

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1429-2024

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL 3



Preparado por:

Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Setiembre, 2024

RESUMEN EJECUTIVO

Este informe tiene como propósito realizar una evaluación preliminar de los taludes a lo largo de la Ruta Nacional 3. 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.

En total fueron identificados 28 sitios de interés geotécnico con alguna evidencia de inestabilidad. No obstante, debido a la limitación encontrada en esta carretera de montaña en cuanto a espacios disponibles para estacionar el vehículo sin obstruir el flujo del tránsito, sin poner en riesgo la vida de los operarios de las inspecciones, ni de los usuarios de la carretera, solo fue posible aplicar en dos taludes 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. Los taludes evaluados se ubican en los estacionamientos 36+664 y 55+469 de la Ruta Nacional 3. Con base en esta evaluación se determinó que la condición de ambos taludes es "media" por lo que se sugiere realizar una evaluación específica de cada uno de los sitios, considerando la topografía actual y considerando escenarios con saturación del terreno y sismo.

En el caso de los otros sitios, fue posible identificar la fecha del levantamiento, coordenadas exactas del sitio y una fotografía de la condición con la implementación y uso de una herramienta simplificada. A partir de esta evaluación fue posible notar que los sitios de interés geotécnico se encuentran concentrados entre los estacionamientos 52+000 al 56+000 (20 puntos), tramo localizado entre Pato de Agua y Desmonte. De esta manera, en el tramo con mayor cantidad de taludes con evidencias de inestabilidad, es posible realizar, en visitas de campo posteriores, la aplicación de la herramienta RC-545.

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. Además, se recomienda utilizar métodos adecuados para el control de la erosión superficial, tales como la colocación de vegetación, geomantas, biomantas, entre otros.

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

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

Contenido

- I. INTRODUCCIÓN 5
- II. OBJETIVOS 6
 - II.1 Objetivo general 6
 - II.2 Objetivos específicos 6
- III. ALCANCE DEL INFORME 7
- IV. DESCRIPCIÓN DE LOS TALUDES INSPECCIONADOS 8
- V. RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN 10
- VI. COMENTARIOS FINALES 16
- VII. RECOMENDACIONES DERIVADAS DE LA INSPECCIÓN 17
- VIII. REFERENCIAS 18

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 3 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.

Con esta herramienta fueron evaluados los taludes localizados en los estacionamientos 36+664 y 55+469. En el caso del talud del estacionamiento 36+664 el material encontrado corresponde a un suelo cohesivo medianamente agrietado. El talud no presenta ningún tipo de falla, sin embargo, muestra evidencias de movimiento del terreno con la presencia de árboles inclinados. Adicionalmente, fueron observadas algunas obras para el control de la escorrentía, las cuales se encontraban en mal estado. Por otro lado, el material presente en el talud del estacionamiento 55+469 correspondía a un material compuesto, primordialmente por roca altamente fracturada sin la presencia de material de relleno en sus discontinuidades. Durante la evaluación fue posible observar que la falta de manejo de escorrentía superficial ha favorecido la presencia de erosión superficial en la cara de este talud. Al momento de la inspección ambos taludes se encontraban secos, no obstante, es probable que esta condición varíe en la época lluviosa. Con base en la evaluación realizada, se determinó que la condición de ambos taludes puede clasificarse como "media", por lo cual se sugiere realizar una evaluación específica de cada uno de los sitios, considerando la topografía actual y escenarios con saturación del terreno y sismo

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

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

II. OBJETIVOS

II.1 *Objetivo general*

Inspeccionar y evaluar la condición de taludes y laderas a lo largo de toda la Ruta Nacional 3 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 el talud y el estado que muestran al momento de la inspección
- Establecer si existe evidencia de movimiento o falla del talud bajo las condiciones del entorno en que se encuentra
- Verificar si existen obras de drenaje, manejo de aguas o estabilización
- Revisar si la condición del talud puede impactar directamente emplazamientos, vías o servicios cercanos que generen afectación a los usuarios de estos

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

III. ALCANCE DEL INFORME

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

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

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

Para efectos de los alcances de este informe se han establecido tres niveles (ver Tabla 1), cuya asignación se 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 en el criterio experto del PIG LanammeUCR

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

IV. DESCRIPCIÓN DE LOS TALUDES INSPECCIONADOS

Con la finalidad de evaluar la condición y contar con un inventario de los taludes o laderas que presentan indicios de inestabilidad a lo largo del sector de carretera de montaña de la Ruta Nacional 3, se realizó el recorrido de la ruta, capturando las coordenadas, y evidencia fotográfica de los sitios que bajo el criterio del profesional experto en el área fueron considerados de interés geotécnico para el monitoreo del comportamiento de los taludes y su afectación en la ruta.

