



# Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0900-2024

## INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 209



Preparado por:

Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica  
Junio, 2024



<b>1. Informe:</b> EIC-Lanamme-INF-0900-2024	<b>2. Versión No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 209	<b>4. Fecha del Informe</b> 11/06/2024
<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> Erosión superficial, manejo de escorrentía superficial, Vehículo aéreo no tripulado (VANT), Modelo de elevación digital (MED)	
<b>7. Resumen</b> <i>El presente informe de inspección de los taludes de la ruta nacional 209, 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 de estabilidad observadas a lo largo de la ruta nacional 209, 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. Se encontraron 90 sitios de interés geotécnico con alguna evidencia de inestabilidad, que entre otros rasgos presentan afectación por mal manejo de escorrentía superficial y erosión. Adicionalmente, se lograron inspeccionar y evaluar un total de 4 puntos con mayor especificidad.</i>  <i>Es importante destacar que este informe constituye un insumo y una guía que puede ser tomada en consideración para llevar a cabo análisis adicionales con un mayor grado de detalle, que deben ser realizados por el profesional en geotecnia responsable de 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. Laura Solano Matamoros Inspectora 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 N°209. Este informe presenta 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 llevado a cabo se centró en la inspección exhaustiva de los taludes a lo largo de la ruta nacional N°209, identificando cualquier indicio de inestabilidad. La inspección estuvo a cargo de un profesional experto de PIG. Dependiendo de la posible incidencia de la evidencia de inestabilidad identificada, se realizó la evaluación del talud considerando su condición de estabilidad actual, caracterización y las condiciones del entorno. En algunos casos, se registró únicamente la ubicación y una descripción general de la evidencia de inestabilidad observada, con el propósito de mantener un registro detallado y monitorear los sitios inestables desde una perspectiva geotécnica.

Como resultado de la evaluación de los taludes ubicados en los estacionamientos 12+964, 33+862, 34+519 y 45+027, se obtuvo una clasificación media para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dado que los taludes presentan evidencias de movimiento como agrietamientos en el terreno circundante al talud, crecimiento inclinado de la vegetación, acumulación de material caído al pie del talud y la evidencia de una posible superficie de falla en la cara del talud se recomienda realizar análisis con mayor detalle de los sitios. Adicionalmente, se detectaron 90 sitios de interés geotécnico pues presentan características que se considera hay que monitorear para que no desencadenen afectaciones futuras.

Los resultados de esta evaluación ofrecen información valiosa para identificar las condiciones de sitios específicos durante el período de la evaluación. Además, 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 evaluación 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 de obras de ser necesarias. 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 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.....	26
VII.	Recomendaciones derivadas de la inspección .....	27
VIII.	REFERENCIAS .....	28



## 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 N°209 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, además de utilizar el RC-545 "Herramienta del Lanamme para inspección de taludes" V02, se implementó la herramienta simplificada que consiste en un levantamiento rápido para el cual se registra la fecha del levantamiento, coordenadas exactas del sitio, la evidencia de inestabilidad 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 evaluaciones 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 los taludes o laderas a lo largo de toda la ruta nacional N°206 y su entorno, para determinar si en su estado actual amerita realizar estudios y análisis adicionales para establecer su condición de estabilidad.

### II.2 *Objetivos específicos*

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

El presente informe pretende establecer niveles de evaluación y clasificación de la condición de los taludes o laderas para la identificación de la necesidad o no de recomendaciones técnicas o intervenciones más profundas a cargo de profesionales en geotecnia responsables de diseños, 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.



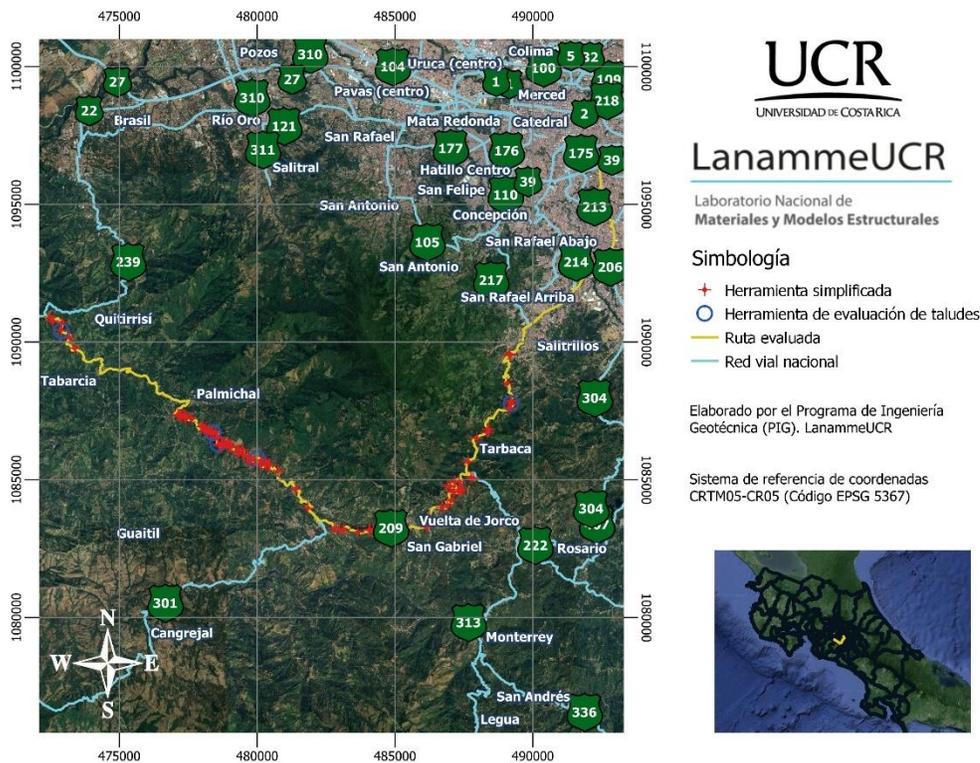
### IV. DESCRIPCIÓN DE LOS TALUDES INSPECCIONADOS

