

# Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1467-2024

## INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL 5



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 5. 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 7 sitios de interés geotécnico con alguna evidencia de inestabilidad. No obstante, debido a la limitación encontrada en esta carretera 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, fue posible aplicar en tres 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 3+465, 3+470 y 3+957 de la Ruta Nacional 5. 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 3+400 al 3+500 (4 puntos), tramo localizado entre San Jerónimo de Tibás y el puente sobre el río Virilla. 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 ..... 15
- VII. RECOMENDACIONES DERIVADAS DE LA INSPECCIÓN ..... 18
- VIII. REFERENCIAS ..... 19

## 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 5 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 3+465, 3+470 y 3+957. En el caso del talud del estacionamiento 3+470 el material encontrado es un suelo residual cohesivo. En este talud se observó la presencia de un muro de retención de gaviones en mal estado, con deformaciones importantes y deterioros en la malla. Por su parte en el estacionamiento 3+465 también se tiene que el material encontrado corresponde a un suelo residual cohesivo. El talud presenta algunos sectores intervenidos con la colocación de concreto lanzado. Finalmente, el talud del estacionamiento 3+957 corresponde a un suelo residual cohesivo el cual, actualmente, no presenta ningún tipo de evidencias de falla. Sin embargo, no se puede descartar que el proceso de meteorización conlleve a la evolución de las fallas y eventuales deslizamientos en cualquiera de estos taludes. En general para estos tres taludes, la ausencia de cunetas, contracunetas y otras medidas de protección de la cara del talud muestran afectaciones por erosión superficial. Al momento de la inspección los 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 los 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 considerando 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 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 5 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 de la Ruta Nacional 5, 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 7 sitios de interés geotécnico con alguna evidencia de inestabilidad, de los cuales tres 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 la 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 3+470 (Latitud 9,96464524, Longitud -84,08624782), 3+465 (Latitud 9,96464674, Longitud -84,08623577) y 3+957 (Latitud 9,97084287, Longitud -84,08861103) 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

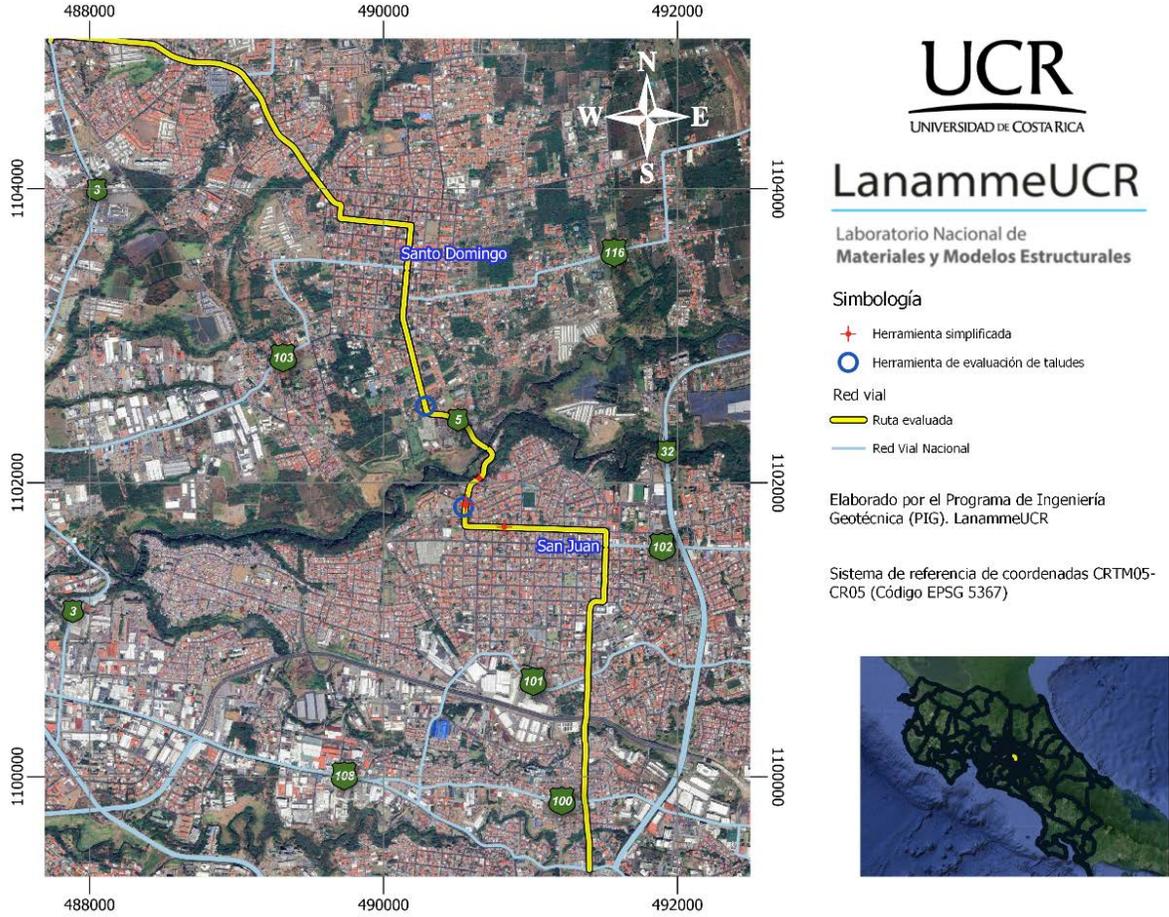
#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est.
		Este	Norte	
1	19/04/2024	490821,37	1101698,47	3+070
2	19/04/2024	490557,31	1101845,75	3+477
3	19/04/2024	490563,11	1101865,93	3+497
4	19/04/2024	490652,44	1102029,57	3+695

