



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1483-2024

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 32



Preparado por:

Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Setiembre, 2024



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-1483-2024	2. Versión No. 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 32	4. Fecha del Informe 12/09/2024
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 Erosión superficial, manejo de escorrentía superficial, Vehículo aéreo no tripulado (VANT), Modelo de elevación digital (MED)	
7. Resumen <i>El presente informe de inspección de los taludes de la ruta nacional 32, 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 32, 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 132 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 logró inspeccionar y evaluar un punto 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 designado por la Administración 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.</i> <i>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 32. 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 32, identificando cualquier indicio de inestabilidad. La inspección estuvo a cargo de un profesional experto de PIG. Dependiendo de la posible incidencia de la evidencia de inestabilidad identificada, se realizó la evaluación del talud considerando su condición de estabilidad actual, caracterización y las condiciones del entorno. En algunos casos, se registró únicamente la ubicación y una descripción general de la evidencia de inestabilidad observada, con el propósito de mantener un registro detallado y monitorear los sitios inestables desde una perspectiva geotécnica. En este caso, se trata de 101 sitios con estas características.

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

Los resultados de esta evaluación ofrecen información valiosa para identificar las condiciones de sitios específicos durante el período de la evaluación. Además, se proporcionan recomendaciones generales para el mantenimiento de los taludes y la prevención o mitigación de posibles deslizamientos.

Es importante enfatizar que, aunque este informe cuenta con un respaldo técnico adecuado, corresponde a los resultados de una inspección y evaluación visual realizada en un momento específico.

Esto se puede constituir en un insumo inicial para los análisis definitivos y para la toma de decisiones finales o recomendaciones de diseños de obras de ser necesarias. Para ello, se requiere un estudio completo que debe ser realizado por un profesional en geotecnia designado por la Administración para emitir propuestas e implementar obras de estabilidad de taludes, en caso de ser necesarias.

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	7
II.1	Objetivo general	7
II.2	Objetivos específicos	7
III.	ALCANCE DEL INFORME	8
IV.	DESCRIPCIÓN DE LOS TALUDES INSPECCIONADOS.....	9
V.	RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN	12
VI.	COMENTARIOS FINALES.....	30
VII.	RECOMENDACIONES DERIVADAS DE LA INSPECCIÓN	31
VIII.	REFERENCIAS	32



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 32 que se enmarca en las funciones de fiscalizador que la ley citada le confiere al LanammeUCR.

La evaluación de la condición de estabilidad de la ruta nacional 32 inició en agosto de 2022, enfocándose en los taludes que presentan evidencia de inestabilidad a lo largo del tramo de la carretera que abarca del kilómetro 20+000 al 63+185. Se ha realizado un inventario de sitios en los que se han observado indicios de inestabilidad o que por su condición actual se puede suponer que son el resultado de deslizamientos previos. Este inventario proporciona información sobre eventos pasados y su frecuencia, así como lugares con condiciones desfavorables para la estabilidad del talud, lo que permite identificar áreas con mayor densidad de sitios inestables que se pueden categorizar como propensas a deslizamientos.

En octubre de 2023 se emitió el primer informe de evaluación de la condición de estabilidad de los taludes del tramo de carretera de montaña de la ruta nacional 32, el cual se identifica con el consecutivo EIC-Lanamme-INF-1493-2023. En el informe se llevó a cabo un análisis de estabilidad específico para algunos de los taludes que presentaban indicios de inestabilidad o una superficie de falla de un deslizamiento, considerando no solo las características del talud observadas en sitio, si no también condiciones de saturación, tipo de suelo y cargas dinámicas. Para esto se realizaron levantamientos topográficos con ayuda de un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT).

En esta primera evaluación se aplicó la herramienta de evaluación de la condición de taludes en carretera, aplicado a los sitios identificados con evidencia de inestabilidad entre el estacionamiento 20+000 al 63+185. En total se evaluaron 34 sitios con evidencias de inestabilidad en el talud, de los cuales 19 se conforman de material rocoso y 15 de material suelto, es decir matriz de suelo. Se destaca que la condición de saturación en los taludes es el principal percutor de las inestabilidades en el sitio.

