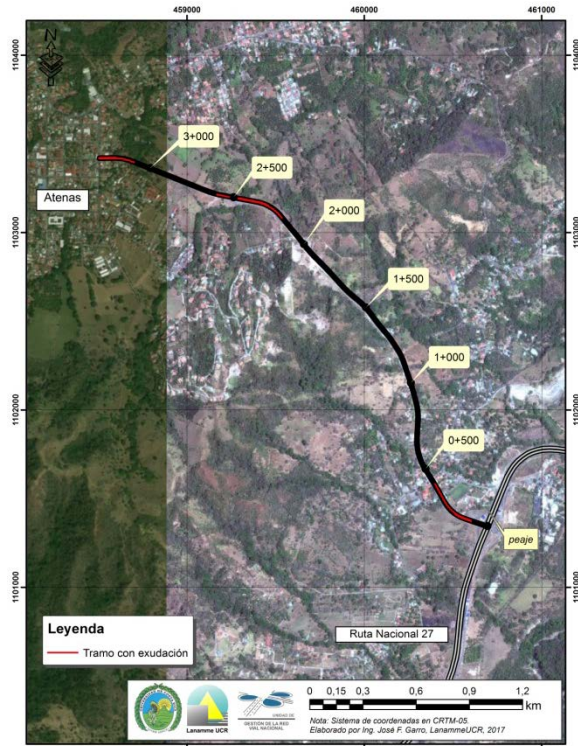


Figura A7 25 Resultados Exudación, Radial Atenas



Figura A7 26 Resultados FWD, Radial Turrucares



Figura A7 27 Resultados IRI, Radial Turrucares



Figura A7 28 Resultados GRIP, Radial Turrucares



Figura A7 29 Resultados Notas Q, Radial Turrucares



Figura A7 30 Resultados Piel de Lagarto, Radial Turrucares



Figura A7 31 Resultados Exudación, Radial Turrucare

