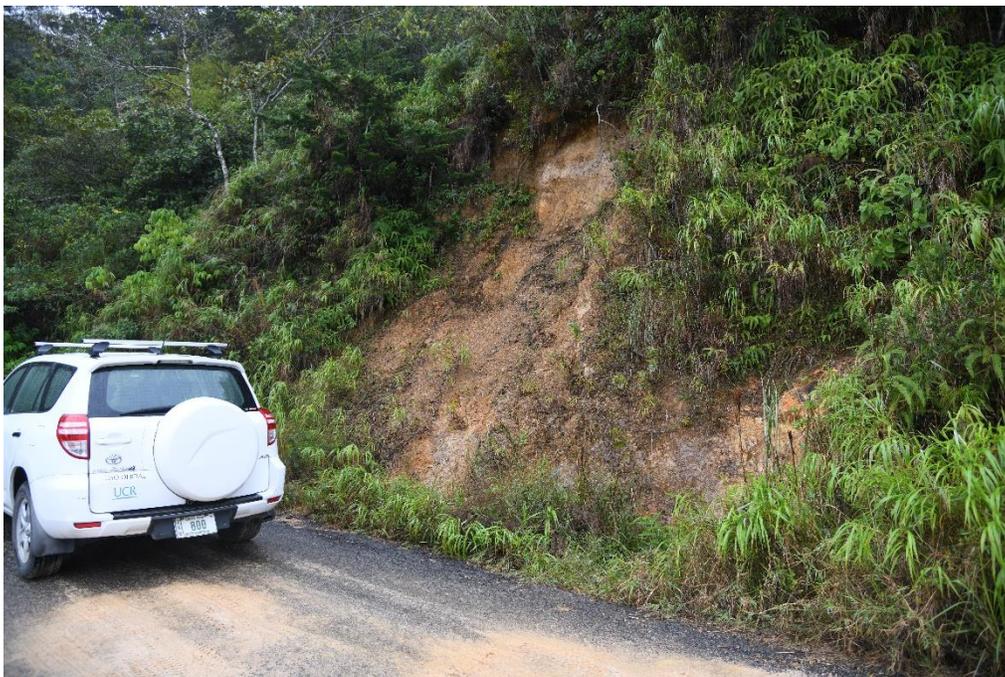




Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0848-2024

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 405



Preparado por:

Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Junio, 2024



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-0848-2024	2. Versión No. 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 405	4. Fecha del Informe 04/06/2024
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440	
6. Palabras clave Erosión superficial, manejo de escorrentía superficial, Vehículo aéreo no tripulado (VANT), Modelo de elevación digital (MED)	
7. Resumen <i>El presente informe de inspección de los taludes de la ruta nacional 405, 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 405, 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 37 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 14 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>	
8. Inspección e informe por: Ing. Laura Solano Matamoros Inspectora nivel 2 Programa de Ingeniería Geotécnica	9. Revisado por: Lic. Giovanni Sancho Sanz Asesoría Legal LanammeUCR
10. Revisado y aprobado por: 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 405. 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 405, 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 2+159, 2+634, 3+003, 3+680, 3+764, 3+843, 4+080, 6+506 y 6+992 con la herramienta RC545, se obtuvo una clasificación baja para la afectación del talud y el nivel de incidencia a las estructuras cercanas, por lo que estos sitios no requieren de análisis más profundos.

Para los taludes ubicados en los estacionamientos 1+759 y 2+065, se obtuvo una clasificación media para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. En el caso específico del talud ubicado en el estacionamiento 1+759 se observaron agrietamientos en el terreno circundante al talud y la evidencia de una posible superficie de falla en la cara del talud como resultado de lo que puede estar asociado a un movimiento lento de la masa de suelo. Para el talud ubicado en el estacionamiento 2+065 se observó el deslizamiento de material en la corona del talud y la evidencia de posible formación de coronas. Dadas estas características observadas en ambos sitios, se recomienda realizar un análisis con mayor detalle.

Por su parte los taludes ubicados en los estacionamientos 1+916 y 6+365, obtuvieron una clasificación alta al aplicar la evaluación con la herramienta RC-545 para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. En vista que se identificó relleno de material limoso en las discontinuidades de la roca en ambos sitios, se recomienda realizar un análisis con mayor detalle, incluyendo exploración geotécnica, caracterización del material de relleno y análisis especializados de estabilidad

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 inspección y evaluación visual realizada en un momento específico.

Esto se puede constituir en 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.