La herramienta simplificada surge a raíz de la limitación encontrada en esta carretera 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 3+400 al 3+500 (4 puntos), tramo localizado entre San Jerónimo de Tibás y el puente sobre el río Virilla.

Figura 1. Ubicación gráfica del inventario de taludes con evidencias de inestabilidad a lo largo del tramo de carretera de montaña de la RN5



## V. RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN

En términos generales los taludes inspeccionados corresponden a taludes de corte con alturas menores a 15 metros, en su mayoría con alturas entre los 5 m a 10 m. Se observaron evidencias de erosión en la superficie de la cara de los taludes que pueden ser asociadas con la falta de estructuras para el control y manejo de la escorrentía superficial. En algunos de los taludes no se observó la presencia de cunetas en la base de los taludes (ver Figura 2)

Figura 2. Condición de la cara del talud del estacionamiento 3+597 en la Ruta Nacional 5 con evidencias de erosión y falta de medidas para protección contra la escorrentía superficial



En general, no se observó la presencia de cunetas o contracunetas las cuales se consideran esenciales para asegurar la estabilidad de los taludes.

Para el tramo que concentra la mayor cantidad de puntos con evidencias de inestabilidad ubicado entre los estacionamientos 3+400 al 3+500 (4 puntos), tramo localizado entre San Jerónimo de Tibás y el puente sobre el río Virilla 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 los estacionamientos 3+470 (Latitud 9,96464524, Longitud -84,08624782), 3+465 (Latitud 9,96464674, Longitud -84,08623577) y 3+957 (Latitud 9,97084287, Longitud -84,08861103) 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 3+470. Esta se puede resumir como sigue: el material presente es un suelo residual cohesivo medianamente agrietado. Su pendiente es de aproximadamente 70°, por lo cual se puede clasificar como escarpada. Se trata de un talud de corte de una altura aproximada de 9 m. Por lo observado en campo, el talud tiene una forma compuesta, 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 y la presencia de obras de retención (muros de gaviones) en mal estado, con deformaciones importantes asociados al empuje del terreno trasdós del muro y al deterioro de la malla del muro. Asimismo, no se puede descartar que el proceso de meteorización conlleve a una evolución de fallas y eventuales deslizamientos.

Adicionalmente, no fueron observadas obras para el control de la escorrentía, como lo son contracunetas o cunetas, lo cual ha permitido algunas 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 5), se observó la presencia de viviendas, redes eléctricas, redes de agua potable y pasos peatonales (aceras), por su parte no fueron observadas otras estructuras cercanas como puentes. Así pues, con base en esta caracterización, la condición del talud puede clasificarse como “media” y se sugiere realizar una evaluación específica del sitio, con análisis utilizando softwares especializados en geotecnia, considerando la topografía actual y considerando escenarios con saturación del terreno y sismo.