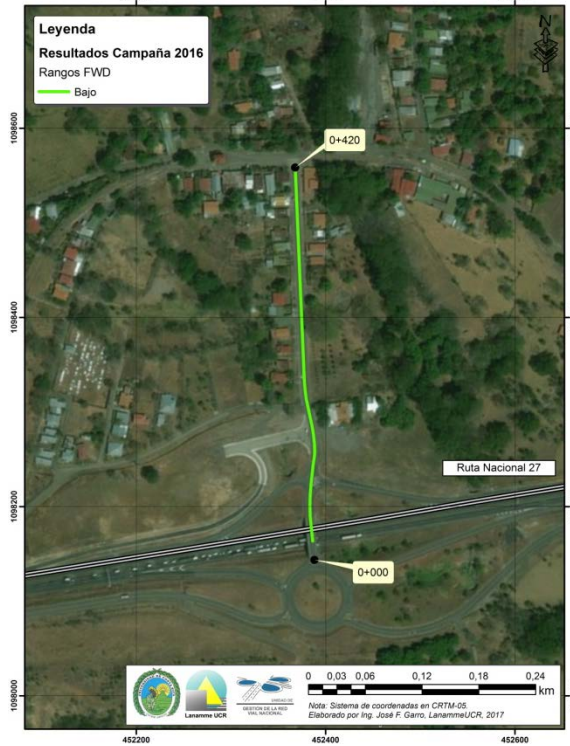


Figura A7 32 Resultados FWD, Radial Escobal, sentido Ruta Nacional 27 - Escobal

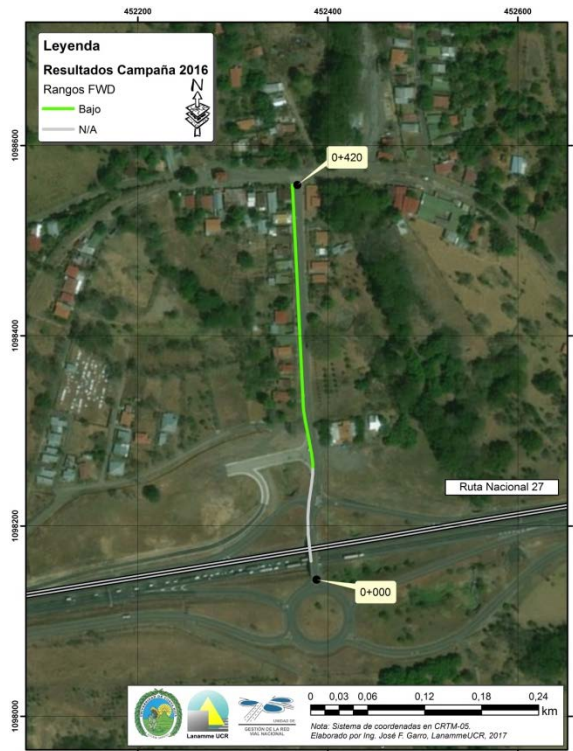


Figura A7 33 Resultados FWD, Radial Escobal, sentido Escobal - Ruta Nacional 27

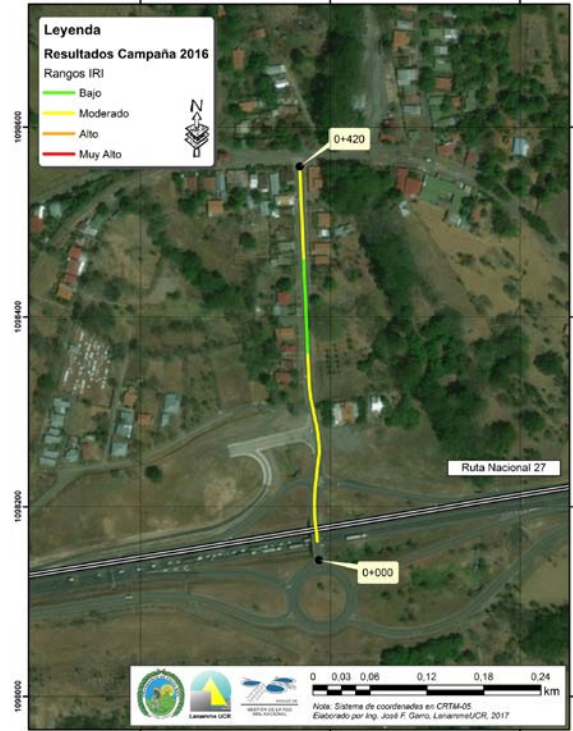


Figura A7 34 Resultados IRI, Radial Escobal, sentido Ruta Nacional 27 - Escobal

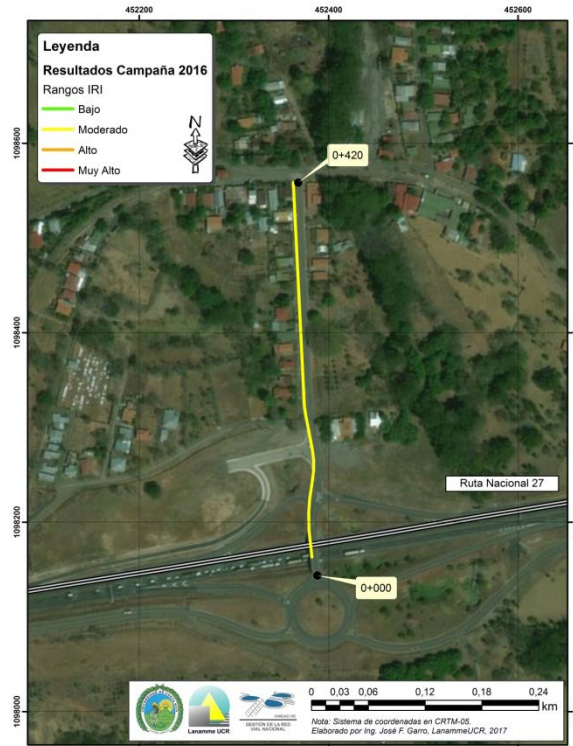


