



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

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

INFORME DE FISCALIZACIÓN

LM-PI-UGERVN-10-2013

RUTA NACIONAL N°303

MURO DE CONTENCIÓN MATA DE CAÑA

San José, Costa Rica
Setiembre, 2013



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

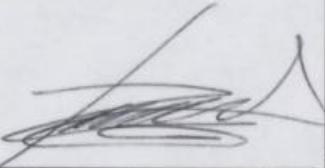
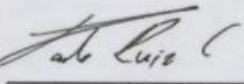
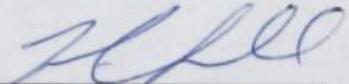
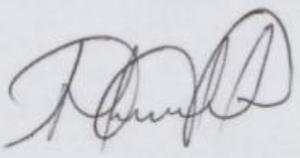
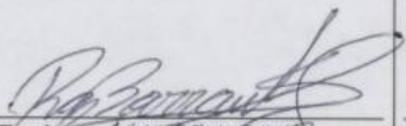
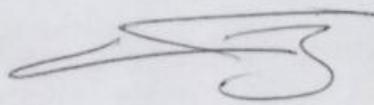
1. Informe: LM-PI-UGERVN-10-2013		2. Copia No.1	
3. Título: INFORME DE FISCALIZACIÓN RUTA NACIONAL No.303, Muro de contención Mata de Caña.		4. Fecha del Informe: Setiembre 2013	
5. Organización y dirección. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad 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. <i>Funcionarios del Programa de Ingeniería del Transporte (PITRA) del LanammeUCR, realizaron el día 7 de agosto del presente año una gira de inspección en la Ruta Nacional N°303, con el fin de evaluar las condiciones actuales del muro de contención construido en el kilómetro 9+850. El análisis se realizó tomando en cuenta las condiciones geológicas, geotécnicas y topográficas de la zona en la cual se ubica la obra. Partiendo de los resultados de este análisis se realizaron una serie de recomendaciones tendientes a mejorar la condición del muro de contención, preservar el nivel de servicio de la carretera y principalmente salvaguardar la seguridad de los usuarios.</i>			
8. Palabras clave: Muro de contención, Mata de Caña, Sección de control 10632, Ruta Nacional No.303, infraestructura, seguridad vial, geotecnia, geología.		9. Nivel de seguridad: Bajo	10. Núm. de páginas: 25
11. Preparado por:			
Ing. Ronald Naranjo U. UGERVN  Fecha: 16 / 9 / 2013	Geólogo Paulo Ruiz C., Ph.D. UGERVN  Fecha: 16 / 9 / 2013	Ing. Mauricio Salas Ch. UAT  Fecha: 17 / 9 / 2013	
12. Revisado por:		13. Aprobado por:	
Lic. Miguel Chacón A. Asesor Legal  Fecha: / /	Ing. Roy Barrantes Jiménez Coordinador UGERVN  Fecha: 16 / 09 / 2013	Ing. Guillermo Loria S., Ph.D. Coordinador General PITRA  Fecha: / /	

TABLA DE CONTENIDO

1. POTESTADES	4
2. OBJETIVO DE LA FISCALIZACIÓN.....	4
3. METODOLOGÍA, ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA FISCALIZACIÓN.....	4
4. GEOLOGÍA	6
Ubicación.....	6
Topografía	7
Pendientes.....	7
Dirección de pendientes	8
Geomorfología.....	10
Geología.....	11
Tectónica.....	12
5. GEOTECNIA	15
Tipología del Muro de Contención	15
Deformaciones	16
Material en las canastas de gavión.....	18
Relleno en la parte posterior.....	18
Relleno al pie del muro	21
Evacuación pluvial.....	22
6. CONCLUSIONES.....	24
7. RECOMENDACIONES.....	25

1. POTESTADES

El Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, es una dependencia de la Universidad de Costa Rica especializada en la Ingeniería Civil. La ley N°8114 en sus artículos 5 y 6, encomienda al LanammeUCR una serie de funciones en materia de evaluación, fiscalización, asesoría y capacitación, entre otras, para garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública en la reconstrucción y conservación de la red vial costarricense.

Considerando la importancia de la obra de contención objeto de esta fiscalización, así como la influencia de la Ruta Nacional No.303 en la vialidad de la zona en la cual se localiza, los aportes técnicos derivados del presente informe se enmarcan dentro de las funciones que la citada ley le confiere al LanammeUCR.

2. OBJETIVO DE LA FISCALIZACIÓN

El objetivo de la fiscalización es aportar a la Administración del Estado costarricense elementos a considerar en la toma de decisiones y en la ejecución de trabajos en el muro de contención, localizado en el kilómetro 9+850 de la Ruta Nacional No.303. Específicamente se presentan recomendaciones tendientes a mejorar la condición actual del muro, el nivel de servicio de la carretera y la seguridad de los usuarios.

3. METODOLOGÍA, ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA FISCALIZACIÓN

Para la elaboración de este informe funcionarios del Programa de Infraestructura del Transporte realizaron una inspección de campo el día 7 de agosto el presente año, con el fin de valorar las condiciones actuales que presenta el muro de contención. El trabajo de campo incluyó el levantamiento de información sobre las condiciones geotécnicas, topográficas y geométricas, las condiciones que afectan la seguridad vial y el manejo del agua de escorrentía en este sector de la carretera.

El estudio comprendió también la revisión de la información suministrada por el Ing. Alex Cubillo de Auditoría Interna del CONAVI, referente a diversos oficios y criterios técnicos que se han emitido sobre el muro de contención.

En la documentación suministrada por el CONAVI no se hallaron planos constructivos, cuaderno de bitácora, especificaciones u otros documentos con el detalle de las obras que se realizaron, por lo tanto los criterios emitidos en este informe se fundamentan en las observaciones realizadas durante la inspección de campo.

Luego de revisar esta información y analizar los datos obtenidos en el sitio, se procedió a realizar una serie de recomendaciones, tendientes a mejorar la condición actual del muro, el nivel de servicio de la carretera y la seguridad de los usuarios.