En setiembre 2023 se realizó la primera gira de monitoreo a la ruta, en la que se identificaron 11 nuevas evidencias de inestabilidad, 5 sitios desmejoraron su condición y 2 sitios presentan revegetación de la cara del talud.

El trabajo realizado en la gira de monitoreo del pasado 21 de junio de 2024, consiste en la inspección y evaluación de los taludes o laderas a lo largo de toda la ruta, con especial atención a aquellos que muestran signos de inestabilidad. Este análisis se llevó a cabo siguiendo el procedimiento establecido en el instructivo IT-IN-05 "Procedimiento para inspección de taludes" V02, desarrollado por el PIG del LanammeUCR. Además, se destaca que la validación de los resultados se realizó en campo, contando con la experiencia y el criterio profesional de expertos en el área.

Como parte de la evaluación, además de utilizar el RC-545 "Herramienta del Lanamme para inspección de taludes" V02, se implementó la herramienta simplificada que consiste en un levantamiento rápido para el cual se registra la fecha del levantamiento, coordenadas exactas del sitio, la evidencia de inestabilidad y una fotografía de la condición. La herramienta simplificada surge



EIC-Lanamme-INF-1483-2024	Código: RC-546-v01. Vigente desde: 30/11/2023	Página 6 de 32
---------------------------	---	----------------

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

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



EIC-Lanamme-INF-1483-2024	Código: RC-546-v01. Vigente desde: 30/11/2023	Página 7 de 32
---------------------------	---	----------------

II. OBJETIVOS

II.1 *Objetivo general*

Inspeccionar y evaluar la condición de los taludes o laderas a lo largo de toda la ruta nacional 32 y su entorno, para determinar si en su estado actual amerita realizar estudios y análisis adicionales para establecer su condición de estabilidad.

II.2 *Objetivos específicos*

- Determinar las características generales de los materiales que componen los taludes o laderas y el estado que muestran al momento de la inspección
- Establecer si existe evidencia de movimiento o falla en los taludes o laderas bajo las condiciones del entorno en que se encuentran
- Verificar si existen obras de drenaje, manejo de aguas o estabilización
- Revisar si la condición de los taludes o laderas puede impactar directamente emplazamientos, vías o servicios cercanos que generen afectación a los usuarios.

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



III. ALCANCE DEL INFORME

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

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

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

Para efectos de los alcances de este informe se han establecido tres niveles (ver Tabla 1), cuya asignación se establece según la aplicación de la herramienta RC-545 “Herramienta del LanammeUCR para la inspección de taludes” V02 y el instructivo IT-IN-05 “Procedimiento para inspección de taludes” V02, elaborado por el PIG del LanammeUCR y cuya validación se realiza en campo con criterio profesional experto y que se presentan a continuación:

Tabla 1

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

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



IV. DESCRIPCIÓN DE LOS TALUDES INSPECCIONADOS

Con la finalidad de evaluar la condición desde el punto de vista geotécnico de los taludes y laderas de la ruta nacional 32 y contar con un inventario de los taludes o laderas que presentan indicios de inestabilidad a lo largo del sector de carretera de montaña de la ruta, se realizó el recorrido de la capturando las coordenadas, y evidencia fotográfica de los sitios que bajo el criterio del profesional experto en el área fueron considerados de interés para el monitoreo del comportamiento de los taludes y su afectación en la ruta.

En total fueron identificados 132 sitios con alguna evidencia de inestabilidad, de los cuales 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. Las cruces rojas muestran los sitios de interés geotécnicos levantados con la herramienta simplificada y los círculos azules con el RC-545. Las cruces color anaranjado y los círculos color violeta representa respectivamente los sitios registrados con la herramienta simplificada y con el RC-545 durante la gira de monitoreo realizada el 21 de junio de 2024. En la Tabla 2 y Tabla 3 se enlistan para las giras realizadas 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 32

