



## Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0659-2024

### INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N.º 239



Preparado por:

Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica  
Mayo, 2024



<b>1. Informe:</b> EIC-Lanamme-INF-0659-2024	<b>2. Versión No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 239	<b>4. Fecha del Informe</b> 08/05/2024
<b>5. Organización y dirección</b> 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	
<b>6. Palabras clave</b> Ninguna	
<b>7. Resumen</b> <i>El presente informe de inspección de los taludes de las estaciones 31+834, 34+621, 41+145, 42+601 y 48+799 de la Ruta Nacional N°239, es producto de las inspecciones de taludes que realiza el Programa de Ingeniería Geotécnica del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) que se realizan en el marco de las competencias asignadas al LanammeUCR según se indica en el artículo 6 de la ley 8114.</i>  <i>Debido a las condiciones relativas a la estabilidad observadas a lo largo de la Ruta Nacional 239, este informe proporciona un inventario actualizado de los sitios que muestran evidencia de inestabilidad y los factores que pueden incidir negativamente en el equilibrio del terreno, lo cual puede ser utilizado como insumo para análisis detallados por parte de la Administración.</i>  <i>Es importante destacar que este informe constituye un insumo y una guía que puede ser tomada en consideración y como base para llevar a cabo análisis adicionales con un mayor grado de detalle y amplitud, que deben ser realizados por el profesional en geotecnia responsable designado por la Administración para emitir las propuestas e implementar las obras requeridas, si fuese necesario.</i>  <i>Este informe de inspección de taludes tiene validez únicamente en su forma íntegra y original. No se permite la reproducción total ni parcial de este documento sin la autorización del director del LanammeUCR.</i>	
<b>8. Inspección e informe por:</b>  Ing. Gustavo A. Badilla Vargas, D.Sc. Inspector(a) nivel 2 Programa de Ingeniería Geotécnica	<b>9. Revisado por:</b>  Lic. Giovanni Sancho Sanz Asesoría Legal LanammeUCR
<b>10. Revisado y aprobado por:</b>  Ana Lorena Monge Sandí, MSc. Coordinadora Programa Ingeniería Geotécnica	



## RESUMEN EJECUTIVO

Este informe tiene como propósito realizar una evaluación preliminar de los taludes a lo largo de la Ruta Nacional 239. Se presentan los resultados de la aplicación de la herramienta RC-545 "Herramienta del Lanamme para la inspección de taludes" V02 y el instructivo IT-IN-05 "Procedimiento para inspección de taludes" V02, elaborado por el Programa de Ingeniería Geotécnica (PIG) del LanammeUCR y cuya validación se realiza en campo con criterio profesional experto.

El trabajo realizado consiste en una inspección de los taludes que se ubican en los estacionamientos: 31+834, 34+621, 41+145, 42+601 y 48+799. Estos taludes fueron evaluados en su condición de estabilidad, su caracterización y las observaciones relacionadas a sus alrededores.

Para el talud del estacionamiento 31+834 se observó que se trataba de un talud en roca, el cual ya ha sido intervenido con obras de retención, específicamente fue construida una barrera de control de caídos para la parte superior del talud y la colocación de concreto lanzado en aproximadamente el tercio inferior de la altura del talud.

Por su parte, en el talud del estacionamiento 34+621, se determinó que se trataba de un talud cuyo material predominante es suelo, no obstante, la falta de manejo de escorrentía la superficial ha favorecido la presencia de erosión superficial en la cara del talud y el deslizamiento de material entre 200 m<sup>3</sup> a 500 m<sup>3</sup>.

En el caso del estacionamiento 41+145, se determinó que se trata de un talud predominante de suelo el cual muestra evidencia de movimiento por medio de la presencia de coronas y material caído entre 500 m<sup>3</sup> y 5000 m<sup>3</sup>, además, se observó una falta de manejo de escorrentía la superficial que favorece la presencia de erosión superficial.

El talud en el estacionamiento 42+601, es predominante de suelo, muestra un deslizamiento de material entre 200 m<sup>3</sup> - 500 m<sup>3</sup>, formación de cárcavas y grietas alrededor de su superficie y una falta de manejo de escorrentía la superficial y erosión superficial.

Por último, en el estacionamiento 48+799 se observa un talud en suelo con una altura mayor a los demás estacionamientos en la ruta en estudio, con altura aproximada de 45 metros, el talud muestra evidencias de deslizamiento que se estima entre 5000 m<sup>3</sup> y 50000 m<sup>3</sup>.

Los resultados de esta evaluación ofrecen información valiosa para identificar las condiciones de sitios específicos durante el período de la evaluación. Se proporcionan recomendaciones generales para el mantenimiento de los taludes y la prevención o mitigación de posibles deslizamientos.

Es importante enfatizar que, aunque este informe cuenta con un respaldo técnico adecuado, corresponde a los resultados de una inspección visual realizada en un momento específico. Por lo tanto, constituye un insumo inicial para los análisis definitivos y para la toma de decisiones finales o recomendaciones de diseños. Para ello, se requiere un estudio completo que debe ser realizado por un profesional en geotecnia designado por la Administración para emitir propuestas e implementar obras de estabilidad de taludes, en caso de ser necesarias.