EIC-Lanamme-INF-0848-2024	Código: RC-546-v01. Vigente desde: 30/11/2023	Página 4 de 45
---------------------------	---	----------------

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 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.....	43
VII.	Recomendaciones derivadas de la inspección	44
VIII.	REFERENCIAS	45



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 405 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°405 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 405 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 37 sitios con alguna evidencia de inestabilidad, de los cuales 14 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 405

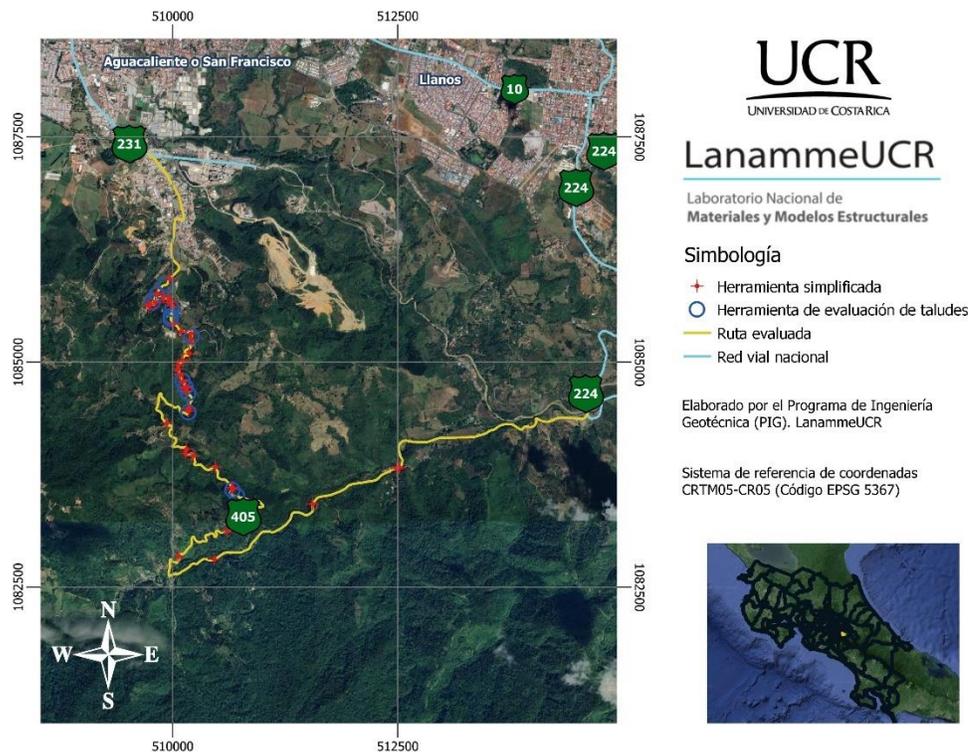




Tabla 2

Ubicación de los sitios identificados con la herramienta simplificada

#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est.	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est.
		Este	Norte				Este	Norte	
1	1/2/2024	509964,71	1085930,60	1+674	20	1/2/2024	510143,12	1084722,94	3+763
2	1/2/2024	509826,82	1085762,02	1+906	21	1/2/2024	510152,24	1084712,01	3+779
3	1/2/2024	509746,57	1085640,06	2+056	22	1/2/2024	510154,51	1084678,75	3+812
4	1/2/2024	509729,23	1085623,90	2+080	23	1/2/2024	510185,13	1084482,24	4+036
5	1/2/2024	509808,15	1085658,53	2+213	24	1/2/2024	510175,60	1084456,53	4+064
6	1/2/2024	509893,70	1085716,34	2+333	25	1/2/2024	509934,11	1084320,63	4+927
7	1/2/2024	509954,00	1085689,44	2+403	26	1/2/2024	510155,10	1084033,48	5+465
8	1/2/2024	509973,54	1085665,34	2+434	27	1/2/2024	510143,30	1083987,79	5+513
9	1/2/2024	509998,64	1085622,97	2+484	28	1/2/2024	510230,03	1083959,85	5+625
10	1/2/2024	510007,64	1085425,30	2+698	29	1/2/2024	510474,11	1083835,50	6+002
11	1/2/2024	510096,93	1085344,39	2+821	30	1/2/2024	510661,53	1083610,24	6+330
12	1/2/2024	510202,90	1085316,71	2+972	31	1/2/2024	510666,59	1083591,06	6+352
13	1/2/2024	510210,28	1085246,52	3+044	32	1/2/2024	510606,04	1083122,11	7+399
14	1/2/2024	510183,48	1085095,98	3+283	33	1/2/2024	510068,01	1082843,40	8+278
15	1/2/2024	510110,81	1085017,69	3+412	34	1/2/2024	510462,29	1082809,76	9+194
16	1/2/2024	510062,40	1084966,24	3+485	35	1/2/2024	511553,52	1083423,36	10+613
17	1/2/2024	510061,78	1084922,33	3+529	36	1/2/2024	512489,20	1083818,00	11+660
18	1/2/2024	510085,81	1084859,24	3+598	37	1/2/2024	512519,56	1083827,88	11+691
19	1/2/2024	510116,32	1084787,23	3+688					