Figura A7 35 Resultados IRI, Radial Escobal, sentido Escobal - Ruta Nacional 27

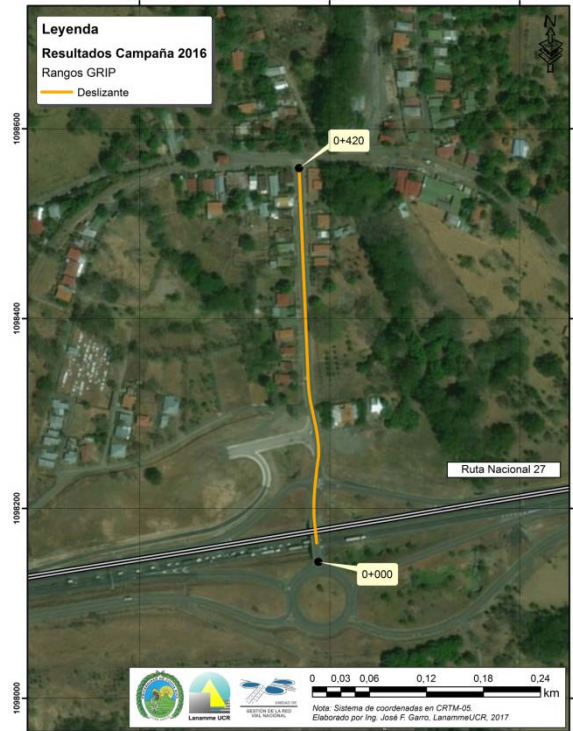


Figura A7 36 Resultados GRIP, Radial Escobal, sentido Ruta Nacional 27 - Escobal

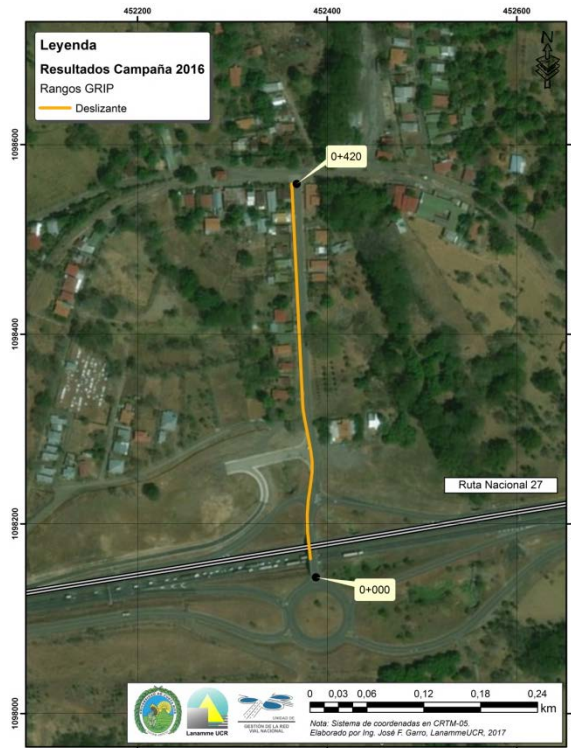


Figura A7 37 Resultados GRIP, Radial Escobal, sentido Escobal - Ruta Nacional 27

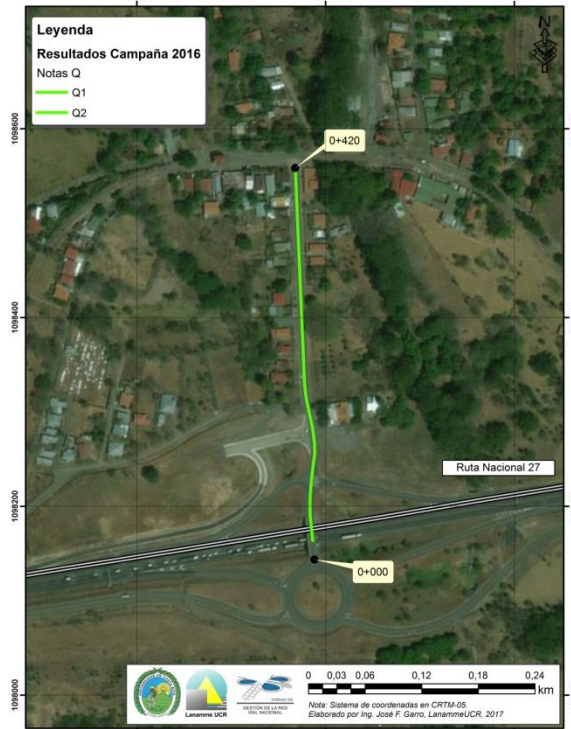


Figura A7 38 Resultados Notas Q, Radial Escobal, sentido Ruta Nacional 27 - Escobal