4. GEOLOGÍA

El sitio donde se construyó el muro objeto de este estudio, se vio influenciado por diferentes factores condicionantes (relieve, litología, estructuras tectónicas) que propiciaron la generación del deslizamiento original. Se hace un análisis de estos factores, antes de la construcción del muro actual, con base en mapas cartográficos, el atlas tectónico de Costa Rica, fotografías aéreas de diferentes años (2005-2013) y la visita de campo donde observo y describí las características geológicas originales del sitio.

Ubicación

La zona de estudio está ubicada en la Hoja topográfica Dota del IGN 1: 50 000, en el sector de Mata de Caña. El sitio del proyecto se ubica específicamente en las coordenadas geográficas ($9^{\circ}37'20.23''$ N $84^{\circ}03'17.70''$ W) y (493989.54791 1063988.41553 CRTM-05), sobre la Ruta Nacional N° 303.

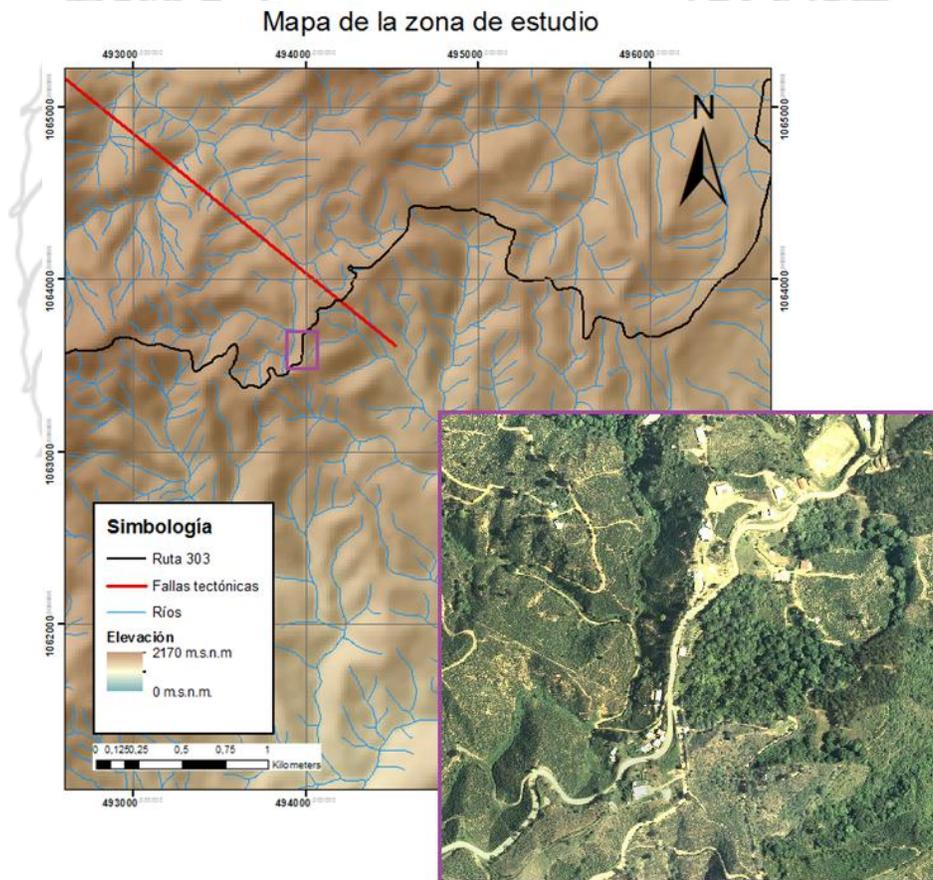


Figura N°1. Mapa de ubicación de la zona de estudio. Se muestra en el recuadro de color morado el sitio del proyecto y una fotografía aérea con detalle del mismo sitio.

Topografía

La sección de la carretera donde se encuentra el sitio de interés presenta una altura aproximada de 1555 m.s.n.m. La carretera forma una pequeña divisoria en la zona con un leve hundimiento en la parte central. Una de las vertientes que forma la divisoria está inclinada hacia el oeste y otra hacia el este. La ladera que se inclina hacia el oeste tiene un cambio de altura de solo algunos metros hasta encontrarse con un camino de lastre.

Sobre esta ladera el ICE construyó anteriormente un muro de gaviones, donde recientemente (mayo-julio 2013) se originó un pequeño deslizamiento al pie del mismo. La ladera que se ubica hacia el este de la carretera, presenta un mayor cambio de altura (decenas de metros) y forma una micro-cuenca. En esta ladera es donde se originó el deslizamiento principal y donde posteriormente se construyó el muro de contención que se analiza en el presente informe.

Pendientes

El área del proyecto muestra pendientes moderadas (19° – 26°) hasta suaves (14° – 19°). Las pendientes moderadas se ubican en las zonas más altas de la ladera del sector Este (sitio donde se colocó el muro de gaviones), mientras que las pendientes más suaves se ubican en las zonas de transición entre las laderas y quebradas o caminos.

Los sitios con mayor pendiente $>35^{\circ}$ y materiales poco consolidados o muy alterados son los más propensos a presentar deslizamientos, se observan varios cerros con estas características en el resto de la zona.

Las pendientes por sí solas no parecen ser el principal problema del área del proyecto ya que no son tan elevadas $<26^{\circ}$. Posiblemente un mal manejo del agua de escorrentía en el pasado, sumado a la fuerte alteración de los materiales del sitio facilitara la generación de los deslizamientos, los cuales han sido abordados mediante la construcción de muros de gaviones.

