



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Programa de Infraestructura del Transporte
Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional

INFORME DE EVALUACIÓN

LM-PI-UGERVN-004-2021

CONTINUACIÓN DE ANALISIS DE SITIOS CON VULNERABILIDAD A DESLIZAMIENTOS RUTA NACIONAL N°1 TRAMO SAN RAMÓN-CAMBRONERO

San José, Costa Rica

Febrero, 2021



Documento generado con base en el Artículo 6, inciso c) de la Ley 8114 y lo señalado en el Capítulo II, Artículo 14 del Reglamento del Artículo 6 de la precitada ley, publicada mediante Decreto DE-37016-MOPT.



1. Informe LM-PI-UGERVN-04-2021		2. Copia No.1
3. Título INFORME DE EVALUACIÓN, CONTINUACIÓN DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD A DESLIZAMIENTOS RUTA NACIONAL No1. TRAMO SAN RAMÓN CAMBRONERO		4. Fecha del Informe Febrero 2021
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. Notas complementarias No aplica		
7. Resumen En el presente informe se presenta las condiciones actuales de riesgo de un sitio que presenta un hundimiento en el tramo entre la ciudad de San Ramón y el sector de Cambronero de la Ruta Nacional No.1 En este lugar se podría llegar a generar una interrupción completa en el tránsito y una afectación directa a los usuarios. La inestabilidad en este sitio se dio desde el año 2017, sin embargo, no han sido intervenido de forma adecuada. La zona en estudio se caracteriza por ser una zona montañosa, escarpada y con procesos intensos de meteorización y erosión superficial natural y acelerada, en algunos casos por acción antrópica. Estos procesos propician la reptación del terreno y en algunos casos podrían ser los desencadenantes de procesos de remoción de masa más importantes. La inestabilidad en el punto estudiado se debe principalmente al manejo de aguas superficiales. Este sitio presenta una condición de Riesgo Potencial Alto, pérdida de conectividad alto, convirtiendo a la ruta en un eje sumamente vulnerable y de alta prioridad de intervención.		
8. Palabras clave Ruta Nacional No.1, taludes, deslizamiento, seguridad vial, infraestructura vial	9. Nivel de seguridad Bajo	10. Núm. de páginas 22
11. Preparado por:		
Paulo Ruiz Cubillo Geólogo, UGERVN	Ing. Ronald Naranjo Ureña Ingeniero Civil, UGERVN	Geógrafo. Paul Vega Salas UGERNV
Fecha: / /	Fecha: / /	Fecha: / /
Ing. Jairo Sanabria. Ingeniero Civil UGERNV	12. Revisado por: Lic. Miguel Chacón. Asesor Legal	Ing. Roy Barrantes Jiménez Coordinador UGERVN
Fecha: / /	Fecha: / /	Fecha: / /
13. Aprobado por:		
Ing. Ana Luisa Elizondo Salas MSc Coordinadora General PITRA		
Fecha: / /		

TABLA DE CONTENIDO

1. POTESTADES	4
2. OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN.....	4
3. METODOLOGÍA Y ALCANCE DE LA EVALUACIÓN	4
4. OBSERVACIONES SOBRE EL DESLIZAMIENTO EVALUADO.....	5
4.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	5
4.2 ANTECEDENTES DEL SITIO EVALUADO.....	6
4.3 GEOMORFOLOGÍA Y PENDIENTES DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	7
4.4 GEOLOGÍA DE LOS PUNTOS EVALUADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	8
4.5 CRITERIO UTILIZADO PARA VALORACIÓN DEL RIESGO.....	9
4.6 PATOLOGÍAS DETECTADAS EN EL PUNTO EVALUADO.....	11
5. CONCLUSIONES GENERALES.....	16
6. RECOMENDACIONES.....	18
7. REFERENCIAS.....	19
8. ANEXOS.....	20
PUNTO 4. ESTACIONAMIENTO 70+00.....	20

1. POTESTADES

El presente informe, se enmarca dentro de las funciones de evaluación bienal de la red vial nacional pavimentada, que los Artículos 5 y 6 de la Ley No. 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias encomienda a la Universidad de Costa Rica, a través del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LANAMMEUCR) “para garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública de reconstrucción y conservación óptima de la red vial costarricense”.

2. OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN

El objetivo de la evaluación es identificar las condiciones actuales de riesgo del sitio ubicado en el estacionamiento del kilómetro 70+000 en el tramo entre la ciudad de San Ramón y el sector de Cambronero de la Ruta Nacional No. 1 (RN-1) y que en caso de lluvias o sismos puedan generar una interrupción completa en el tránsito y una afectación directa a los usuarios. Los resultados de este informe son insumos para alertar a la Administración y para la toma de decisiones para establecer la óptima intervención que solucione la problemática en estos puntos.

3. METODOLOGÍA Y ALCANCE DE LA EVALUACIÓN

Las evaluaciones que realiza la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional (UGERVN) del LanammeUCR incluyen entre otras actividades las inspecciones de campo, con el fin de complementar la información recabada en informes anteriores sobre el estado de los diferentes componentes de la infraestructura vial.

Esta evaluación “*in situ*” se encuentra enmarcada dentro de proyecto denominado “Evaluación y monitoreo de activos geotécnicos” a ser desarrollado durante el año 2021 en la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial del LanammeUCR.

