



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1398-2024

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 141



Preparado por:

Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Agosto, 2024



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-1398-2024	2. Versión No. 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 141	4. Fecha del Informe 30/08/2024
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 Ninguna	
7. Resumen <i>El presente informe de inspección de los taludes de la ruta nacional N°141, 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 N°141, 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. En total fueron identificados 82 sitios de interés geotécnico con alguna evidencia de inestabilidad, fue posible notar que estos se encuentran distribuidos a lo largo de toda la ruta, uno de ellos de manera específica por medio del uso de la herramienta para inspección y evaluación de taludes.</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 designado por la Administración para 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 N°141. 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.

El trabajo llevado a cabo se centró en la inspección exhaustiva de los taludes a lo largo de ruta nacional N°141, 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. Debido al alto flujo vehicular se registró para la mayoría de los sitios 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.

Por su ubicación, el talud ubicado en el estacionamiento 12+506 fue el único sitio evaluado con la herramienta RC-545. Este talud evidencia una falla traslacional y deficiencias en el drenaje. Dada su ubicación ante una posible inestabilidad, la afectación a la vía o estructuras cercanas, la clasificación que despliega como resultado de la evaluación es “media”.

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.

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. Así como también se recomienda colocar 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 respaldo técnico adecuado y corresponde a los resultados de una evaluación visual realizada en un momento específico. Por lo tanto, constituye un insumo inicial para los análisis definitivos y para la toma de decisiones finales o recomendaciones de diseños de obras de ser necesarias. Para ello, se requiere un estudio completo que debe ser realizado por un profesional en geotecnia designado por la Administración para emitir propuestas e implementar obras de estabilidad de taludes, en caso de ser necesarias.

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



Contenido

I.	INTRODUCCIÓN	5
II.	OBJETIVOS	6
II.1	Objetivo general	6
II.2	Objetivos específicos	6
III.	ALCANCE DEL INFORME	7
IV.	DESCRIPCIÓN DE LOS TALUDES INSPECCIONADOS.....	8
V.	RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN	11
VI.	COMENTARIOS FINALES.....	17
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 N°141 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, 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 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 taludes y laderas a lo largo de toda la ruta nacional N°141 y su entorno, para determinar si en su estado actual amerita realizar estudios y análisis adicionales para establecer su estado 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 define según la aplicación de la herramienta 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 que se presentan a continuación:

Tabla 1

Clasificación de la condición de los taludes con base a criterio experto del PIG LanammeUCR

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



IV. DESCRIPCIÓN DE LOS TALUDES INSPECCIONADOS

Con la finalidad de evaluar la condición desde el punto de vista geotécnico de los taludes y laderas de la ruta nacional N°141y 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 esta.

En total fueron identificados 82 sitios con alguna evidencia de inestabilidad, de los cuales solo uno fue evaluado 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. 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 N°141