Tabla 3. Talud en el estacionamiento 3+470

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Gustavo Badilla	<p>Condición actual del talud evaluado, la cual consiste en un talud de suelo residual cohesivo medianamente agrietado de aproximadamente 9 m de altura</p> 
	Fecha	19/4/2024	
	Ruta	5	
	Latitud	-84,08624782	
	Longitud	9,96464524	
	Precipitación	Menos de 2000 mm	
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	70°	
	Altura del talud	9 m	
	Material predominante	Suelo	
	Estado del suelo	Suelo residual	
	Naturaleza del suelo	Cohesivo	
	Agrietamiento cara del talud	Medianamente agrietado	
	Vegetación	Arbustos	
	Uso de suelo	Camino/carretera	
<b>Condición del talud</b>	Falla en el talud	No	<p>No se observó la presencia de cunetas, contracunetas u otra medida de control de escorrentía superficial presencia. Se observó la presencia de obras de retención (muros de gaviones) en mal estado, con deformaciones importantes y deterioros en la malla</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	
<b>Evidencia de movimiento</b>	Evidencia de movimiento	Si	
	Árboles inclinados	Si	
	Formación de Coronas	No	
	Levantamiento al Pie del Talud	No	
	Grietas en terreno	No	
	Material caído	No	
<b>Estructuras cercanas</b>	Presencia de obras de retención	En mal estado	
	Presencia de viviendas y comercios	0 m - 3 m	
	Presencia de vías	0 m - 3 m	
	Tipo de vía	Arterial	
	Presencia de redes eléctricas	3 m - 8 m	
	Presencia de red de agua potable	0 m - 3 m	
	Presencia de puentes vehiculares	No hay	
	Presencia de pasos peatonales	No hay	
	Presencia de cultivos	No hay	
<b>Recomendación final</b>		<b>Media - Evaluación específica del sitio</b>	

Por otro lado, en la Tabla 4 se pueden ver los resultados de la caracterización de la evaluación realizada para el talud del estacionamiento 3+465. Esta se puede resumir como sigue: el material presente es un suelo residual cohesivo medianamente agrietado. Su pendiente es de aproximadamente  $70^{\circ}$ , por lo cual se puede clasificar como escarpada. Se trata de un talud de corte de una altura aproximada de 11 m. Por lo observado en campo, el talud tiene una forma compuesta. Se puede inferir que, debido a problemas de estabilidad en el terreno, este talud fue intervenido en algunos sectores con una obra de retención con la colocación de concreto lanzado y subdrenajes. Sin embargo, por falta de mantenimiento, se observa el crecimiento de vegetación en la cara del talud y algunos agrietamientos en la superficie del concreto lanzado. Asimismo, no se puede descartar que el proceso de meteorización conlleve a una evolución de fallas y eventuales deslizamientos.

Adicionalmente, la impermeabilización de la cara del talud por la colocación del concreto lanzado ha permitido proteger la cara del talud y evitar afectaciones por escorrentía en las zonas donde se encuentra el concreto lanzado. No obstante, los sectores que no fueron intervenidos con concreto lanzado, sumado a 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 5), se observó la presencia de viviendas, redes eléctricas, redes de agua potable y pasos peatonales (aceras), por su parte no fueron observadas otras estructuras cercanas como puentes. Así pues, con base en esta caracterización, la condición del talud puede clasificarse como "media" y se sugiere realizar una evaluación específica del sitio, con análisis utilizando softwares especializados en geotecnia, considerando la topografía actual y considerando escenarios con saturación del terreno y sismo.

