



# Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0692-2024

## INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 228



Preparado por:

Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica  
mayo, 2024



<b>1. Informe:</b> EIC-Lanamme-INF-0692-2024	<b>2. Versión No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 228	<b>4. Fecha del Informe</b> 22/05/2024
<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> 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 228, 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 228, este informe presenta un análisis de estabilidad de los taludes de carácter preliminar que puede ser utilizado como insumo para análisis detallados por parte de la Administración. proporciona un inventario actualizado de los sitios que muestran evidencia de inestabilidad y los factores que pueden incidir negativamente en el equilibrio del terreno. Se encontraron 35 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 5 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 228. 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 228, identificando cualquier indicio de inestabilidad. La inspección estuvo a cargo de un profesional experto del 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.

Para el talud del estacionamiento 14+747 la evaluación con la herramienta RC-545 desplegó una clasificación media, entre las características generales cabe resaltar que se conforma de compuesto roca y suelo, pero primordialmente una matriz rocosa. La matriz de roca se encuentra altamente fracturada, sin embargo, no fue posible identificar ningún material de relleno en las discontinuidades. El talud en el momento de la evaluación se encontraba seco y sin flujo, sin embargo, cabe resaltar que carece de sistemas para el manejo de la escorrentía superficial, lo que conlleva a afectaciones en la cara del talud como erosión.

En el estacionamiento 16+830 se ubica un talud de 15 m de altura, suelo residual. La clasificación al aplicar la herramienta RC-545 es media. En general, el talud en el momento de la evaluación se encuentra fallado, se ubica en la margen inferior de la vía, y el deslizamiento ocasionó la pérdida prácticamente de la totalidad del ancho de la vía. No fue posible identificar estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial. Dada la cercanía con estructuras y la reducción de la vía por el deslizamiento, este sitio requiere de estudios específicos a cargo de un profesional en geotecnia asignado por la Administración.

El talud ubicado en el estacionamiento 18+099 es de 28 m de altura, conformado por compuesto suelo roca, pero primordialmente suelo. La clasificación del talud al aplicar la herramienta RC-545 es media. De manera general, el talud no presenta una superficie de falla definida en el momento de la evaluación, pero se identifica la afectación en la cara del talud por la deficiencia en el manejo de agua de escorrentía superficial como erosión, formación de cárcavas y caídas de material.

En el estacionamiento 20+156 se ubica un talud de suelo residual de 12 m de altura con una pendiente escarpada, sin embargo, la clasificación al aplicar la evaluación con la herramienta RC-545 es baja. Al igual que para los taludes en los estacionamientos mencionados anteriormente, este talud carece de suficientes sistemas de manejo de escorrentía superficial, lo que ocasiona afectaciones en la cara del talud como erosión.

Finalmente, en el estacionamiento 20+306, se ubica un talud de 8,5 m de suelo residual, en el cual se presenta una superficie de falla definida de forma rotacional, el material deslizado al momento de la evaluación se encuentra acumulado al pie del talud. La cara del talud se observa altamente agrietada y al aplicar la evaluación con la herramienta RC-545 se clasifica el talud con una posible afectación media.



EIC-Lanamme-INF-0692-2024	Código: RC-546-v01. Vigente desde: 30/11/2023	Página 4 de 27
---------------------------	---	----------------

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 de este informe 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 la Administración a realizar estudios geotécnicos exhaustivos y a considerar todas las variables para tomar decisiones informadas y seguras.



## Contenido

I.	INTRODUCCIÓN .....	6
II.	OBJETIVOS .....	7
II.1	Objetivo general .....	7
II.2	Objetivos específicos .....	7
III.	ALCANCE DEL INFORME .....	8
IV.	DESCRIPCIÓN DE LOS TALUDES INSPECCIONADOS.....	9
V.	RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN .....	11
VI.	Comentarios finales.....	25
VII.	Recomendaciones derivadas de la inspección .....	26
VIII.	REFERENCIAS .....	27



## 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 228 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 ni 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 determina 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*

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
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.