Con la finalidad de evaluar la condición desde el punto de vista geotécnico de los taludes y laderas de la ruta nacional N°209 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, 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 para el monitoreo del comportamiento de los taludes y su afectación en la ruta.

En total fueron identificados 90 sitios con alguna evidencia de inestabilidad, de los cuales 4 pudieron ser 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 Figura 1 se muestran los sitios identificados con algún indicio de inestabilidad. Las cruces rojas muestran los sitios de interés geotécnicos levantados con la herramienta simplificada y los círculos azules con el RC-545. 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 con la herramienta RC-545 "Herramienta del Lanamme para la inspección de taludes" del PIG respectivamente.

Figura 1 Ubicación de los sitios con evidencia de inestabilidad en la ruta nacional 405





**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	6/2/2024	489175,18	1089555,26	10+145	46	6/2/2024	480325,37	1085560,65	30+875
2	6/2/2024	489163,47	1089517,28	10+184	47	6/2/2024	480304,42	1085556,68	30+896
3	6/2/2024	489070,61	1088502,32	12+028	48	6/2/2024	480147,67	1085534,97	31+131
4	6/2/2024	489215,83	1087856,01	12+811	49	6/2/2024	480150,29	1085608,89	31+218
5	6/2/2024	489216,66	1087765,30	12+972	50	6/2/2024	480156,53	1085696,17	31+308
6	6/2/2024	489148,49	1087592,57	13+208	51	6/2/2024	479902,11	1085719,39	31+688
7	6/2/2024	488387,17	1086842,27	14+640	52	6/2/2024	479719,63	1085687,95	31+904
8	6/2/2024	488397,55	1086823,66	14+661	53	6/2/2024	479724,05	1085707,19	31+924
9	6/2/2024	488347,26	1086721,22	14+794	54	6/2/2024	479675,04	1085838,33	32+076
10	6/2/2024	487968,46	1086503,61	15+241	55	6/2/2024	479510,93	1085895,34	32+264
11	6/2/2024	487648,78	1085653,21	16+396	56	6/2/2024	479471,86	1086107,55	32+500
12	6/2/2024	487839,77	1085050,32	17+159	57	6/2/2024	479332,01	1086004,38	32+748
13	6/2/2024	487763,44	1085078,31	17+259	58	6/2/2024	479297,37	1086043,78	32+801
14	6/2/2024	487336,94	1084933,53	18+104	59	6/2/2024	479263,68	1086049,54	32+837
15	6/2/2024	487167,09	1084930,03	18+340	60	6/2/2024	479067,74	1086204,06	33+142
16	6/2/2024	486909,48	1084758,88	18+708	61	6/2/2024	478993,71	1086226,65	33+229
17	6/2/2024	487011,12	1084762,12	18+815	62	6/2/2024	478982,28	1086237,79	33+245
18	6/2/2024	487315,34	1084574,48	19+354	63	6/2/2024	478919,47	1086334,21	33+360
19	6/2/2024	487386,22	1084648,35	19+458	64	6/2/2024	478806,54	1086344,31	33+482
20	6/2/2024	487440,94	1084643,92	19+508	65	6/2/2024	478718,38	1086266,80	33+606
21	6/2/2024	487125,97	1084547,61	19+913	66	6/2/2024	478692,05	1086246,14	33+640
22	6/2/2024	487032,40	1084246,84	20+392	67	6/2/2024	478609,11	1086300,03	33+819
23	6/2/2024	486898,00	1084055,97	20+874	68	6/2/2024	478562,73	1086527,14	34+123
24	6/2/2024	486703,48	1083990,77	21+166	69	6/2/2024	478497,27	1086701,91	34+420
25	6/2/2024	486247,76	1083649,03	21+893	70	6/2/2024	478391,54	1086699,85	34+538
26	6/2/2024	486136,03	1083287,18	22+355	71	6/2/2024	478307,43	1086702,62	34+642
27	6/2/2024	485302,32	1083319,45	23+245	72	6/2/2024	478300,79	1086717,44	34+657
28	6/2/2024	485271,47	1083320,56	23+275	73	6/2/2024	478217,77	1086799,63	34+827
29	6/2/2024	484946,39	1083275,80	23+610	74	6/2/2024	478119,93	1086796,66	34+946
30	6/2/2024	484923,96	1083278,08	23+632	75	6/2/2024	478042,00	1086940,34	35+109
31	6/2/2024	484735,42	1083213,13	23+841	76	6/2/2024	477980,07	1086923,32	35+228
32	6/2/2024	484224,62	1083165,72	24+426	77	6/2/2024	477625,65	1087208,94	35+994
33	6/2/2024	484088,62	1083190,38	24+569	78	6/2/2024	477413,41	1087228,70	36+232
34	6/2/2024	484070,08	1083169,33	24+598	79	6/2/2024	477404,40	1087263,11	36+267
35	6/2/2024	483652,04	1083096,58	25+063	80	6/2/2024	477390,08	1087320,19	36+328
36	6/2/2024	483146,50	1083194,98	25+693	81	6/2/2024	477338,57	1087339,53	36+384
37	6/2/2024	483062,86	1083183,86	25+778	82	6/2/2024	477235,98	1087317,81	36+504
38	6/2/2024	482984,53	1083177,88	25+857	79	6/2/2024	477404,40	1087263,11	36+267
39	6/2/2024	482801,05	1083224,85	26+052	80	6/2/2024	477390,08	1087320,19	36+328
40	6/2/2024	481837,27	1083973,69	27+458	81	6/2/2024	477338,57	1087339,53	36+384
41	6/2/2024	481396,46	1084663,11	28+899	82	6/2/2024	477235,98	1087317,81	36+504