El objetivo final es garantizar la seguridad y eficiencia del tránsito en esta ruta nacional, promoviendo el bienestar de los usuarios y contribuyendo al desarrollo sostenible del país. Se insta a realizar estudios geotécnicos exhaustivos, con la exploración geotécnica requerida, y a considerar todas las variables para tomar decisiones informadas y seguras.



## Contenido

I.	INTRODUCCIÓN .....	5
II.	OBJETIVOS .....	6
II.1	Objetivo general .....	6
II.2	Objetivos específicos .....	6
III.	ALCANCE DEL INFORME.....	7
IV.	DESCRIPCIÓN DE LOS TALUDES INSPECCIONADOS.....	8
V.	RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN .....	11
VI.	COMENTARIOS FINALES.....	19
VII.	RECOMENDACIONES DERIVADAS DE LA INSPECCIÓN .....	20
VIII.	REFERENCIAS .....	21



## I. INTRODUCCIÓN

La inspección y evaluación a elementos que son considerados activos viales, como lo son los taludes, se realiza de conformidad con las disposiciones del artículo 6 de la Ley N°8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la Ley N°8603, dentro del Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Dado lo anterior, el presente documento es un informe de inspección y evaluación de taludes de la Ruta Nacional 239 que se enmarca en las funciones de fiscalizador que la ley citada le confiere al LanammeUCR.

El trabajo realizado consiste en la inspección y evaluación de los taludes o laderas a lo largo de toda la ruta, con especial atención a aquellos que muestran signos de inestabilidad. Este análisis se llevó a cabo siguiendo el procedimiento establecido en el instructivo IT-IN-05 "Procedimiento para inspección de taludes", V02, desarrollado por el PIG del LanammeUCR. Además, se destaca que la validación de los resultados se realizó en campo, contando con la experiencia y el criterio profesional de expertos en el área.

Como parte de la evaluación, se implementó el uso de una herramienta simplificada que consiste en un levantamiento rápido para el cual se almacena únicamente la fecha del levantamiento, coordenadas exactas del sitio y una fotografía de la condición. La herramienta simplificada surge a raíz de la limitación de algunas zonas de las carreteras de montaña en cuanto a espacios disponibles para estacionar el vehículo sin obstruir el flujo del tránsito, sin poner en riesgo la vida de los operarios de las inspecciones y de los usuarios de la carretera. Con esta otra herramienta es posible identificar sitios con evidencias de inestabilidad que puedan evolucionar a movimientos de material que eventualmente afecten la carretera al cambiar sus condiciones geométricas o de saturación del medio.

Los resultados de esta evaluación representan un insumo que permitirán tener un conocimiento de los sitios específicos que al momento de la evaluación presentan inestabilidades de algún tipo, así como recomendaciones técnicas generales para el mantenimiento de los taludes o laderas y prevención o mitigación de posibles deslizamientos.



## II. OBJETIVOS

### II.1 *Objetivo general*

Inspeccionar y evaluar la condición de taludes y laderas a lo largo de toda la Ruta Nacional 239 y su entorno, para determinar si en su estado actual amerita realizar estudios y análisis adicionales para establecer su estado de estabilidad.

### II.2 *Objetivos específicos*

- Determinar las características generales de los materiales que componen el talud y el estado que muestran al momento de la inspección
- Establecer si existe evidencia de movimiento o falla del talud bajo las condiciones del entorno en que se encuentra
- Verificar si existen obras de drenaje, manejo de aguas o estabilización
- Revisar si la condición del talud puede impactar directamente emplazamientos, vías o servicios cercanos que generen afectación a los usuarios de estos

El presente informe pretende establecer niveles de evaluación y clasificación de la condición de los taludes para la identificación de la necesidad o no de recomendaciones técnicas o intervenciones más profundas a cargo de profesionales en geotecnia asignado por la Administración, a partir de la evaluación visual realizada del talud.



### III. ALCANCE DEL INFORME

El presente informe no está destinado a presentar los resultados de una evaluación rigurosa del riesgo de los taludes evaluados, puesto que este tipo de evaluaciones requieren de la incorporación de conceptos más complejos. No obstante, el presente informe pretende establecer niveles de evaluación y clasificación de la condición de los taludes con base en el criterio experto del Programa de Ingeniería Geotécnica (PIG) del LanammeUCR, para la identificación de la necesidad o no de recomendaciones técnicas o intervenciones más profundas, a partir de la evaluación visual realizada del talud.

En este sentido, la evaluación realizada establece dos áreas generales de estudio, a saber:

- La caracterización del talud: En esta se incluyen las características talud, tales como altura, pendiente, material que lo conforma entre otros, así como condiciones climáticas de la zona.
- Observaciones en la zona del talud: En esta, la evaluación se concentra en verificar si hay evidencia de movimiento y si existe alguna posible afectación en la zona circundante al talud.