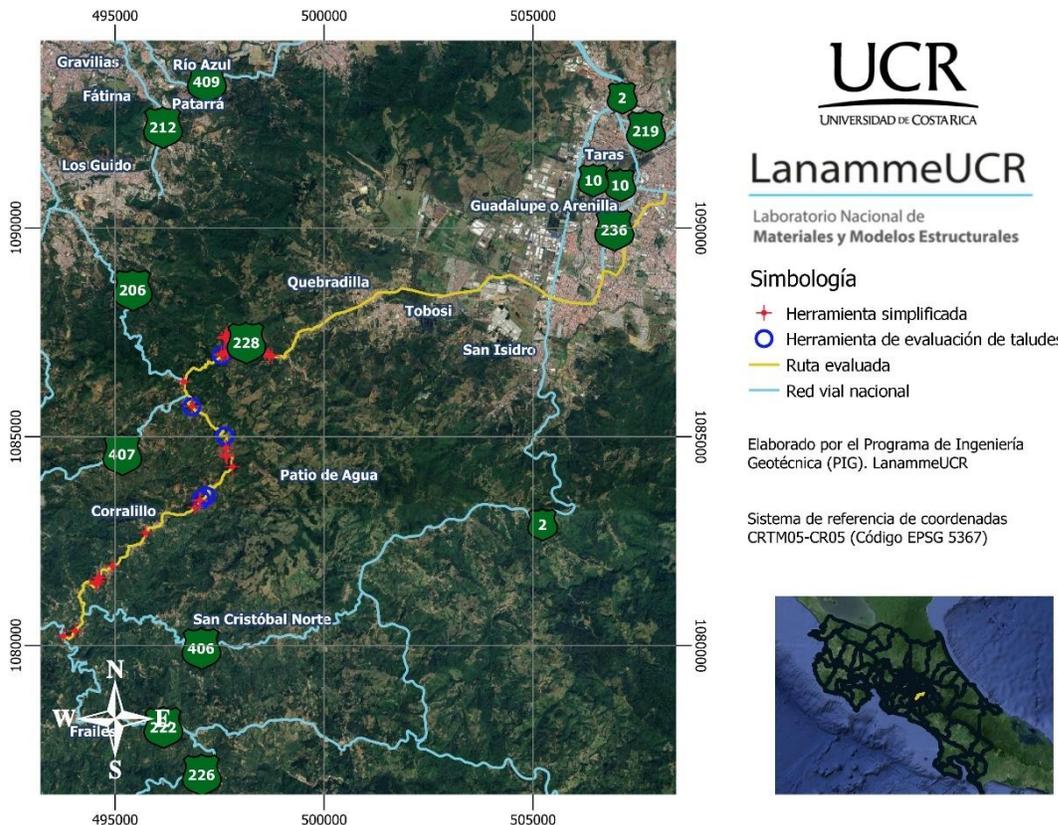
### IV. DESCRIPCIÓN DE LOS TALUDES INSPECCIONADOS

Con la finalidad de evaluar la condición desde el punto de vista geotécnico de los taludes y laderas de la ruta nacional 228 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 nacional 228 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 40 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 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 228





