



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1542-2024

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 313



Preparado por:

Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Setiembre, 2024



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-1542-2024	2. Versión No. 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 313	4. Fecha del Informe 25/09/2024
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 313, 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 313, este informe proporciona un inventario actualizado de los sitios que muestran evidencia de inestabilidad y los factores que pueden incidir negativamente en el equilibrio del terreno, lo cual puede ser utilizado como insumo para análisis detallados por parte de la Administración. Se encontraron 220 sitios de interés geotécnico con alguna evidencia de inestabilidad, que entre otros rasgos presentan afectación por mal manejo de escorrentía superficial y erosión. Adicionalmente, se lograron inspeccionar y evaluar un total de 8 puntos con mayor especificidad.</i> <i>Es importante destacar que este informe constituye un insumo y una guía que puede ser tomada en consideración para llevar a cabo análisis adicionales con un mayor grado de detalle, que deben ser realizados por el profesional en geotecnia responsable de emitir las propuestas e implementar las obras requeridas, si fuese necesario.</i> <i>Este informe de inspección de taludes tiene validez únicamente en su forma íntegra y original. No se permite la reproducción total ni parcial de este documento sin la autorización del director del LanammeUCR</i>	
8. Inspección e informe por: Ing. Laura Solano Matamoros Inspectora nivel 2 Programa de Ingeniería Geotécnica	9. Revisado por: Lic. Giovanni Sancho Sanz Asesoría Legal LanammeUCR
10. Revisado y aprobado por: Ana Lorena Monge Sandí, MSc. Coordinadora Programa Ingeniería Geotécnica	



RESUMEN EJECUTIVO

Este informe tiene como propósito realizar una evaluación preliminar de los taludes a lo largo de la Ruta Nacional 313. Este informe presenta los resultados de la aplicación de la herramienta RC-545 "Herramienta del Lanamme para la inspección de taludes" V02 y el instructivo IT-IN-05 "Procedimiento para inspección de taludes" V02, elaborado por el Programa de Ingeniería Geotécnica (PIG) del LanammeUCR y cuya validación se realiza en campo con criterio profesional experto.

El trabajo llevado a cabo se centró en la inspección exhaustiva de los taludes a lo largo de la Ruta Nacional 313, identificando cualquier indicio de inestabilidad. La inspección estuvo a cargo de un profesional experto de PIG. Dependiendo de la posible incidencia de la evidencia de inestabilidad identificada, se realizó la evaluación del talud considerando su condición de estabilidad actual, caracterización y las condiciones del entorno. En algunos casos, se registró únicamente la ubicación y una fotografía de la condición del sitio, con el propósito de mantener un registro detallado y monitorear los sitios inestables desde una perspectiva geotécnica.

Entre los aspectos generales de los sitios evaluados con la herramienta RC-545 se resalta para el talud que se encuentra en el estacionamiento 6+340, se observó un talud de roca altamente fracturada, con una falla por cuña, forma rectilínea, drenajes obstruidos y material caído entre 0 m³ y 50 m³. En el caso del talud ubicado en la estación 6+379, se trata de un talud de roca medianamente fracturada, con una falla por cuña y forma compuesta, drenajes obstruidos y material caído entre 0 m³ y 50 m³. En el estacionamiento 6+391, existe un talud de roca medianamente fracturada, con forma cóncava, drenajes obstruidos y material caído entre 0 m³ y 50 m³. El talud de la estación 6+438, se compone principalmente de roca medianamente fracturada, con una falla compuesta, forma rectilínea, drenajes obstruidos y material caído entre 0 m³ y 50 m³ como evidencia de movimiento. Para el talud que se encuentra en el estacionamiento 8+724, se observó que se trataba de un talud primordialmente de roca medianamente fracturada, con una falla y forma compuesta, forma rectilínea, drenajes obstruidos y formación de coronas, grietas alrededor del talud y material caído entre 50 m³ y 200 m³. En el caso del talud ubicado en la estación 9+760, se trata de un talud de roca altamente fracturada, con una falla planar y forma convexa, drenajes obstruidos y grietas alrededor del talud y material caído entre 50 m³ y 200 m³. En el estacionamiento 18+012, existe un talud de suelo residual medianamente agrietado, con forma cóncava, drenajes obstruidos y formación de coronas y material caído entre 0 m³ y 50 m³. El talud de la estación 36+385, se compone principalmente de suelo residual cohesivo, con una falla por deslizamiento rotacional, forma cóncava, drenajes en buen estado y formación de coronas y material caído entre 0 m³ y 50 m³.

Es importante enfatizar que, aunque este informe cuenta con un respaldo técnico adecuado, corresponde a los resultados de una evaluación visual realizada en un momento específico. Por lo tanto, constituye un insumo inicial para los análisis definitivos y para la toma de decisiones finales o recomendaciones de diseños de obras de ser necesarias. Para ello, se requiere un estudio completo que debe ser realizado por un profesional en geotecnia designado 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	12
VI.	COMENTARIOS FINALES.....	32
VII.	RECOMENDACIONES DERIVADAS DE LA INSPECCIÓN	33
VIII.	REFERENCIAS	34



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 313 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.

Los taludes evaluados con la herramienta RC-545 "Herramienta del Lanamme para la inspección de taludes" V02 obtuvieron todos una clasificación "media" para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas, con las recomendaciones generales los taludes ubicados en los estacionamientos 6+340, 6+379, 6+391, 6+438, 8+724, 9+760 y 18+012, por lo observado no requieren de una evaluación específica del sitio, y las recomendaciones generales como manejo de escorrentía superficial e implementación de técnicas para el control de la erosión son suficientes para mejorar la condición del talud.