Para efectos de los alcances de este informe se han establecido tres niveles (ver Tabla 1), cuya asignación se establece según la aplicación de la herramienta RC-545 "Herramienta del LanammeUCR para la inspección de taludes" V02 y el instructivo IT-IN-05 "Procedimiento para inspección de taludes" V02, elaborado por el PIG del LanammeUCR y cuya validación se realiza en campo con criterio profesional experto y que se presentan a continuación:

Tabla 1. Clasificación de la condición de los taludes con base a criterio experto del PIG LanammeUCR

Clasificación	Descripción
Baja	El nivel de afectación del talud leve y la incidencia sobre las estructuras cercanas no implica análisis adicionales específicos o más profundos del sitio. Las recomendaciones que se brindan son de carácter general
Media	El nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas requiere de una evaluación específica del sitio, con el fin de determinar si el talud requiere de recomendaciones especiales para el sitio o análisis más profundos, o si bien las recomendaciones generales son suficientes para mejorar la condición del talud
Alta	El nivel de afectación del talud y la incidencia sobre estructuras cercanas requiere realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica básica y el uso de algún software especializado. Las recomendaciones dependerán del resultado del análisis, si son requeridas



#### IV. DESCRIPCIÓN DE LOS TALUDES INSPECCIONADOS

Con la finalidad de evaluar la condición y contar con un inventario de los taludes o laderas que presentan indicios de inestabilidad a lo largo del sector de carretera de montaña de la Ruta Nacional 239, se realizó el recorrido de la ruta, capturando las coordenadas, y evidencia fotográfica de los sitios que bajo el criterio del profesional experto en el área fueron considerados de interés geotécnico para el monitoreo del comportamiento de los taludes y su afectación en la ruta.

En total fueron identificados 101 sitios con alguna evidencia de inestabilidad, de los cuales 5 fueron evaluados a detalle aplicando la herramienta RC-545 "herramienta del Lanamme para la inspección de taludes" V02 bajo la metodología descrita en el instructivo IT-IN-05 "Procedimiento para inspección de taludes" V02, y para todos se cuenta con el registro de su ubicación y referencia fotográfica como resultado de la aplicación de la herramienta simplificada de evaluación.

En la Tabla 2 y Tabla 3 se enlistan las ubicaciones de los registros de sitios identificados con condiciones que son consideradas evidencias de inestabilidad registrados con la herramienta simplificada y en la Tabla 4 se enlistan los taludes evaluados con la herramienta RC-545 "herramienta del Lanamme para la inspección de taludes" en carretera del PIG.

Tabla 2. Ubicación de los sitios identificados con la herramienta simplificada

#	Fecha	Ubicación (CRTM 05)		Est.	#	Fecha	Ubicación (CRTM 05)		Est.
		Este	Norte				Este	Norte	
1	22/01/2024	475070,39	1092894,27	6+336	24	22/01/2024	462081,19	1086240,41	26+320
2	22/01/2024	474908,27	1092758,15	6+655	25	22/01/2024	461502,44	1086255,78	27+098
3	22/01/2024	474984,82	1092377,51	7+374	26	22/01/2024	460425,71	1086567,33	28+351
4	22/01/2024	475034,41	1092364,59	7+425	27	22/01/2024	460035,18	1086483,78	28+752
5	22/01/2024	475215,80	1092226,89	7+798	28	22/01/2024	459596,70	1085943,67	29+626
6	22/01/2024	475101,94	1091714,16	8+623	29	22/01/2024	459584,23	1085925,68	29+654
7	22/01/2024	474588,51	1091409,53	9+302	30	22/01/2024	459510,58	1085586,57	30+041
8	22/01/2024	474446,92	1091384,97	9+449	31	22/01/2024	459398,56	1085590,63	30+272
9	22/01/2024	473918,88	1091205,94	10+018	32	22/01/2024	459295,79	1085534,20	30+417
10	22/01/2024	473362,06	1091094,68	10+641	33	22/01/2024	459272,25	1085553,89	30+447
11	22/01/2024	472764,03	1091172,28	11+287	34	22/01/2024	459076,74	1085608,31	30+884
12	22/01/2024	472294,50	1091125,11	12+048	35	22/01/2024	458930,84	1085591,46	31+071
13	22/01/2024	472276,06	1091058,05	12+114	36	22/01/2024	458051,47	1085388,11	32+224
14	22/01/2024	472305,66	1090960,09	12+233	37	22/01/2024	457965,61	1085344,79	32+343
15	22/01/2024	470979,07	1090715,34	13+790	38	22/01/2024	457606,51	1085007,54	32+969
16	22/01/2024	467204,82	1089598,74	18+796	39	22/01/2024	457504,27	1084906,10	33+115
17	22/01/2024	467132,77	1089559,23	18+938	40	22/01/2024	457382,68	1084650,86	33+554
18	22/01/2024	466837,22	1089250,20	19+446	41	22/01/2024	457033,84	1083996,16	34+406
19	22/01/2024	465415,93	1087767,01	22+110	42	22/01/2024	457019,48	1083853,14	34+574
20	22/01/2024	464670,08	1087288,85	23+082	43	22/01/2024	457077,57	1083764,75	34+733
21	22/01/2024	463823,36	1086385,06	24+390	44	22/01/2024	456892,47	1083704,84	34+997
22	22/01/2024	463211,80	1086326,32	25+037	45	22/01/2024	456852,63	1083665,31	35+064
23	22/01/2024	462912,76	1086293,82	25+341	46	22/01/2024	456776,32	1083685,27	35+202