**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	25/1/2024	496642,59	1086315,63	10+434	19	25/1/2024	496838,30	1085730,01	16+820
2	25/1/2024	493764,64	1080228,27	26+277	20	25/1/2024	497539,86	1086964,01	14+731
3	25/1/2024	494046,46	1080351,06	25+863	21	25/1/2024	497681,58	1087031,47	14+551
4	25/1/2024	494545,13	1081475,28	24+124	22	25/1/2024	497696,81	1087053,37	14+531
5	25/1/2024	494568,41	1081525,84	24+068	23	25/1/2024	497663,76	1087017,05	14+574
6	25/1/2024	494566,84	1081544,38	24+050	24	25/1/2024	497607,12	1086992,12	14+641
7	25/1/2024	494629,68	1081624,42	23+943	25	25/1/2024	497828,43	1087136,58	14+345
8	25/1/2024	494632,41	1081626,96	23+939	26	25/1/2024	497877,57	1087205,43	14+236
9	25/1/2024	494935,39	1081907,49	23+450	27	25/1/2024	497678,93	1087455,17	13+787
10	25/1/2024	495728,76	1082696,30	22+146	28	25/1/2024	497651,41	1087399,09	13+882
11	25/1/2024	496914,18	1083308,08	20+563	29	25/1/2024	497648,48	1087352,96	13+967
12	25/1/2024	497017,83	1083470,00	20+362	30	25/1/2024	497621,12	1087365,82	13+932
13	25/1/2024	497033,75	1083479,55	20+344	31	25/1/2024	497945,28	1087364,82	13+471
14	25/1/2024	497808,95	1084279,04	19+041	32	25/1/2024	498476,05	1087080,91	12+792
15	25/1/2024	497673,61	1084529,26	18+665	33	25/1/2024	498578,16	1087036,58	12+679
16	25/1/2024	497637,90	1084556,78	18+599	34	25/1/2024	498754,75	1086935,26	12+456
17	25/1/2024	497655,28	1084734,32	18+410	35	25/1/2024	498680,63	1086940,70	12+536
18	25/1/2024	497655,54	1084735,49	18+409					

**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	25/1/2024	497543,05	1086947,85	14+747	4	25/1/2024	497186,65	1083581,02	20+156
2	25/1/2024	496835,48	1085716,20	16+830	5	25/1/2024	497063,46	1083500,40	20+306
3	25/1/2024	497622,78	1085015,19	18+099					

## V. 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 228, 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” para la inspección de taludes en carretera, aplicado a los sitios identificados con evidencia de inestabilidad de la ruta nacional 228, 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.

De manera general los sitios identificados con alguna evidencia de inestabilidad son taludes de mediana altura, entre los 8 m y 15 m, y en la mayoría de los casos responden a un patrón de afectación por escorrentía superficial y pendientes escarpadas. 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.

En la Figura 2, Figura 3, Figura 4, Figura 5 y Figura 6, se señalan evidencias de inestabilidad identificadas en los respectivos estacionamientos a lo largo de la ruta nacional 228, los cuales corresponden a un deslizamiento en la corona del talud ubicado en la margen inferior de la vía, ocasionando estrechamiento de esta. Como se observa en las fotografías, existe en todos los casos deficiencia en el sistema para el manejo de agua de escorrentía superficial.

### Figura 2

*Deslizamiento en la corona del talud de la margen inferior de la vía, estacionamiento 13+471*



**Figura 3**

*Deslizamiento en la corona del talud de la margen inferior de la vía, estacionamiento 16+830*



**Figura 4**

*Deslizamiento en la corona del talud de la margen inferior de la vía, estacionamiento 18+410*



**Figura 5**

*Deslizamiento en la corona del talud de la margen inferior de la vía, estacionamiento 18+599*



**Figura 6**

*Deslizamiento en la corona del talud de la margen inferior de la vía, estacionamiento 23+450*



Dada la ubicación de los taludes de los estacionamientos 13+471, 18+410, 18+599 y 23+450, no fue posible acceder a ellos para realizar la evaluación con la herramienta RC-545 “herramienta del LanammeUCR para la inspección de taludes”, 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 efectuar 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



EIC-Lanamme-INF-0692-2024	Código: RC-546-v01. Vigente desde: 30/11/2023	Página 14 de 27
---------------------------	---	-----------------

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 otro lado, se evaluaron en total 5 sitios con la herramienta RC-545 para la inspección de taludes en carretera, entre los que se incluye el talud ubicado en el estacionamiento 16+830 algunos conformados por material rocoso y otros por material tipo suelo, en general carecen de adecuados sistemas para el manejo de agua de escorrentía superficial, y obtuvieron una clasificación de la condición del talud media y en un caso es baja, pero en ninguno de los casos se clasificó como alta.