Para los taludes de los estacionamientos 6+340, 6+438 y 36+385 también se obtiene una clasificación "media" para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Sin embargo, en estos casos, dadas las condiciones específicas de los sitios como dimensiones, condición de la roca y la presencia de una estructura en la corona del talud, respectivamente, se recomienda realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica y el uso de algún software especializado.

Adicionalmente, 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.



EIC-Lanamme-INF-1542-2024	Código: RC-546-v01. Vigente desde: 30/11/2023	Página 6 de 34
---------------------------	---	----------------

II. OBJETIVOS

II.1 *Objetivo general*

Inspeccionar y evaluar la condición de taludes y laderas a lo largo de toda la Ruta Nacional 313 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 313, 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 228 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 Figura 1 se muestran los sitios identificados con algún indicio de inestabilidad. Las cruces rojas muestran los sitios de interés geotécnicos levantados con la herramienta simplificada y los círculos azules con el RC-545. En la Tabla 2 y Tabla 3 se enlistan las ubicaciones de los registros de sitios identificados con condiciones que son consideradas evidencias de inestabilidad registrados con la herramienta simplificada y con la herramienta RC-545 "Herramienta del Lanamme para la inspección de taludes" V02 del PIG respectivamente.

Figura 1

Ubicación de los sitios con evidencia de inestabilidad en la ruta nacional 313

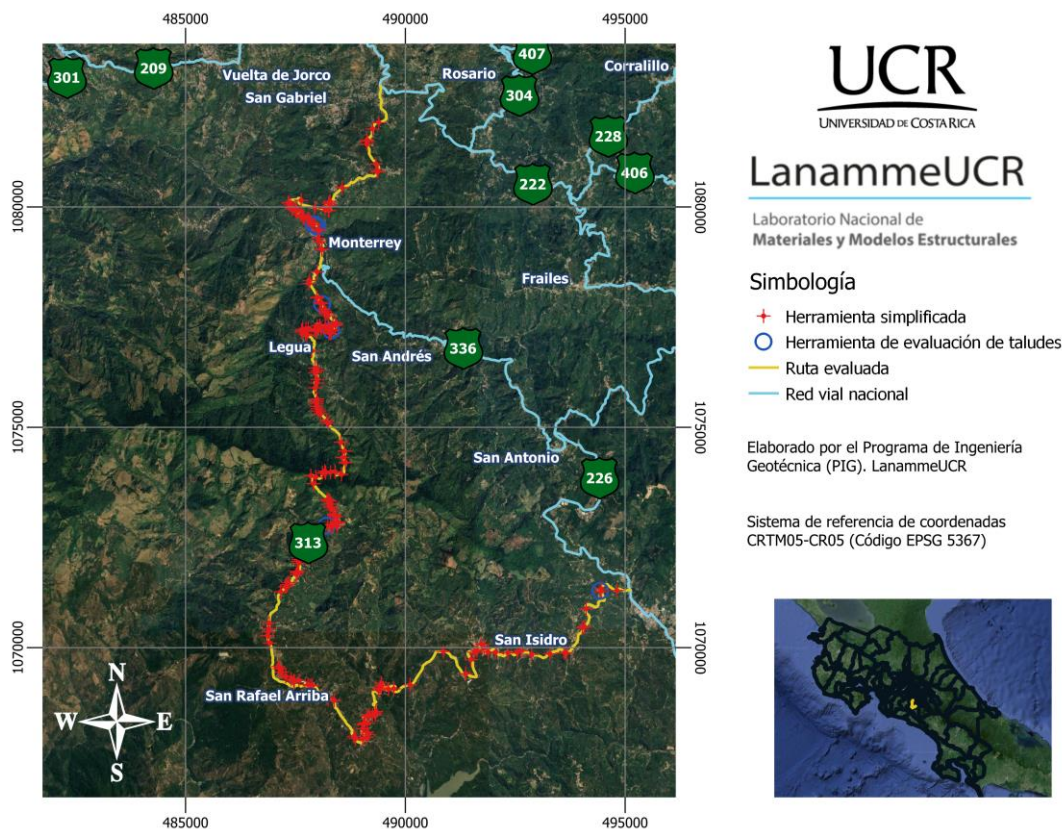




Tabla 2

Ubicación de los sitios identificados con la herramienta simplificada

#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,
		Este	Norte				Este	Norte	
1	22/2/2024	489394,78	1081912,94	1+002	43	22/2/2024	487990,72	1078529,48	7+678
2	22/2/2024	489255,81	1081773,28	1+216	44	22/2/2024	487823,05	1078328,78	8+011
3	22/2/2024	489129,92	1081520,97	1+512	45	22/2/2024	487809,67	1078262,04	8+139
4	22/2/2024	489134,42	1081490,97	1+543	46	22/2/2024	487985,71	1077936,22	8+530
5	22/2/2024	489125,28	1081427,53	1+607	47	22/2/2024	487991,96	1077949,89	8+515
6	22/2/2024	489126,60	1081424,90	1+610	48	22/2/2024	488058,38	1077830,43	8+660
7	22/2/2024	489328,95	1080977,35	2+123	49	22/2/2024	488090,16	1077814,94	8+700
8	22/2/2024	489378,68	1080818,13	2+316	50	22/2/2024	488100,10	1077813,18	8+707
9	22/2/2024	489362,41	1080793,33	2+346	51	22/2/2024	488148,32	1077669,00	8+866
10	22/2/2024	488559,09	1080441,79	3+313	52	22/2/2024	488168,70	1077626,96	8+914