Para la elaboración de este informe, se hizo una recopilación de antecedentes del punto evaluado. Se hizo una gira de campo el día 28 de enero del presente año durante la cual se

evaluaron las condiciones geológicas, topográficas y de manejo de aguas superficiales del lugar. Además, se realizó un levantamiento fotogramétrico con un vehículo aéreo no tripulados (VANT) Inspire 4 DJI. Posteriormente en la oficina se hizo una generación de modelos de elevación digital, un mosaico de ortofotografías, un análisis geomorfológico del sitio y un análisis de vulnerabilidad de las condiciones de los sitios evaluados.

4. OBSERVACIONES SOBRE EL DESLIZAMIENTO EVALUADO

4.1 Ubicación de la zona de estudio

Este informe trata sobre la evaluación de un punto donde existen problemas de estabilidad en el talud que atraviesan la carretera, identificado como P4. Este sitio complementa los tres sitios evaluados en el informe INF-PI-UGERVN-02-2021. Todos los puntos evaluados se encuentran en la Ruta Nacional N°1. Esta una de las rutas más importantes del país y comunica las principales ciudades del Valle Central como San José, Alajuela con la zona del Pacífico Central en Puntarenas y luego continua hacia Guanacaste hasta la frontera con Nicaragua (Figura 1.).

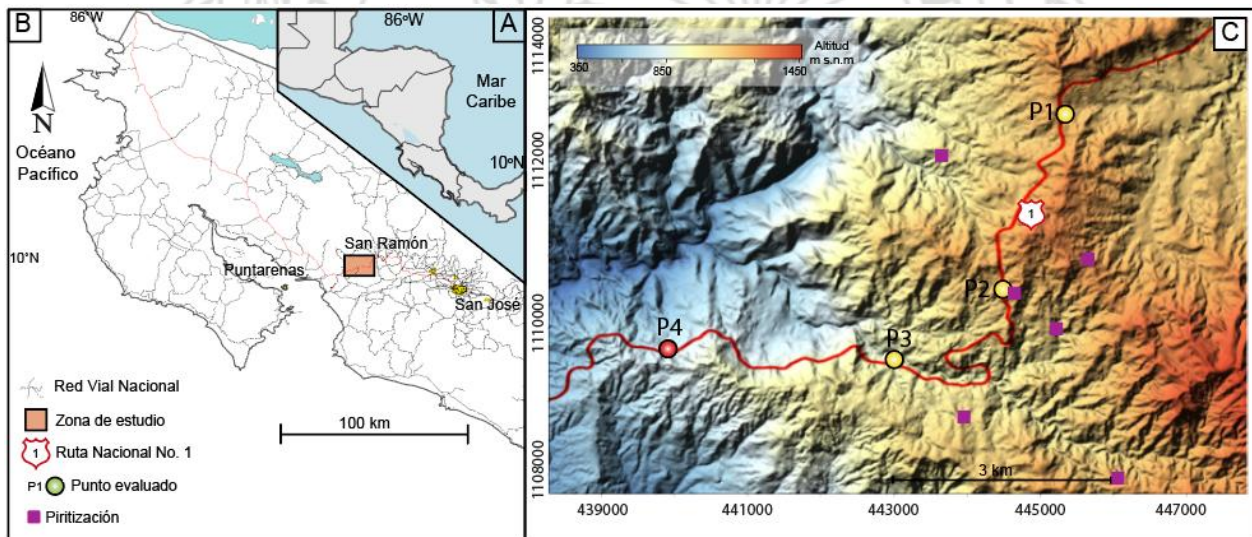


Figura No 1. Mapa de Costa Rica donde marca la zona evaluada mostrada en detalle en la en el modelo de elevación de la derecha con la ubicación del punto evaluado en este informe denominado P4, así como los tres puntos evaluados anteriormente en Ruta Nacional N° 1.

EL tramo evaluado se encuentra entre San Ramón y Puntarenas, en el sector conocido como Cambronero. Esta ruta es una de las más importantes del país, siendo uno de los ejes estructurantes de interconexión logística consolidada de Costa Rica, esenciales para comercio internacional o regional por volumen de carga o participación en el comercio exterior del país y

en el contexto actual se considera, junto con el corredor San José – Caldera (Ruta Nacional No. 27) y la Ruta Nacional No. 3 (conocida como: El Aguacate) como uno de los ejes de conectividad con la zona Pacífica del país y parte de la redundancia de la red vial para esta zona.

La zona en estudio se caracteriza por ser una zona montañosa, escarpada y con procesos intensos de meteorización y erosión superficial natural y acelerada, en algunos casos por acción antrópica. Estos procesos propician la reptación del terreno y en algunos casos podrían ser los desencadenantes de procesos de remoción de masa más importantes. La zona de estudio presenta un sistema de drenaje dendrítico en microcuencas que fluyen desde las zonas con mayor altitud (1,450 m s.n.m.) hacia zonas más bajas (350 m s.n.m) y son tributarias de la cuenca del Río Barranca (Figura 1). Este sector coincide con varias zonas donde se ha encontrado puntos con procesos de piritización. Esto es acumulación de sulfuro de hierro (pirita) que al ser expuesto a las condiciones ambientales y humedad tiene la capacidad de acidificar el agua y generar meteorización química intensa a las rocas y suelos cercanas.