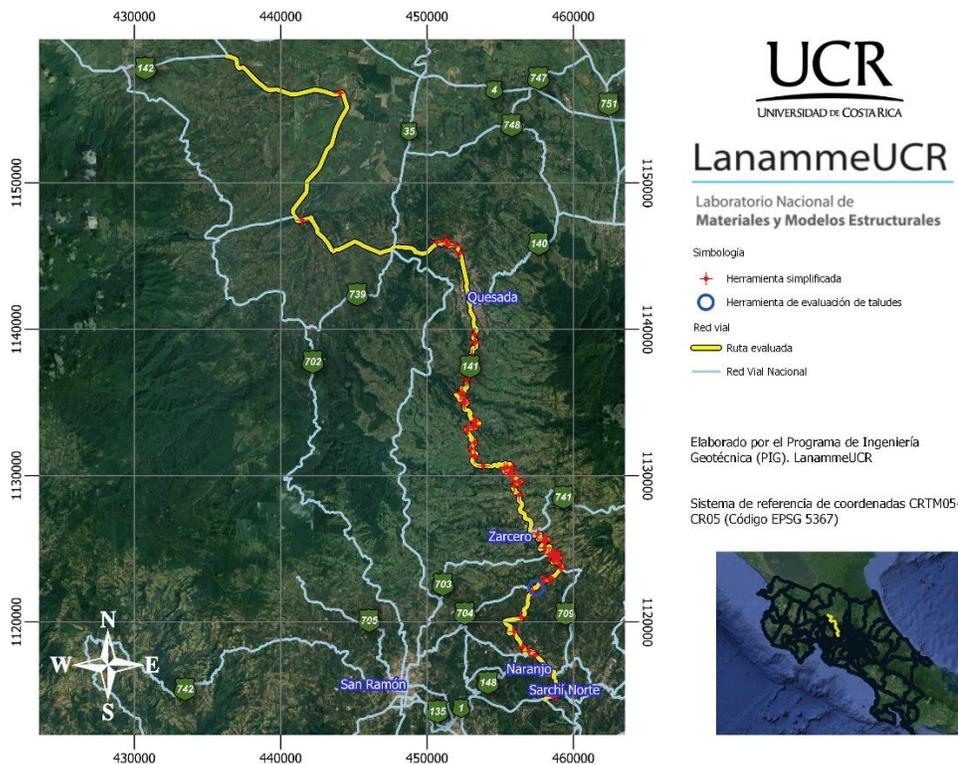




Tabla 2
Ubicación de los sitios identificados con la herramienta simplificada

#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,
		Este	Norte				Este	Norte	
1	2/5/2024	458605,64	1114928,04	0+646	42	2/5/2024	18/8/3147	2/7/4994	27+644
2	2/5/2024	458813,38	1115103,52	0+945	43	2/5/2024	29/6/3146	23/2/4995	28+414
3	2/5/2024	458797,94	1115256,85	1+100	44	2/5/2024	10/1/3147	30/5/4995	28+638
4	2/5/2024	457379,36	1117741,86	4+474	45	2/5/2024	8/1/3148	18/4/4995	29+152
5	2/5/2024	456970,15	1118001,91	5+021	46	2/5/2024	5/8/3142	14/8/4995	31+508
6	2/5/2024	456518,55	1118270,82	5+884	47	2/5/2024	30/12/3140	20/4/4997	32+759
7	2/5/2024	455965,92	1119347,24	7+172	48	2/5/2024	18/12/3140	27/7/4997	32+861
8	2/5/2024	456431,32	1120343,98	9+916	49	2/5/2024	14/4/3140	4/11/4998	33+614
9	2/5/2024	457204,58	1122074,03	12+041	50	2/5/2024	17/12/3140	3/1/5000	34+176
10	2/5/2024	457788,56	1122738,20	13+052	51	2/5/2024	21/12/3140	31/12/4999	34+171
11	2/5/2024	457832,10	1122720,53	13+098	52	2/5/2024	5/8/3139	12/3/5002	35+296
12	2/5/2024	457952,29	1122742,94	13+231	53	2/5/2024	9/9/3139	14/9/5002	35+587
13	2/5/2024	458354,39	1122933,24	13+677	54	2/5/2024	1/9/3140	26/2/5003	36+059
14	2/5/2024	458473,90	1123006,41	13+817	55	2/5/2024	16/10/3140	3/4/5003	36+127
15	2/5/2024	459164,92	1123658,98	14+790	56	2/5/2024	8/4/3141	17/1/5003	36+451
16	2/5/2024	459086,23	1123944,39	15+129	57	2/5/2024	26/2/3141	11/1/5004	37+114
17	2/5/2024	458633,48	1124182,19	15+839	58	2/5/2024	2/12/3140	3/2/5004	37+227
18	2/5/2024	458977,97	1124299,24	16+210	59	2/5/2024	3/1/3139	21/4/5007	38+869
19	2/5/2024	459001,91	1124481,03	16+463	60	2/5/2024	16/11/3138	6/8/5007	38+986
20	2/5/2024	458905,89	1124474,61	16+589	61	2/5/2024	25/2/3139	12/2/5008	39+762
21	2/5/2024	458795,97	1124466,95	16+709	62	2/5/2024	28/8/3138	13/5/5009	41+148
22	2/5/2024	458758,12	1124672,22	16+942	63	2/5/2024	1/4/3138	11/4/5009	40+990
23	2/5/2024	458656,59	1124670,44	17+074	64	2/5/2024	18/6/3139	5/10/5011	42+670
24	2/5/2024	458636,27	1124656,43	17+099	65	2/5/2024	24/8/3139	2/2/5012	42+825
25	2/5/2024	458619,10	1124651,90	17+117	66	2/5/2024	9/1/3140	18/4/5015	44+755
26	2/5/2024	458532,51	1124645,51	17+209	67	2/5/2024	19/3/3140	11/6/5014	44+411
27	2/5/2024	458337,03	1124619,52	17+407	68	2/5/2024	14/3/3140	16/6/5014	44+419
28	2/5/2024	458034,21	1125064,44	18+624	69	2/5/2024	4/2/3140	20/7/5014	44+470
29	2/5/2024	457993,44	1125501,26	19+595	70	2/5/2024	13/6/3140	15/4/5016	45+247
30	2/5/2024	458120,50	1125549,37	19+724	71	2/5/2024	17/1/3141	3/10/5018	46+392
31	2/5/2024	458041,05	1125693,20	20+188	72	2/5/2024	19/1/3141	14/11/5018	46+436
32	2/5/2024	458073,44	1125680,19	20+152	73	2/5/2024	9/12/3140	3/4/5020	47+007