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	1/2/2024	509922,17	1085862,50	1+759	8	1/2/2024	510109,26	1084792,21	3+680
2	1/2/2024	509826,44	1085751,32	1+916	9	1/2/2024	510143,07	1084722,43	3+764
3	1/2/2024	509775,90	1085668,59	2+014	10	1/2/2024	510171,39	1084653,32	3+843
4	1/2/2024	509995,63	1085591,34	2+519	11	1/2/2024	510173,42	1084441,42	4+080
5	1/2/2024	509979,85	1085509,61	2+605	12	1/2/2024	510662,79	1083580,24	6+365
6	1/2/2024	509976,24	1085480,96	2+634	13	1/2/2024	510713,82	1083513,67	6+506
7	1/2/2024	510209,72	1085286,05	3+003	14	1/2/2024	510856,68	1083389,85	6+992



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 405, 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 405, 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 que 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 y Figura 4, se presentan algunos de los estacionamientos identificados con la herramienta simplificada en los que se puede apreciar esta condición. Además, a lo largo de toda la ruta es posible observar esta condición de manera recurrente.

Figura 2

Afectación por escorrentía en la cara del talud en el estacionamiento 3+529



Figura 3

Afectación por escorrentía en la cara del talud en el estacionamiento 4+926



Figura 4

Afectación por escorrentía en la cara del talud en el estacionamiento 5+625



En la Figura 5, se observa el material acumulado al pie del talud producto de un deslizamiento en el estacionamiento 6+351. A pesar de que la superficie inestable del talud es de poca altura, aproximadamente 4 m, se considera oportuno mantener monitoreado el sitio debido a la susceptibilidad a inestabilidad que actualmente presenta, así como realizar la limpieza del material caído e 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.

Figura 5

Deslizamiento del talud ubicado en el estacionamiento 6+351



En el estacionamiento 7+399 se identificó una evidencia de inestabilidad en la corona de un talud de aproximadamente 10 m de altura (ver Figura 6). Como se observa en la figura, no es posible identificar estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial. La inestabilidad en la corona del talud puede estar asociada a la deficiencia en el manejo de agua de escorrentía superficial, y se considera apropiado monitorear el sitio e implementar sistemas para el manejo de agua en el talud, con el fin de evitar que se magnifiquen las evidencias de inestabilidad identificadas y puedan afectar el funcionamiento de la vía.

Figura 6

Deslizamiento en la corona del talud, estacionamiento 7+399



En el estacionamiento 11+660 se identifica el estrechamiento de la vía producto del deslizamiento en la corona del talud de relleno ubicado en la margen inferior de la carretera. Como se observa en la Figura 7, no es posible identificar estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial, esta condición es 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 7

Deslizamiento en la corona del talud de la margen inferior de la vía, estacionamiento 11+660



Dada la ubicación de los taludes del estacionamiento 11+660, no fue posible acceder a la sección frontal del talud 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.

Adicionalmente, se evaluaron en total 14 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 baja y media. Dos de los taludes evaluados requieren de un análisis más profundo ya que se conforman por una matriz rocosa que en el momento de la evaluación se observó relleno limoso en las discontinuidades que componen al macizo.

Los taludes de clasificación baja no requieren de una evaluación específica del sitio, y las recomendaciones generales se consideran suficientes para mejorar o al menos detener 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 del talud en el estacionamiento 1+759, conformado por una matriz suelo residual. La pendiente es de aproximadamente 47° con una altura de 15 m, la forma del talud es cóncavo, no presenta una superficie de falla claramente definida, sin embargo, se observa una zona con desnivel que puede estar asociado a un movimiento de masas y una posible superficie de falla. Al momento de la inspección, el talud se encontraba húmedo hasta la corona y sin flujo de agua. Además, 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. Por último, a una distancia entre 3 m y 8 m se ubican estructuras de redes eléctricas y no fue posible identificar evidencias de movimiento en los alrededores del talud.