En total fueron identificados 28 sitios de interés geotécnico con alguna evidencia de inestabilidad, de los cuales dos puntos 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 los otros puntos se cuenta con el registro de su ubicación y referencia fotográfica como resultado de la aplicación de una herramienta simplificada de evaluación.

En la Tabla 2 se enlistan las ubicaciones de los sitios identificados con condiciones consideradas como evidencias de inestabilidad utilizando la herramienta simplificada. Por su parte, los taludes evaluados en los estacionamientos 36+664 (Latitud 9,9812625, Longitud -84,3459252) y 55+469 (Latitud 9,9623034, Longitud -84,4644128) fueron evaluados con la herramienta RC-545 "Herramienta del Lanamme para la inspección de taludes" V02.

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

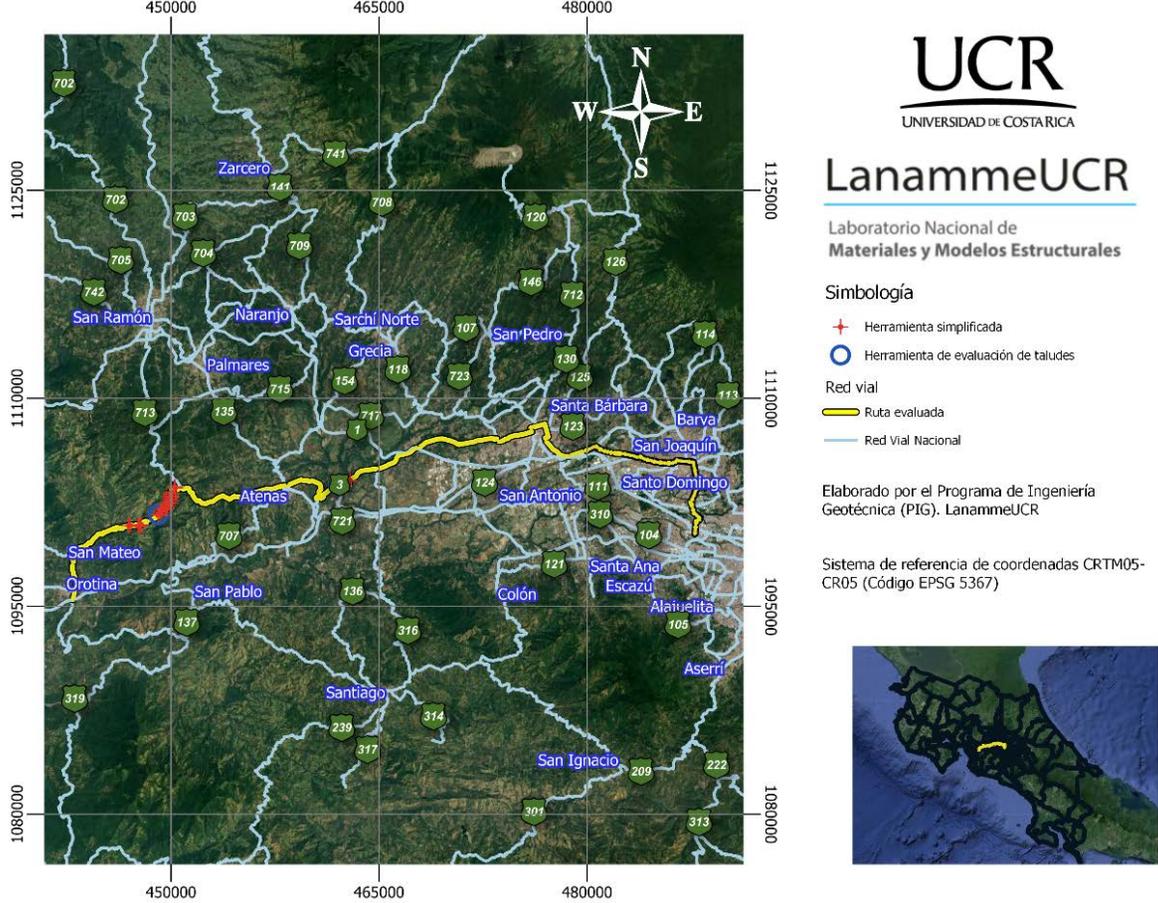
#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est.	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est.
		Este	Norte				Este	Norte	
1	18/10/2023	462913,96	1104046,21	34+496	15	09/11/2023	449675,47	1102341,24	54+156
2	09/11/2023	462067,07	1103701,63	36+664	16	09/11/2023	449692,08	1102213,13	54+314
3	09/11/2023	462065,04	1103699,01	36+667	17	09/11/2023	449703,55	1102049,83	54+495
4	09/11/2023	450302,14	1103537,70	52+078	18	09/11/2023	449647,04	1102027,40	54+556
5	09/11/2023	450269,33	1103610,26	52+158	19	09/11/2023	449553,56	1102028,51	54+664
6	09/11/2023	450031,72	1103224,55	52+724	20	09/11/2023	449359,06	1101970,77	54+889
7	09/11/2023	449959,06	1103108,19	52+892	21	09/11/2023	449253,62	1101795,49	55+127
8	09/11/2023	449984,82	1102970,81	53+038	22	09/11/2023	449080,09	1101620,70	55+459
9	09/11/2023	449953,89	1102871,17	53+170	23	09/11/2023	449051,28	1101576,88	55+512
10	09/11/2023	449944,70	1102729,81	53+319	24	09/11/2023	447843,09	1100880,10	57+046
11	09/11/2023	449979,55	1102619,85	53+453	25	09/11/2023	447737,03	1100858,30	57+160
12	09/11/2023	450024,60	1102450,87	53+633	26	09/11/2023	447643,24	1100775,59	57+298
13	09/11/2023	449861,29	1102458,33	53+909	27	09/11/2023	447057,51	1100828,36	57+947
14	09/11/2023	449797,75	1102448,31	53+973	28	09/11/2023	446946,18	1100818,28	58+193