Se evaluó un punto específico en este tramo debido a la presencia de deslizamientos que impactan directamente el funcionamiento de la carretera y, que de continuar sin una intervención adecuada, podrían llegar a implicar un colapso completo de la ruta por el gran potencial de riesgo detectado. La ubicación exacta del sitio evaluado se presenta en la figura 1 y en el cuadro 1.

Cuadro 1. *Coordenadas de la ubicación de sitios evaluados según la proyección CRTM-05.*

Código	Ubicación		Estacionamiento
	Este	Norte	
P4	439926.58	1109669.18	70+000

4.2 Antecedentes del sitio evaluado

En los anexos se presentan una serie de imágenes satelitales tomadas de la plataforma de Google Earth desde el año 2002 y hasta el año 2020. En las imágenes del P4, se puede apreciar como entre el año 2002 y 2020 han ocurrido ciertos cambios en sitio principalmente en el sector noroeste de la imagen; sin embargo, ahí no hay influencia sobre la carretera. El deslizamiento estudiado en el P4 aparece por en primera vez en la imagen satelital del año 2018, después del paso de la Tormenta Nate en el año 2017 y que posiblemente al igual que el punto 3 evaluado en

el informe anterior, fue esta tormenta el evento desencadenante del deslizamiento. En la gira de campo se pudo observar como en el sitio se han realizados trabajos para el manejo de aguas superficiales; sin embargo, esos trabajos no fueron concluidos.

4.3 Geomorfología y pendientes de la zona de estudio.

Geomorfológicamente, la zona de estudio corresponde con laderas denudacionales de origen volcánico y sedimentario. Son laderas montañosas con pendientes moderadas a fuertes ($>16^{\circ}$ - 55°) producto de la meteorización y erosión intensa que se ha dado en las rocas del Grupo Aguacate y la Formación Punta Carballo por millones de años. Estas laderas son disectadas por valles fluviales con un patrón de drenaje dendrítico, donde en algunos casos sus márgenes pueden presentar pendientes fuertes (55°) como en el caso del valle fluvial del río Barranca (Figura 2). En el sector estudiado, la RN-1, atraviesa zonas con pendientes suaves en el sector noreste, pendientes moderadas y pendientes fuertes en el sector de El Empalme y hasta Esparza (Figura 2). Localmente como se analizará más adelante con modelos de elevación digital de mejor resolución de cada sitio estudiado específico, se verá como hay zonas con pendientes muy fuertes $>55^{\circ}$ a un lado de la ruta y muy vulnerable. Las zonas con laderas que presentan pendientes superiores a 33° en presencia de materiales muy meteorizados intrínsecamente presentan una mayor susceptibilidad a deslizarse por procesos de exceso de lluvia o sismos. En la zona de estudio, hay varios tramos de la RN-1 que podrían estar expuestas a estas condiciones.