33	2/5/2024	457554,49	1125995,67	21+268	74	2/5/2024	1/4/3138	2/7/5035	52+928
34	2/5/2024	456300,48	1128689,09	25+113	75	2/5/2024	22/5/3137	26/10/5036	53+515
35	2/5/2024	455966,53	1129294,63	26+018	76	2/5/2024	9/1/3136	9/1/5037	54+076
36	2/5/2024	456304,66	1129513,41	26+427	77	2/5/2024	13/7/3135	5/11/5037	54+464
37	2/5/2024	456267,76	1129642,59	26+720	78	2/5/2024	27/7/3135	17/9/5037	54+516
38	2/5/2024	455870,24	1129974,91	27+305	79	2/5/2024	17/11/3133	26/6/5037	55+313
39	2/5/2024	455791,83	1130032,33	27+398	80	3/5/2024	5/9/3108	17/8/5041	66+921
40	2/5/2024	455755,73	1130075,61	27+462	81	3/5/2024	5/8/2975	13/7/5088	33+119
41	2/5/2024	455713,02	1130177,82	27+575					



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,
		Este	Norte	
1	2/5/2024	457459,40	1122342,53	12+506



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 N°141, 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 N°141, 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, además de presentar algunos ejemplos de sitios de interés que fueron evaluados con la herramienta simplificada.

De manera general los sitios identificados con alguna evidencia de inestabilidad son taludes que en la mayoría de los casos presentan indicios que responden a un patrón de afectación por escorrentía superficial. Cabe resaltar que a lo largo de la ruta y de manera recurrente se observa la deficiencia en los sistemas para el control y manejo de agua.

En la Figura 2, se presentan a manera de ejemplo algunos estacionamientos con evidencias de inestabilidad observadas de manera recurrente durante la evaluación de la ruta nacional. Entre las observaciones se destaca la presencia de estructuras que, por su ubicación respecto al talud con evidencia de inestabilidad, pueden verse directamente afectadas ante una posible desmejora en la condición del talud respectivo. En la Figura 2 (a), se señala la presencia de la estructura de tendido eléctrico con cierto grado de inclinación, afectación por erosión en la zona inferior del talud, e incluso lo que aparenta ser un camino de agua. En la Figura 2(b) se ubica en la corona del talud la estructura de una malla perimetral y éste presenta un alto grado de erosión. Por su parte en la Figura 2 (c) y (f), se señala la presencia de una estructura en la corona de los taludes que también presentan un alto grado de afectación por erosión. Por último, en la Figura 2 (d), se señala la presencia de una estructura de contención, específicamente un muro de gaviones que al momento de la evaluación presentaba pérdida de material en el trasdós, que puede permitir que el muro presente deformaciones e incluso eventualmente puede colapsar.