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

Por su parte, en la Figura 1 se muestran con una cruz roja estos mismos sitios registrados con la herramienta simplificada y con un círculo azul los sitios inspeccionados y evaluados con la herramienta de inspección de taludes en carretera (RC-545) del PIG del LanammeUCR.

Como se puede notar el tramo que concentra la mayor cantidad de puntos con evidencias de inestabilidad se ubica entre los estacionamientos 52+000 al 56+000 (20 puntos), tramo localizado entre Pato de Agua y Desmante.

Figura 1. Ubicación gráfica del inventario de taludes con evidencias de inestabilidad a lo largo del tramo de carretera de montaña de la RN3



V. RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN

Los taludes inspeccionados, generalmente, presentan alturas entre los 3 m a 15 m y muestran evidencias de movimiento de material, reflejado por la presencia de coronas, árboles inclinados y deslizamientos. Adicionalmente se observaron evidencias de erosión superficial y en algunos casos se observaron etapas tempranas de la formación de cárcavas asociadas con la falta de estructuras para el control y manejo de la escorrentía superficial (ver Figura 2).

Figura 2. Condición de taludes inspeccionados en la Ruta Nacional 3



(a) evidencias de erosión en la cara del talud y ausencia de cunetas, estación 53+170



(b) evidencias de erosión en la cara del talud y material deslizado, estación 55+459



(c) evidencias de erosión en la cara del talud y ausencia de cunetas, estación 54+495



(d) evidencias de erosión en la cara del talud y ausencia de cunetas, estación 57+160

En general, no se observó la presencia de cunetas o contracunetas las cuales se consideran esenciales para asegurar la estabilidad de los taludes. De esta manera, se considera oportuno implementar un adecuado sistema de manejo de agua de escorrentía superficial que incluya contracunetas y estructuras de canalización de agua para evitar la escorrentía superficial sobre la cara de los taludes y, en el caso de existir algún sistema de drenaje, considerar mejorarlo, en tal caso, el diseño y construcción debe ser adecuado y específico al talud a intervenir. Adicionalmente, se recomienda la utilización de métodos adecuados para el manejo de erosión, a saber: vegetación, geomantas, biomantas, entre otros.