Tabla 3. Ubicación de los sitios identificados con la herramienta simplificada

#	Fecha	Ubicación (CRTM 05)		Est.	#	Fecha	Ubicación (CRTM 05)		Est.
		Este	Norte				Este	Norte	
47	22/01/2024	456666,29	1083709,81	35+326	75	22/01/2024	456757,40	1075575,22	48+827
48	22/01/2024	456576,54	1083607,56	35+469	76	22/01/2024	456717,89	1075491,91	48+923
49	22/01/2024	456502,05	1083467,47	35+814	77	22/01/2024	456487,07	1075350,22	49+248
50	22/01/2024	456391,44	1083387,22	35+951	78	22/01/2024	456030,93	1075263,95	49+774
51	22/01/2024	456229,53	1083198,91	36+213	79	22/01/2024	455983,01	1075220,09	49+840
52	22/01/2024	456143,45	1083073,37	36+527	80	22/01/2024	456157,51	1075159,89	50+037
53	22/01/2024	456235,65	1082986,06	36+666	81	22/01/2024	456192,82	1075137,57	50+079
54	22/01/2024	456309,76	1082888,70	36+794	82	22/01/2024	456254,05	1075098,86	50+153
55	22/01/2024	456315,07	1082847,24	36+836	83	22/01/2024	456050,64	1074885,92	50+522
56	22/01/2024	457241,86	1082195,54	38+414	84	22/01/2024	455773,16	1074786,85	50+886
57	22/01/2024	457067,81	1082207,81	38+598	85	22/01/2024	455640,42	1074709,78	51+051
58	22/01/2024	457011,14	1082123,72	38+709	86	22/01/2024	455585,62	1074742,91	51+120
59	22/01/2024	456939,88	1081689,94	39+356	87	22/01/2024	455394,55	1074729,58	51+340
60	22/01/2024	456842,34	1081298,63	39+980	88	22/01/2024	455523,29	1072992,80	53+712
61	22/01/2024	456269,59	1080087,61	42+302	89	22/01/2024	455114,57	1072268,51	54+729
62	22/01/2024	456237,80	1080032,22	42+391	90	22/01/2024	453768,56	1071543,17	56+604
63	22/01/2024	456212,52	1079870,56	42+602	91	22/01/2024	453813,62	1071243,48	56+916
64	22/01/2024	456232,72	1079753,28	42+725	92	22/01/2024	453136,22	1070817,65	58+330
65	22/01/2024	456163,58	1079453,68	43+127	93	22/01/2024	451665,52	1070154,57	60+744
66	22/01/2024	455782,78	1079129,47	43+684	94	22/01/2024	451771,78	1069878,62	61+337
67	22/01/2024	456055,55	1078706,70	44+318	95	22/01/2024	451850,33	1069535,21	61+888
68	22/01/2024	456430,84	1078318,99	44+950	96	22/01/2024	451734,16	1069262,32	62+245
69	22/01/2024	456518,56	1077547,02	46+042	97	22/01/2024	454924,03	1064843,61	70+901
70	22/01/2024	456612,69	1077590,11	46+148	98	22/01/2024	454254,05	1064351,31	71+873
71	22/01/2024	457020,67	1077101,51	46+927	99	22/01/2024	454447,28	1063592,26	72+953
72	22/01/2024	457031,00	1076968,53	47+104	100	22/01/2024	454994,26	1063230,73	73+641
73	22/01/2024	456851,51	1076665,90	47+497	101	22/01/2024	456393,73	1055862,14	84+556
74	22/01/2024	456817,86	1076600,28	47+571					

Tabla 4. Ubicación de los sitios evaluados con la herramienta de evaluación de taludes en carretera del PIG del LanammeUCR

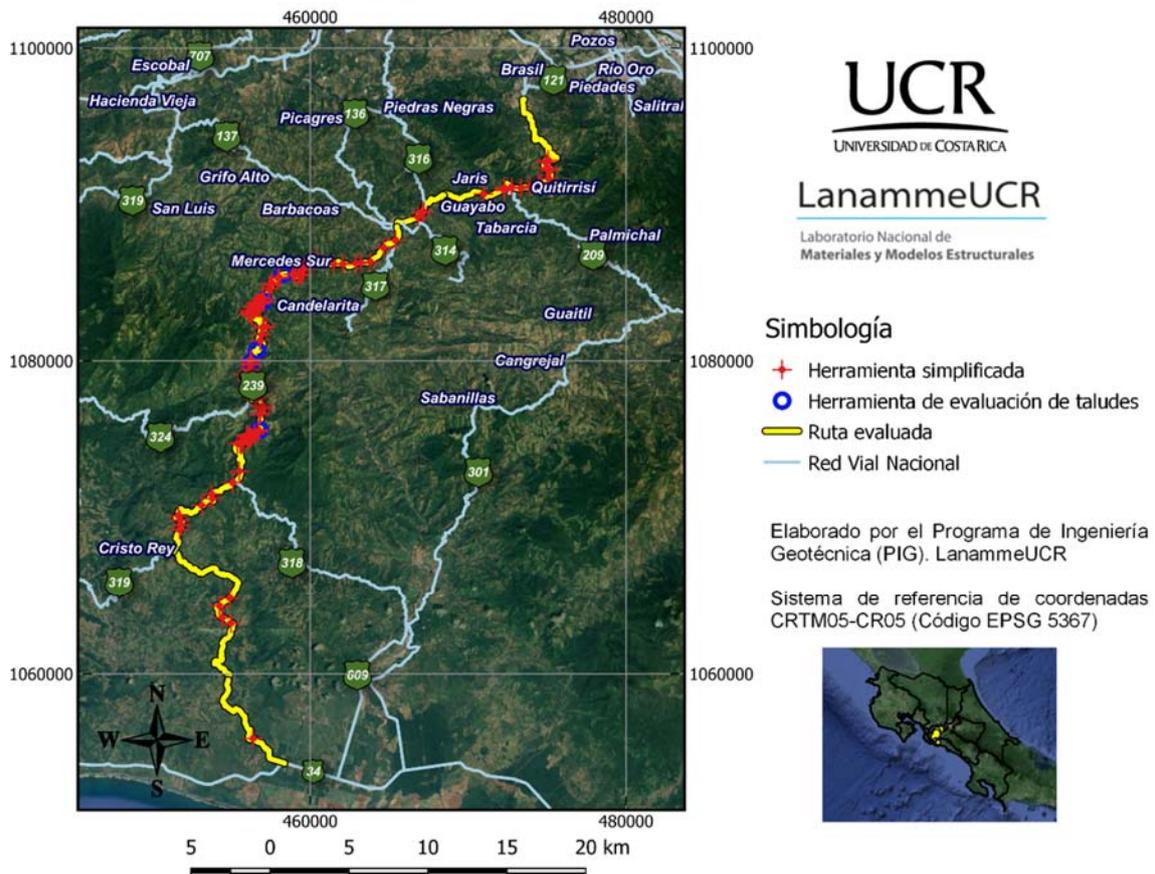
#	Latitud	Longitud	Estacionamiento
1	9,817650	-84,380339	31+834
2	9,801706	-84,391420	34+621
3	9,772890	-84,395210	41+145
4	9,765820	-84,399138	42+601
5	9,727089	-84,393887	48+799