Para el talud con clasificación baja únicamente requiere de recomendaciones generales, mientras que para los taludes de clasificación media se necesita una evaluación específica del sitio, con el fin de determinar si el talud requiere de recomendaciones especiales, análisis más profundos, o bien si las recomendaciones generales son suficientes para mejorar la condición del talud. Los comentarios específicos de cada sitio evaluado se mencionan a continuación:

En la Tabla 4 se presenta el resultado de la evaluación de un talud en la estación 14+747, de media altura, 15 m, que presenta evidencia de inestabilidad. Se encuentra un talud conformado por compuesto suelo y roca, pero primordialmente roca. Fue posible observar que la matriz rocosa se encuentra altamente fracturada, con bloques pequeños expuestos en la cara del talud. Aunado a esto, se evidencia deficiencia en las estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial, lo que genera en la capa de suelo que conforma el talud afectaciones como la erosión que pueden ocasionar inestabilidad del talud.

**Tabla 4**

*Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 14+747*

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	25/1/2024
	Ruta	228
	Latitud	9,83004376
	Longitud	-84,02240029
	Precipitación	Menos de 2000 mm
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	65°
	Altura del talud	15 m
	Material predominante	Roca
	Estado de la roca	Compuesto (primordialmente roca)
	Fracturación de la roca en la cara del talud	Altamente fracturado
	Condición de las discontinuidades en roca	Sin relleno
	Espesor del relleno de discontinuidades	-
<b>Condición del talud</b>	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Convexa
	Manejo de escorrentía	Drenaje obstruido
	Afectación por escorrentía	Ninguna
<b>Evidencia de movimiento</b>	Agua en el talud	Seco
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
<b>Estructuras cercanas</b>	Grietas en terreno	No
	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño
	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 menor
	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>	





Únicamente fue posible identificar la estructura de cuneta al pie del talud, la cual además se encuentra parcialmente obstruida por el volumen de material caído que se encontraba en el sitio en el momento de la evaluación. 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 adicional a la cuneta al pie del talud. Así como considerar el diseño y construcción del sistema de drenajes específico para el talud y sistemas para el control de la erosión.

Adicionalmente, 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 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.

En la Tabla 5 se presenta el resultado de la evaluación de un talud de media altura, aproximadamente 15 m, ubicado en el estacionamiento 16+830, conformado por suelo residual, que presenta evidencia de inestabilidad y aunado a esto, presenta una superficie de falla definida. El deslizamiento ocasionó la pérdida de prácticamente toda la vía, además se observa en el sitio deficiencia en cuanto al sistema de manejo de agua de escorrentía superficial, ocasionando afectaciones en el talud que afectan negativamente su estabilidad.

**Tabla 5**  
*Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 16+830*

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	25/1/2024
	Ruta	228
	Latitud	9,81890703
	Longitud	-84,02885008
	Precipitación	Menos de 2000 mm
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	60°
	Altura del talud	15 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento cara del talud	Altamente agrietado
	Vegetación	Bosque secundario
	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	Erosión superficial
	Agua en el talud	Seco
<b>Evidencia de movimiento</b>	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
<b>Estructuras cercanas</b>	Grietas en terreno	Grietas alrededor del talud
	Material caído	500 a 5000 - Mediano
	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 menor
	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	
<b>Recomendación final</b>	<b>Media - Evaluación específica del sitio</b>	





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 adicional a la cuneta al pie del talud. Así como considerar el diseño y construcción del sistema de drenajes específico para el talud y sistemas para el control de la erosión.