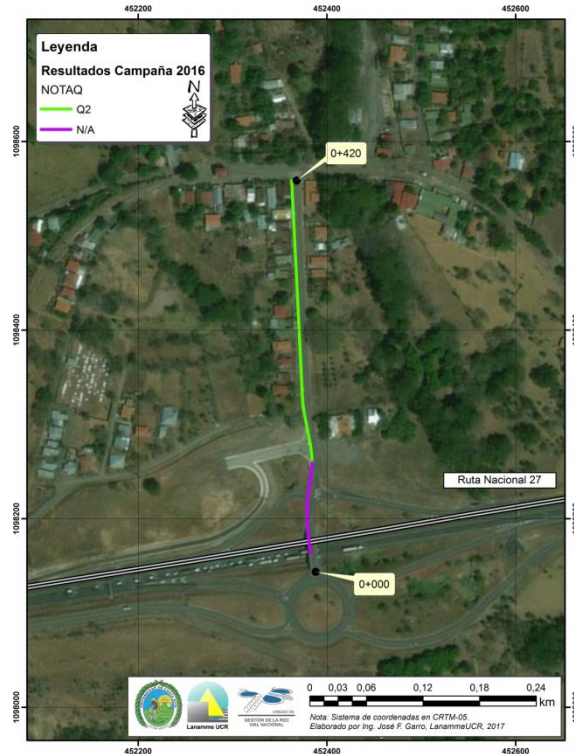


Figura A7 39 Resultados Notas Q, Radial Escobal, sentido Escobal - Ruta Nacional 27

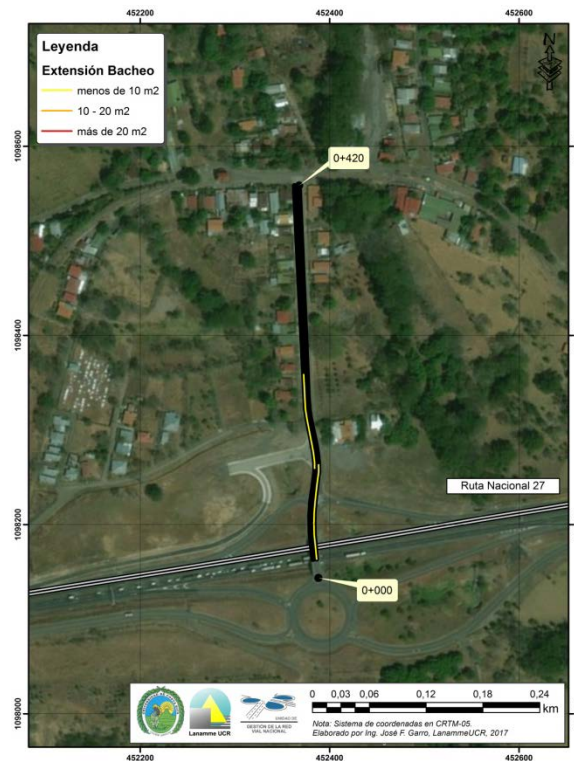


Figura A7 40 Resultados Bacheo, Radial Escobal



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos
Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

Anexo VIII Modelo de Deterioro para la Ruta Nacional 27 San José - Caldera