Tabla 4. Talud en el estacionamiento 3+465

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Gustavo Badilla	Condición actual del talud evaluado, la cual consiste en un talud de suelo residual cohesivo intervenido en algunos sectores con concreto lanzado de aproximadamente 11 m de altura
	Fecha	19/4/2024	
	Ruta	5	
	Latitud	-84,08623577	
	Longitud	9,96464674	
	Precipitación	Menos de 2000 mm	
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	70°	
	Altura del talud	11 m	
	Material predominante	Suelo	
	Estado del suelo	Suelo residual	
	Naturaleza del suelo	Cohesivo	
	Agrietamiento cara del talud	Medianamente agrietado	
	Vegetación	Arbustos	
	Uso de suelo	Camino/carretera	
<b>Condición del talud</b>	Falla en el talud	No	Se observó que la falta de mantenimiento ha permitido el crecimiento de vegetación en la cara del talud y algunos agrietamientos en la superficie del concreto. No se observó la presencia de cunetas en la base del talud, ni la presencia de contracunetas
	Forma del Talud	Compuesta	
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía	
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial	
	Agua en el talud	Seco	
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo	
<b>Evidencia de movimiento</b>	Evidencia de movimiento	No	
	Árboles inclinados	No	
	Formación de Coronas	No	
	Levantamiento al Pie del Talud	No	
	Grietas en terreno	No	
	Material caído	No	
<b>Estructuras cercanas</b>	Presencia de obras de retención	En mal estado	La impermeabilización de la cara del talud por la colocación del concreto lanzado ha permitido proteger la cara del talud y evitar afectaciones por escorrentía en las zonas donde se encuentra el concreto lanzado. No obstante, los sectores que no fueron intervenidos presentan afectaciones por erosión superficial
	Presencia de viviendas y comercios	0 m - 3 m	
	Presencia de vías	0 m - 3 m	
	Tipo de vía	Arterial	
	Presencia de redes eléctricas	8 m - 15 m	
	Presencia de red de agua potable	3 m - 8 m	
	Presencia de puentes vehiculares	No hay	
	Presencia de pasos peatonales	0 m - 3 m	
	Presencia de cultivos	No hay	
<b>Recomendación final</b>		<b>Media - Evaluación específica del sitio</b>	

Por otro lado, en la Tabla 5 se pueden ver los resultados de la caracterización de la evaluación realizada para el talud del estacionamiento 3+957. Esta se puede resumir como sigue: el material presente es un suelo residual cohesivo medianamente fracturado. 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 6 m. Por lo observado en campo, el talud tiene una forma compuesta el cual no muestra evidencias de falla, ni evidencias de movimiento del terreno. Sin embargo, no se puede descartar que el proceso de meteorización conlleve a la evolución de las fallas y eventuales deslizamientos.

Adicionalmente, debido a la ausencia de cunetas, contracunetas y otras medidas de protección en la cara del talud, se observaron 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 5), se observó la presencia de viviendas, redes eléctricas, redes de agua potable y pasos peatonales (aceras), por su parte no fueron observadas otras estructuras cercanas como puentes. Así pues, con base en esta caracterización, la condición del talud puede clasificarse como “media” y se sugiere realizar una evaluación específica del sitio, con análisis utilizando softwares especializados en geotecnia, considerando la topografía actual y considerando escenarios con saturación del terreno y sismo.

En general, por la condición observada para los taludes 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.

Tabla 5. Talud en el estacionamiento 3+957

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Gustavo Badilla	<p>Condición actual del talud evaluado, la cual consiste en un talud de suelo cohesivo medianamente agrietado de aproximadamente 6 m de altura</p> 
	Fecha	19/4/2024	
	Ruta	5	
	Latitud	-84,08861103	
	Longitud	9,97084287	
	Precipitación	Menos de 2000 mm	
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	60°	
	Altura del talud	6 m	
	Material predominante	Suelo	
	Estado del suelo	Suelo residual	
	Naturaleza del suelo	Cohesivo	
	Agrietamiento cara del talud	Medianamente agrietado	
	Vegetación	Arbustos	
	Uso de suelo	Camino/carretera	
<b>Condición del talud</b>	Falla en el talud	No	<p>No se observa la presencia de cunetas, contracunetas u otra medida de control de escorrentía superficial, por lo cual es posible observar e observaron evidencias de erosión en la cara del talud</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	
<b>Evidencia de movimiento</b>	Evidencia de movimiento	No	
	Árboles inclinados	No	
	Formación de Coronas	No	
	Levantamiento al Pie del Talud	No	
	Grietas en terreno	No	
	Material caído	No	
<b>Estructuras cercanas</b>	Presencia de obras de retención	No hay	
	Presencia de viviendas y comercios	3 m - 8 m	
	Presencia de vías	0 m - 3 m	
	Tipo de vía	Arterial	
	Presencia de redes eléctricas	0 m - 3 m	
	Presencia de red de agua potable	3 m - 8 m	
	Presencia de puentes vehiculares	No hay	
	Presencia de pasos peatonales	0 m - 3 m	
	Presencia de cultivos	No hay	
<b>Recomendación final</b>		<b>Media - Evaluación específica del sitio</b>	



## VI. COMENTARIOS FINALES

Después de realizar la visita de campo a la Ruta Nacional 5, 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, así como, 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 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 3+400 al 3+500 (4 puntos), tramo localizado entre San Jerónimo de Tibás y el puente sobre el río Virilla.



## 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.