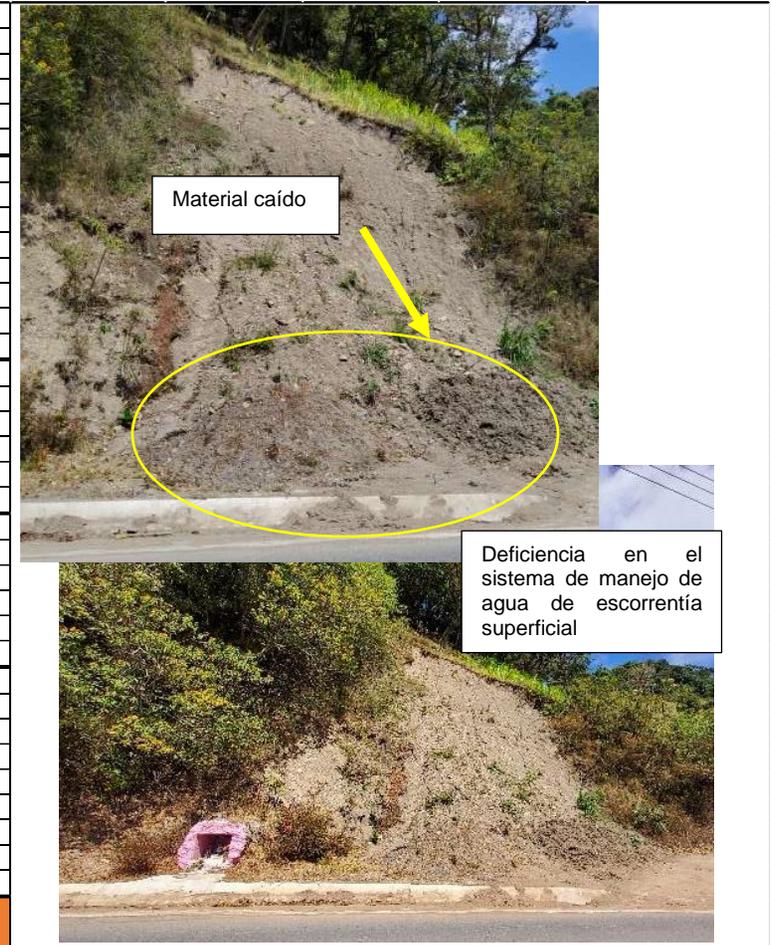
Adicionalmente, se considera apropiado realizar análisis especializados de estabilidad, examinando la pendiente actual en condiciones de saturación y sismo. Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico del talud para efectuar el análisis en softwares especializados aplicando la geometría representativa del sitio. Una posibilidad para contar con la topografía del sitio es realizar un 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.

En la tabla 6, se identifica un talud alto de más de 20 m, ubicado en el estacionamiento 18+099, conformado principalmente por suelo, pero que presenta bloques de roca inmersos en la matriz de suelo. Muestra indicios de evidencia de inestabilidad, principalmente por la erosión que es el resultado de la afectación en el talud por la deficiencia en las estructuras para el manejo del agua de escorrentía superficial.

Se localizó acumulación de un pequeño volumen de material al pie del talud, como resultado de los caídos que pueden estar asociados a la afectación por erosión. En el momento de la evaluación el material caído se encontraba obstruyendo la estructura de la cuneta. Se considera recomendable limpiar la zona para garantizar el buen funcionamiento de dicha estructura.

**Tabla 6**  
*Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 18+099*

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	25/1/2024
	Ruta	228
	Latitud	9,81256859
	Longitud	-84,02167172
	Precipitación	Menos de 2000 mm
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	60°
	Altura del talud	28 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Compuesto (primordialmente suelo)
	Naturaleza del suelo	Ambos
	Agrietamiento cara del talud	Sin grietas
	Vegetación	Bosque secundario
	Uso de suelo	Camino/carretera
<b>Condición del talud</b>	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Rectilínea
	Manejo de escorrentía	Drenaje insuficiente
	Afectación por escorrentía	Erosión
	Agua en el talud	Seco
<b>Evidencia de movimiento</b>	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
<b>Estructuras cercanas</b>	Material caído	200 a 500 - Pequeño
	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 menor
	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>





EIC-Lanamme-INF-0692-2024	Código: RC-546-v01. Vigente desde: 30/11/2023	Página 20 de 27
---------------------------	---	-----------------

Se considera apropiado realizar análisis especializados de estabilidad, examinando la pendiente actual en condiciones de saturación y sismo. Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico del talud para ejecutar 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.

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 de un talud de media altura, aproximadamente 12 m, ubicado en el estacionamiento 20+156.