Mapa de pendientes de la zona de estudio

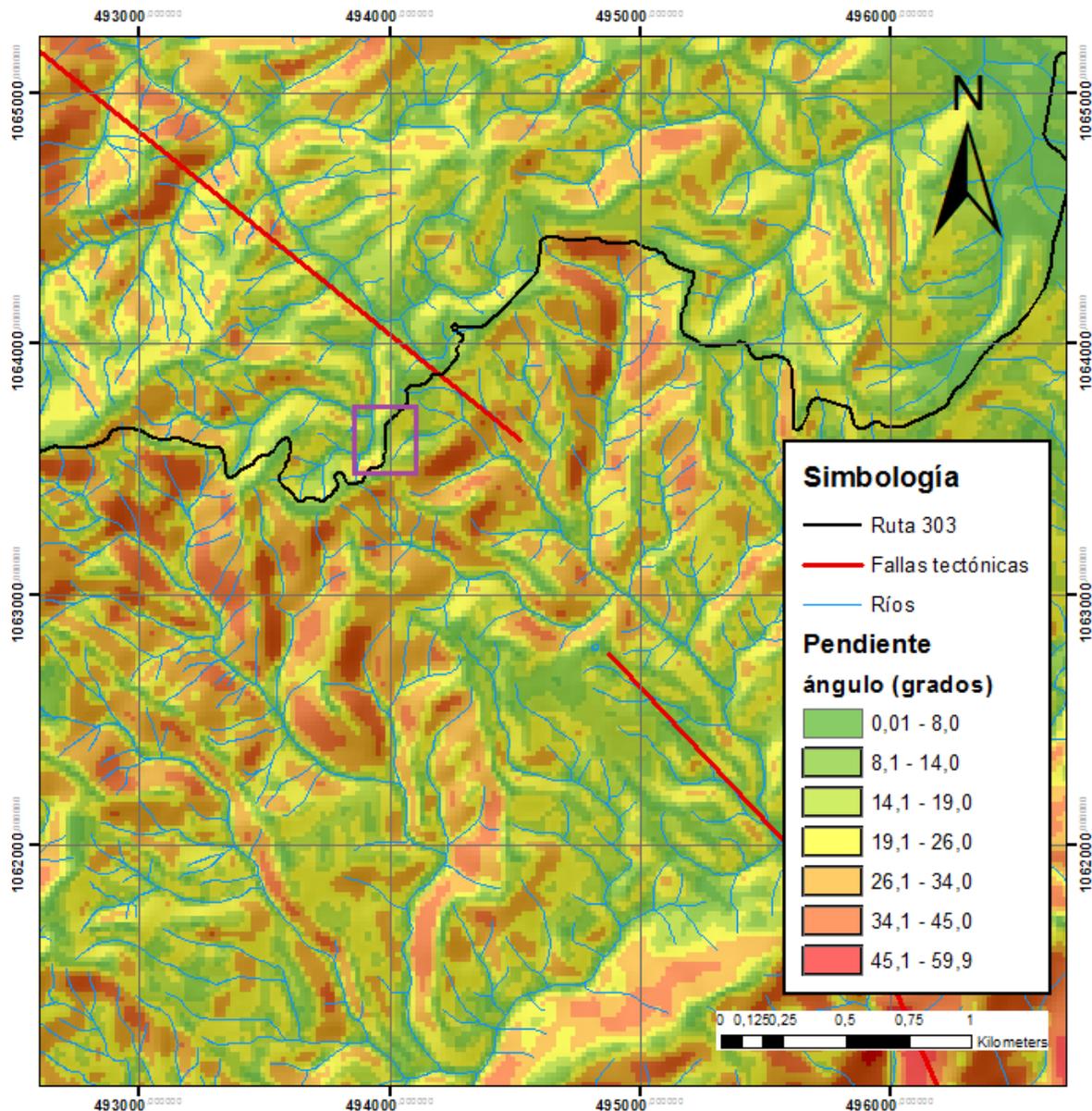


Figura N°2. Mapa de pendientes de la zona alrededor del proyecto. Dentro del recuadro morado se muestra las pendientes en el sitio del proyecto. Estas no superan los 26°