11	22/2/2024	488287,29	1080126,74	3+770	53	22/2/2024	488196,51	1077592,45	9+025
12	22/2/2024	488256,42	1080088,81	3+826	54	22/2/2024	488198,03	1077582,31	9+035
13	22/2/2024	488291,14	1080033,59	3+891	55	22/2/2024	488242,36	1077534,08	9+096
14	22/2/2024	488175,34	1079966,53	4+094	56	22/2/2024	488419,49	1077367,95	9+392
15	22/2/2024	488261,28	1079922,36	4+289	57	22/2/2024	488417,50	1077335,02	9+428
16	22/2/2024	488253,38	1079917,79	4+298	58	22/2/2024	488407,69	1077310,85	9+454
17	22/2/2024	488250,55	1079916,78	4+301	59	22/2/2024	488352,71	1077310,43	9+639
18	22/2/2024	487944,49	1079988,45	4+628	60	22/2/2024	488317,97	1077213,76	9+743
19	22/2/2024	487630,75	1080152,64	5+157	61	22/2/2024	488307,59	1077192,50	9+767
20	22/2/2024	487337,19	1080096,93	5+508	62	22/2/2024	488314,93	1077203,38	9+754
21	22/2/2024	487345,87	1080090,44	5+514	63	22/2/2024	488298,09	1077125,77	9+853
22	22/2/2024	487384,02	1080046,68	5+571	64	22/2/2024	488289,61	1077130,90	9+863
23	22/2/2024	487416,09	1079986,69	5+642	65	22/2/2024	488263,94	1077147,61	9+894
24	22/2/2024	487431,23	1079955,80	5+676	66	22/2/2024	488250,72	1077282,69	10+059
25	22/2/2024	487500,07	1079928,33	5+753	67	22/2/2024	488178,12	1077306,82	10+135
26	22/2/2024	487519,84	1079915,67	5+778	68	22/2/2024	488053,31	1077310,50	10+258
27	22/2/2024	487531,42	1079907,98	5+792	69	22/2/2024	487995,13	1077296,75	10+364
28	22/2/2024	487621,03	1079824,83	5+921	70	22/2/2024	488080,02	1077251,04	10+460
29	22/2/2024	487665,20	1079795,69	5+984	71	22/2/2024	488079,66	1077237,78	10+496
30	22/2/2024	487675,16	1079779,01	6+004	72	22/2/2024	487982,62	1077171,85	10+637
31	22/2/2024	487690,51	1079755,88	6+029	73	22/2/2024	487964,87	1077184,64	10+661
32	22/2/2024	487781,62	1079724,46	6+125	74	22/2/2024	487934,11	1077207,47	10+699
33	22/2/2024	487816,34	1079715,95	6+170	75	22/2/2024	487791,98	1077246,66	10+846
34	22/2/2024	487852,78	1079654,02	6+251	76	22/2/2024	487736,22	1077235,36	10+903
35	22/2/2024	487915,37	1079596,07	6+335	77	22/2/2024	487667,56	1077221,18	10+988
36	22/2/2024	488014,11	1079499,27	6+501	78	22/2/2024	487639,71	1077207,14	11+016
37	22/2/2024	488035,36	1079457,75	6+546	79	22/2/2024	487649,18	1077168,24	11+053
38	22/2/2024	488012,98	1079288,94	6+812	80	22/2/2024	487727,85	1077119,26	11+146
39	22/2/2024	488048,96	1079211,91	6+924	81	22/2/2024	487761,40	1077089,98	11+192
40	22/2/2024	488100,32	1079038,63	7+140	82	22/2/2024	487869,74	1076736,50	11+659
41	22/2/2024	488101,53	1079043,00	7+135	83	22/2/2024	487945,77	1076343,54	12+095
42	22/2/2024	488102,21	1079030,00	7+149	84	22/2/2024	487999,26	1076283,99	12+200