De manera general se recomienda mantener monitoreo de los sitios para verificar que las condiciones observadas no se magnifiquen y reestablecer el nivel de la cuneta para garantizar su funcionamiento.

Adicionalmente, en el caso de encontrarse viviendas u obras de infraestructuras cercanas a los taludes, 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.

Figura 2

Evidencias de inestabilidad en taludes con estructuras cercanas



(a) Est. 0+950

(b) Est. 5+880



(c) Est. 9+915

(d) Est. 13+090



(e) Est. 16+210

(f) Est. 31+511

En el estacionamiento 27+645 se encuentra una zona con un alto grado de afectación por erosión que se extiende aproximadamente 50 m y que además se ubica al margen de la carretera que no cuenta con espaldón. Entre las observaciones se resalta la ausencia de estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial, sistemas de drenaje o mecanismos para el control de la erosión. Además, se señala la presencia de árboles con raíces en voladizo producto de la pérdida de material del talud por erosión.

Figura 3

Afectación por erosión del talud ubicado en el estacionamiento 27+645



Aunado a las observaciones mencionadas anteriormente, cabe resaltar que no hay sistemas de drenaje ni para el control de erosión en el talud, así como tampoco contracunetas, además, la pendiente del talud es escarpada. Dadas las condiciones observadas se considera recomendable realizar una limpieza de la vegetación con poco confinamiento, implementar sistemas para el control de erosión y manejo de agua de escorrentía superficial, así como realizar estudios adicionales contando con la adecuada exploración geotécnica para determinar si es suficiente con la reconformación del talud o amerita obras de estabilización para mejorar la condición de estabilidad del sitio.

Durante la inspección se identificó el estacionamiento 41+148, (ver Figura 4), que corresponde a un talud ubicado en la margen inferior de la carretera que muestra evidencias claras de inestabilidad, como el agrietamiento del pavimento y colocación de capas superficiales de pavimento.

Figura 4

Agrietamiento en el pavimento en el estacionamiento 41+148



Dada la ubicación del talud de este estacionamiento, no fue posible acceder a él 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.

En la Tabla 4 se muestra el resultado del talud ubicado en el estacionamiento 12+506. Dicho talud está conformado por un material limoso con un grado medio de agrietamiento en la cara del talud que alcanza aproximadamente 7 m de altura y una pendiente cercana a 61° . El talud presenta una superficie de falla característica de un deslizamiento traslacional. Al momento de la evaluación el talud se encontraba seco y sin flujo. Entre las estructuras cercanas fue posible identificar redes eléctricas y viviendas o comercios.