**Tabla 2 (cont.)**

*Ubicación de los sitios identificados con la herramienta simplificada*

83	6/2/2024	477188,78	1087325,49	36+553	87	6/2/2024	472882,27	1090431,99	45+059
84	6/2/2024	477126,01	1087367,26	36+629	88	6/2/2024	472926,30	1090715,69	45+369
85	6/2/2024	473383,90	1089776,04	43+756	89	6/2/2024	472588,60	1090765,27	45+908
86	6/2/2024	473203,12	1090156,33	44+522	90	6/2/2024	472484,53	1090911,22	46+111

**Tabla 3**

*Ubicación de los sitios evaluados con la herramienta de evaluación de taludes en carretera del PIG del LanammeUCR*

#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est.	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est.
		Este	Norte				Este	Norte	
1	6/2/2024	489209,22	1087766,76	12+964	3	6/2/2024	478408,89	1086708,14	34+519
2	6/2/2024	478566,93	1086300,16	33+862	4	6/2/2024	472894,50	1090401,40	45+027



## RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN

Con la finalidad de evaluar la condición y contar con un inventario de los taludes que presentan indicios de inestabilidad a lo largo de la ruta nacional N°209, se utilizó la herramienta bajo la metodología descrita en apartados anteriores, para evaluar la condición de taludes.

A continuación, se muestra el resumen de los resultados de la inspección y evaluación de los taludes realizados con ayuda de la herramienta RC-545 “herramienta del Lanamme para la inspección de taludes” V02 para la inspección de taludes en carretera, aplicado a los sitios identificados con evidencia de inestabilidad de la ruta nacional 209, en los que las condiciones de la carretera permitieran un acercamiento al sitio, suficiente para realizar la inspección visual y mediciones necesarias para la evaluación sin poner en riesgo la integridad de los evaluadores y el equipo de trabajo.

Dado que la ruta nacional N°209, en gran parte de su extensión no cuenta con zonas de espaldón o cunetas, es una vía estrecha y, además, durante el día de la evaluación existió un flujo vehicular constante, se limitó la capacidad del personal del PIG encargado de la evaluación para poder aplicar la herramienta RC-545. No obstante, la ruta nacional N°209 cuenta en la mayoría de su recorrido con sitios problemáticos de interés geotécnico, para los cuales se considera oportuno realizar análisis más profundos que permitan establecer la necesidad de intervenirlos, para evitar que las condiciones observadas en sitio se magnifiquen. Dada esta situación, se aplicó la herramienta simplificada a los 90 sitios de interés mencionados en el apartado anterior y a continuación se describen algunos sitios que presentan alguna evidencia de inestabilidad y que se considera pueden requerir de análisis más profundos.

De manera general estos sitios identificados son taludes que en la mayoría de los casos presentan indicios de inestabilidad que responden a un patrón de afectación por escorrentía superficial. Cabe resaltar la deficiencia en el sistema de manejo de agua, principalmente en la corona del talud y ausencia de elementos de drenaje de agua de infiltración en los taludes. Esta condición es posible observarla a lo largo de toda la ruta de manera recurrente.