Tabla 2. cont

Ubicación de los sitios identificados con la herramienta simplificada

#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,
		Este	Norte				Este	Norte	
85	22/2/2024	487947,66	1076237,02	12+271	127	22/2/2024	488458,14	1072825,62	17+691
86	22/2/2024	487997,22	1076087,36	12+471	128	22/2/2024	488446,34	1072768,10	17+760
87	22/2/2024	487987,11	1076006,47	12+566	129	22/2/2024	488355,86	1072756,24	17+865
88	22/2/2024	487945,51	1075895,20	12+780	130	22/2/2024	488298,82	1072765,62	17+916
89	22/2/2024	487991,13	1075641,53	13+072	131	22/2/2024	488236,50	1072764,75	17+981
90	22/2/2024	487987,91	1075593,00	13+124	132	22/2/2024	488004,06	1072598,22	18+294
91	22/2/2024	487979,66	1075546,17	13+171	133	22/2/2024	487994,46	1072570,43	18+323
92	22/2/2024	487974,69	1075480,83	13+237	134	22/2/2024	487990,76	1072542,81	18+351
93	22/2/2024	487974,57	1075473,16	13+245	135	22/2/2024	487832,46	1072420,56	18+564
94	22/2/2024	487998,40	1075419,04	13+320	136	22/2/2024	487779,80	1072339,16	18+668
95	22/2/2024	488029,83	1075370,06	13+377	137	22/2/2024	487788,83	1072314,23	18+696
96	22/2/2024	488073,40	1075308,31	13+459	138	22/2/2024	487812,06	1072265,16	18+750
97	22/2/2024	488206,40	1075140,89	13+684	139	22/2/2024	487817,69	1072246,24	18+769
98	22/2/2024	488251,02	1075086,39	13+755	140	22/2/2024	487811,64	1072199,66	18+817
99	22/2/2024	488530,97	1074660,35	14+292	141	22/2/2024	487741,16	1072145,55	18+916
100	22/2/2024	488621,58	1074462,66	14+513	142	22/2/2024	487627,69	1072057,53	19+062
101	22/2/2024	488570,48	1074312,50	14+699	143	22/2/2024	487576,16	1072002,38	19+135
102	22/2/2024	488636,85	1074202,92	14+838	144	22/2/2024	487564,18	1071960,56	19+179
103	22/2/2024	488635,95	1074195,54	14+846	145	22/2/2024	487575,18	1071916,34	19+225
104	22/2/2024	488547,55	1073932,94	15+141	146	22/2/2024	487544,39	1071735,84	19+434
105	22/2/2024	488401,15	1073991,80	15+355	147	22/2/2024	487536,90	1071706,47	19+465
106	22/2/2024	488297,18	1073979,47	15+468	148	22/2/2024	487537,89	1071696,85	19+474
107	22/2/2024	488188,84	1073970,26	15+577	149	22/2/2024	487519,95	1071657,69	19+520
108	22/2/2024	488167,18	1074005,02	15+618	150	22/2/2024	487345,38	1071473,78	19+797
109	22/2/2024	488115,52	1073962,64	15+716	151	22/2/2024	487310,04	1071428,53	19+852
110	22/2/2024	487962,40	1073872,67	15+966	152	22/2/2024	487281,07	1071385,41	19+904
111	22/2/2024	487850,22	1073901,04	16+116	153	22/2/2024	487273,01	1071380,09	19+914
112	22/2/2024	487910,86	1073722,05	16+314	154	22/2/2024	487164,58	1071267,23	20+074
113	22/2/2024	488223,99	1073361,36	16+807	155	22/2/2024	486905,43	1070556,27	20+898
114	22/2/2024	488233,37	1073346,93	16+823	156	22/2/2024	486899,52	1070425,04	21+032
115	22/2/2024	488249,99	1073322,52	16+869	157	22/2/2024	486883,34	1070362,40	21+098
116	22/2/2024	488257,24	1073323,37	16+876	158	22/2/2024	486868,34	1070270,22	21+194
117	22/2/2024	488283,80	1073328,48	16+901	159	22/2/2024	486916,30	1070104,76	21+373
118	22/2/2024	488310,97	1073260,02	16+983	160	22/2/2024	487108,31	1069570,07	21+994
119	22/2/2024	488288,45	1073191,08	17+063	161	22/2/2024	487139,52	1069519,68	22+243
120	22/2/2024	488344,25	1073126,17	17+153	162	22/2/2024	487190,81	1069444,45	22+330
121	22/2/2024	488375,66	1073025,50	17+270	163	22/2/2024	487280,36	1069347,26	22+572
122	22/2/2024	488378,35	1073004,79	17+293	164	22/2/2024	487400,34	1069285,23	22+648
123	22/2/2024	488413,38	1072970,53	17+344	165	22/2/2024	487459,47	1069246,44	22+677
124	22/2/2024	488427,29	1072844,72	17+542	166	22/2/2024	487474,71	1069237,81	22+803
125	22/2/2024	488432,22	1072842,99	17+548	167	22/2/2024	487580,59	1069254,12	23+078
126	22/2/2024	488468,24	1072850,06	17+665	168	22/2/2024	487787,63	1069163,99	23+086



Tabla 2. cont

Ubicación de los sitios identificados con la herramienta simplificada

#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,
		Este	Norte				Este	Norte	
169	22/2/2024	487826,46	1069138,94	23+135	195	22/2/2024	489456,61	1069197,06	27+360
170	22/2/2024	487867,88	1069142,55	23+175	196	22/2/2024	489616,56	1069058,30	27+817
171	22/2/2024	487882,50	1069136,05	23+187	197	22/2/2024	489737,45	1069065,94	28+076
172	22/2/2024	488225,22	1068865,31	23+648	198	22/2/2024	490108,30	1069156,96	28+576
173	22/2/2024	488243,98	1068838,54	23+689	199	22/2/2024	490865,54	1069913,55	29+728
174	22/2/2024	488379,73	1068803,37	23+832	200	22/2/2024	491375,47	1069409,39	30+510
175	22/2/2024	488831,99	1067983,84	24+840	201	22/2/2024	491492,10	1069726,11	31+187
176	22/2/2024	488866,53	1067934,37	24+900	202	22/2/2024	491570,05	1069893,18	31+529
177	22/2/2024	489029,10	1067924,43	25+186	203	22/2/2024	491635,13	1069937,43	31+610
178	22/2/2024	489115,63	1067965,58	25+288	204	22/2/2024	491730,66	1070077,37	31+781
179	22/2/2024	489154,69	1068028,70	25+374	205	22/2/2024	491795,54	1069994,91	31+893
180	22/2/2024	489127,05	1068078,57	25+432	206	22/2/2024	491881,69	1069899,03	32+096
181	22/2/2024	489034,17	1068158,86	25+684	207	22/2/2024	492052,02	1069894,46	32+338
182	22/2/2024	489043,15	1068252,76	25+780	208	22/2/2024	492334,08	1069879,99	32+682
183	22/2/2024	489065,89	1068272,81	25+811	209	22/2/2024	492541,54	1069896,04	32+946
184	22/2/2024	489084,97	1068296,33	25+841	210	22/2/2024	492629,52	1069930,28	33+041
185	22/2/2024	489124,56	1068443,88	26+073	211	22/2/2024	492873,76	1069846,23	33+331
186	22/2/2024	489173,22	1068468,97	26+126	212	22/2/2024	493288,65	1069859,79	33+801
187	22/2/2024	489254,08	1068460,62	26+205	213	22/2/2024	493619,24	1069885,74	34+215
188	22/2/2024	489311,91	1068469,28	26+279	214	22/2/2024	493661,68	1069874,36	34+261
189	22/2/2024	489315,84	1068513,67	26+324	215	22/2/2024	494025,51	1070453,62	34+997
190	22/2/2024	489331,25	1068550,54	26+365	216	22/2/2024	494073,07	1070475,84	35+050
191	22/2/2024	489390,41	1069029,84	27+175	217	22/2/2024	494112,88	1070881,66	35+523
192	22/2/2024	489424,46	1069087,77	27+243	218	22/2/2024	494446,53	1071270,96	36+356
193	22/2/2024	489452,55	1069133,36	27+296	219	22/2/2024	494454,22	1071335,28	36+443
194	22/2/2024	489450,18	1069132,86	27+295	220	22/2/2024	494813,69	1071297,78	36+916