La herramienta simplificada surge a raíz de la limitación de algunas zonas de las carreteras de montaña en cuanto a espacios disponibles para estacionar el vehículo sin obstruir el flujo del tránsito, sin poner en riesgo la vida de los operarios de las inspecciones y de los usuarios de la carretera. Con esta otra herramienta es posible identificar sitios con evidencias de inestabilidad que puedan evolucionar a movimientos de material que eventualmente afecten la carretera al cambiar sus



condiciones geométricas o de saturación del medio. Esta herramienta consiste en un levantamiento rápido para el cual se almacena únicamente la fecha del levantamiento, coordenadas exactas del sitio y una fotografía de la condición. En la Figura 1 se muestran con una cruz roja los sitios registrados con la herramienta simplificada y con círculo azul los sitios inspeccionados y evaluados con la herramienta de inspección de taludes en carretera (RC-545) del PIG del LanammeUCR.

Figura 1. Ubicación gráfica del inventario de taludes con evidencias de inestabilidad a lo largo del tramo de carretera de montaña de la RN239





## V. RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN

A continuación, se mencionan y se muestran los cuadros resumen de los taludes estudiados donde se presenta la caracterización, condición y la evidencia de movimiento presente en el talud y su calificación, evaluados con la herramienta para la inspección RC-545.

El primer talud valorado con la herramienta de inspección detallada cuenta con una obra de retención en buena condición (ver Tabla 5). Corresponde a un talud ubicado en el estacionamiento 31+834. La obra de retención observada se presume pretende controlar los caídos de roca que se pueden presentar debido al estado de fracturación que cuenta el macizo rocoso. La barrera consiste en una viga colocada en el talud de roca de aproximadamente 60 metros de longitud, la cual fue fijada con anclajes. En el tercio inferior del talud fue colocado un recubrimiento de concreto lanzado y que contiene subdrenajes horizontales. La longitud total del talud se extiende por más de 70 m y tiene una altura aproximada de 35 m. La falla que experimentó el talud corresponde con el tipo planar, lo cual implica que una masa de roca se desliza a lo largo de una discontinuidad. Dicha discontinuidad favorece el desarrollo de meteorización física de la roca.

Cabe destacar que su estabilidad se puede ver afectada por el flujo de agua presente en la base, sin embargo, la obra de retención parece contar con un manejo adecuado de dicho flujo. Para que esta condición favorable se mantenga, es importante darles un mantenimiento adecuado a los drenajes propios de la obra de estabilización para evitar obstrucciones. Se debe resaltar que en las cercanías del talud hay viviendas y redes eléctricas, por lo que la afectación no es únicamente en la carretera, sino que podría tener repercusiones sobre dichas estructuras. Es por esta razón que se considera que la intervención aplicada ha sido oportuna.

En cuanto al talud ubicado en el estacionamiento 34+621 (ver Tabla 6) el material es compuesto tanto de roca como suelo. No obstante, el material principal y el que define el comportamiento del talud es un suelo con características cohesivas. Su pendiente es escarpada y su altura corresponde a 21 m. El talud muestra una falla compuesta. A raíz de la falta de manejo de escorrentía se evidencia erosión superficial. El talud demuestra señales de movimiento mediante la presencia de coronas y material caído. La cara se encuentra altamente agrietada, esta condición es desfavorable para la estabilidad del talud ya que incrementa los efectos de la erosión promoviendo la formación de cárcavas. Al momento de la inspección el talud se encontraba seco, no obstante, es probable que esta condición varíe en la época lluviosa.

En el estacionamiento 41+145 (ver Tabla 7) se evaluó un talud de aproximadamente 27 m de altura y 70° de pendiente. Al igual que el talud anterior, el material es una composición de suelo-roca primordialmente suelo y también su mecanismo de falla es compuesto. En contraste con el talud anterior, el suelo posee características tanto cohesivas como granulares. Como consecuencia de la falta de manejo de escorrentía, el talud exhibe erosión superficial. El volumen de material caído, la formación de coronas y la inclinación de árboles cercanos evidencian que el talud presenta movimiento.