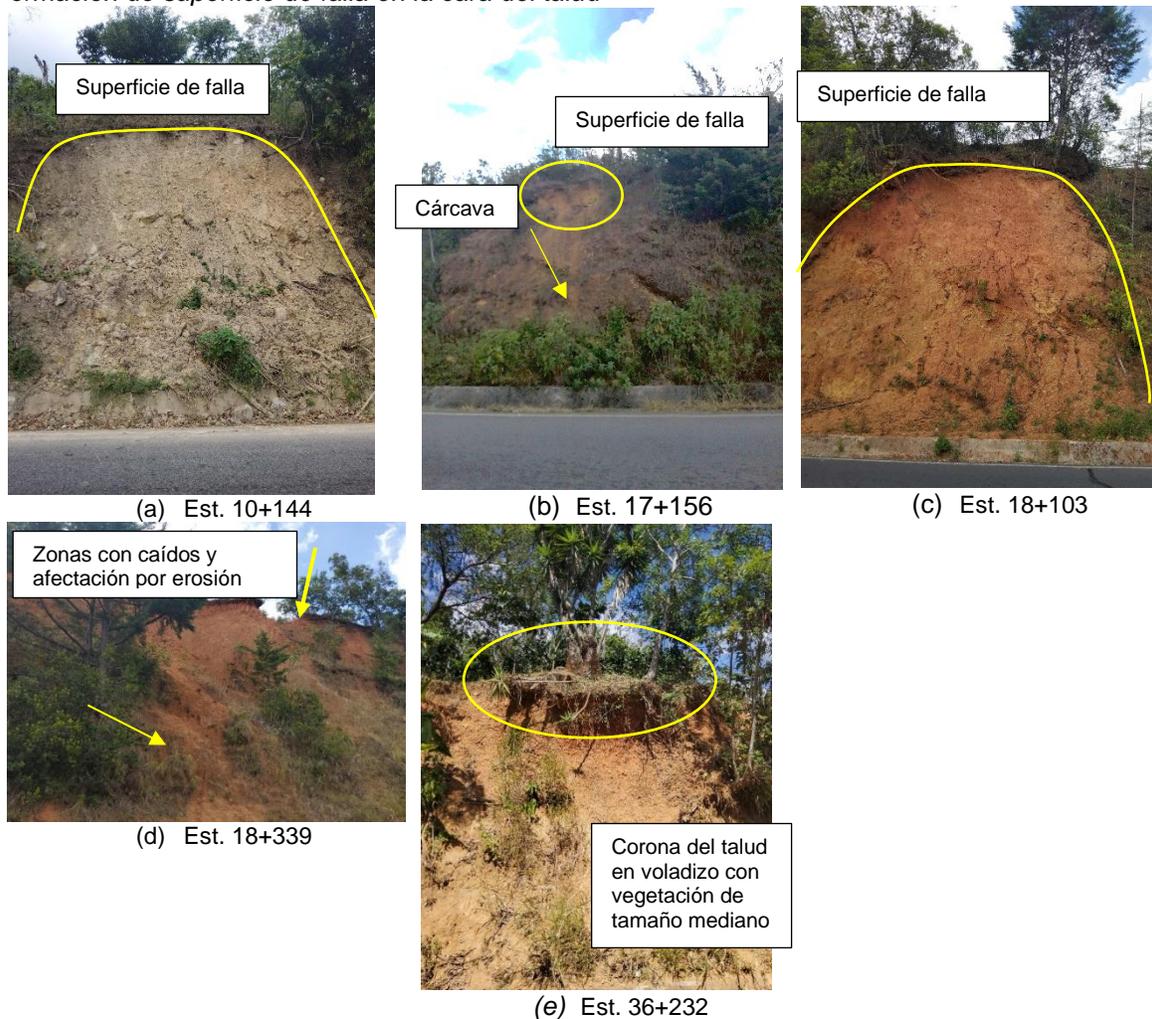
En la Figura 2 se presentan a manera de ejemplo algunos taludes con una superficie de falla definida, además se señala la afectación por escorrentía superficial que se presenta en cada caso. Con esta condición, pueden existir otros taludes más a lo largo de la ruta.

En los taludes “a” y “d” se evidencia la superficie de falla de un deslizamiento traslacional, así como algún grado de erosión en la cara del talud. En el talud “b” se identifica la superficie de falla de un deslizamiento traslacional, pero además se señala formación de cárcavas. Por su parte los taludes “c” y “e” presentan una superficie de falla de un deslizamiento rotacional y además la formación de cárcavas. Finalmente, en el talud “f”, se observa la superficie de falla de un deslizamiento rotacional que deja como resultado la corona del talud en voladizo, aunado a esto se observa la presencia de vegetación mediana en la zona alta del talud.

De manera general se considera recomendable intervenir los taludes, cortando y removiendo la vegetación ubicada en zonas inestables, implementar sistemas para el control de erosión y manejo de agua de escorrentía superficial, con el fin de evitar que las condiciones identificadas al momento de la evaluación se magnifiquen. Además, se estima relevante realizar análisis más profundos de los taludes descritos, para determinar si se requiere algún tipo de intervención mayor.