Tabla 3

Ubicación de los sitios evaluados con la herramienta de evaluación de taludes en carretera del PIG del LanammeUCR

#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,
		Este	Norte				Este	Norte	
1	22/2/2024	487992,69	1079555,42	6+438	5	22/2/2024	488103,92	1077796,59	8+724
2	22/2/2024	487920,19	1079601,01	6+340	6	22/2/2024	488313,06	1077195,66	9+760
3	22/2/2024	16/12/3235	1079596,13	6+379	7	22/2/2024	488212,69	1072769,78	18+012
4	22/2/2024	487957,81	1079589,05	6+391	8	22/2/2024	494430,70	1071288,47	36+385

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 313, 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 313, en los que las condiciones de la carretera permitieran un acercamiento al sitio, suficiente para realizar la inspección visual y mediciones necesarias para la evaluación sin poner en riesgo la integridad de los evaluadores y el equipo de trabajo.

De manera general los sitios identificados con alguna evidencia de inestabilidad son taludes que en la mayoría de los casos responden a un patrón de afectación por escorrentía superficial y pendientes escarpadas. Cabe resaltar la deficiencia en el sistema de manejo de agua, principalmente en la corona del talud, y ausencia de elementos de drenaje de agua de infiltración. Esta condición se muestra a manera de ejemplo en la Figura 2. Entre las principales observaciones del sitio se resalta la afectación por erosión en la cara del talud y la acumulación de material caído, aunado a esto no existen estructuras para el manejo de agua en la corona del talud, ni medidas para controlar la erosión de la cara del talud.

Figura 2

Condición generalizada de afectación por erosión en taludes a lo largo de la Ruta Nacional 313, ausencia de estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial



(a) Est. 23+324



(b) Est. 29+727

Cabe resaltar el caso específico del talud ubicado en el estacionamiento 3+890 (ver Figura 3), el cual presenta un alto grado de afectación por erosión y, además, existe una estructura en la corona del talud. Aunado a esto, al momento de la inspección se identificó lo que aparenta ser un sistema de drenaje. Se considera oportuno realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica básica y el uso de algún software especializado.

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 la implementación, el diseño y construcción del sistema de drenajes específicos para el talud.

Figura 3

Estructura en la corona del talud con afectación por erosión ubicado en el estacionamiento 3+890



En la Figura 4 se señala un muro de gaviones en el talud inferior a la carretera, el muro presenta señales de deterioro tales como pérdida de material de relleno de las celdas, cortes en la malla y deformaciones. Además, el pavimento en la corona del muro presenta agrietamiento longitudinal. La presencia de una estructura de retención es un indicio de inestabilidad en el sitio, por la presencia de las grietas es posible que la inestabilidad en el sitio esté asociada a un movimiento de la masa de suelo que conforma el talud inferior a la vía.

Figura 4

Estructura de contención en mal estado en el estacionamiento 8+711



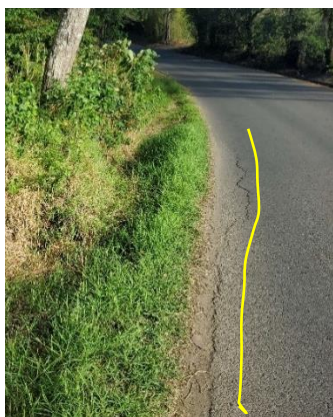
Se considera recomendable realizar un análisis con mayor detalle del sitio que abarque un radio considerable alrededor de la estructura, incluyendo exploración geotécnica básica y el uso de algún software especializado. Además, mantener un monitoreo constante del sitio y brindar mantenimiento de la estructura de contención para evitar que las condiciones observadas se magnifiquen.

En la Figura 5, se señala la presencia de agrietamientos longitudinales en varios estacionamientos, ubicados en la corona de los respectivos taludes, todos en la margen inferior de la vía. La recurrencia de esta evidencia de inestabilidad identificada a lo largo de la Ruta Nacional 313, resulta ser un indicador de un posible movimiento generalizado de masas en el sitio.



Figura 5

Agrietamiento longitudinal en el pavimento a lo largo de la Ruta Nacional 313



(a) Est. 2+122



(b) Est. 3+826



(c) Est. 5+676



(d) Est. 6+925



(e) Est. 8+138



(f) Est. 9+767



(g) Est. 10+633



(h) Est. 26+205



(i) Est. 27+295



EIC-Lanamme-INF-1542-2024	Código: RC-546-v01. Vigente desde: 30/11/2023	Página 15 de 34
---------------------------	---	-----------------

Dada la recurrencia de los agrietamientos en el pavimento a lo largo de la Ruta Nacional 313 y la topografía montañosa de esta, 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 la implementación, el diseño y construcción del sistema de drenajes específicos para el talud.

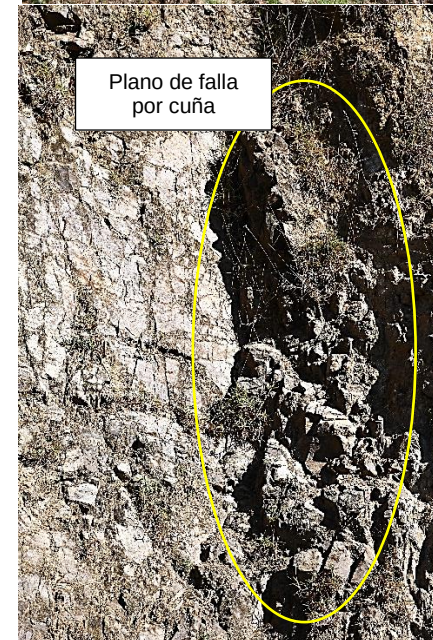
A continuación, se mencionan y se muestran los cuadros resumen de los taludes estudiados donde se presenta la caracterización, condición y la evidencia de movimiento presente en el talud y su calificación.