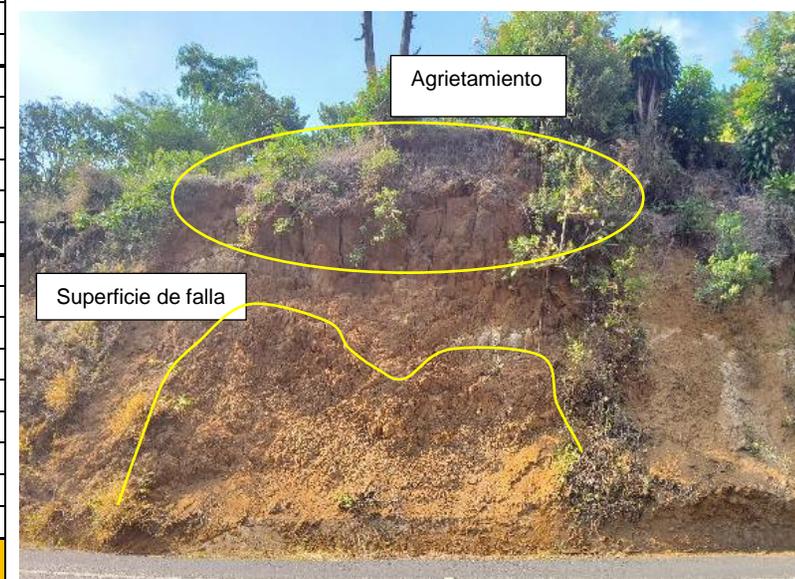
Tabla 4

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 12+506

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	2/5/2024
	Ruta	141
	Latitud	10,14984953
	Longitud	-84,38822098
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	61°
	Altura del talud	7 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo residual
	Naturaleza del suelo	Ambos
	Agrietamiento en la cara del talud	Altamente agrietado
	Vegetación	Ninguna
Condición del talud	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	Deslizamiento traslacional
	Forma del Talud	Compuesta
	Manejo de escorrentía	Drenaje obstruido
	Afectación por escorrentía	Ninguna
	Agua en el talud	Seco
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	Más de 15 m
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Autopista
	Presencia de redes eléctricas	3 m - 8 m
	Presencia de red de agua potable	No hay
	Presencia de puentes vehiculares	No hay
	Presencia de pasos peatonales	No hay
Presencia de cultivos	No hay	

Recomendación final

Media - Evaluación específica del sitio





Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 12+506 una clasificación "media" para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dada las dimensiones y extensión del talud, así como la erosión superficial, se recomienda realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica básica y el uso de algún software especializado. Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico del talud para efectuar el análisis en softwares especializados aplicando la geometría representativa del sitio. Una posibilidad para contar con la topografía del sitio es realizar el levantamiento con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) para la generación de Modelos de Elevación Digital (MED), y posteriormente analizarlos con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.

Además, se 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 N°141, de manera general se resalta que la mayoría de los taludes existentes carecen de sistemas adecuados para el control de la escorrentía superficial, por lo que se recomienda implementar medidas integrales de mitigación para detener y evitar la erosión de la cara de los taludes, así como, colocar sistemas para el control de la escorrentía superficial y evitar que se magnifiquen los problemas de estabilidad que fueron observados.

Se sugiere llevar a cabo estudios adicionales incluyendo ensayos in situ y de laboratorio, 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, 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 los casos mencionados en apartados anteriores, en los que se requiere un análisis más específico, por ejemplo, sitios en los que el talud presenta una superficie de falla claramente definida, y en especial aquellos estacionamientos en los que se identifican estructuras en la corona del talud que presenta evidencias de inestabilidad, resulta apropiado identificar la superficie de falla crítica tras modelar en tres dimensiones la geometría actual del sitio, y analizar esta superficie en dos dimensiones, modificando las condiciones de análisis, es decir, estática, pseudoestática, seca y saturada. Este enfoque permite simular el comportamiento de la misma superficie de falla bajo diferentes condiciones y, de esta manera, obtener resultados más representativos. Estos resultados proporcionarán la base para ofrecer recomendaciones específicas por parte de un ingeniero especializado en geotecnia que esté a cargo del proyecto designado por la Administración.

Finalmente se considera valioso complementar los análisis de estabilidad con análisis de esfuerzo-deformación contemplando las cargas impuestas por una estructura ubicada en la corona del talud. Estos análisis se realizan usando el Método de Elementos Finitos (MEF), con la finalidad de incluir un análisis de deformaciones en los taludes y sectores próximos a éstos, y establecer posibles afectaciones que puede sufrir la vía debido a las deformaciones por la redistribución de los esfuerzos in situ y verificar el estado límite de servicio de los taludes, pavimento y cualquier otra obra de infraestructura cercana.



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 representativos de cada uno de los taludes analizados y, posterior a esto, realizar los respectivos análisis de estabilidad.

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.