## Figura 2

Formación de superficie de falla en la cara del talud



En la Figura 3 se agrupan algunos de los taludes en que se observa la afectación por escorrentía superficial en su cara, además se identifica la presencia de postes de electricidad a menos de 1 m de la cara con evidencias de inestabilidad del talud.

Para estos casos se considera recomendable implementar sistemas para el control de erosión y manejo de agua de escorrentía superficial, además se sugiere realizar análisis más profundos para verificar la incidencia que puede tener un posible deslizamiento del material en la estructura del tendido eléctrico y en concordancia con los resultados obtenidos emitir las recomendaciones pertinentes, con el fin de evitar que las condiciones identificadas al momento de la evaluación se magnifiquen.

### Figura 3

*Afectación por escorrentía en la cara del talud y poste de tendido eléctrico en zona de posible incidencia*



En la Figura 4 se muestran tres sitios a manera de ejemplo que presentan una superficie de falla producto de un deslizamiento, pero que además al momento de la evaluación aún se encontraba el material caído acumulado al pie del talud, ocasionando la obstrucción de las estructuras de cunetas.

### Figura 4

*Material caído al pie del talud producto de deslizamiento y afectación por escorrentía superficial*



El talud “a” presenta una superficie de falla de un deslizamiento rotacional, el talud “b” presenta además la formación de coronas y en el talud “c” se observa la superficie de falla en la corona del talud y la acumulación de material deslizado en la base de la estructura de tendido eléctrico.

De manera general se estima recomendable implementar sistemas para el control de erosión y manejo de agua de escorrentía superficial, con el fin de evitar que las condiciones identificadas al momento de la evaluación se magnifiquen, así como limpieza del material caído acumulado al pie del talud y que obstruye la cuneta. Adicionalmente se sugiere realizar análisis más profundos de los sitios mencionados para determinar si se requiere una intervención mayor.

En la Figura 5, se muestran algunos sitios en los que se identifica la presencia de una estructura en la corona del talud. Además, en el talud “a” se observa una superficie de falla de un deslizamiento rotacional a media altura, por su parte los taludes “b” y “c” presentan afectación por escorrentía superficial en la cara del talud. Estas condiciones resultan desfavorables para la estabilidad del talud y por consiguiente para la integridad de la estructura ubicada en la corona del talud.

### Figura 5

#### *Estructura en la corona del talud y afectación por escorrentía en la cara de los taludes*



De manera general se estima recomendable implementar sistemas para el control de erosión y manejo de agua de escorrentía superficial, con el fin de evitar que las condiciones identificadas al momento de la evaluación se magnifiquen, además se sugiere realizar análisis más profundos considerando la carga transmitida por la estructura señalada en cada talud.

Como se mencionó anteriormente es importante contemplar realizar análisis con mayor detalle de los sitios, incluyendo exploración geotécnica y el uso de algún software especializado. Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico de los taludes para efectuar el análisis en softwares especializados aplicando la geometría representativa del sitio, y las condiciones de carga a las que está sometido el talud, así como la incidencia de un posible deslizamiento o movimiento de la masa de suelo a estructuras cercanas. 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 analizarlos con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.

Finalmente se considera valioso complementar los análisis de estabilidad con análisis de esfuerzo-deformación en los taludes que están sometidos a cargas impuestas por una estructura ubicada en la corona. Estos análisis se realizan 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 su parte, en los estacionamientos 22+355, 23+245, 25+693, 30+857, 30+896, 33+605 y 35+110 se identifica el estrechamiento de la vía producto del deslizamiento en la corona del talud ubicado

ladera abajo de la carretera. En la Figura 6 se presentan tres sitios a manera de ejemplo, en la que se observa que no es posible identificar estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial, la cual puede ser un detonador de inestabilidades en los taludes. Con el fin de evitar que la condición del sitio empeore, se considera oportuno monitorear el sitio e implementar adecuados sistemas para el manejo de agua de escorrentía superficial, drenaje y control de erosión.

### Figura 6

*Deslizamiento de los taludes ladera abajo y estrechamiento de la vía*



Adicionalmente, se identificó un patrón de agrietamiento longitudinal sobre la superficie de pavimento que genera un desnivel en dirección ladera abajo. Este patrón podría estar asociado a la inestabilidad general del sitio y podría tratarse de un movimiento de masas de mayor magnitud ubicado entre los estacionamientos 36+503 y el 36+647 como se muestra en la Figura 7.