Por otro lado, fue posible observar que los taludes de relleno no tenían cunetas o algún otro mecanismo de control de la escorrentía superficial entre la superficie de ruedo y el borde del talud. Es importante mencionar que, en estos casos, esta zona corresponde a la corona del talud de relleno, por lo que la falta de control del agua superficial puede generar una reducción de la resistencia, favoreciendo la inestabilidad y deformaciones en la capa de ruedo. Lo anterior se puede ver reflejado con la presencia de pérdida de la sección transversal de la superficie de ruedo, como se observa en la Figura 3, situación que, si no es tratada en el momento oportuno, puede generar una falla y una pérdida mayor en la sección transversal o ancho del pavimento.

Figura 3. Condición de los taludes de relleno inspeccionados en la Ruta Nacional 3



(a) agrietamientos en el pavimento y cunetas, y evidencias de deslizamiento, estación 53+453



(b) evidencias de deslizamientos, estación 53+633



(c) agrietamientos en el pavimento, ausencia de cunetas y evidencias de deslizamientos, estación 53+973



(d) pérdida de sección transversal, ausencia de cunetas y evidencias de deslizamiento, estación 57+947

Para el tramo que concentra la mayor cantidad de puntos con evidencias de inestabilidad ubicado entre los estacionamientos 52+000 al 56+000 (20 puntos), tramo localizado entre Pato de Agua y Desmonte se considera apropiado realizar análisis especializados de estabilidad, considerando la topografía actual y valorando escenarios con saturación del terreno y sismo.

Para esto es recomendable efectuar 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 hacer 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.

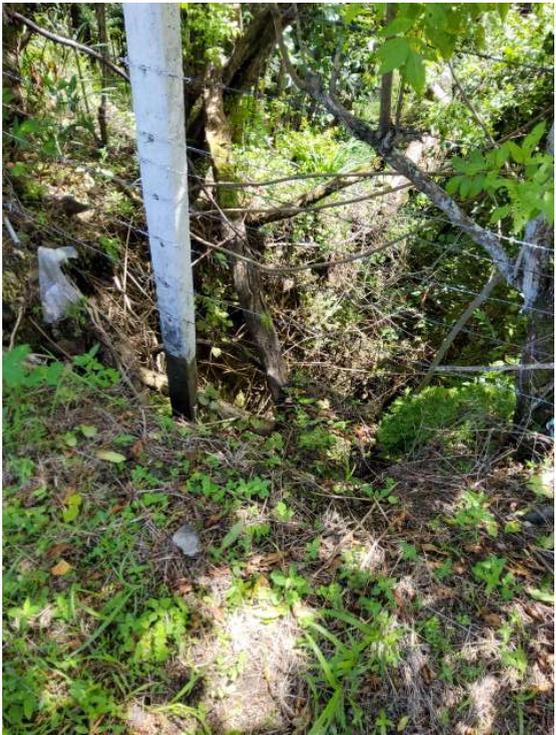
Por otra parte, como se mencionó anteriormente los taludes localizados en el estacionamiento 36+664 (Latitud 9,9812625, Longitud -84,3459252) y 55+469 (Latitud 9,9623034, Longitud -84,4644128) fueron evaluados con la herramienta RC-545 "Herramienta del Lanamme para la inspección de taludes" V02, esta herramienta permitió realizar una caracterización de la condición del talud, de las evidencias de movimiento presente en el mismo y de las condiciones del entorno de este, asignando una calificación acorde con lo observado en campo.

Específicamente, en la Tabla 3 se pueden ver los resultados de la caracterización de la evaluación realizada para el talud del estacionamiento 36+664. Esta se puede resumir como sigue: el material presente es un suelo cohesivo medianamente agrietado. Su pendiente es de aproximadamente 60°, por lo cual se puede clasificar como escarpada. Se trata de un talud de relleno de una altura aproximada de 60 m. Por lo observado en campo, el talud tiene una forma rectilínea, el cual no parece mostrar ningún tipo de falla, sin embargo, fue posible notar algunas evidencias de movimiento del terreno con la presencia de árboles inclinados, por lo que, no se puede descartar que el proceso de meteorización conlleve a la evolución de las fallas y eventuales deslizamientos.

Adicionalmente, fueron observadas algunas obras para el control de la escorrentía, las cuales se encontraban en mal estado. A pesar del drenaje en mal estado y la ausencia de contracunetas o cunetas, no se observaron afectaciones por escorrentía. Al momento de la inspección el talud se encontraba seco y sin la presencia de un flujo de agua en la cara del talud, no obstante, es probable que esta condición varíe en la época lluviosa.