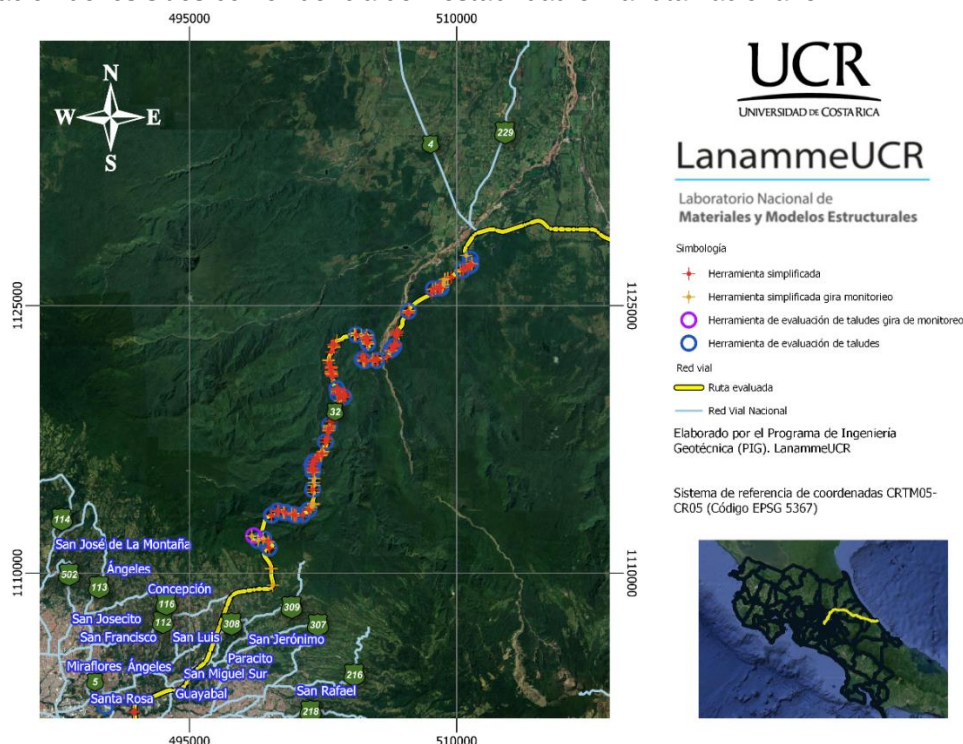




Tabla 2

Ubicación de los sitios identificados con la herramienta simplificada

#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,
		Este	Norte				Este	Norte	
1	29/6/2023	491888,36	1102209,22	3+033	40	21/6/2024	499436,37	1111744,82	17+707
2	12/9/2023	502443,94	1116697,85	26+812	41	21/6/2024	499606,49	1113236,56	20+761
3	12/9/2023	502988,51	1118521,29	28+783	42	21/6/2024	499615,02	1113233,64	20+768
4	12/9/2023	503018,17	1121076,88	32+267	43	21/6/2024	499997,58	1113492,97	21+308
5	12/9/2023	502954,04	1121296,30	32+500	44	21/6/2024	500003,55	1113490,05	21+315
6	12/9/2023	502948,28	1121473,95	32+683	45	21/6/2024	500279,37	1113402,90	21+607
7	12/9/2023	502842,44	1121780,63	33+018	46	21/6/2024	500355,71	1113400,45	21+682
8	12/9/2023	507278,45	1124576,67	42+444	47	21/6/2024	500731,52	1113334,40	22+069
9	12/9/2023	509119,03	1125998,58	44+942	48	21/6/2024	500840,02	1113291,90	22+188
10	12/9/2023	510395,85	1127019,32	46+772	49	21/6/2024	500896,56	1113262,23	22+252
11	12/9/2023	510811,11	1127302,54	47+277	50	21/6/2024	500979,54	1113237,13	22+338
12	12/9/2023	510650,27	1127190,25	47+078	51	21/6/2024	501701,36	1113539,56	23+186
13	12/9/2023	509063,94	1125994,61	44+886	52	21/6/2024	501821,77	1113705,00	23+393
14	12/9/2023	509016,35	1125988,46	44+837	53	21/6/2024	501945,82	1113841,80	23+583
15	12/9/2023	504904,67	1121886,44	38+243	54	21/6/2024	501959,06	1113908,43	23+650
16	12/9/2023	504888,78	1123117,60	36+686	55	21/6/2024	501957,48	1114532,44	24+289
17	12/9/2023	503284,91	1120289,18	31+368	56	21/6/2024	502014,06	1114920,96	24+720
18	12/9/2023	503635,10	1119858,06	30+426	57	21/6/2024	501981,20	1115074,34	24+881