Se considera apropiado realizar análisis especializados de estabilidad, considerando la pendiente actual en condiciones de saturación y sismo. Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico del talud para realizar el análisis en softwares especializados aplicando la geometría representativa del sitio. Una posibilidad para contar con la topografía del sitio es realizar el levantamiento con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) para la generación de Modelos de Elevación Digital (MED), y posteriormente realizar análisis con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.



El talud ubicado en el estacionamiento 42+601 (ver Tabla 8), corresponde a un talud de aproximadamente 18 m de altura con material tipo suelo con evidencias de un deslizamiento tipo rotacional, con presencia de pastos naturales como vegetación en sus alrededores. En la cara del talud se pueden observar cárcavas que pueden ser asociadas con la falta de estructuras para el control y manejo de la escorrentía superficial. Las grietas en los alrededores del talud, la formación de coronas, los árboles inclinados y el volumen de material caído indican que el movimiento en este talud es prevalente. Para el caso de este talud es de suma importancia resaltar la cercanía de una vivienda, la cual se encuentra en un rango de 0 a 3 m del lugar de inestabilidad. Esta circunstancia empeora el efecto por la condición de inestabilidad que presenta el talud.

Por la proximidad de viviendas cercanas se recomienda realizar un levantamiento topográfico del talud para realizar el análisis en softwares especializados aplicando la geometría representativa del sitio. Adicionalmente, se considera importante complementar los análisis de estabilidad con análisis de esfuerzo-deformación en las zonas próximas a la superficie de ruedo usando el Método de Elementos Finitos (MEF), con la finalidad de incluir un análisis de deformaciones en los taludes y sectores próximos a éstos, y establecer posibles afectaciones que puede sufrir la vía debido a las deformaciones por la redistribución de los esfuerzos in situ y verificar el estado límite de servicio de los taludes, pavimento y cualquier otra obra de infraestructura cercana.

Por último, se presenta un talud en el estacionamiento 48+799 de aproximadamente 45 m de altura y 55° de pendiente, cuyo material está compuesto primordialmente por roca (ver Tabla 9). La roca que lo compone está medianamente fracturada y presenta una falla planar. El volumen de material caído es significativo, ya que supera los 5000 m<sup>3</sup>. Como otros indicadores de movimiento se observan árboles inclinados y formación de coronas. Nuevamente, la ausencia de manejo y control de la escorrentía superficial ha tenido repercusiones en la condición del talud como la erosión superficial. Se considera oportuno implementar un adecuado sistema de manejo de agua de escorrentía superficial que incluya contracunetas y estructuras de canalización de agua de escorrentía superficial, así como colocar un método adecuado para el manejo de erosión, a saber: vegetación, geomantas, biomantas, entre otros.

Por las dimensiones de este talud se considera apropiado realizar análisis especializados de estabilidad, considerando la topografía actual en condiciones de saturación y sismo. Para esto, se sugiere realizar un levantamiento topográfico, el cual podría obtenerse con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) para la generación de Modelos de Elevación Digital (MED), y posteriormente realizar análisis con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.

Tabla 5. Talud en el estacionamiento 31+834

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Gustavo Badilla
	Fecha	22/01/2024
	Ruta	239
	Latitud	9,817650
	Longitud	-84,380339
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	48°
	Altura del talud	35 m
	Material predominante	Roca
	Estado de la roca	Roca fracturada
	Fracturación de la roca en la cara del talud	Medianamente fracturado
	Condición de las discontinuidades en roca	Sin relleno
	Espesor del relleno de discontinuidades	-
	Vegetación	Arbustos
<b>Condición del talud</b>	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	Planar
	Forma del Talud	Rectilínea
	Manejo de escorrentía	Drenaje en buen estado
	Afectación por escorrentía	Ninguna
	Agua en el talud	Al pie
<b>Evidencia de movimiento</b>	Flujo de agua en el talud	En el pie
	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	Si
	Formación de Coronas	Si
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
<b>Estructuras cercanas</b>	Material caído	No
	Presencia de obras de retención	En buen estado
	Presencia de viviendas y comercios	Más de 15 m
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Arterial
	Presencia de redes eléctricas	3 m - 8 m
	Presencia de red de agua potable	No hay
	Presencia de puentes vehiculares	No hay
	Presencia de pasos peatonales	No hay
Presencia de cultivos	No hay	

**Recomendación final**
**Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud**

Condición del talud con obra de retención y control contra caídos



Detalle de falla planar en la parte superior del talud



Tabla 6. Talud en el estacionamiento 34+621

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Gustavo Badilla
	Fecha	22/01/2024
	Ruta	239
	Latitud	9,801706
	Longitud	-84,391420
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	55°
	Altura del talud	21 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Compuesto (primordialmente suelo)
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento cara del talud	Altamente agrietado
	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
<b>Condición del talud</b>	Falla en el talud	Compuesto
	Forma del Talud	Compuesta
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial
	Agua en el talud	Seco
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
<b>Evidencia de movimiento</b>	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	Si
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	200 a 500 – Pequeño
<b>Estructuras cercanas</b>	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Arterial
	Presencia de redes eléctricas	3 m - 8 m
	Presencia de red de agua potable	No hay
	Presencia de puentes vehiculares	No hay
	Presencia de pasos peatonales	No hay
	Presencia de cultivos	No hay
<b>Recomendación final</b>		<b>Media - Evaluación específica del sitio</b>