### Figura 7

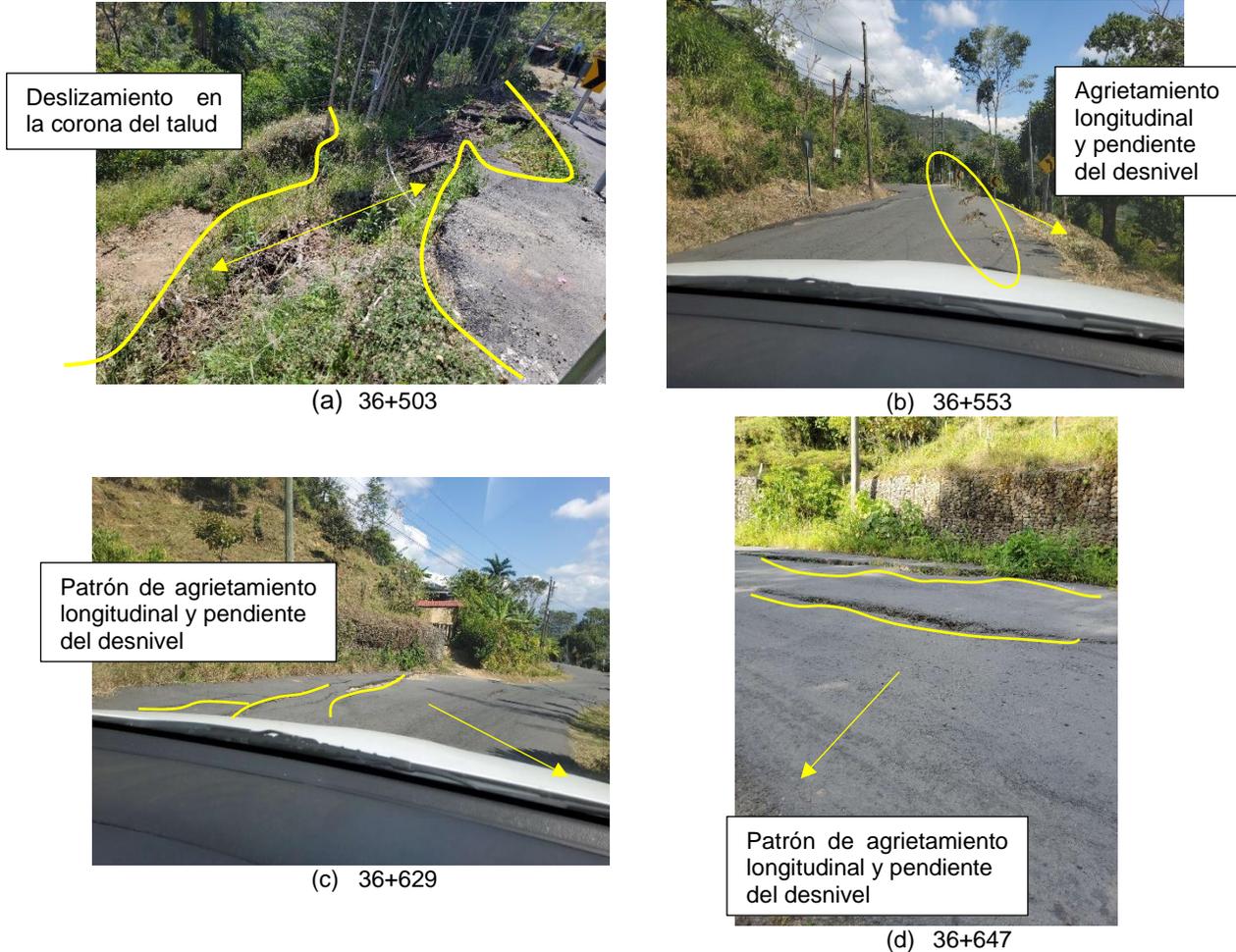
*Ubicación gráfica de la zona de hundimiento*



Los agrietamientos y desniveles identificados que se señalan en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** para cada sitio en específico pueden constituirse en evidencia de tal movimiento de masa. Aunado a esto, no existen estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial.

### Figura 8

Patrón de hundimiento en la carretera entre los estacionamientos 36+503 y el 36+647



Dada la ubicación de los taludes, no fue posible acceder a la sección frontal para realizar la evaluación con la herramienta RC-545 “Herramienta del Lanamme para la inspección de taludes” V02, por lo que se considera apropiado realizar análisis especializados de estabilidad, considerando la pendiente actual en condiciones críticas (saturación y sismo). Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico del talud para realizar el análisis utilizando 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.



Finalmente se considera importante complementar los análisis de estabilidad con análisis de esfuerzo-deformación en las zonas próximas a la superficie de ruedo. Estos análisis se realizan 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