19	12/9/2023	499369,22	1111805,55	17+797	58	21/6/2024	502014,45	1115305,87	25+129
20	12/9/2023	501942,40	1115709,11	25+546	59	21/6/2024	501957,01	1115651,79	25+487
21	12/9/2023	502003,35	1116290,61	26+177	60	21/6/2024	501901,69	1115898,18	25+741
22	12/9/2023	502187,80	1116524,78	26+489	61	21/6/2024	502361,06	1116590,31	26+677
23	12/9/2023	502429,13	1116682,40	26+791	62	21/6/2024	502393,63	1116632,01	26+729
24	12/9/2023	502710,03	1117533,33	27+736	63	21/6/2024	502411,01	1116648,74	26+753
25	12/9/2023	502807,39	1117955,40	28+179	64	21/6/2024	502479,26	1116785,06	26+905
26	12/9/2023	502826,82	1118110,59	28+335	65	21/6/2024	502494,84	1116843,50	26+966
27	12/9/2023	503019,03	1121044,88	32+235	66	21/6/2024	502808,90	1117959,18	28+183
28	12/9/2023	503009,23	1121110,37	32+301	67	21/6/2024	502842,85	1118187,98	28+414
29	17/10/2023	501953,76	1115700,97	25+534	68	21/6/2024	502863,22	1118281,98	28+510
30	17/10/2023	501905,01	1115896,30	25+738	69	21/6/2024	503005,25	1121110,24	32+303
31	17/10/2023	503124,41	1122745,16	34+075	70	21/6/2024	502954,45	1121203,94	32+408
32	17/10/2023	506664,13	1123558,19	41+215	71	21/6/2024	502956,76	1121217,49	32+421
33	17/10/2023	506612,73	1123427,44	41+077	72	21/6/2024	502952,58	1121329,94	32+534
34	17/10/2023	506615,29	1123322,89	40+974	73	21/6/2024	502963,58	1121519,09	32+729
35	17/10/2023	506594,27	1122849,37	40+443	74	21/6/2024	502961,78	1121541,50	32+751
36	17/10/2023	505346,05	1121972,23	38+736	75	21/6/2024	502818,28	1121903,81	33+144
37	17/10/2023	504736,24	1122197,52	37+770	76	21/6/2024	502815,36	1121957,65	33+198
38	17/10/2023	503062,90	1122822,92	34+172	77	21/6/2024	503121,37	1122669,50	33+997
39	17/10/2023	501892,26	1115831,84	25+676	78	21/6/2024	504311,86	1123365,33	35+657