**Tabla 7**  
*Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 20+156*

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	25/1/2024
	Ruta	228
	Latitud	9,7996007
	Longitud	-84,02564736
	Precipitación	Menos de 2000 mm
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	70°
	Altura del talud	12 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento cara del talud	Medianamente agrietado
	Vegetación	Bosque secundario
<b>Condición del talud</b>	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	Deslizamiento rotacional
	Forma del Talud	Cóncava
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial
<b>Evidencia de movimiento</b>	Agua en el talud	Seco
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	Si
<b>Estructuras cercanas</b>	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño
	Presencia de obras de retención	En mal estado
	Presencia de viviendas y comercios	8 m - 15 m
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Arterial menor
	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>Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud</b>	





EIC-Lanamme-INF-0692-2024	Código: RC-546-v01. Vigente desde: 30/11/2023	Página 22 de 27
---------------------------	---	-----------------

Este talud está conformado por material cohesivo que presenta evidencia de inestabilidad y aunado a esto, presenta deficiencia en el sistema de manejo de agua de escorrentía superficial. Se observa en el talud una zona que presenta evidencias asociadas a caída de pequeño volumen de material, con un patrón del tipo traslacional, el cual puede estar asociado a la erosión como resultado de la afectación por escorrentía superficial.

Dado que en el momento de la visita el talud presenta el nivel de afectación o la incidencia sobre estructuras cercanas es baja, no requiere de una evaluación específica del sitio, y las recomendaciones generales como manejo de escorrentía superficial e implementación de técnicas para el control de la erosión son suficientes para mejorar la condición del talud.

En la Tabla 8 se presenta el resultado de la evaluación de un talud de media altura 8,5 m aproximadamente, ubicado en el estacionamiento 20+306 y con pendiente escarpada, conformado por suelo residual altamente agrietado, que presenta evidencia de falla rotacional en la cara del talud, y aunado a esto, presenta deficiencia en el sistema de manejo de agua de escorrentía superficial, lo que ha ocasionado formación de cárcavas en la cara del talud y afectación por erosión.



**Tabla 8**  
*Resultado de evaluación del talud rocoso ubicado en el estacionamiento 20+306*

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Laura Solano	
	Fecha	25/1/2024	
	Ruta	228	
	Latitud	9,79887234	
	Longitud	-84,02676951	
Precipitación	Menos de 2000 mm		
Pendiente	70°		
Altura del talud	8,5 m		
Material predominante	Suelo		
Estado del suelo	Suelo residual		
Naturaleza del suelo	Cohesivo		
Agrietamiento cara del talud	Altamente agrietado		
Vegetación	Bosque secundario		
Uso de suelo	Camino/carretera		
<b>Caracterización del talud</b>	Falla en el talud		Deslizamiento rotacional
	Forma del Talud	Cóncava	
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía	
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial	
	Agua en el talud	Seco	
<b>Condición del talud</b>	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo	
	Evidencia de movimiento	Si	
	Árboles inclinados	No	
	Formación de Coronas	Si	
	Levantamiento al Pie del Talud	No	
<b>Evidencia de movimiento</b>	Grietas en terreno	No	
	Material caído	200 a 500 - Pequeño	
	Presencia de obras de retención	No hay	
	Presencia de viviendas y comercios	No hay	
	Presencia de vías	0 m - 3 m	
<b>Estructuras cercanas</b>	Tipo de vía	Autopista	
	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>



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 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 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 un total de 4 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.

En el caso de los taludes en los cuales se obtuvo una condición de susceptibilidad media se considera apropiado realizar análisis especializados de estabilidad, considerando la pendiente actual en condiciones de saturación y sismo. Para esto, en concordancia con las anteriores recomendaciones lo oportuno sería realizar levantamientos topográficos del talud para analizarlos en softwares especializados aplicando la geometría representativa del sitio. Una posibilidad para contar con la topografía del sitio es efectuar un levantamiento con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) para la generación de Modelos de Elevación Digital (MED), y posteriormente hacer el 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 228, 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.

Se sugiere llevar a cabo estudios adicionales incluyendo ensayos in situ y de laboratorio, lo que constituye una exploración geotécnica más a detalle que permita establecer un modelo geotécnico específico y representativo de cada uno de los sitios con clasificación media en el resultado de la evaluación. 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 los casos en los que se requiere un análisis más específico, 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 ruído 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 potenciales 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

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 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, 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.