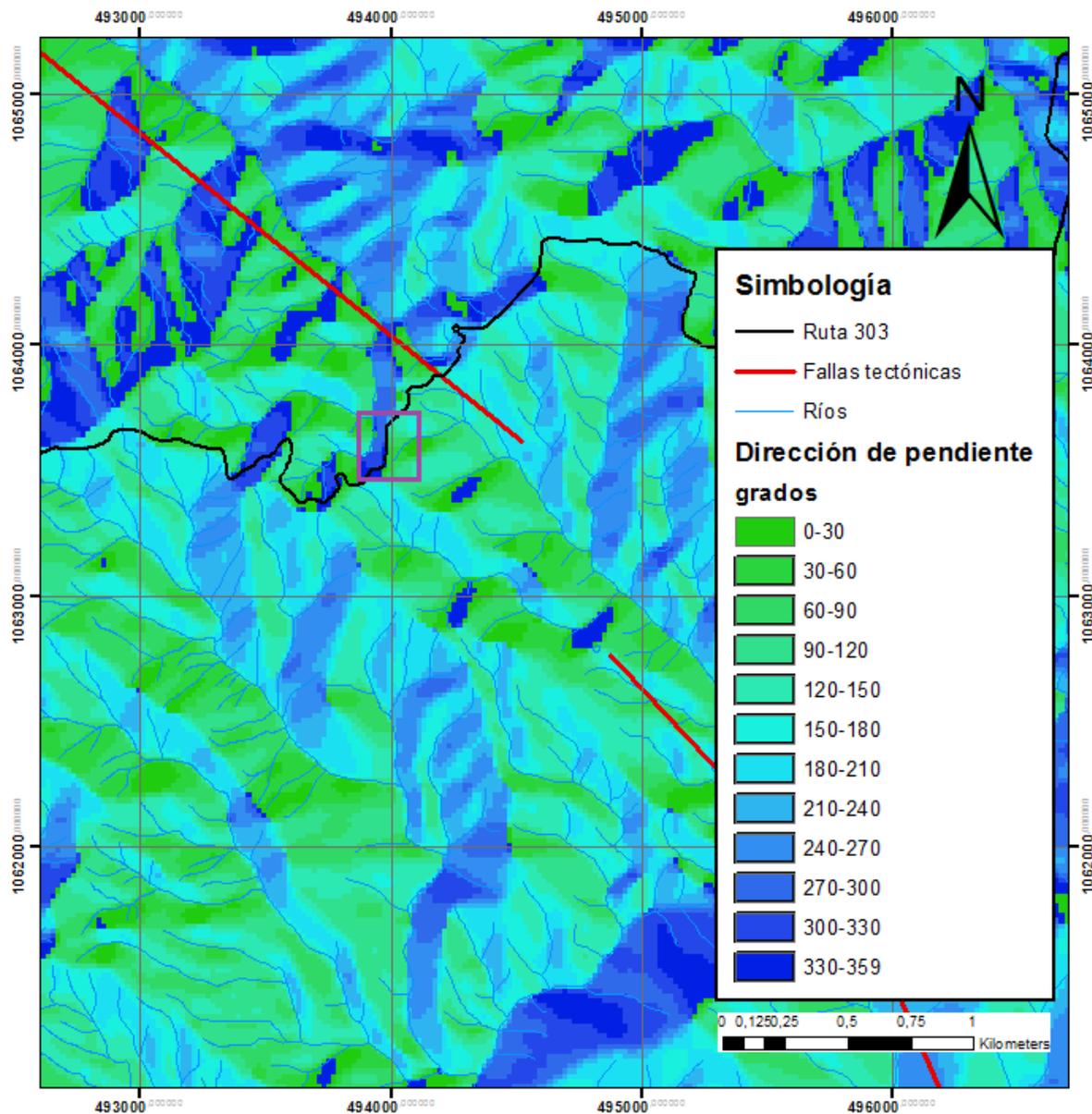
Dirección de pendientes

Las pendientes en la sección de la carretera donde se ubica el proyecto se inclinan principalmente hacia el oeste y hacia el este. En los casos en los que el buzamiento de los estratos de las rocas sedimentarias de la zona, coincide con la dirección de las pendientes, se facilita la generación de

deslizamientos. Para el caso específico del sitio del proyecto, se observaron buzamientos casi verticales y otros hacia el noroeste, estos probablemente deben su origen a la fuerte actividad tectónica del lugar.

Los materiales del sitio del proyecto están fuertemente alterados por fluidos hidrotermales, lo cual sumado a su disposición ha propiciado la generación de deslizamientos.

Mapa de dirección de pendientes de la zona de estudio



Geomorfología

Las laderas del sitio del proyecto, geomorfológicamente corresponden con laderas denudacionales de origen sedimentario con pendiente moderadas $<26^\circ$. Presentan una topografía relativamente suave sin cambios abruptos de altitud, con patrones de drenaje de tipo dendrítico y subparalelo. Su origen se debe a erosión diferencial de rocas sedimentarias relativamente suaves y alteradas hidrotermalmente por fallamiento local. Estas son las zonas más propensas a presentar deslizamientos en la región.

A una distancia de menos de 0.5 km hacia el SW del sitio del proyecto se presenta otro deslizamiento de al menos 500 de ancho en su corona principal (ver figura abajo). Esto demuestra que los suelos en la zona son propensos a deslizarse, especialmente cuando están muy alterados.

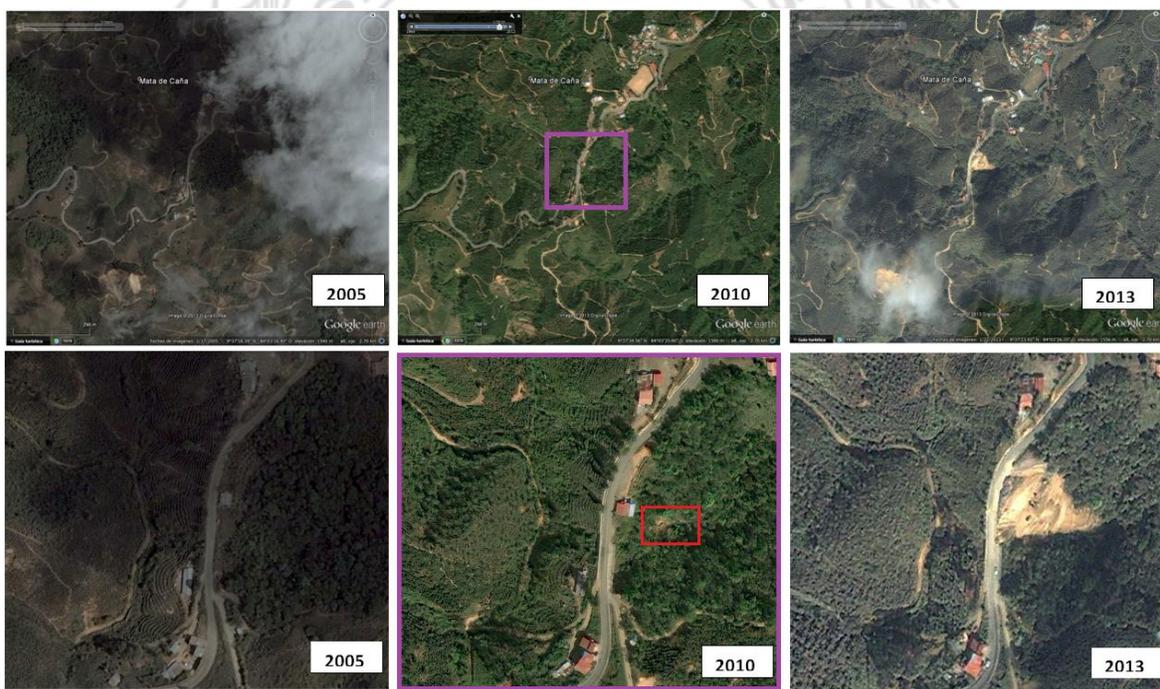


Figura N°3. Fotografías aéreas de la zona de estudio que muestran el sitio del proyecto.

En el 2005 no se aprecian evidencias de deslizamiento en el sitio del proyecto, sin embargo en la imagen del 2010 se puede observar una pequeña cárcava en la zona que posteriormente se deslizo. En la fotografía del 2013 se observa el área afectada por el deslizamiento y los trabajos realizados durante la construcción del muro. Es importante poder identificar cárcavas y estructuras como la de la imagen del 2010 en otros tramos de la ruta 303, ya que puedan evolucionar a

deslizamientos importantes como ocurrió en este caso. Un mejor manejo de los drenajes y mantenimiento de cunetas en este tipo de zonas podría evitar situaciones similares.