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	
79	21/6/2024	504645,74	1123361,56	36+024	106	21/6/2024	509248,14	1126170,64	45+175
80	21/6/2024	504953,93	1123212,68	36+575	107	21/6/2024	507292,88	1124675,16	42+541
81	21/6/2024	504976,38	1122973,29	36+849	108	21/6/2024	507277,65	1124634,98	42+498
82	21/6/2024	504976,29	1122959,81	36+859	109	21/6/2024	505576,58	1121981,78	39+014
83	21/6/2024	505034,02	1122841,53	36+994	110	21/6/2024	505358,22	1121954,76	38+754
84	21/6/2024	504779,23	1121917,26	38+103	111	21/6/2024	505364,41	1121959,55	38+756
85	21/6/2024	504765,34	1121935,51	38+081	112	21/6/2024	505282,01	1121985,13	38+674
86	21/6/2024	504817,32	1121878,88	38+155	113	21/6/2024	505269,40	1121991,27	38+661
87	21/6/2024	506305,67	1122466,26	39+961	114	21/6/2024	505032,57	1122866,00	36+970
88	21/6/2024	506332,92	1122516,37	40+018	115	21/6/2024	504965,70	1123219,75	36+563
89	21/6/2024	507332,59	1124742,85	42+619	116	21/6/2024	504960,31	1123349,42	36+428
90	21/6/2024	508656,17	1125896,80	44+449	117	21/6/2024	504283,25	1123389,68	35+622
91	21/6/2024	508817,02	1125967,72	44+637	118	21/6/2024	504248,77	1123403,45	35+585
92	21/6/2024	509048,61	1125982,96	44+869	119	21/6/2024	503279,68	1123035,81	34+509
93	21/6/2024	509201,45	1126040,90	45+034	120	21/6/2024	503121,53	1122683,60	34+011
94	21/6/2024	509261,95	1126180,55	45+187	121	21/6/2024	503286,92	1120274,40	31+353
95	21/6/2024	509330,90	1126471,45	45+508	122	21/6/2024	503289,78	1120265,71	31+344
96	21/6/2024	509367,75	1126487,19	45+549	123	21/6/2024	503280,84	1120183,32	31+261
97	21/6/2024	510545,34	1127814,64	47+954	124	21/6/2024	503300,73	1120073,87	31+151
98	21/6/2024	510855,46	1127356,80	47+351	125	21/6/2024	503450,11	1119652,24	30+151
99	21/6/2024	510838,50	1127330,20	47+318	126	21/6/2024	503368,68	1119453,69	29+933
100	21/6/2024	510819,15	1127306,80	47+286	127	21/6/2024	501908,44	1114690,40	24+454
101	21/6/2024	510205,94	1126974,17	46+571	128	21/6/2024	498500,83	1112075,49	18+881
102	21/6/2024	509705,22	1126595,06	45+904	129	21/6/2024	498854,05	1111831,18	18+387
103	21/6/2024	509510,65	1126544,07	45+702	130	21/6/2024	499142,67	1111941,34	18+066
104	21/6/2024	509494,87	1126538,64	45+685	131	21/6/2024	499491,72	1111410,41	17+144
105	21/6/2024	509248,14	1126170,64	45+175	132	21/6/2024	499587,98	1110243,73	15+717

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	21/6/2024	498596,12	1112100,22	18+975



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 32, 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 32, 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.

En la **Figura 2** se señalan las nuevas evidencias de inestabilidad identificadas, en los respectivos estacionamientos, durante la gira de monitoreo realizada el 21 de junio de 2024. Entre las principales observaciones se destaca la presencia de agua en los taludes y en algunos casos como en la Figura 2 a, b, j y n, es posible identificar la acumulación de agua de infiltración al pie del talud. También cabe resaltar la afectación por erosión en todos los sitios identificados con alguna evidencia de inestabilidad. Por último en los estacionamientos de la Figura 2 e,f,g,h,i, respectivamente, es posible identificar una superficie de falla definida producto de la ocurrencia de un deslizamiento.

De manera general se estima recomendable implementar sistemas para el control de erosión y manejo de agua de escorrentía superficial, con el fin de evitar que las condiciones identificadas al momento de la evaluación se magnifiquen, así como limpieza del material caído acumulado al pie del talud y que obstruye la cuneta.

Adicionalmente, en el caso de los taludes que presenta superficies de falla que, además, tienen una altura considerable y pendiente escarpada, se estima importante complementar la evaluación con análisis especializados de estabilidad, considerando la pendiente actual en condiciones críticas (saturación y sismo). Para esto es recomendable efectuar un levantamiento topográfico del talud y un 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.