En los alrededores, además de la presencia de la carretera (Ruta Nacional 3), se observó la presencia de viviendas y redes eléctricas, por su parte no fueron observadas otras estructuras cercanas como puentes, agua potable o pasos peatonales. Así pues, con base en esta caracterización, la condición del talud puede clasificarse como "media" y se sugiere realizar una evaluación específica del sitio, considerando la topografía actual y escenarios con saturación del terreno y sismo.

Tabla 3. Talud en el estacionamiento 36+664

Datos Generales	Profesional a cargo	Gustavo Badilla	<p>Condición actual del talud evaluado, la cual consiste en un talud de suelo cohesivo medianamente agrietado de aproximadamente 60 m de altura</p> 
	Fecha	9/11/2023	
	Ruta	3	
	Latitud	-84,3459252	
	Longitud	9,9812625	
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm	
Caracterización del talud	Pendiente	60°	
	Altura del talud	60 m	
	Material predominante	Suelo	
	Estado del suelo	Aluvión	
	Naturaleza del suelo	Cohesivo	
	Agrietamiento cara del talud	Medianamente agrietado	
	Vegetación	Bosque secundario	
	Uso de suelo	Camino/carretera	
Condición del talud	Falla en el talud	No	<p>Se observaron pocas evidencias de erosión en la cara del talud. No se observa la presencia de cunetas, contracunetas u otra medida de control de escorrentía superficial</p> 
	Forma del Talud	Rectilínea	
	Manejo de escorrentía	Drenaje en mal estado	
	Afectación por escorrentía	Ninguna	
	Agua en el talud	Seco	
	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	No	
	Material caído	No	
Estructuras cercanas	Presencia de obras de retención	No hay	
	Presencia de viviendas y comercios	Más de 15 m	
	Presencia de vías	0 m - 3 m	
	Tipo de vía	Arterial	
	Presencia de redes eléctricas	0 m - 3 m	
	Presencia de red de agua potable	No hay	
	Presencia de puentes vehiculares	No hay	
	Presencia de pasos peatonales	No hay	
	Presencia de cultivos	No hay	
Recomendación final		Media - Evaluación específica del sitio	

Por otro lado, en la Tabla 4 se pueden ver los resultados de la caracterización de la evaluación realizada para el talud del estacionamiento 55+469. Esta se puede resumir como sigue: el material presente es un material compuesto, primordialmente por roca altamente fracturado sin la presencia de material de relleno de las discontinuidades. Su pendiente es de aproximadamente 60° , por lo cual se puede clasificar como escarpada. Se trata de un talud de corte de una altura aproximada de 12 m. Por lo observado en campo, el talud tiene una forma compuesta, en la cual se da presentado una falla de tipo compuesta. Fue posible notar evidencias de movimiento del terreno con la presencia de árboles inclinados, formación de coronas y grietas alrededor del talud y la caída de un volumen muy pequeño de material caído (50 a 200 m³). Adicionalmente, no se puede descartar que el proceso de meteorización conlleve a la evolución de las fallas y eventuales deslizamientos.

Adicionalmente, fueron observadas algunas cunetas para el control de la escorrentía en la base del talud, sin embargo, estas cunetas se encontraban en mal estado y parcialmente obstruidas por el material deslizado. Es importante mencionar, que estas medidas localizadas en la base del talud se consideran insuficientes para garantizar la estabilidad del talud, puesto que no permiten reducir o garantizar contenidos bajos de humedad en el material del talud. Adicionalmente, la ausencia de contracunetas y otras medidas de protección de la cara del talud muestran afectaciones por erosión superficial. Al momento de la inspección el talud se encontraba seco y sin la presencia de un flujo de agua en la cara del talud, no obstante, es probable que esta condición varíe en la época lluviosa.

En los alrededores, además de la presencia de la carretera (Ruta Nacional 3), se observó la presencia de viviendas y redes eléctricas, por su parte no fueron observadas otras estructuras cercanas como puentes, agua potable o pasos peatonales. Así pues, con base en esta caracterización, la condición del talud puede clasificarse como "media" y se sugiere realizar una evaluación específica del sitio, considerando la topografía actual y considerando escenarios con saturación del terreno y sismo.