Geología

Se observó y describió un afloramiento de la litología original del sitio del proyecto. Este se encuentra ubicado en sector sur del pie del muro recientemente construido, cerca de la tubería de drenaje ($9^{\circ}37'18.7''$ N $84^{\circ}03'16.7''$ W, ver figura N°4).

La litología presente en este sitio, corresponde con una secuencia de estratos centimétricos de areniscas y lutitas, en disposición subvertical, buzando levemente hacia el NW (ver fotografía en la parte inferior). Por lo observado en sitio, estos paquetes se encuentran muy alterados por acción de fluidos hidrotermales y han perdido todas sus propiedades físicas originales de roca hasta convertirse en arcillas. Presentan colores de alteración hidrotermal típicos (rojos y morados claros y oscuros) de óxidos de hierro y manganeso respectivamente. Además, se observaron estrías, planos de falla, y desplazamientos de varios centímetros en los estratos litológicos que sugieren ser tectónicos. Todo lo anterior sugiere que este sitio está ubicado dentro de una zona de falla importante.

La consistencia y calidad de este tipo de materiales arcillosos, similares a los encontrados en este sitio es muy pobre y su capacidad de soporte es muy baja. Además, pueden propiciar una mayor acumulación de agua infiltrada generando mayor peso en los taludes naturales y eventualmente disparando deslizamientos por exceso de lluvia. En la estación seca este material arcilloso tiende a contraerse y generar grietas que se pueden llegar a profundizar y formar cárcavas por acción de viento o escorrentía. Este tipo de material, no es recomendable como basamento de ningún tipo de construcción.

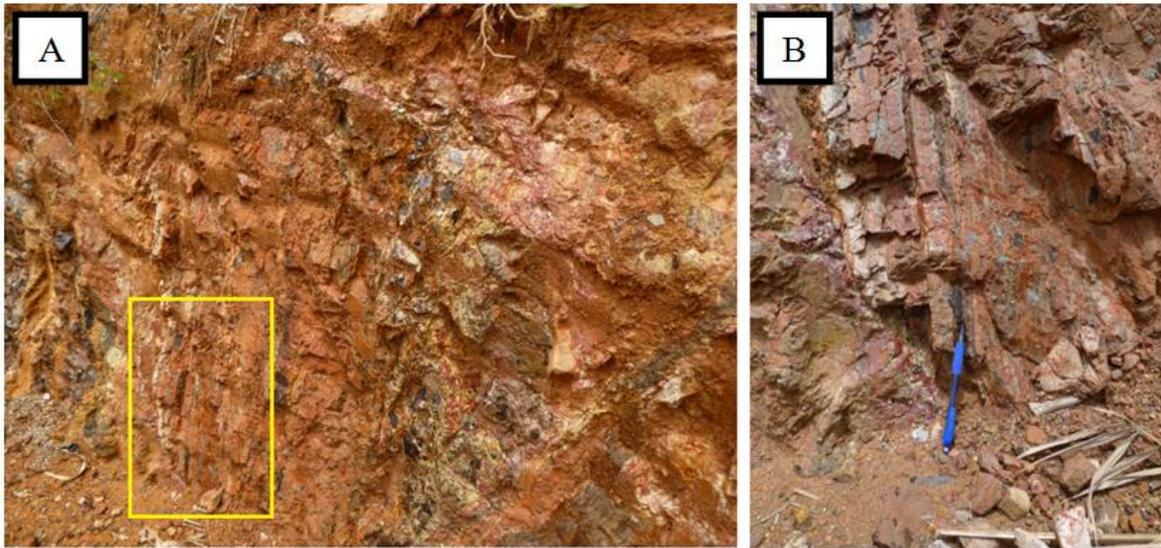


Figura N°4. A. Vista de afloramiento en el sitio del proyecto. Se observan rocas sedimentarias alteradas hidrotermalmente, el recuadro amarillo muestra la zona en detalle de la siguiente foto. B. Detalle de estratos de areniscas y lutitas alteradas en posición casi vertical, con un pequeño plano de falla con estrías a la derecha del lápiz.

Tectónica

El proyecto está ubicado en una zona de fallas importantes. En base al catalogo de estructuras del atlas tectónico de Costa Rica 2004, el proyecto se ubica a menos de 1 km de dos fallas importantes, una de ellas, con desplazamiento de rumbo hacia la derecha se aprecia en la figura N°5 como alineamientos de quebradas y divisorias que sugieren el trazo de una de estas fallas. Ambas tienen un rumbo NE-NW y es muy probable que estructuras secundarias de estas estén afectando directamente el sitio del proyecto y corresponda con lo observado en el campo.