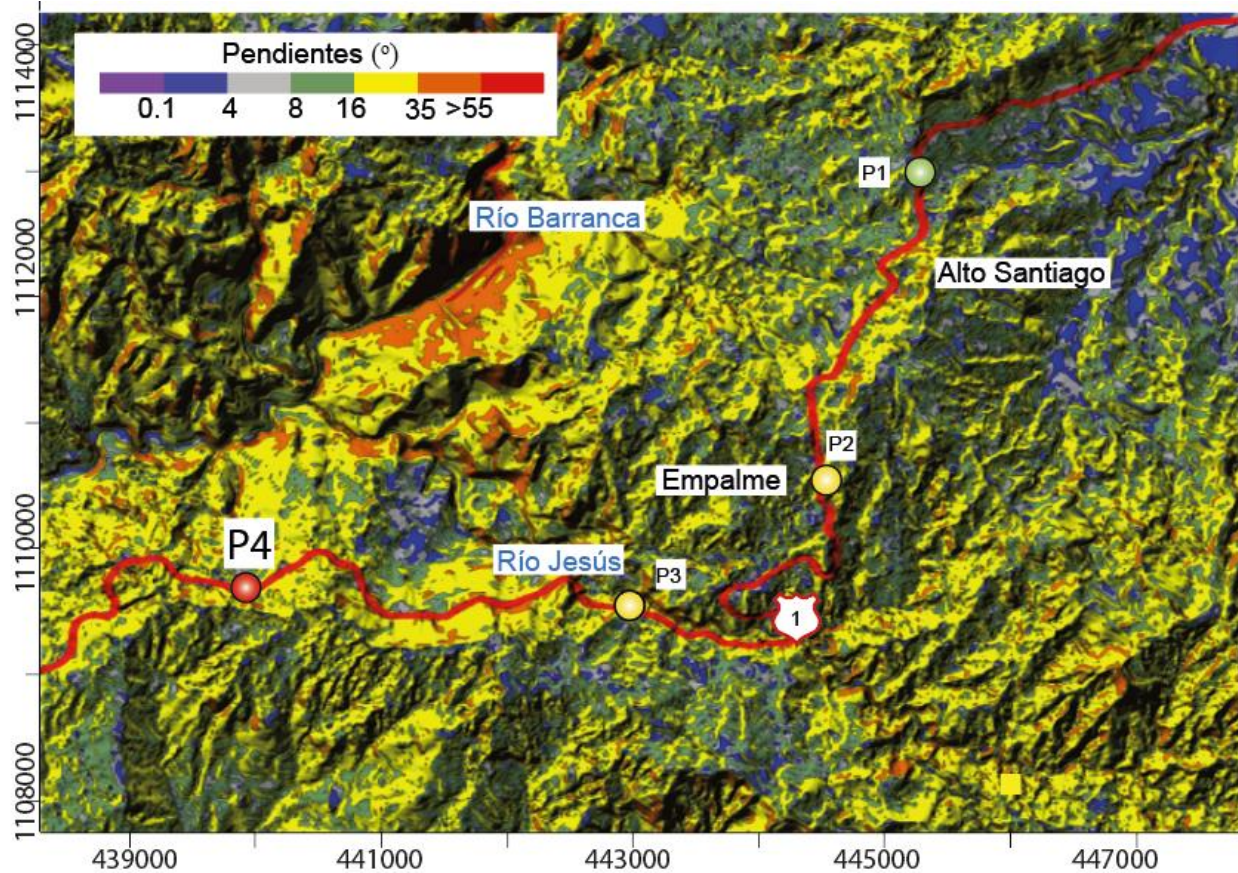


Figura No. 2. Mapa de pendientes de la zona de estudio. En el sector estudiado, la Ruta Nacional No. 1 atraviesa zonas con pendientes suaves en el sector noreste, pendientes moderadas y fuertes en el Empalme y hasta Esparza.

4.4 Geología de los puntos evaluados en la zona de estudio.

Según el mapa geológico escala 1:50 000 de la hoja Miramar, los materiales que afloran en el deslizamiento del Punto 4 (P4), corresponden con suelos residuales que se formaron por la meteorización de un cuerpo intrusivo. Son materiales muy meteorizados y con un espesor mayor de 15 m, donde la roca madre se encuentra muy alterada y gran profundidad. Cerca del sitio P4, hay una falla tectónica de desplazamiento de rumbo y que corta transversalmente la ruta con un rumbo N-S (Figura 3).