Condición actual de la cara del talud



Material deslizado al pie del talud



Tabla 7. Talud en el estacionamiento 41+145

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Gustavo Badilla
	Fecha	22/01/2024
	Ruta	239
	Latitud	9,772890
	Longitud	-84,395210
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	70°
	Altura del talud	27 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Compuesto (primordialmente suelo)
	Naturaleza del suelo	Ambos
	Agrietamiento cara del talud	Altamente agrietado
	Vegetación	Arbustos
	Uso de suelo	Camino/carretera
<b>Condición del talud</b>	Falla en el talud	Compuesto
	Forma del Talud	Compuesta
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial
	Agua en el talud	Seco
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
<b>Evidencia de movimiento</b>	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	Si
	Formación de Coronas	Si
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	500 a 5000 – Mediano
<b>Estructuras cercanas</b>	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	Más de 15 m
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Arterial
	Presencia de redes eléctricas	Más de 15 m
	Presencia de red de agua potable	No hay
	Presencia de puentes vehiculares	No hay
	Presencia de pasos peatonales	No hay
	Presencia de cultivos	No hay
<b>Recomendación final</b>		<b>Media - Evaluación específica del sitio</b>

Condición actual de la cara del talud



Material deslizado al pie del talud



Tabla 8. Talud en el estacionamiento 42+601

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Gustavo Badilla
	Fecha	22/01/2024
	Ruta	239
	Latitud	9,765820
	Longitud	-84,399138
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	50°
	Altura del talud	18 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento cara del talud	Altamente agrietado
	Vegetación	Pastos naturales
	Uso de suelo	Camino/carretera
<b>Condición del talud</b>	Falla en el talud	Deslizamiento rotacional
	Forma del Talud	Cóncava
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Formación de cárcavas
	Agua en el talud	Seco
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
<b>Evidencia de movimiento</b>	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	Si
	Formación de Coronas	Si
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	Grietas alrededor del talud
	Material caído	200 a 500 – Pequeño
<b>Estructuras cercanas</b>	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	8 m - 15 m
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Arterial
	Presencia de redes eléctricas	3 m - 8 m
	Presencia de red de agua potable	No hay
	Presencia de puentes vehiculares	No hay
	Presencia de pasos peatonales	No hay
	Presencia de cultivos	No hay

Recomendación final

**Alta - Requiere análisis profundo según condición del talud**

Condición actual de la cara del talud, con evidencias de movimiento del terreno



Presencia de cárcavas debido a la escorrentía superficial



Tabla 9. Talud en el estacionamiento 48+799

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Gustavo Badilla
	Fecha	22/01/2024
	Ruta	239
	Latitud	9,727089
	Longitud	-84,393887
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	55°
	Altura del talud	45 m
	Material predominante	Roca
	Estado de la roca	Compuesto (primordialmente roca)
	Fracturación de la roca en la cara del talud	Medianamente fracturado
	Condición de las discontinuidades en roca	Sin relleno
	Espesor del relleno de discontinuidades	-
	Vegetación	Bosque secundario
	Uso de suelo	Camino/carretera
<b>Condición del talud</b>	Falla en el talud	Planar
	Forma del Talud	Rectilínea
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial
	Agua en el talud	Seco
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
<b>Evidencia de movimiento</b>	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	Si
	Formación de Coronas	Si
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	5000 a 50000 - Medianamente grande
<b>Estructuras cercanas</b>	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Arterial
	Presencia de redes eléctricas	No hay
	Presencia de red de agua potable	No hay
	Presencia de puentes vehiculares	No hay
	Presencia de pasos peatonales	No hay
	Presencia de cultivos	No hay

Recomendación final

Media - Evaluación específica del sitio

Condición actual de la cara del talud



Erosión superficial asociada con la escorrentía superficial que favorece el inicio de formación de cárcavas





En resumen, como resultado de la aplicación de la herramienta RC-545 “Herramienta del LanammeUCR para la inspección de taludes” V02 y el instructivo IT-IN-05 “Procedimiento para inspección de taludes” V02, se ha establecido que solamente un talud presenta una condición con baja susceptibilidad, con lo cual es posible brindar recomendaciones generales para la condición del talud. Por su parte, un total de 3 sitios arrojaron una condición de susceptibilidad media ante posibles deslizamientos, y por lo tanto se recomienda que profesionales especializados en geotecnia designados por la Administración, evalúen la conveniencia de determinar la necesidad de realizar análisis más específicos en estos sitios y con ello emitir recomendaciones. Finalmente, uno de los taludes presenta condiciones que lo califican con susceptibilidad alta ante posibles deslizamientos y que obligatoriamente debe ser analizado por profesionales especialistas en el área de geotecnia designados por la Administración.

En el caso de los taludes en los cuales se obtuvo una condición media y alta se considera apropiado realizar análisis especializados de estabilidad, considerando la pendiente actual en condiciones de saturación y sismo. Para esto es recomendable realizar levantamientos topográficos del talud para realizar el análisis en softwares especializados aplicando la geometría representativa del sitio. Una posibilidad para contar con la topografía del sitio es realizar un levantamiento con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) para la generación de Modelos de Elevación Digital (MED), y posteriormente realizar análisis con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.