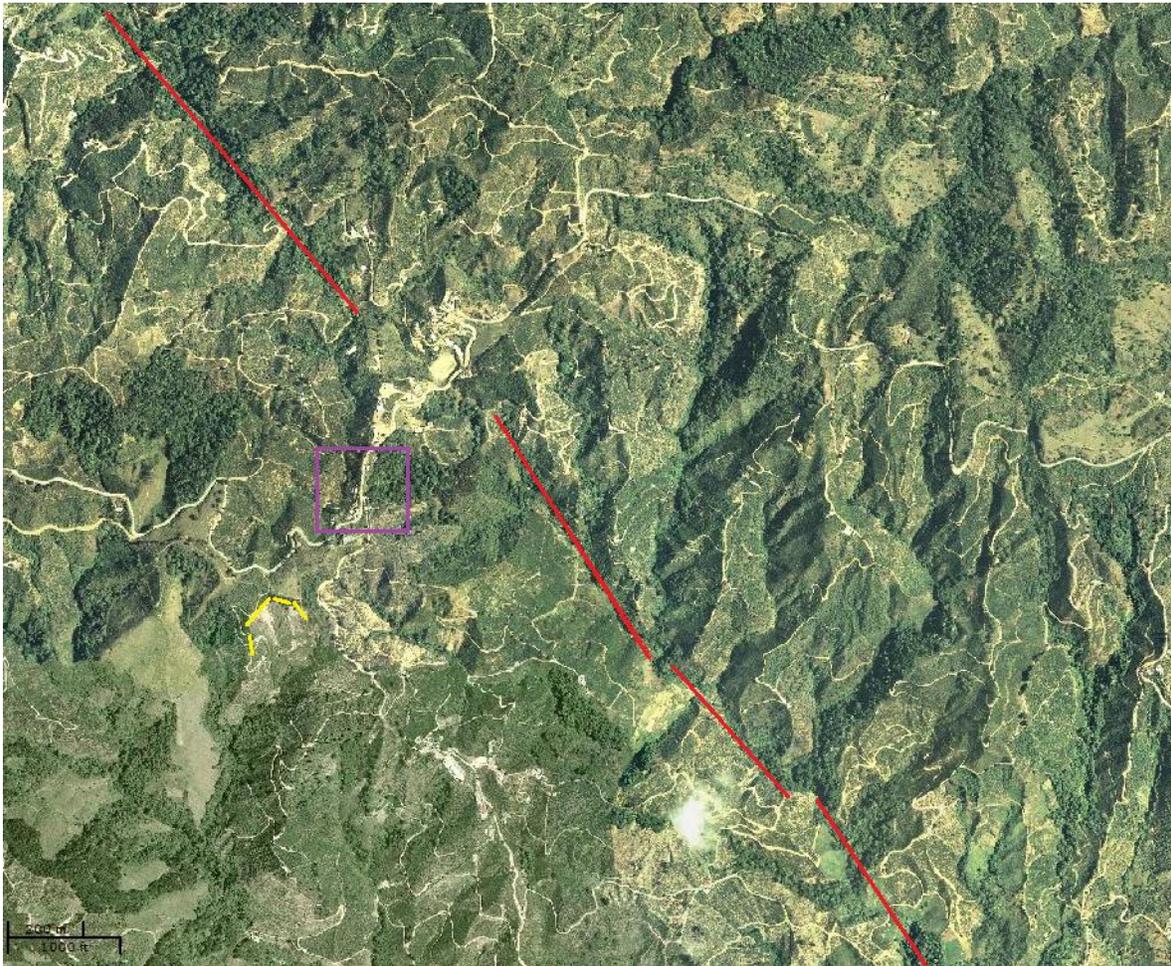


Figura N°5. Fotografía aérea que muestra con un recuadro de color morado el sitio del proyecto y su poca distancia con la posible traza de una de las fallas descritas en el atlas tectónico de Costa Rica.