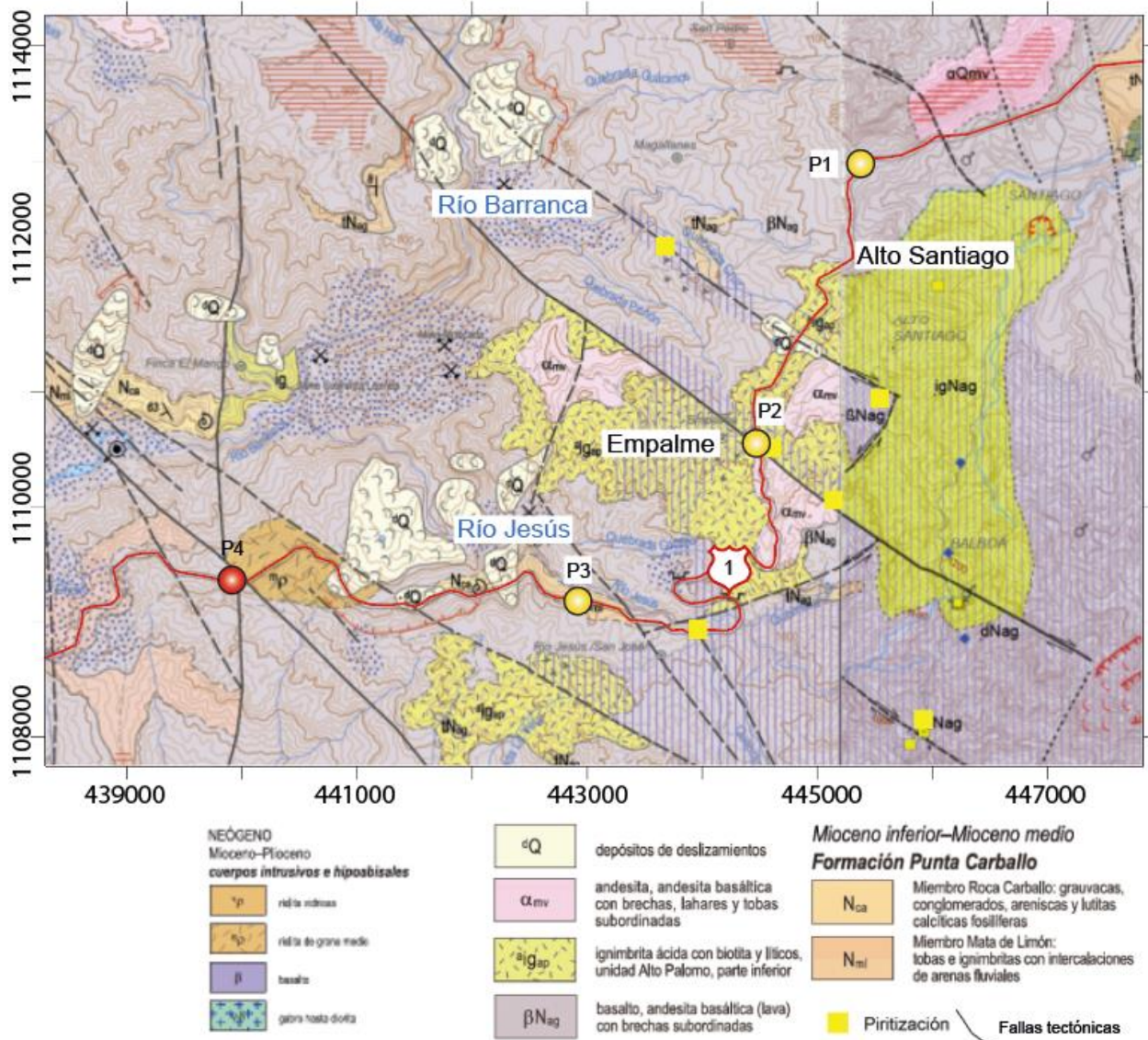


Figura No.3. Mapa geológico de la zona de estudio, donde se muestra la relación de los tipos de roca, suelo y fallas tectónicas con el punto que se evaluó en este trabajo y en color amarillo con sitios evaluados en trabajos anteriores. Este mapa es un compilado de los mapas escala 1:50 000 de las hojas Naranja y Miramar.

4.5 Criterio utilizado para valoración del riesgo

En el análisis de los puntos observados, se incorpora una valoración técnica por medio de observación y análisis del entorno de lo que se ha denominado "riesgo potencial de pérdida de conectividad" y se han definido tres niveles de riesgo potencia:

1. Riesgo potencial bajo, cuando las condiciones del sitio observadas revelan una probabilidad de generar, bajo ciertas condiciones del entorno, una pérdida parcial de la conectividad del corredor, pero con posibilidades de recuperar esta conectividad con intervenciones pequeñas o cuando la sección muestre algún nivel de redundancia en la conectividad (rutas alternas o condiciones topográficas favorables) o sea una ruta que forma parte de la red básica de acceso o de los conectores de Integración territorial definidos en el Plan Nacional de Transportes.

2. Riesgo potencial medio cuando las condiciones del sitio observadas revelan una probabilidad de generar, bajo ciertas condiciones del entorno, una pérdida significativa de la conectividad del corredor, con la posibilidad de recuperar esta conectividad con intervenciones importantes, pero con algún nivel de redundancia en la conectividad (rutas alternas o condiciones topográficas favorables) o sea una ruta que forma parte de la Red de Distribuidores Regionales definida en el Plan Nacional de Transportes.

3. Riesgo potencial alto cuando las condiciones del sitio observadas revelan una probabilidad de generar, bajo ciertas condiciones del entorno, una pérdida total de la conectividad del corredor, con la posibilidad de recuperar esta conectividad con intervenciones mayores y con poca o nula redundancia en la conectividad (inexistencia de rutas alternas o condiciones topográficas favorables) o sea una ruta que forma parte de la Red de Alta Capacidad definida en el Plan Nacional de Transportes

NOTA: Una adaptación de este criterio ha sido utilizado para valoración en el informe LM-IC-D-0955-2020 del 28 de octubre de 2020 y validado por la CGR en el informe de auditoría, Nro. DFOE-IFR-IF-00014-2020 del 14 de diciembre de 2020.

4.6 Patologías detectadas en el punto evaluado

4.6.1 Punto 4 (P4) – Ruta Nacional No.1, Estacionamiento 70+000

En el P1 se encontraron evidencias *in situ* del movimiento de las laderas a los márgenes de la RN-1 así como en la calzada. Principalmente, se observaron grietas en el terreno y desniveles de hasta 60 cm generados por el movimiento que ocurre en sentido norte-sur. En el sitio también se observaron problemas en los sistemas de drenaje de aguas superficiales que podrían estar aumentando la vulnerabilidad del sitio a deslizarse. La grietas y desniveles también pudieron ser observadas en la ortofotografía y el modelo de elevación digital generado para este trabajo con el VANT. El trazado de estas morfologías se presenta en la Figura No. 4.