Tabla 4
Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 1+759

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	1/2/2024
	Ruta	405
	Latitud	9,82021851
	Longitud	-83,90954192
	Precipitación	Menos de 2000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	47°
	Altura del talud	15 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
Condición del talud	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Cóncava
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial
	Agua en el talud	En la corona
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
Evidencia de movimiento	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	No
Estructuras cercanas	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora 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	3 m - 8 m	
Recomendación final		Media - Evaluación específica del sitio



Evidencia de posible superficie de falla

Evidencia de caídos de material





Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 1+759 una clasificación media para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dado que se observaron agrietamientos en el terreno circundante al talud y la evidencia de una posible superficie de falla en la cara del talud como resultado de lo que puede estar asociado a un movimiento lento de la masa de suelo, se recomienda realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica 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 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 5 se presenta el resultado de la evaluación del talud en el estacionamiento 1+916, conformado por un macizo rocoso en condición medianamente fracturado, que presenta relleno de material limoso que no supera 1 cm de espesor, esta condición requiere de análisis profundos a cargo de un profesional en geotecnia asignado por la Administración para tales efectos. El talud se caracteriza por una pendiente de aproximadamente 67° y 7 m de altura. Al momento de la inspección, el talud se encontraba húmedo desde el pie hasta la corona y sin flujo de agua. Presenta deficiencia en las estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial. Por último, se identificaron grietas en el terreno circundante como evidencia de movimiento, y a una distancia entre 3 m y 8 m se ubican estructuras de agua potable.

Tabla 5

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 1+916

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	1/2/2024
	Ruta	405
	Latitud	9,81921418
	Longitud	-83,91041544
	Precipitación	Menos de 2000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	67°
	Altura del talud	7 m
	Material predominante	Roca
	Estado de la roca	Roca fracturada
	Fracturación de la roca en la cara del talud	Medianamente fracturado
	Condición de las discontinuidades en roca	Limoso
	Espesor del relleno de discontinuidades	1 cm
	Vegetación	Autóctona
Condición del talud	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Rectilínea
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Ninguna
	Agua en el talud	En la corona
Evidencia de movimiento	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	Grietas alrededor del talud
Estructuras cercanas	Material caído	No
	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora menor
	Presencia de redes eléctricas	No hay
	Presencia de red de agua potable	3 m - 8 m
	Presencia de puentes vehiculares	No hay
Recomendación final	Presencia de pasos peatonales	No hay
	Presencia de cultivos	No hay
Recomendación final		Requiere análisis profundo según condición del talud



Roca medianamente fracturada con relleno en discontinuidades



Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 1+916 una clasificación alta para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dado que se identificó relleno de material limoso en las discontinuidades de la roca, se recomienda realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica, 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 6 se presenta el resultado de la evaluación del talud en el estacionamiento 2+014, conformado por una matriz de suelo compuesto con bloques de roca. La cara del talud se observa medianamente agrietada con forma cóncava, una pendiente aproximada de 40° y una altura de 27 m. 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 presencia de cárcavas en la cara del talud. Aunado a esto, en el momento de la evaluación el talud se encontraba húmedo desde el pie hasta la corona, pero no se observó la presencia de flujo de agua emergiendo del talud.

Tabla 6

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 2+014

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	1/2/2024
	Ruta	405
	Latitud	9,81846631
	Longitud	-83,91087598
	Precipitación	Menos de 2000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	40°
	Altura del talud	27 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Compuesto (primordialmente suelo)
	Naturaleza del suelo	Friccionante
	Agrietamiento en la cara del talud	Medianamente agrietado
	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
Condición del talud	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Cóncava
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Formación de cárcavas
	Agua en el talud	En la corona
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
Evidencia de movimiento	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	Si
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	No
Estructuras cercanas	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora 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	
Recomendación final		Media - Evaluación específica del sitio



Formación de cárcavas





Al aplicar la evaluación con la herramienta RC-545 al talud en el estacionamiento 2+014, se obtiene para el nivel de afectación o la incidencia sobre estructuras cercanas la clasificación media, de acuerdo con el criterio experto del PIG, el talud 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 7 se presenta el resultado de la evaluación del talud en el estacionamiento 2+519, 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 75° y una altura de 4,5 m. 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 rasgos de erosión en la cara del talud. Aunado a esto, en el momento de la evaluación el talud se encontraba húmedo hasta la corona, pero no se observó la presencia de flujo de agua emergiendo del talud. Por último, cabe resaltar que no se observó la presencia de estructuras cercanas al talud.