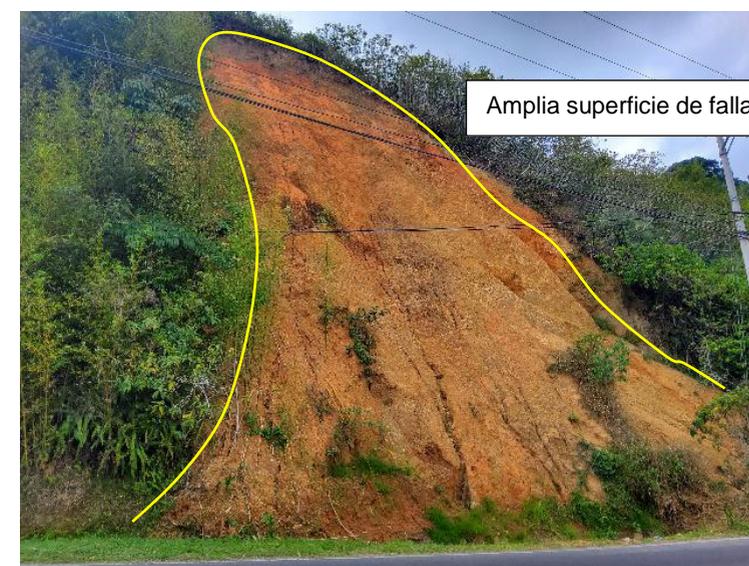
Además de los casos mencionados anteriormente, fue posible realizar la evaluación detallada de un total de 4 sitios con la herramienta RC-545 para la inspección de taludes en carretera. En general carecen de adecuados sistemas para el manejo de agua de escorrentía superficial, y obtuvieron una clasificación de la condición del talud media. Los comentarios específicos de cada sitio evaluado se mencionan en los párrafos siguientes.

En la Tabla 4 se presenta el resultado de la evaluación del talud en el estacionamiento 12+964, conformado por una matriz de suelo residual. La pendiente es de aproximadamente  $65^\circ$  con una altura de 21,5 m, la forma del talud es rectilínea y presenta una superficie de falla de un deslizamiento traslacional. Al momento de la inspección, el talud se encontraba seco, presenta deficiencia en las estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial, lo que conlleva a zonas con caídos de material producto de erosión superficial y zonas con presencia de cárcavas. Por último, a una distancia entre 0 m y 3 m se ubican estructuras de redes eléctricas y a más de 8 m hay presencia de viviendas o comercios. Finalmente, como evidencia de movimiento se registra la formación de grietas y coronas en los alrededores del talud.

**Tabla 4**

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 12+964

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	6/2/2024
	Ruta	209
	Latitud	9,8374352
	Longitud	-84,09838238
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	65°
	Altura del talud	21,5 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo Residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento en la cara del talud	Medianamente agrietado
	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
<b>Condición del talud</b>	Falla en el talud	Si
	Forma del Talud	Rectilínea
	Manejo de escorrentía	Drenaje obstruido
	Afectación por escorrentía	Ninguna
	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	Grietas alrededor del talud
	Material caído	No
<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	0 m - 3 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>





Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 12+964 una clasificación media para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dada las dimensiones del talud y de la superficie de falla que evidencia un deslizamiento antiguo de un volumen considerable de material, y la presencia de grietas alrededor de terreno, se recomienda realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica básica y el uso de algún software especializado. Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico del talud para efectuar 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 analizarlos con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.

Además, se considera recomendable 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, el diseño y construcción del sistema de drenajes específico adecuado para el talud.

En la Tabla 5 se presenta el resultado de la evaluación del talud en el estacionamiento 33+862, conformado por una matriz de suelo residual. La cara del talud se observa sin grietas, la forma del talud es rectilínea con una pendiente aproximada de  $62^\circ$  y una altura cercana a los 14 m. Se identifica la deficiencia en las estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial y sistemas de drenaje, únicamente se registra la presencia de la estructura de una cuneta, la cual al momento de la evaluación se encontró levemente obstruida por el material caído producto de la erosión que es el resultado de la afectación asociada al mal manejo de la escorrentía superficial. Por último, a una distancia entre 3 m y 8 m se ubican estructuras de redes eléctricas y viviendas o comercios. Cabe resaltar que la vegetación en los alrededores del talud se encuentra con algún grado de inclinación, esta condición se registra como evidencia de movimiento en los alrededores del talud.

**Tabla 5**  
Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 33+862

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	6/2/2024
	Ruta	209
	Latitud	9,82413165
	Longitud	-84,19540183
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	62°
	Altura del talud	14 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo Residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento en la cara del talud	Sin grietas
	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
<b>Condición del talud</b>	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Rectilínea
	Manejo de escorrentía	Drenaje obstruido
	Afectación por escorrentía	Ninguna
	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	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño
<b>Estructuras cercanas</b>	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	3 m - 8 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	
<b>Recomendación final</b>		<b>Media - Evaluación específica del sitio</b>





Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 33+862 una clasificación media para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dado que se identificó el crecimiento inclinado de la vegetación circundante al talud y un alto nivel de erosión que ocasiona el desprendimiento de material de la cara del talud, desmejorando desde el punto de vista de estabilidad su condición, se estima importante realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica, caracterización del material y análisis especializados de estabilidad, modelando el sitio con algún software especializado utilizando la pendiente y características geométricas actuales en condiciones de saturación y sismo. Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico del talud para efectuar 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 analizarlos con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.