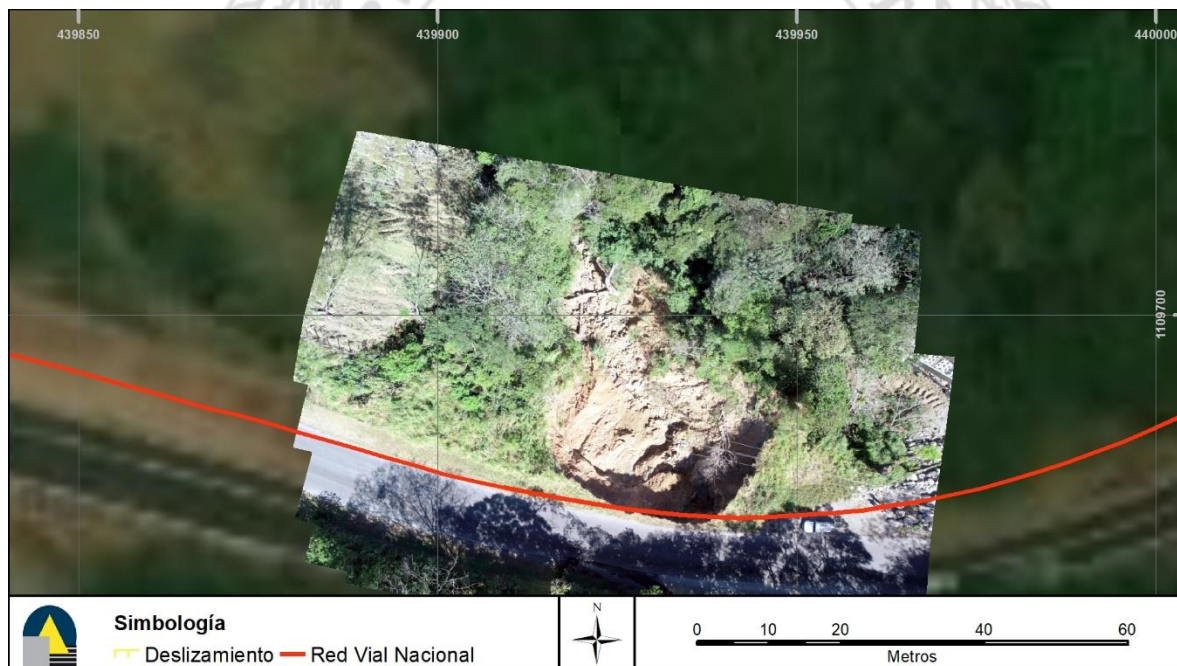




Figura No.4. Ortofotografía del sitio P4 y su relación con la Ruta. Las líneas amarillas marcan la ubicación de las grietas observadas en el campo, así como en el modelo de elevación digital levantado con el VANT.

La figura No.4 muestra el patrón de falla detectado a un lado la Ruta Nacional No.1 del país (línea amarilla), y que define la corona del deslizamiento. Como se puede observar en la figura, la corona tiene una longitud superior a 30 m y está muy cerca de la calzada. En las siguientes fotografías se pueden apreciar otras características de este punto.



Fotografía No.1: Deslizamiento observado en el P4 desde el sector oeste de la calzada. Nótese como hay una salida de una alcantarilla corrugada que colapsó con el deslizamiento.



Fotografía No.2: Vista del deslizamiento desde el sector este. Se observan elementos de seguridad vial que indican prevención debido al deslizamiento, sin embargo, el carril externo está a menos de medio metro del deslizamiento.



Fotografía No.3: Vista de los trabajos inconclusos que hay en el punto evaluado en las obras de manejo de aguas superficiales.

Adicionalmente se genera una proyección topográfica del sitio (ver figura No.6) a partir del modelo de elevación digital construido con las imágenes fotogramétricas tomadas con el VANT. En el modelo topográfico se puede apreciar la diferencia de nivel de entre el borde de la carretera y el deslizamiento.

El colapso de la ladera deja una importante sección de los carriles que están en uso en condición inestable y sin ningún elemento de estabilización, lo cual lo convierte en un riesgo potencial de colapso ante el paso permanente de vehículos pesados o algún evento climático de magnitud considerable.