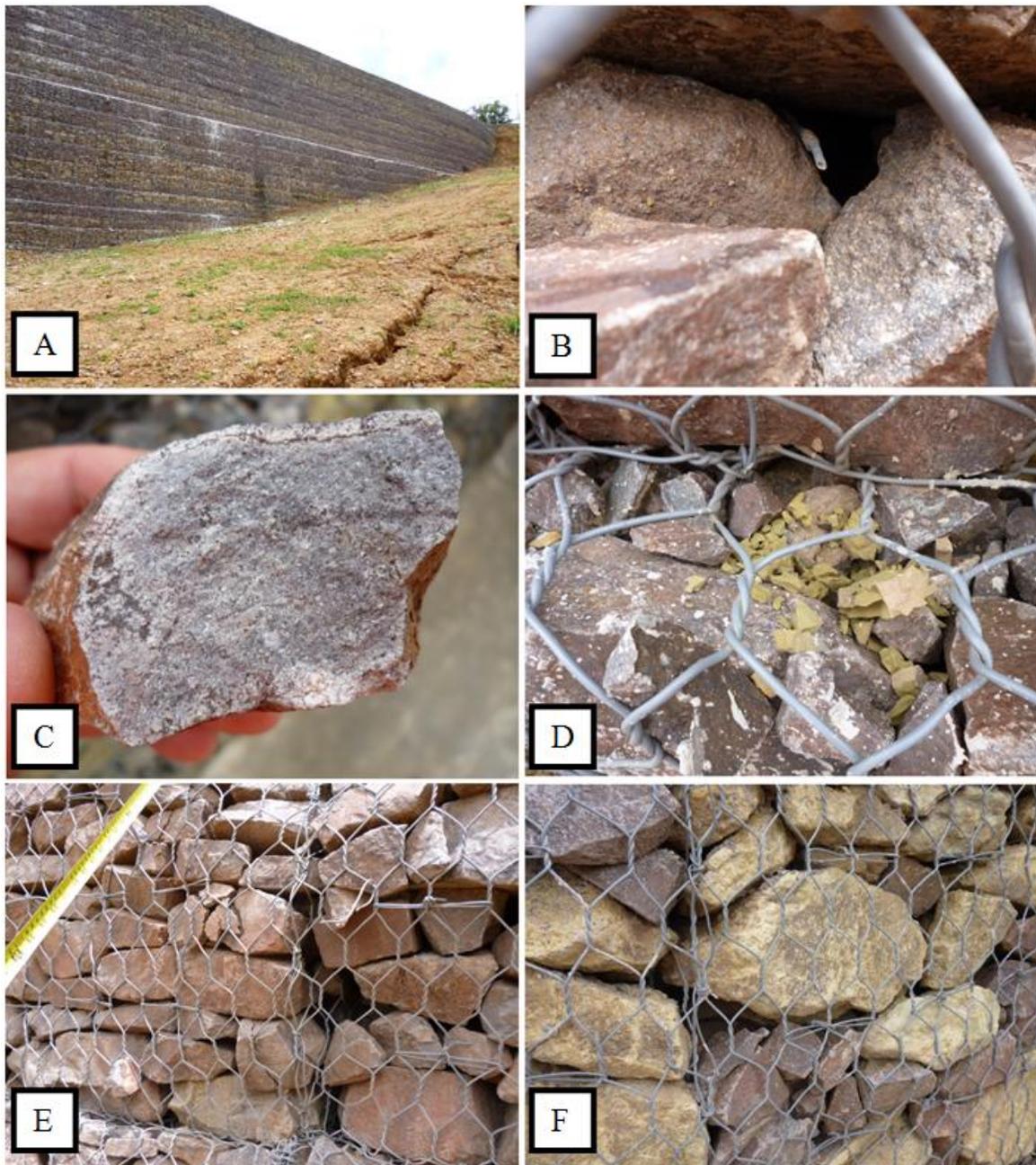


Figura N°6. A. Muro de gaviones, nótese los niveles de color café claro, estos están constituidos por rocas alteradas y de poca dureza. B. Tensor fallado por la deformación del muro de contención. C. Detalle de roca usada en las cajas de gavión, nótese patina y aureola de alteración en la parte externa. D. Canasta de muro donde se mezclaron rocas volcánicas con lutitas muy alteradas que se desmoronan al contacto, además de rocas de tamaño inferior a 100 mm. E. Canasta deformada con rocas falladas por tensión, indicando mala calidad de materiales. F. Canasta con bloques de roca de tamaño superior a 200 mm.

5. GEOTECNIA

Tipología del Muro de Contención

Según la información brindada por el ingeniero Alex Cubillo del CONAVI, el muro es un sistema de contención flexible, conocido comercialmente como Terramesh® System. Este sistema consiste en un relleno compactado, el cual es reforzado estructuralmente mediante la colocación de una malla metálica hexagonal de doble torsión, la cual se coloca horizontalmente. Esta malla está unida con un paramento frontal de gaviones tipo caja. En este caso la malla hexagonal cuenta con un recubrimiento de PVC.

No se cuenta con planos constructivos, cuaderno de bitácora, especificaciones u otros documentos con el detalle de las obras que se realizaron, por lo tanto los criterios emitidos se fundamentan en las observaciones realizadas en la visita al sitio.

Según se aprecia en la siguiente fotografía el muro tiene dimensiones importantes tanto en altura como en longitud. La altura se estimó en el sitio en aproximadamente 25m.



Fotografía N°1. Vista frontal del muro de contención.

El muro consta de una primera sección en la parte inferior de aproximadamente 10m de altura. Sobre esta sección se construyó una segunda sección de mayor volumen y aproximadamente 15m de altura. Finalmente en un tramo de la parte superior se construyeron dos filas más de gaviones, aparentemente para cubrir una parte de la diferencia de altura existente entre el muro y la rasante de la carretera.

Deformaciones

Durante el recorrido realizado se identificaron varias condiciones que presenta el muro de contención. En la fachada se observaron deformaciones en el alineamiento horizontal y vertical, tal como se aprecia en las siguientes fotografías.

2)



3)



Fotografías N°2 y 3. Deformaciones en la fachada del muro de contención.

También se observaron abultamientos en muchas cajas de gavión. En las cajas que presentan mayor deformación los tensores internos han fallado, posiblemente por las deformaciones que han experimentado las cajas. Esta condición se aprecia en las siguientes fotografías.

4)



5)



Fotografías N°4 y 5. Abultamiento en las cajas y tensores fallados.

Los muros flexibles admiten un determinado nivel de deformaciones sin que se comprometa la estabilidad integral del sistema de contención. Sin embargo, cuando estas deformaciones se presentan junto con otros indicadores de desplazamiento como la pérdida de relleno en la parte

posterior del muro, agrietamientos u otras afectaciones por un inadecuado manejo del agua de escorrentía, las deformaciones son indicadores importantes de una condición insegura. Esto puede eventualmente afectar la estabilidad de la estructura de pavimento en la parte superior.

Material en las canastas de gavión

Según el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010, sección 701.01 Rocas para gaviones y colchonetas. “Se deberá suministrar roca dura y durable que sea resistente al intemperismo y razonablemente libre de material orgánico y de desecho”.

Dentro de las canastas de los gaviones, se encontró una mezcla de rocas de origen volcánico, algunas duras y sanas con una patina de alteración de color morado oscuro y otras rocas muy alteradas de muy poca dureza (se parten muy fácilmente con la piqueta) y de color café claro. Además se encontraron rocas totalmente alteradas (lutitas) dentro de los gaviones que se desmoronaban al contacto.

De acuerdo al manual CR-2010, para canastas de 0.3 m o mayores en la dimensión vertical, (como las utilizadas en el frente del muro), la dimensión máxima de los bloques tiene que ser de 200 mm y la mínima es de 100 mm. En el muro se encontraron bloques de mayor tamaño al máximo sugerido y de menor tamaño al mínimo sugerido hasta <50mm

Relleno en la parte posterior

En el relleno localizado en la parte posterior del muro se observó una grieta de magnitud importante, la cual recorre casi la totalidad de la longitud del muro. Este deterioro se observa en las siguientes fotografías.

6)



7)



Fotografías N°6 y 7. Grieta en el relleno de la parte posterior del muro.

Tal como se observa en las fotografías anteriores, la grieta evidencia un desplazamiento del relleno que se localiza en la parte posterior del muro de contención. El sentido horizontal este movimiento

se da en hacia el frente del muro, verticalmente también se presenta una diferencia de nivel de aproximadamente 40cm (variable).

Este comportamiento indica que se se está dando un asentamiento importante en el relleno, lo cual puede esperarse en un relleno de estas dimensiones. Sin embargo, tomando en cuenta la magnitud del asentamiento y de continuar los desplazamientos, , la cual debe ser verificada mediante estudios geotécnicos adecuados.

8)



9)



Fotografías N°8 y 9. Grieta cercana a la calzada en la parte posterior del muro.

En las dos fotografías anteriores se observa como la grieta se ha prolongado hacia la calzada. El daño se presenta como un hundimiento en el concreto que fue colocado entre la calzada y la acera,

provocando la fractura del mismo. Las reparaciones que han realizado en el concreto evidencian que el movimiento del relleno continúa activo, ya que luego de hacer reparaciones en pocos días se presentan nuevamente las grietas.

Relleno al pie del muro

En el pie del muro de contención se depositó gran cantidad de material (suelos tipo limos arcillosos), el cual aparenta ser parte del suelo que falló inicialmente. En las siguientes fotografías se observa la condición actual de este material.