Por la condición observada en campo, para todos los taludes evaluados se recomienda implementar un adecuado sistema de manejo de agua de escorrentía superficial que incluya contracunetas y estructuras de canalización de agua de escorrentía superficial, y considerar una mejora en el sistema de drenajes existente, y el diseño y construcción de un sistema de drenajes específico adecuado para el talud.



## VI. COMENTARIOS FINALES

Después de realizar la visita de campo a la Ruta Nacional 239, de manera general se resalta que la mayoría de los taludes existentes carecen de sistemas adecuados para el control de la escorrentía superficial, por lo que se recomienda implementar medidas integrales de mitigación para detener y evitar la erosión de la cara de los taludes, así como colocar sistemas para el control de la escorrentía superficial y evitar que se magnifiquen los problemas de estabilidad que fueron observados. Igualmente se recomienda colocar métodos adecuados para el control de la erosión superficial, tales como la colocación de vegetación, geomantas, biomantas, entre otros

Se sugiere llevar a cabo estudios adicionales incluyendo ensayos in situ y de laboratorio, que constituye una exploración geotécnica más a detalle que permita establecer un modelo geotécnico específico y representativo de cada una de las zonas de estudio y, posterior a esto, realizar los respectivos análisis de estabilidad en condición tanto estática como pseudo-estática, así como evaluar diferentes condiciones de saturación de los materiales, dada la influencia que tiene el agua en la estabilidad de los taludes y laderas, así como también evaluar diferentes propuestas de estabilización de los taludes y su respectiva optimización, en caso de ser necesarias. La omisión de estos aspectos podría significar riesgos económicos a la administración y a los usuarios de la ruta.

Adicionalmente, cuando se requiera un análisis más específico, resulta apropiado, de ser posible, identificar la superficie de falla crítica en la modelación tridimensional, para luego analizar esta superficie en dos dimensiones, modificando las condiciones de análisis, es decir, estática, pseudoestática, seca y saturada. Este enfoque permite simular el comportamiento de la misma superficie de falla bajo diferentes condiciones y, de esta manera, obtener resultados más representativos. Estos resultados proporcionarán la base para ofrecer recomendaciones específicas de la condición de estos taludes por parte del ingeniero especializado en geotecnia a cargo asignado por la Administración.

Finalmente se considera importante complementar los análisis de estabilidad con análisis de esfuerzo-deformación en las zonas próximas a la superficie de ruedo usando el Método de Elementos Finitos (MEF), con la finalidad de incluir un análisis de deformaciones en los taludes y sectores próximos a éstos, y establecer posibles afectaciones que puede sufrir la vía debido a las deformaciones por la redistribución de los esfuerzos in situ y verificar el estado límite de servicio de los taludes, pavimento y cualquier otra obra de infraestructura cercana.



## VII. RECOMENDACIONES DERIVADAS DE LA INSPECCIÓN

Dadas las limitaciones de la evaluación realizada de los sitios visitados, en este informe no es posible emitir recomendaciones y diseños detallados de alguna obra de retención. Así pues, corresponde a la Administración la designación de un profesional en geotécnica para la elaboración de un estudio completo y la emisión de las propuestas de las obras de estabilidad o retención de talud, en caso de ser necesarias.

De manera general se sugiere llevar a cabo estudios adicionales incluyendo ensayos in situ y de laboratorio, que constituye una exploración geotécnica más a detalle. Con ello sería posible establecer modelos geotécnicos específicos y representativo de cada uno de los taludes analizados y, posterior a esto, realizar los respectivos análisis de estabilidad.

Sin embargo, de la visita de campo realizada, fue posible observar que los taludes analizados carecen de sistemas de drenaje superficial y control de la escorrentía superficial. Por lo cual se recomienda construir sistemas de drenajes en el propio talud, así como llevar a cabo el diseño y construcción del sistema de drenajes específicos para los problemas observados en cada uno de los taludes evaluados, estos sistemas deben incluir contracunetas y estructuras de canalización de agua de escorrentía superficial. El diseño de estas obras deberá estar a cargo y bajo la supervisión del ingeniero en geotecnia encargado del proyecto, designado por la Administración.

Se considera recomendable la colocación de métodos adecuados para el control de la erosión superficial, tales como: vegetación, geomantas, biomantas, entre otros. Estos métodos deben contar con un diseño específico para el sitio evaluado y el diseño y selección del método deberá estar a cargo y bajo la supervisión del ingeniero en geotecnia encargado del proyecto, que indique la forma adecuada de colocar estas alternativas, con el fin de optimizar la solución y no generar problemas mayores a posteriori.

Dada la dificultad para acceder a ciertos taludes y hacer una evaluación apropiada del sitio específico, así como para conocer su topografía específica, se recomienda realizar el levantamiento con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) para la generación de Modelos de Elevación Digital (MED) como medida alternativa para generar dicha topografía, y posteriormente realizar análisis con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.



## VIII. REFERENCIAS

- LanammeUCR (2023). **RC-545 Herramienta del LanammeUCR para la inspección de taludes” V02, en Survey123**. LanammeUCR. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.
- Programa de Ingeniería Geotécnica (2023). **IT-IN-05 “Procedimiento para inspección de taludes” V02**. LanammeUCR. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.