El primer talud valorado con la herramienta de inspección detallada se encuentra en el estacionamiento 6+340 (ver Tabla 4), tiene una pendiente aproximada de 67° , y es cercano a los 28 m de altura y el material predominante es roca altamente fracturada (sin relleno entre las discontinuidades). La forma del talud es rectilínea, posee una falla por cuña, presenta drenajes obstruidos y, al momento de la inspección, el talud se encontraba seco y sin flujo de agua. Por último, está a una distancia entre 3 m y 8 m de redes eléctricas y se apreció material caído entre 0 m³ y 50 m³ como evidencia de movimiento.

Tabla 4

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 6+340

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	22/02/2024
	Ruta	313
	Latitud	9,76359733
	Longitud	-84,11011005
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	67°
	Altura del talud	28 m
	Material predominante	Roca
	Estado de la roca	Roca fracturada
	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	Autóctona
Condición del talud	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	Cuña
	Forma del Talud	Rectilínea
	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	Si
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
Estructuras cercanas	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño
	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora mayor
	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
Recomendación final	Presencia de cultivos	No hay
	Media - Evaluación específica del sitio	





Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 6+340 una clasificación “media” para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dada las dimensiones del talud y la condición de fracturamiento de la roca, 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.

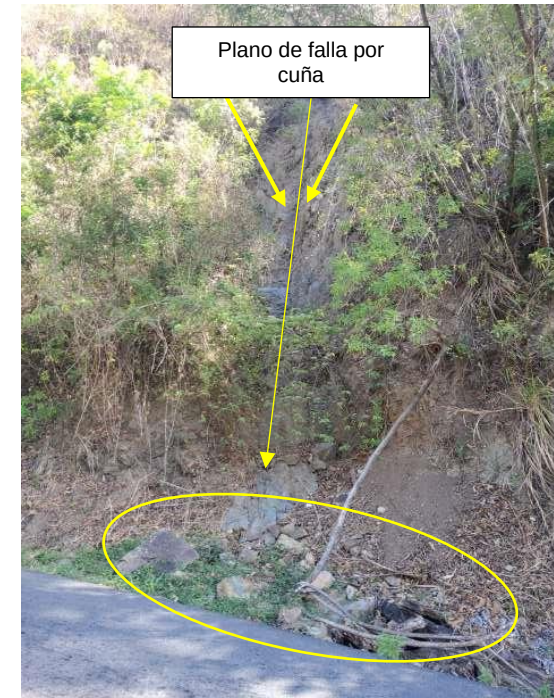
Además, se recomienda implementar un adecuado sistema de manejo de agua de escorrentía superficial que incluya contracunetas y estructuras de canalización de agua de escorrentía superficial, y considerar una mejora en el sistema de drenajes existente, el diseño y construcción del sistema de drenajes específico adecuado para el talud.

El segundo talud se encuentra en el estacionamiento 6+379 (ver Tabla 5), alcanza una altura cercana a 36 m y una pendiente aproximada de 87. El material predominante es roca medianamente fracturada (sin relleno entre las discontinuidades). La forma del talud es compuesta, posee una falla por cuña. Al momento de la evaluación la estructura de la cuneta se encontró obstruida por material caído, el talud se encontró seco y sin flujo de agua. Por último, está a una distancia entre 3 m y 8 m de redes eléctricas y se apreció material caído entre 0 m³ y 50 m³ como evidencia de movimiento.

Tabla 5

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 6+379

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	22/02/2024
	Ruta	313
	Latitud	9,76355335
	Longitud	-84,10983836
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	87°
	Altura del talud	36 m
	Material predominante	Roca
	Estado de la roca	Roca fracturada
	Fracturación de la roca en la cara del talud	Medianamente fracturado
	Condición de las discontinuidades en roca	Sin relleno
	Espesor del relleno de discontinuidades	-
	Vegetación	Autóctona
Condición del talud	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	Cuña
	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	Si
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
Estructuras cercanas	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño
	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora mayor
	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





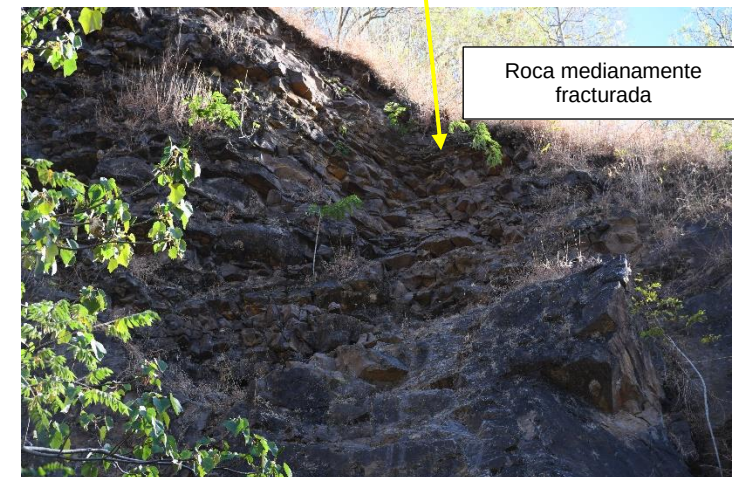
Al aplicar la evaluación con la herramienta RC-545 al talud en el estacionamiento 6+379, se obtiene para el nivel de afectación o la incidencia sobre estructuras cercanas la clasificación “media”, de acuerdo con el criterio experto del PIG, dada la forma y pendiente del talud, no requiere de una evaluación específica del sitio, y las recomendaciones generales como manejo de escorrentía superficial e implementación de técnicas para el control de la erosión son suficientes para mejorar la condición del talud.