10)



11)



Fotografías N°10 y 11. Condición del relleno colocado al pie del muro.

Tal como se observa, este material se encuentra en una condición muy suelta, se está erosionando y está siendo arrastrado hacia la parte inferior de la ladera. Se desconoce si el arrastre de estos sedimentos está afectando algún cuerpo de agua (río o quebrada).

La condición suelta de este material no necesariamente está afectando de manera directa la estabilidad del muro de contención. Lo afectaría directamente si el muro estuviera cimentado sobre este relleno, sin embargo, se desconoce cómo se realizó el movimiento de tierras para remover el material fallado y si se excavó hasta un estrato adecuado para cimentar el muro, el cual debe tener las propiedades y la capacidad de soporte requeridas para resistir las cargas sin que se produzca la falla en el terreno.

Evacuación pluvial

Otro elemento observado en la visita es una tubería de evacuación pluvial, la cual se está colocando para disponer del agua captada por las cunetas en la parte superior del relleno. Ver fotografías 12 y 13.



12)



13)

Fotografías N°12 y 13. Tubería para evacuación de agua pluvial.

Desconocemos si hubo un diseño hidráulico para determinar el tipo y el diámetro de la tubería requerida para esta conducción, las cajas o los anclajes de concreto. Debemos resaltar que la

tubería utilizada es de PVC, la cual no está fabricada para estar expuesta a la luz solar, ya que sufre degradación por la radiación y esto disminuye su vida útil.

En el sitio también se pudo observar la condición que presenta el talud al lado opuesto de la carretera. Este talud también ha sido intervenido mediante la construcción de un muro de gaviones. Según se muestra en la siguiente fotografía este talud también ha sufrido deslizamientos recientes, de continuar estos eventos esto puede agravar la condición y afectar la estabilidad de este tramo de carretera.



Fotografía No. 14. Deslizamiento reciente en el talud al lado opuesto de la carretera.

6. CONCLUSIONES

- a) El sitio donde se construyó el muro, se vio influenciado por diferentes factores condicionantes (relieve, litología, estructuras tectónicas) que propiciaron la generación del deslizamiento original.
- b) Las rocas que afloran en el sitio de estudio son de tipo sedimentario que por efecto de alteración hidrotermal han perdido todas sus propiedades físicas originales de roca hasta convertirse en arcillas.
- c) La zona de estudio está localizada en una zona de fallas tectónicas, que han favorecido la alteración de las rocas originales.
- d) Las pendientes por sí solas no parecen ser el principal problema del área del proyecto ya que no son tan elevadas $<26^\circ$. Posiblemente un mal manejo del agua de escorrentía en el pasado, sumado a la fuerte alteración de los materiales del sitio facilitara la generación de los deslizamientos.
- e) El muro construido en el estacionamiento 9+850 presenta deformaciones en el alineamiento horizontal y vertical de los gaviones de la fachada.
- f) Las rocas que se utilizaron para construir el muro de gaviones son una combinación de rocas sanas con una patina de color morado y rocas alteradas de muy pobre consistencia que no son aptas para este tipo de estructuras. Muchas de estas rocas presentan tamaños mayores o menores a los que se especifican en el CR-2010 para estas obras de estabilización.
- g) En algunas cajas de gavión se presentan abultamientos y tensores fallados por las deformaciones que han experimentado.
- h) La grieta que se ha generado en la parte posterior del muro evidencia un desplazamiento y un asentamiento del relleno.
- i) El material depositado al pie del muro se encuentra en una condición muy suelta, se está erosionando y está siendo arrastrado hacia la parte inferior de la ladera.
- j) Deterioros tales como el desplazamiento y asentamiento del relleno en la parte posterior del muro, así como las deformaciones que se presentan en la fachada, son indicadores importantes de una condición insegura en la estabilidad de la obra.
- k) Esta condición actualmente está afectando la estructura de pavimento en la parte superior.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Administración considerar las siguientes acciones relativas al muro de contención estudiado:

- a) Revisión de los temas tratados en este informe.
- b) Realizar los estudios técnicos, un diseño adecuado y planes de mantenimiento, para todas las obras que se realicen tendientes a mejorar la condición del muro de contención. En estos estudios es necesario tomar en cuenta las condiciones geológicas e hidrológicas particulares de la zona.
- c) Mantener un monitoreo topográfico en el sitio para determinar el comportamiento de las deformaciones que está presentando el muro.
- d) Realizar estudios geotécnicos que permitan determinar la estabilidad interna, externa y global del muro bajo las condiciones actuales, así como las acciones correctivas necesarias en caso de presentarse condiciones que sean consideradas inseguras. En estos estudios es necesario tomar en cuenta la condición actual del talud localizado al otro lado de la carretera. Considerar la realización de perforaciones que permitan explorar de manera adecuada la geología del terreno sobre el cual está cimentado el muro de contención.
- e) En el corto plazo evitar que el agua continúe infiltrándose por la grieta del relleno en la parte posterior del muro.
- f) Es recomendable monitorear el comportamiento de los drenajes propios del muro de contención, con el fin de detectar si el agua fluye libremente o si se presentan obstrucciones.
- g) Considerar la intervención mediante movimiento de tierras en el relleno localizado al pie del muro, con el fin de remover el material suelto y favorecer la estabilidad de este material.
- h) Implementar un sistema de control de erosión efectivo, el cual logre disminuir la pérdida del suelo en el relleno localizado al pie del muro de contención.
- i) Revisión del diseño de la tubería de conducción mencionada en este informe. Es importante verificar la capacidad hidráulica y estructural de las obras que se están construyendo, esto incluye la tubería, las cajas, los anclajes de unión entre los tubos y las obras en el punto de descarga para evitar la socavación del terreno.
- j) Realizar estudios para identificar otros sectores de la Ruta N°303 que pudieran estar presentando cárcavas, grietas o deterioros que puedan advertir de condiciones similares a las que provocaron el deslizamiento en el sitio.
- k) Es muy importante brindar un mantenimiento adecuado a los sistemas de evacuación pluvial cercanos al muro de contención (cunetas, cajas, tuberías, etc.).