Tabla 7

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 2+159

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	1/2/2024
	Ruta	405
	Latitud	9,81776686
	Longitud	-83,90887324
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	75°
	Altura del talud	4,5 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento cara del talud	Sin grietas
	Vegetación	Autóctona
Uso de suelo	Camino/carretera	
Condición del talud	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Rectilínea
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial
	Agua en el talud	En la corona
Flujo de agua en el talud	Sin Flujo	
Evidencia de movimiento	Evidencia de movimiento	No
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
Material caído	No	
Estructuras cercanas	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora 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	
Recomendación final	Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud	



Evidencia de erosión superficial





Dado que el resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 al talud ubicado en el estacionamiento 2+159 es una clasificación baja para la afectación del talud y el nivel de incidencia a las estructuras cercanas, este sitio no requiere de análisis más profundos. Se considera apropiado mantener el talud monitoreado.

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 8 se presenta el resultado de la evaluación del talud en el estacionamiento 2+605, conformado por una matriz compuesta suelo roca, pero principalmente roca. La cara del talud se encuentra medianamente agrietada. El talud está conformado con bermas y con una pendiente aproximada de 60° y una altura de 30 m. Se identifica la deficiencia en las estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial y sistemas de drenaje, asociado a esta observación se identifican rasgos de erosión y formación de cárcavas en la cara del talud. Aunado a esto, en el momento de la evaluación el talud se encontraba húmedo desde el pie hasta la corona, pero no se observó la presencia de flujo de agua emergiendo del talud. Por último, cabe resaltar que no se divisaron estructuras cercanas al talud.

Tabla 8
Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 2+605

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano	
	Fecha	1/2/2024	
	Ruta	405	
	Latitud	9,81702806	
	Longitud	-83,90901717	
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm	
Caracterización del talud	Pendiente	60°	
	Altura del talud	30 m	
	Material predominante	Roca	
	Estado de la roca	Compuesto (primordialmente roca)	
	Fracturación de la roca en la cara del talud	Medianamente fracturado	
	Condición de las discontinuidades en roca	Sin relleno	
	Espesor del relleno de discontinuidades	-	
	Vegetación	Autóctona	
Condición del talud	Uso de suelo	Camino/carretera	
	Falla en el talud	No	
	Forma del Talud	Con Bermas	
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía	
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial	
	Agua en el talud	En la corona	
Evidencia de movimiento	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	
	Grietas en terreno	No	
Estructuras cercanas	Material caído	No	
	Presencia de obras de retención	No hay	
	Presencia de viviendas y comercios	No hay	
	Presencia de vías	0 m - 3 m	
	Tipo de vía	Colectora 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		
Recomendación final		Media - Evaluación específica del sitio	 <p>Formación de cárcavas al pie del talud</p>  <p>Deslizamiento en la corona del talud</p>



Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 2+605 una clasificación media para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dado que se observó deslizamiento de material en la corona del talud y la evidencia de posible formación de coronas, se recomienda realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica 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 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 9 se presenta el resultado de la evaluación del talud en el estacionamiento 2+634, conformado por una matriz compuesta de suelo y roca, pero primordialmente suelo en condición medianamente agrietada, la cual presenta una superficie convexa, con una pendiente aproximada de 42° y 10 m de altura. 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 rasgos de erosión y formación de cárcavas en la cara del talud. Aunado a esto, en el momento de la evaluación el talud se encontraba húmedo desde el pie hasta la corona, pero no se observó la presencia de flujo de agua emergiendo del talud. Por último, cabe resaltar que no se observó la presencia de estructuras cercanas al talud, sin embargo, se identifica un pequeño volumen de material caído al pie de este.

Tabla 9
Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 2+634

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	1/2/2024
	Ruta	405
	Latitud	9,81676918
	Longitud	-83,90904994
	Precipitación	Menos de 2000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	42°
	Altura del talud	10 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Compuesto (primordialmente suelo)
	Naturaleza del suelo	Ambos
	Agrietamiento cara del talud	Medianamente agrietado
	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
Condición del talud	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Convexa
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial
	Agua en el talud	En la corona
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
Evidencia de movimiento	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño
Estructuras cercanas	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora 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	
Recomendación final	Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud	



Superficie de falla de un deslizamiento antiguo.



Material caído



El resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 al talud ubicado en el estacionamiento 2+634 es una clasificación baja para la afectación del talud y el nivel de incidencia a las estructuras cercanas, este sitio no requiere de análisis más profundos. Dado que la superficie expuesta del talud aparenta ser el resultado de la superficie de falla de un deslizamiento antiguo, se considera apropiado mantener el talud monitoreado ante cualquier nueva evidencia de inestabilidad.