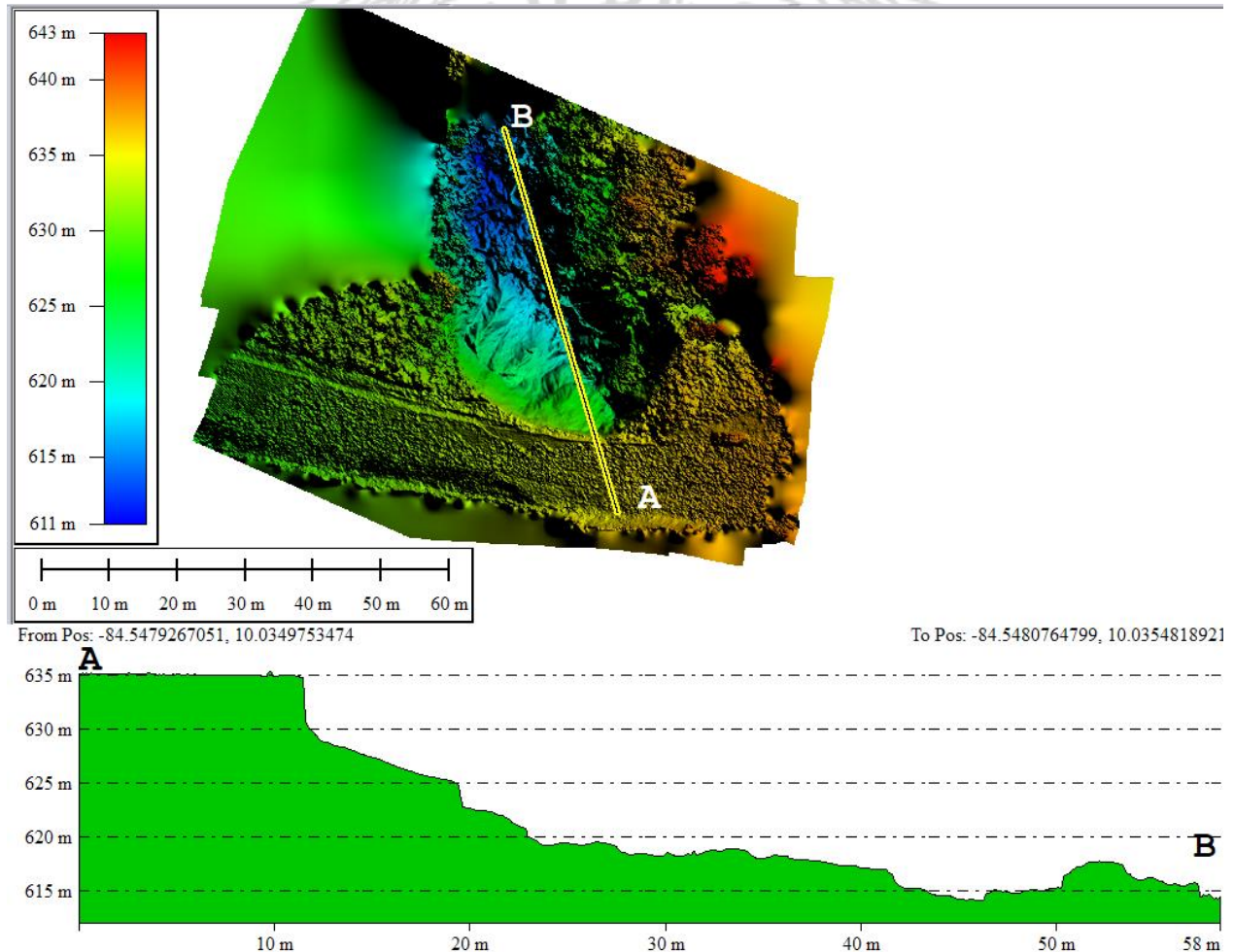


Figura No.6. Modelo de elevación digital del sitio P4, generado mediante técnicas de fotogrametría. En la sección inferior, se muestra un perfil topográfico de la zona de estudio. Hay una diferencia de altura de mayor a 5 metros entre el borde de la carretera y el deslizamiento.

Según los antecedentes de este sitio, la información que aparece en el mapa geológico de la zona y lo observado en el campo, tanto a nivel superficial como desde el aire con las fotografías aéreas, así como la interpretación del modelo de elevación digital, se explica que en este sitio hay un deslizamiento rotacional, con movimiento norte-sur, en el que la RN-1 muy cerca de la corona principal del deslizamiento, afectando el sistema de drenaje superficial y la capa asfáltica de la calzada.

La valoración del riesgo detectado en este punto es de **Riesgo Potencial Alto** con pérdida de conectividad, dado que se trata de una ruta de la Red de Alta Capacidad y de tratarse de una falla activa que muestra deterioros recientes.

Mediante una superposición de las fotografías aéreas y el modelo de elevación digital se realizó una captura de imágenes del modelo de superficie que se muestra en la figura 11.

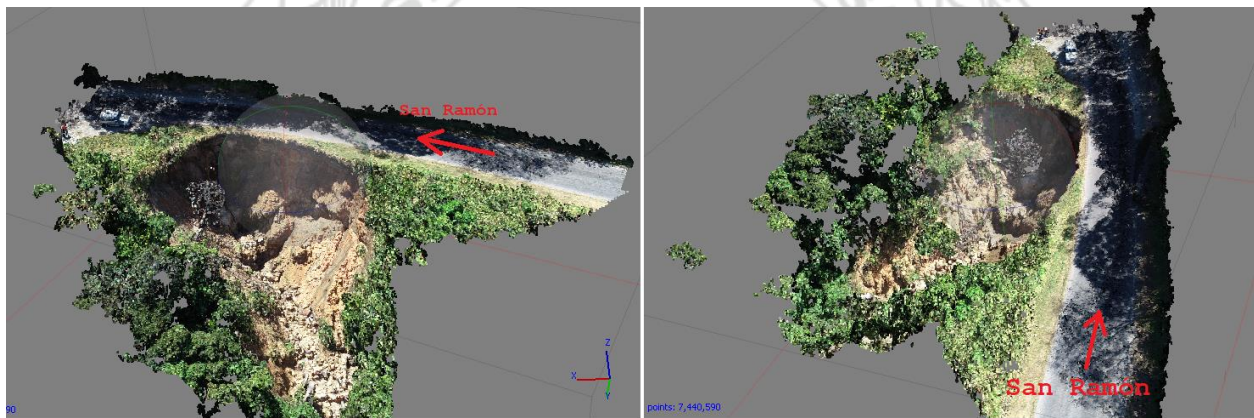


Figura No.7. Modelo de elevación digital y fotografías aéreas superpuestas para mostrar la situación actual del sitio P4.

5. CONCLUSIONES GENERALES

El sitio evaluado en este trabajo, P4, presenta una condición de **Riesgo Potencial Alto**, pérdida de conectividad alto, convirtiendo a la ruta en un eje sumamente vulnerable y de alta prioridad de intervención, de forma similar a las condiciones de **Riesgo Potencial Alto** los P1, P2 y P3, identificados así en el informe INF-PI-UGERVN-02-2021. En cuanto a la redundancia que presenta la red de conectividad con la zona Pacífica se debe considerar que este corredor junto con la RN-27 son los principales ejes de comunicación y transporte de bienes y servicios,

actualmente, la RN-27 presenta varios puntos de riesgo (Deslizamiento en km 38+600, deslizamiento km 41+000 y deslizamiento km 44+000) que de colapsar podrían afectar directamente la conectividad de este corredor lo cual incrementa la necesidad de mantener e intervenir de forma preventiva este corredor como elemento de soporte y redundancia.