Además, 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, el diseño y construcción del sistema de drenajes específico adecuado para el talud

En la Tabla 6 se presenta el resultado de la evaluación del talud en el estacionamiento 34+519, conformado por una matriz de suelo residual. La cara del talud se observa sin grietas con forma cóncava, una pendiente aproximada de  $47^\circ$  y una altura de 12 m. Presenta una superficie de falla producto de un deslizamiento rotacional. Se identifica la deficiencia en las estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial y sistemas de drenaje, únicamente se registra la presencia de la estructura de una cuneta, la cual al momento de la evaluación se encontró obstruida por el material caído producto del deslizamiento. Se identifica la formación de coronas como evidencia de movimiento en el talud y dentro del radio de posible afectación, a una distancia de entre 3 m y 8 m se observaron viviendas o comercios y red eléctrica.

**Tabla 6**

*Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 34+519*

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	6/2/2024
	Ruta	209
	Latitud	9,82781993
	Longitud	-84,19684531
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	47°
	Altura del talud	12 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo Residual
	Naturaleza del suelo	Ambos
	Agrietamiento en la cara del talud	Sin grietas
	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
<b>Condición del talud</b>	Falla en el talud	Deslizamiento rotacional
	Forma del Talud	Cóncava
	Manejo de escorrentía	Drenaje obstruido
	Afectación por escorrentía	Ninguna
	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	0 a 50 - Extremadamente pequeño
<b>Estructuras cercanas</b>	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	3 m - 8 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	
<b>Recomendación final</b>		<b>Media - Evaluación específica del sitio</b>





Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 34+519 una clasificación media para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dado que se identificó la formación de coronas y la acumulación de material caído producto del deslizamiento, se recomienda realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica básica, caracterización del material de relleno y análisis especializados de estabilidad, modelando el sitio con algún software especializado utilizando la pendiente y características geométricas actuales en condiciones de saturación y sismo. Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico del talud para efectuar 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 analizarlos con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.

Además, 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, el diseño y construcción del sistema de drenajes específico adecuado para el talud

En la Tabla 7 se presenta el resultado de la evaluación del talud en el estacionamiento 45+027, conformado por un material compuesto de suelo y roca, pero primordialmente suelo. La cara del talud se observa altamente agrietado, la forma del talud es rectilínea con una pendiente aproximada de 45° y una altura estimada de 15 m. El talud se ubica en la margen inferior de la vía y presenta una superficie de falla por un deslizamiento del tipo traslacional. Se identifica la deficiencia en las estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial y sistemas de drenaje, asociado a esta observación se identifica la formación de cárcavas y erosión en la cara del talud. Como evidencia de movimiento se identifica el crecimiento inclinado de la vegetación y la presencia de grietas alrededor del terreno, y dentro del radio de posible afectación, a una distancia de entre 3 m y 8 m se observó la existencia de redes eléctricas.

**Tabla 7**

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 45+027

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	6/2/2024
	Ruta	209
	Latitud	9,86118079
	Longitud	-84,24714414
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	45°
	Altura del talud	15 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Compuesto (primordialmente suelo)
	Naturaleza del suelo	Friccionante
	Agrietamiento en la cara del talud	Altamente agrietado
	Vegetación	Autóctona
Uso de suelo	Camino/carretera	
<b>Condición del talud</b>	Falla en el talud	Deslizamiento traslacional
	Forma del Talud	Rectilínea
	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	No
	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	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>





Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 45+027 una clasificación media para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dada la ubicación del talud y la presencia de grietas en el terreno circundante, así como el crecimiento inclinado de la vegetación, se estima recomendable realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica, caracterización del material y el análisis especializado de estabilidad, modelando el sitio con algún software especializado utilizando la pendiente y características geométricas actuales en condiciones de saturación y sismo. Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico del talud para efectuar 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 analizarlos con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.

Además, se considera recomendable 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, el diseño y construcción del sistema de drenajes específico adecuado para el talud.



## V. Comentarios finales

Después de realizar la visita de campo a la ruta nacional N°209, 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.

Es recomendable realizar los levantamientos de los taludes ubicados en la ladera abajo de la vía, ya que las inestabilidades en estos taludes afectan directamente la vía ocasionando pérdida parcial o hasta total de su ancho, debido a los deslizamientos de mayor magnitud. Es necesario realizar los análisis pertinentes para brindar las recomendaciones apropiadas para la condición del talud.

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 los sitios que no pudieron ser evaluados con la herramienta RC-545 por su ubicación, pero que, con el registro mostrado en apartados anteriores, queda en evidencia que, ante una posible inestabilidad el nivel de afectación a las estructuras cercanas puede ser alto. 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 observada en los análisis del presente informe, 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, para estos casos en los que se requiere un análisis más específico, por ejemplo, en las zonas donde existe pérdida del ancho de la superficie de ruedo, resulta apropiado identificar la superficie de falla crítica en la modelación tridimensional y 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 por parte de un ingeniero especializado en geotecnia que esté a cargo del proyecto.

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.



## VI. Recomendaciones derivadas de la inspección

Dado el alcance de las inspecciones y evaluaciones realizadas en 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 representativos 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.



## VII. 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.