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 10 se presenta el resultado de la evaluación del talud en el estacionamiento 3+003, conformado por una matriz compuesta de suelo y roca, pero primordialmente suelo sin grietas, la cual presenta una superficie de forma compuesta, con una pendiente de aproximadamente 50° y 9 m de altura. 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 rasgos de erosión y formación de cárcavas en la cara del talud. Aunado a esto, en el momento de la evaluación el talud se encontraba húmedo del pie hasta la corona, pero no se observó la presencia de flujo de agua emergiendo del talud. Por último, cabe resaltar que no se observó la presencia de estructuras cercanas al talud.

Tabla 10
Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 3+003

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	1/2/2024
	Ruta	405
	Latitud	9,81500645
	Longitud	-83,90692221
	Precipitación	Menos de 2000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	50°
	Altura del talud	9 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Compuesto (primordialmente suelo)
	Naturaleza del suelo	Ambos
	Agrietamiento cara del talud	Sin grietas
	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
Condición del talud	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Compuesta
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Formación de cárcavas
	Agua en el talud	En la corona
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
Evidencia de movimiento	Evidencia de movimiento	No
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	No
Estructuras cercanas	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora 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
Recomendación final		Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud





El resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 al talud ubicado en el estacionamiento 3+003 es una clasificación baja para la afectación del talud y el nivel de incidencia a las estructuras cercanas, este sitio no requiere de análisis más profundos. Dado que la superficie expuesta del talud aparenta ser el resultado de la superficie de falla de un deslizamiento antiguo, se considera apropiado mantener el talud monitoreado ante cualquier nueva evidencia de inestabilidad.

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 11 se presenta el resultado de la evaluación del talud en el estacionamiento 3+680, conformado por una matriz de suelo residual. La cara del talud se observa sin grietas, la forma del talud es convexa con una pendiente aproximada de 41° y una altura de 13 m. 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 formación de cárcavas en la cara del talud. Aunado a esto, en el momento de la evaluación el talud se encontraba húmedo del pie hasta la corona, pero no se observó la presencia de flujo de agua emergiendo del talud. Por último, cabe resaltar que no se observó la presencia de estructuras cercanas al talud, ni evidencias de movimiento en los alrededores.

Tabla 11

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 3+680

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	1/2/2024
	Ruta	405
	Latitud	9,81054086
	Longitud	-83,90783888
	Precipitación	Menos de 2000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	41°
	Altura del talud	13 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento cara del talud	Sin grietas
	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
Condición del talud	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Convexa
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Formación de cárcavas
	Agua en el talud	En la corona
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
Evidencia de movimiento	Evidencia de movimiento	No
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	No
Estructuras cercanas	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora 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	
Recomendación final	Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud	



Formación de cárcavas en la cara del talud.
Evidencia de superficie de falla de deslizamiento antiguo





El resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 al talud ubicado en el estacionamiento 3+680 es una clasificación baja para la afectación del talud y el nivel de incidencia a las estructuras cercanas, este sitio no requiere de análisis más profundos. Dado que la superficie expuesta del talud aparenta ser el resultado de la superficie de falla de un deslizamiento antiguo, se considera apropiado mantener el talud monitoreado ante cualquier nueva evidencia de inestabilidad.

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 12 se presenta el resultado de la evaluación del talud en el estacionamiento 3+764, conformado por una matriz de suelo residual. La cara del talud se observa sin grietas, la forma del talud es compuesta con una pendiente aproximada de 60° y una altura de 5 m. 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 rasgos de erosión en la cara del talud. Aunado a esto, en el momento de la evaluación el talud se encontraba húmedo del pie hasta la corona, pero no se observó la presencia de flujo de agua emergiendo del talud. Por último, cabe resaltar que no se observó la presencia de estructuras cercanas al talud, material caído o evidencias de movimiento en los alrededores.

Tabla 12

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 3+764

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	1/2/2024
	Ruta	405
	Latitud	9,80991008
	Longitud	-83,90753118
	Precipitación	Menos de 2000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	60°
	Altura del talud	5 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento cara del talud	Sin grietas
	Vegetación	Autóctona
Uso de suelo	Camino/carretera	
Condición del talud	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Compuesta
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial
	Agua en el talud	En la corona
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
Evidencia de movimiento	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño
Estructuras cercanas	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora 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	
Recomendación final	Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud	