El tercer talud se encuentra en el estacionamiento 6+391 (ver Tabla 6), alcanza una altura y una pendiente aproximada de 46 m y 65° respectivamente. El material predominante es roca medianamente fracturada (sin relleno entre las discontinuidades). La forma del talud es cóncava, no posee falla, tiene drenajes obstruidos y, al momento de la inspección, el talud se encontraba seco y sin flujo de agua. Por último, está a una distancia entre 3 m y 8 m de redes eléctricas, y se apreció material caído entre 0 m³ y 50 m³ como evidencia de movimiento.

Tabla 6

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 6+391

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	22/02/2024
	Ruta	313
	Latitud	9,76348941
	Longitud	-84,10976669
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	65°
	Altura del talud	46 m
	Material predominante	Roca
	Estado de la roca	Roca fracturada
	Fracturación de la roca en la cara del talud	Medianamente fracturado
	Condición de las discontinuidades en roca	Sin relleno
	Espesor del relleno de discontinuidades	-
	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
Condición del talud	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Cóncava
	Manejo de escorrentía	Drenaje obstruido
	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	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño
Estructuras cercanas	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora mayor
	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





Al aplicar la evaluación con la herramienta RC-545 al talud en el estacionamiento 6+391, se obtiene para el nivel de afectación o la incidencia sobre estructuras cercanas la clasificación “media”, de acuerdo con el criterio experto del PIG, dada la forma y pendiente del talud, no requiere de una evaluación específica del sitio, y las recomendaciones generales como manejo de escorrentía superficial e implementación de técnicas para el control de la erosión son suficientes para mejorar la condición del talud.

El cuarto talud valorado con la herramienta de inspección detallada se encuentra en el estacionamiento 6+438 (ver Tabla 7), se caracteriza por una pendiente aproximada de 70° y alcanza una altura cercana a los 34 m. El material predominante es roca altamente fracturada (sin relleno entre las discontinuidades). La forma del talud es rectilínea, posee una falla compuesta, drenajes obstruidos y, al momento de la inspección, el talud se encontraba seco y sin flujo de agua. Por último, está a una distancia entre 3 m y 8 m de redes eléctricas y se apreció material caído entre 0 m³ y 50 m³ como evidencia de movimiento.

Tabla 7

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 6+438

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	22/02/2024
	Ruta	313
	Latitud	9,76318471
	Longitud	-84,1094487
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	70°
	Altura del talud	34 m
	Material predominante	Roca
	Estado de la roca	Roca fracturada
	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	Autóctona
Condición del talud	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	Compuesto
	Forma del Talud	Rectilínea
	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	Si
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
Estructuras cercanas	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño
	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora mayor
	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 6+438 una clasificación “media” para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dada las dimensiones del talud, la condición de fracturamiento de la roca y la presencia de bloques caídos acumulados al pie del talud, 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.

El quinto talud valorado con la herramienta de inspección detallada se encuentra en el estacionamiento 8+724 (ver Tabla 8), alcanza una pendiente y altura aproximadas de 55° y 26 m respectivamente. El material predominante es roca medianamente fracturada (sin relleno entre las discontinuidades). La forma y falla del talud es compuesta, presenta drenajes obstruidos y, al momento de la inspección, el talud se encontraba seco y sin flujo de agua. Por último, está a una distancia entre 3 m y 8 m de redes eléctricas y se apreció grietas alrededor del talud y material caído entre 50 m³ y 200 m³ como evidencias de movimiento.

Tabla 8

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 8+724

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	22/02/2024
	Ruta	313
	Latitud	9,74728222
	Longitud	-84,10843033
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	55°
	Altura del talud	26 m
	Material predominante	Roca
	Estado de la roca	Compuesto (primordialmente roca)
	Fracturación de la roca en la cara del talud	Medianamente fracturado
	Condición de las discontinuidades en roca	Sin relleno
	Espesor del relleno de discontinuidades	-
	Vegetación	Autóctona
Condición del talud	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	Compuesto
	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	Si
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	Si
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	Grietas alrededor del talud
Estructuras cercanas	Material caído	50 a 200 - Muy pequeño
	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora mayor
	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





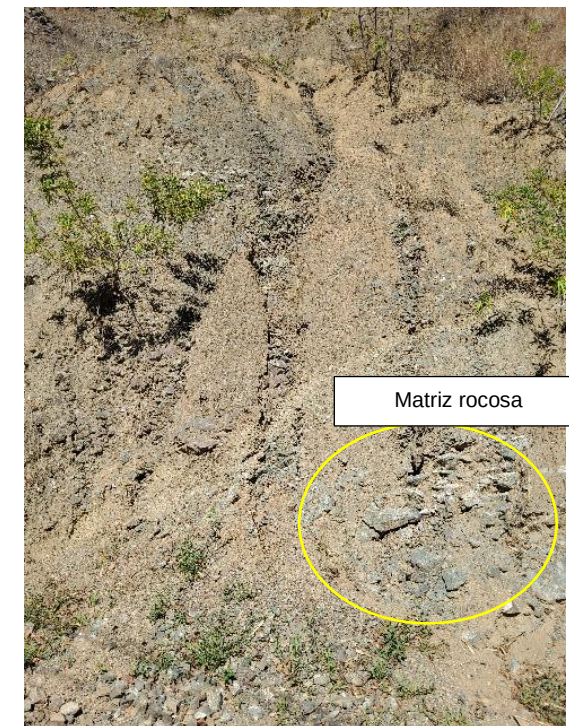
Al aplicar la evaluación con la herramienta RC-545 al talud en el estacionamiento 8+724, se obtiene para el nivel de afectación o la incidencia sobre estructuras cercanas la clasificación media, de acuerdo con el criterio experto del PIG, dada la forma y pendiente del talud, no requiere de una evaluación específica del sitio, y las recomendaciones generales como manejo de escorrentía superficial e implementación de técnicas para el control de la erosión son suficientes para mejorar la condición del talud.