En general, por la condición observada para los taludes evaluados se recomienda implementar un adecuado sistema de manejo de agua de escorrentía superficial que incluya cunetas, contracunetas y estructuras de canalización de agua de escorrentía superficial, y considerar una mejora en el sistema de drenajes existente, o bien, llevar a cabo un diseño y construcción de sistemas de drenaje específicos y adecuados para cada uno de los taludes. Además, se recomienda utilizar métodos adecuados para el control de la erosión superficial, tales como la colocación de vegetación, geomantas, biomantas, entre otros.

Tabla 4. Talud en el estacionamiento 55+469

Datos Generales	Profesional a cargo	Gustavo Badilla	<p>Condición actual del talud evaluado, la cual consiste en un talud de material compuesto, primordialmente roca altamente fracturada de aproximadamente 12 m de altura</p> 
	Fecha	9/11/2023	
	Ruta	3	
	Latitud	9,9623034	
	Longitud	-84,4644128	
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm	
Caracterización del talud	Pendiente	60°	
	Altura del talud	12 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	-	
	Vegetación	Arbustos	
	Uso de suelo	Camino/carretera	
Condición del talud	Falla en el talud	Compuesto	<p>Evidencias de erosión en la cara del talud. Se observó la presencia de cunetas en la base del talud, no obstante, las mismas se encontraban obstruidas por material deslizado del talud. No se observó la presencia de contracunetas u otra medida de control de escorrentía superficial</p> 
	Forma del Talud	Compuesta	
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía	
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial	
	Agua en el talud	Seco	
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo	
Evidencia de movimiento	Evidencia de movimiento	Si	
	Árboles inclinados	Si	
	Formación de Coronas	Si	
	Levantamiento al Pie del Talud	No	
	Grietas en terreno	Grietas alrededor del talud	
	Material caído	50 a 200 - Muy pequeño	
Estructuras cercanas	Presencia de obras de retención	No hay	
	Presencia de viviendas y comercios	8 m - 15 m	
	Presencia de vías	0 m - 3 m	
	Tipo de vía	Arterial	
	Presencia de redes eléctricas	No hay	
	Presencia de red de agua potable	8 m - 15 m	
	Presencia de puentes vehiculares	No hay	
	Presencia de pasos peatonales	No hay	
	Presencia de cultivos	No hay	
Recomendación final		Media - Evaluación específica del sitio	



VI. COMENTARIOS FINALES

Después de realizar la visita de campo a la Ruta Nacional 3, de manera general se resalta que casi la totalidad de los taludes existentes carecen de sistemas adecuados para el control de la escorrentía superficial, por lo que se recomienda implementar medidas integrales de mitigación para detener y evitar la erosión de la cara de los taludes, así como colocar sistemas para el control de la escorrentía superficial y evitar que se magnifiquen los problemas de estabilidad que fueron observados. Igualmente se recomienda utilizar métodos adecuados para el control de la erosión superficial, tales como la colocación de vegetación, geomantas, biomantas, entre otros.

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

Adicionalmente, cuando se requiera un análisis más específico, resulta apropiado, de ser posible, identificar la superficie de falla crítica en la modelación tridimensional, para luego analizar esta superficie en dos dimensiones, modificando las condiciones de análisis, es decir, estática, 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 de la condición de estos taludes por parte del ingeniero especializado en geotecnia a cargo asignado por la Administración.

Finalmente se considera importante complementar los análisis de estabilidad incluyendo el componente 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 afectaciones que puede sufrir la vía debido a las deformaciones del terreno 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 la evaluación realizada de los sitios visitados en este informe no es posible emitir recomendaciones y diseños detallados de alguna obra de retención. Así pues, corresponde a la Administración la designación de un profesional en ingeniería geotécnica para la elaboración de un estudio completo y la emisión de las propuestas de las obras de estabilidad o retención de talud, en caso de ser necesarias.

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

Adicionalmente, de la visita de campo realizada, fue posible observar que los taludes inspeccionados carecen de sistemas de drenaje superficial y control de la escorrentía. 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 inventariados, 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, en los sitios que se determine pertinente a raíz de una inspección y evaluación más a detalle. Estos métodos deben contar con un diseño específico para el sitio evaluado y su selección 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 inspección y evaluación apropiada del sitio concreto, así como para conocer su topografía específica, se recomienda efectuar 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, especialmente en el tramo que concentra la mayor cantidad de puntos entre los estacionamientos 52+000 al 56+000 (20 puntos), tramo localizado entre Pato de Agua y Desmonte.



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.