Humedad en la corona del talud.
Evidencia de erosión en la cara del talud



El resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 al talud ubicado en el estacionamiento 3+764 es una clasificación baja para la afectación del talud y el nivel de incidencia a las estructuras cercanas, este sitio no requiere de análisis más profundos. 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 13 se presenta el resultado de la evaluación del talud en el estacionamiento 3+843, conformado por una matriz de suelo residual. La cara del talud se observa sin grietas, la forma del talud es cóncavo con una pendiente aproximada de 45° y una altura de 9 m. 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 formación de cárcavas en la cara del talud. Aunado a esto, en el momento de la evaluación el talud se encontraba húmedo del pie hasta la corona, pero no se observó la presencia de flujo de agua emergiendo del talud. Por último, cabe resaltar que no existe la presencia de estructuras cercanas al talud, ni se encuentran evidencias de movimiento en los alrededores de este.

Tabla 13
Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 3+843

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	1/2/2024
	Ruta	405
	Latitud	9,80928534
	Longitud	-83,90727285
	Precipitación	Menos de 2000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	45°
	Altura del talud	9 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento cara del talud	Sin grietas
	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
Condición del talud	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Cóncava
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Formación de cárcavas
	Agua en el talud	En la corona
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
Evidencia de movimiento	Evidencia de movimiento	No
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	No
Estructuras cercanas	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora 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	
Recomendación final	Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud	





El resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 al talud ubicado en el estacionamiento 3+843 es una clasificación baja para la afectación del talud y el nivel de incidencia a las estructuras cercanas, este sitio no requiere de análisis más profundos. Dado que la superficie expuesta del talud aparenta ser el resultado de la superficie de falla de un deslizamiento antiguo, se considera apropiado mantener el talud monitoreado ante cualquier nueva evidencia de inestabilidad.

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 14 se presenta el resultado de la evaluación del talud en el estacionamiento 4+080, 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 45° y una altura de 5 m. 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 formación de cárcavas y rasgos de erosión en la cara del talud. Aunado a esto, en el momento de la evaluación el talud se encontraba húmedo del pie hasta la corona, pero no se observó la presencia de flujo de agua emergiendo del talud. Por último, cabe resaltar que no se observó la presencia de estructuras cercanas al talud, material caído o evidencias de movimiento en los alrededores.

Tabla 14

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 4+080

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	1/2/2024
	Ruta	405
	Latitud	9,80736905
	Longitud	-83,9072549
	Precipitación	Menos de 2000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	45°
	Altura del talud	5 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento cara del talud	Sin grietas
	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
Condición del talud	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Rectilínea
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial
	Agua en el talud	En la corona
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
Evidencia de movimiento	Evidencia de movimiento	No
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	No
Estructuras cercanas	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora 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
Recomendación final		Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud





El resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 al talud ubicado en el estacionamiento 4+080 es una clasificación baja para la afectación del talud y el nivel de incidencia a las estructuras cercanas, este sitio no requiere de análisis más profundos. 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 15 se presenta el resultado de la evaluación del talud en el estacionamiento 6+365, conformado por una matriz de roca en condición altamente fracturada, la cual presenta relleno de material limoso que no supera 1 cm de espesor, esta condición requiere de análisis profundos a cargo de un profesional en geotecnia asignado por la Administración para tales efectos. El talud se caracteriza por una pendiente de aproximadamente 68° y 5 m de altura. Al momento de la inspección, el talud se encontraba húmedo del pie hasta la corona y sin flujo de agua. Presenta deficiencia en las estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial. Por último, cabe resaltar que no se observó la presencia de estructuras cercanas al talud, material caído, ni evidencias de movimiento en los alrededores del talud.

Tabla 15

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 6+365

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	1/2/2024
	Ruta	405
	Latitud	9,7995807
	Longitud	-83,90279579
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	68°
	Altura del talud	5 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	Limoso
	Espesor del relleno de discontinuidades	1 cm
	Vegetación	Autóctona
Condición del talud	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Rectilínea
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Ninguna
	Agua en el talud	En la corona
Evidencia de movimiento	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
	Evidencia de movimiento	No
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
Estructuras cercanas	Material caído	No
	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora 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	
Recomendación final		Requiere análisis profundo según condición del talud





Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 6+365 una clasificación alta para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dado que se identificó relleno de material limoso en las discontinuidades de la roca, se recomienda realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica, 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 16 se presenta el resultado de la evaluación del talud en el estacionamiento 6+506, conformado por una matriz de suelo residual. La cara del talud se observa medianamente agrietado, la forma del talud es rectilínea con una pendiente aproximada de 80° y una altura de 4 m. Se identifica la deficiencia en las estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial y sistemas de drenaje, asociado a esta observación se identifican rasgos de erosión en la cara del talud, así como acumulación de agua al pie del talud. Aunado a esto, en el momento de la evaluación el talud se encontraba húmedo hasta la corona, pero no se observó la presencia de flujo de agua emergiendo del talud. Por último, cabe resaltar que no se observó la presencia de estructuras cercanas al talud, sin embargo, se identificó en pequeño volumen de material caído al pie del talud como resultado de una falla traslacional.