Ante una eventual pérdida de conectividad en este sector de la Ruta 1, el efecto en la economía y en la movilidad de los usuarios, sería de alto impacto negativo por lo que se considera de alta prioridad su atención.

La condición de este sitio amerita de intervenciones mayores para una solución permanente; sin embargo, dentro de las posibilidades de gestionar el riesgo evaluado, se detecta la posibilidad de realizar labores de mitigación inmediatas, bajo costo relativo y de alto impacto para la seguridad del usuario y disminución de la vulnerabilidad en los sitios.

5.1 Conclusiones específicas

- Geomorfológicamente, la sección de la Ruta Nacional No.1 donde se ubica el deslizamiento tratado en este informe, se encuentra ubicada en un sector con pendientes fuertes y muy fuertes, que son relacionadas con procesos denudacionales intensos (deslizamientos), y erosión de suelos. Por lo tanto, este sitio tiene una alta susceptibilidad de pendiente a generar deslizamientos.
- En el punto P4 evaluado en este trabajo hace más de 3 años, durante la tormenta Nate, se presentó un deslizamiento en el carril externo, en el sentido de circulación San Ramón – Esparza. Este deslizamiento provocó el colapso de una alcantarilla. Posterior a ese evento, se dieron trabajos en restablecer el flujo de agua superficial; sin embargo, esos trabajos no parecen estar terminados. Además, no se halló evidencia de obras de estabilización tendientes a contener el avance del deslizamiento o recuperar el ancho de la vía y el espaldón faltante.
- El deslizamiento estudiado en este informe, ocurrió en un sitio donde los materiales que afloran pertenecen a suelos residuales de la meteorización de cuerpos intrusivos. Debido a la incidencia de presentar deslizamientos y las características geotécnicas de estos materiales, se sugiere que los taludes relacionados con estas unidades

geológicas, tienen una susceptibilidad litológica alta a generar nuevos deslizamientos que puedan afectar la Ruta Nacional No.1.

- Cerca del área de estudio, existen varias fallas tectónicas locales que deberían ser estudiadas para determinar si es activa o no. En la zona, se han registrado eventos sísmicos de origen de subducción de magnitud importante en los últimos años que han generado aceleraciones máximas importantes. Por lo que la posibilidad de que otros deslizamientos sean disparados por sismos es muy probable.
- En el P4, el deterioro de la estructura de pavimento ha aumentado desde el año 2017 hasta la fecha. El material localizado en el borde del deslizamiento continúa deslizándose, esto reduce el ancho disponible para el tránsito vehicular y obliga a los usuarios a transitar más cerca del borde del deslizamiento, el cual se encuentra en una condición de voladizo inestable en claro detrimento de la seguridad vial.
- En el P4, el nivel de peligrosidad es elevado considerando la cercanía del deslizamiento con la calzada de la carretera.
- Con el inicio de la estación lluviosa 2021, es de esperar que el agua se infiltre en las grietas de los taludes evaluados que dan soporte al pavimento, provocando lavado de materiales finos, saturación del suelo e inclusive se pueden generar nuevos movimientos que afecten nuevamente las zonas reparadas.
- La señalización no logra prevenir de forma adecuada al usuario del peligro existente en la vía. En este mismo punto no se han colocado sistemas de contención para evitar que los vehículos salgan de la vía.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Administración activa del Estado Costarricense, considerar las siguientes acciones para atender en el punto 4 visitado en este informe sobre la Ruta Nacional N°1:

- Revisión de los temas tratados en este informe.
- Realizar estudios técnicos, diseño de soluciones y planes de mantenimiento, para todas las acciones que sean consideradas para la atención de los deslizamientos evaluados en este informe. Incluir planes de manejo de aguas en la solución integral del problema.

- Considerar en el diseño de las obras de estabilización las condiciones geológicas, sísmicas, tectónicas y geomorfológicas presentes en la zona de los deslizamientos.
- Gestionar la pronta instalación de señalización y sistemas de contención vehicular adecuados para las condiciones del sitio.
- Realizar estudios para identificar otros sectores de esta Ruta Nacional que estén presentando condiciones similares de inestabilidad, afectando la seguridad de los usuarios.

7. REFERENCIAS

1. Huapaya, S & Rojas, V., 2012: Mapa Geológico de Hoja Naranjo (3346-III) – Escala 1: 50 000, Dirección de Geología y Minas, San José, Costa Rica.
2. Laboratorio de Ingeniería Sísmica de la Universidad de Costa Rica, 2014: Registro de aceleraciones máximas. Página <http://www.lis.ucr.ac.cr/index.php?id=Estaciones>, consultada el 06/02/2014.
3. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, 2013. Informe de Evaluación de la Red Vial 2012-2013. Análisis de Estimaciones de Pago con base en información de CONAVI.
4. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, 2011. Informe LM-AT-PI-079-2011. Unidad de Auditoría Técnica del Programa de Infraestructura del Transporte.

8. ANEXOS

Evolución del sitio visitado

Se presenta mediante imágenes satelitales de Google Earth la evolución y los cambios superficiales que ha tenido el sitio visitado desde el 2004.

Punto 4. Estacionamiento 70+00