El sexto talud se encuentra en el estacionamiento 9+760 (ver Tabla 9), alcanza una altura a los 22 m y una pendiente aproximada de 50° , el material predominante es roca altamente fracturada (sin relleno entre las discontinuidades). La forma del talud es convexa, posee una falla planar, tiene drenajes obstruidos y, al momento de la inspección, el talud se encontraba seco y sin flujo de agua. Por último, está a una distancia entre 3 m y 8 m de redes de agua potable, ente 8 m y 15 m de cultivos y se apreciaron grietas alrededor del talud y material caído entre 50 m³ y 200 m³ como evidencias de movimiento.

Tabla 9

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 9+760

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	22/02/2024
	Ruta	313
	Latitud	9,74184938
	Longitud	-84,10652231
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	50°
	Altura del talud	22 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	Autóctona
Condición del talud	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	Planar
	Forma del Talud	Convexa
	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	Si
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	Grietas alrededor del talud
Estructuras cercanas	Material caído	50 a 200 - Muy pequeño
	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora mayor
	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	8 m - 15 m
Recomendación final		Media - Evaluación específica del sitio





Al aplicar la evaluación con la herramienta RC-545 al talud en el estacionamiento 9+760, se obtiene para el nivel de afectación o la incidencia sobre estructuras cercanas la clasificación “media”, de acuerdo con el criterio experto del PIG, dada la forma y pendiente del talud, no requiere de una evaluación específica del sitio, y las recomendaciones generales como manejo de escorrentía superficial e implementación de técnicas para el control de la erosión son suficientes para mejorar la condición del talud.

El séptimo talud se encuentra en el estacionamiento 18+012 (ver Tabla 10), posee una altura aproximada de 12 m y aproximadamente 54° de pendiente. El material predominante es suelo residual medianamente agrietado. La forma del talud es cóncava, no posee falla, pero tiene drenajes obstruidos y, al momento de la inspección, el talud se encontraba seco y sin flujo de agua. Por último, está a una distancia entre 8 m y 15 m de redes eléctricas, entre 0 m y 3 m de redes de agua potable y se apreció formación de coronas y material caído entre 50 m³ y 200 m³ como evidencias de movimiento.

Tabla 10

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 18+012

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	22/02/2024
	Ruta	313
	Latitud	9,70183023
	Longitud	-84,10742369
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	54°
	Altura del talud	12 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo Residual
	Naturaleza del suelo	Ambos
	Agrietamiento en la cara del talud	Medianamente agrietado
	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
Condición del talud	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Cóncava
	Manejo de escorrentía	Drenaje obstruido
	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	No
	Formación de Coronas	Si
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño
Estructuras cercanas	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Rural
	Presencia de redes eléctricas	8 m - 15 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
Recomendación final		Media - Evaluación específica del sitio





Al aplicar la evaluación con la herramienta RC-545 al talud en el estacionamiento 18+012, se obtiene para el nivel de afectación o la incidencia sobre estructuras cercanas la clasificación “media”, de acuerdo con el criterio experto del PIG, dada la forma y pendiente del talud, no requiere de una evaluación específica del sitio, y las recomendaciones generales como manejo de escorrentía superficial e implementación de técnicas para el control de la erosión son suficientes para mejorar la condición del talud.

El octavo talud valorado con la herramienta de inspección detallada se encuentra en el estacionamiento 36+385 (ver Tabla 11), alcanza una altura cercana a los 7 m y una pendiente aproximada de 50°. El material predominante es suelo residual cohesivo sin grietas. La forma del talud es cóncava, posee una falla por deslizamiento traslacional, presenta drenajes en buen estado y, al momento de la inspección, el talud se encontraba seco y sin flujo de agua. Por último, está a una distancia entre 0 m y 3 m de redes eléctricas, redes de agua potable, además se identifica una estructura de vivienda o comercio en la corona del talud. Finalmente se identifica la formación de coronas y material caído entre 0 m³ y 50 m³ como evidencias de movimiento.

Tabla 11

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 36+385

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	22/02/2024
	Ruta	313
	Latitud	9,68844929
	Longitud	-84,05075443
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	50°
	Altura del talud	7 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo Residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento en la cara del talud	Sin grietas
	Vegetación	Ninguna
	Uso de suelo	Camino/carretera
Condición del talud	Falla en el talud	Deslizamiento traslacional
	Forma del Talud	Cóncava
	Manejo de escorrentía	Drenaje en buen 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	No
	Formación de Coronas	Si
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño
Estructuras cercanas	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	0 m - 3 m
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora mayor
	Presencia de redes eléctricas	0 m - 3 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
Recomendación final		Media - Evaluación específica del sitio





EIC-Lanamme-INF-1542-2024	Código: RC-546-v01. Vigente desde: 30/11/2023	Página 31 de 34
---------------------------	---	-----------------

Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 36+385 una clasificación “media” para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dada las dimensiones del talud, la condición de erosión en la cara del talud y la presencia de una estructura en la cara del talud que genera una sobre carga, 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 313, 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 considerable. 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 presentan 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 constituya 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.



EIC-Lanamme-INF-1542-2024	Código: RC-546-v01. Vigente desde: 30/11/2023	Página 34 de 34
---------------------------	---	-----------------

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.