Figura 2

Nuevos sitios identificados con evidencia de inestabilidad



(a) Est.14+773



(b) Est.15+731



(c) Est.23+394



(d) Est.30+150



(e) Est. 31+260



(f) Est.32+534



(g) Est.34+010



(h) Est.35+657

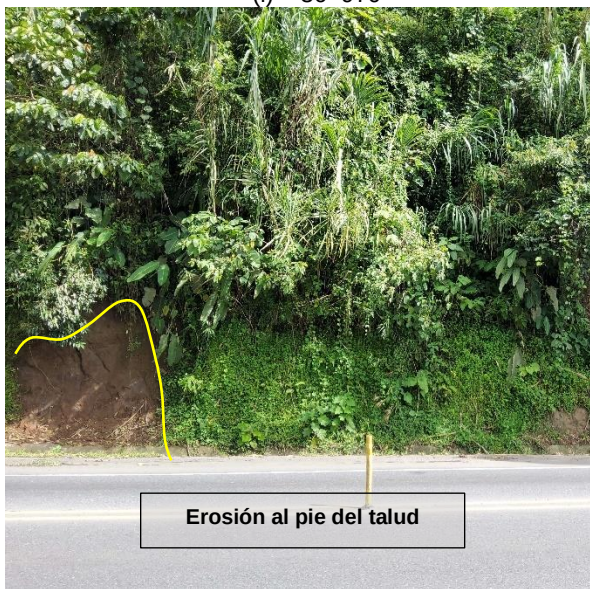
Superficies de falla definidas
Afectación por erosión en la cara del talud
Evidencia de humedad en los taludes



(i) 36+970



(j) 38+661



(k) 45+037



(l) 45+548



En la Figura 3 se presentan taludes con su respectivo estacionamiento que han sido monitoreados durante las giras de evaluación de la ruta. Para cada sitio se señala la condición de inestabilidad observadas y si esta ha desmejorado o mejorado su condición. Para los estacionamientos 18+387, 20+743, 21+603, 21+685, 22+190, 22+306, 24+453, 31+145, 38+148, 39+010 y 42+536, es posible observar una mejora en su condición, principalmente por la revegetación de la cara expuesta del talud, lo cual es un buen indicador para la condición de estabilidad. Sin embargo, en todos los casos, persiste la condición de humedad y flujo en la cara del talud, por lo que se considera importante implementar sistemas para el manejo de agua, tanto de escorrentía superficial como subsuperficial.

Por su parte los estacionamientos 25+343, 28+182 y 31+145 mantienen su condición de afectación por erosión y flujo de agua en la cara del talud. Finalmente, los taludes ubicados en los estacionamientos 28+328, 32+302, 36+568, 40+024, 42+443 y 45+906 presenta una desmejora de la condición en la cara del talud asociada a el grado de erosión e incremento del área afectada.

De manera general se recomienda mantener monitoreo de los sitios para verificar que las condiciones observadas no se magnifiquen. Adicionalmente, 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, en el tiempo, no presentan una mejoría en su condición de estabilidad, y por el contrario queda en evidencia una desmejora de los aspectos considerados desfavorables para la estabilidad del talud. Así mismo, se sugiere realizar análisis hidrodinámicos para establecer las redes de flujo en el medio y optimizar los diseños de drenajes y manejo de agua de escorrentía superficial.



Figura 3

Comparativa de la condición de los taludes en las giras de monitoreo





			
Condición en 16/08/2022		Condición en 21/06/2024	
			
Condición en 21/09/2022		Condición en 21/06/2024	



 Talud revegetado Al pie del talud hay evidencia de erosión			
(e) Est. 22+190			
Condición en 21/09/2022		Condición en 21/06/2024	
 Talud revegetado			
(f) Est. 22+306			
Condición en 21/09/2022		Condición en 21/06/2024	

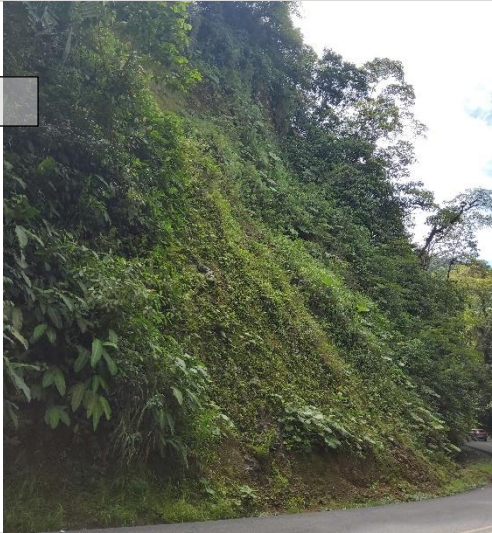


			
		Talud revegetado	
		(g) Est. 24+453	
Condición en 31/08/2022		Condición en 21/06/2024	
			