Tabla 16
Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 6+506

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	1/2/2024
	Ruta	405
	Latitud	9,79897941
	Longitud	-83,90233064
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	80°
	Altura del talud	4 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento cara del talud	Medianamente agrietado
	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
Condición del talud	Falla en el talud	Traslacional
	Forma del Talud	Rectilínea
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial
	Agua en el talud	En la corona
Evidencia de movimiento	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
Estructuras cercanas	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
	Tipo de vía	Colectora 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	
Recomendación final		Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud



Material caído compuesto suelo roca.
Agua en el pie del talud, evidencia de deficiencia en estructuras de manejo de agua.





El resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 al talud ubicado en el estacionamiento 6+506 es una clasificación baja para la afectación del talud y el nivel de incidencia a las estructuras cercanas, este sitio no requiere de análisis más profundos. Dado que en el momento de la evaluación se identifica la acumulación de un volumen pequeño de material caído producto del deslizamiento traslacional del talud, se recomienda realizar la remoción del material y limpieza de la zona del talud.

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 17 se presenta el resultado de la evaluación del talud en el estacionamiento 6+992, conformado por una matriz de roca en condición medianamente agrietado, sin relleno en las discontinuidades. La forma del talud es compuesta con una pendiente aproximada de 60° y una altura aproximada de 10,5 m. Se identifica la deficiencia en las estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial y sistemas de drenaje, asociado a esta observación se identifican rasgos de erosión en la cara del talud. Aunado a esto, en el momento de la evaluación el talud se encontraba húmedo del pie hasta la corona, pero no se observó la presencia de flujo de agua emergiendo del talud. Por último, cabe resaltar que no se observó la presencia de estructuras cercanas al talud, sin embargo, se identificó la evidencia de una superficie de falla por cuña de un deslizamiento antiguo.

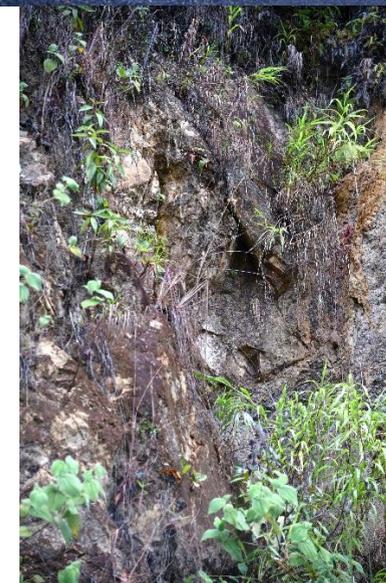
Tabla 17

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 6+992

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	1/2/2024
	Ruta	405
	Latitud	9,79785894
	Longitud	-83,90102901
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	60°
	Altura del talud	10,5 m
	Material predominante	Roca
	Estado de la roca	Roca fracturada
	Fracturación de la roca en la cara del talud	Medianamente fracturado
	Condición de las discontinuidades en roca	Sin relleno
	Espesor del relleno de discontinuidades	-
	Vegetación	Autóctona
Condición del talud	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Compuesta
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial
	Agua en el talud	En la corona
Evidencia de movimiento	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
	Evidencia de movimiento	No
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
Estructuras cercanas	Material caído	No
	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora 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	
Recomendación final	Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud	



Evidencia de superficie de falla por cuña de deslizamiento antiguo





El resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 al talud ubicado en el estacionamiento 6+992 es una clasificación baja para la afectación del talud y el nivel de incidencia a las estructuras cercanas, este sitio no requiere de análisis más profundos. Dado que la superficie expuesta del talud aparenta ser el resultado de la superficie de falla de un deslizamiento antiguo, se considera apropiado mantener el talud monitoreado ante cualquier nueva evidencia de inestabilidad.

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.



VI. Comentarios finales

Después de realizar la visita de campo a la ruta nacional 405, 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 de roca para realizar el correspondiente análisis cinemático, así como caracterizar el material de relleno entre las discontinuidades, ya que esto se considera una condición crítica para la estabilidad del talud desde el punto de vista geotécnico, y 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, pseudo-estática, 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.



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



VIII. REFERENCIAS

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