		Talud mantiene su condición en el tiempo Se mantiene afectación por erosión	
			
		Acumulación de agua al pie del talud	
		(h) Est. 25+543	
Condición en 14/09/2022		Condición en 03/11/2023	Condición en 21/06/2024



			
		Talud de roca mantiene su condición en el tiempo Se mantiene afectación por erosión y caídos	
		(i) Est. 28+182	
Condición en 14/09/2023		Condición en 21/06/2024	
			
		Talud presenta pérdida de material vegetal Mantiene la condición de humedad	
		(j) Est. 28+328	
Condición en 14/09/2023		Condición en 21/06/2024	



			
		Talud revegetado Persiste material caído al pie del talud	
Condición en 21/09/2022		(k) Est. 29+924 Condición en 21/06/2024	
			
		Talud revegetado	
Condición en 12/09/2023		(l) Est. 31+145 Condición en 21/06/2024	



			
		Talud mantiene la condición de humedad En general mantiene afectación por erosión Reducción de caídos al pie del talud	
		(m) Est. 31+345	
Condición en 21/09/2022		Condición en 21/06/2024	
			
		Talud de roca aumenta el grado de erosión y la humedad	
		(n) Est. 32+302	
Condición en 14/09/2023		Condición en 21/06/2024	



			
		Aumento del área con erosion en la cara del talud	
		(o) Est. 36+568	
Condición en 14/09/2022		Condición en 21/06/2024	
			
		Talud presenta poca revegetación, persiste la erosión y humedad en el talud	
		(p) Est. 38+148	
Condición en 03/11/2023		Condición en 21/06/2024	



 Talud de roca con poca revegetación Presencia de nuevo material caído al pie del talud			
Condición en 21/09/2022		(q) Est. 39+010	
 Incremento del área afectada por erosión en la cara del talud.			
Condición en 14/09/2023		(r) Est. 40+024	
Condición en 21/06/2024		Condición en 21/06/2024	



			
		(s) Est.42+443	
Condición en 14/09/2023		Condición en 21/06/2024	
			
		(t) Est. 42+536	
Condición en 31/08/2022		Condición en 21/06/2024	
			
		(u) Est. 45+906	
Condición en 14/09/2023		Condición en 21/06/2024	



EIC-Lanamme-INF-1483-2024	Código: RC-546-v01. Vigente desde: 30/11/2023	Página 27 de 32
---------------------------	---	-----------------

Por su parte, en la Tabla 4 se muestra el resultado del talud ubicado en el estacionamiento 18+975. Dicho talud está conformado por roca poco fracturada en condición masiva. La forma del talud es rectilínea, alcanza una altura de aproximadamente 11 m y una pendiente aproximada de 80°, no cuenta con estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial, lo que ocasiona algún grado de erosión en la cara del talud. Aunado a esto, al momento de la evaluación el talud se encontraba con evidencia de humedad hasta la corona.



Tabla 4
Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 18+975

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	21/6/2024
	Ruta	32
	Latitud	-84,01280832
	Longitud	10,05746888
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	80°
	Altura del talud	11 m
	Material predominante	Roca
	Estado de la roca	Roca sana
	Fracturación de la roca en la cara del talud	Poco fracturado
	Condición de las discontinuidades en roca	Condición masiva
	Espesor del relleno de discontinuidades	-
	Vegetación	Bosque secundario
Condición del talud	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Rectilínea
	Manejo de escorrentía	Afectación por erosión
	Afectación por escorrentía	Ninguna
	Agua en el talud	En la corona
Evidencia de movimiento	Flujo de agua en el talud	En la corona
	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	Si
	Formación de Coronas	No se tiene acceso a información
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
Estructuras cercanas	Material caído	No
	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Autopista
	Presencia de redes eléctricas	Más de 15 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 18+975 una clasificación "media" para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dada las dimensiones y la humedad presente en el 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 32, 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 informe EIC-Lanamme-INF-1493-2023, 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, 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.



EIC-Lanamme-INF-0692-2024	Código: RC-546-v01. Vigente desde: 30/11/2023	Página 32 de 32
---------------------------	---	-----------------

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.