



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: LM-IG-17-2020

Revisión del estudio de suelos para el Proyecto Playa Naranjo – Paquera

INFORME FINAL



Preparado por:
Ing. Gustavo Adolfo Badilla Vargas, D.Sc.
Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Noviembre, 2020



1. Informe LM-IG-17-2020		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Informe de segunda visita al Proyecto Playa Naranjo – Paquera		4. Fecha del Informe 13 de noviembre de 2020
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 Ninguna		
7. Resumen <i>A solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica del PITRA, se presenta a continuación un resumen de la gira realizada para verificar el estado de algunos taludes de la Ruta Nacional N°160, Sección Playa Naranjo – Paquera.</i> <i>Entre los objetivos de esta gira, se encuentra verificar la aplicación de las recomendaciones del diseñador para la estabilidad de algunos taludes. De lo observado en la visita, se determinó que la falta de acatamiento de las recomendaciones, ha hecho que algunos taludes fallen de forma prematura y que sea necesario, en algunos casos, la reconstrucción de estos mismos taludes.</i> <i>Adicionalmente, en esta visita fue posible observar algunos problemas y deficiencias en algunas obras construidas, por ejemplo, problemas en las contracunetas, alcantarillas y muros de gaviones. Por último, se considera recomendable verificar las propiedades mecánicas y de durabilidad de las rocas utilizadas en la construcción de algunos de los muros de gaviones.</i>		
8. Palabras clave Estabilidad de taludes, macizo rocoso, suelos, muro de gaviones, alcantarillas	9. Nivel de seguridad: -	10. Núm. de páginas 27
11. Preparado por: Ing. Gustavo Adolfo Badilla Vargas, D.Sc Programa de Ingeniería Geotécnica		
12. Revisado y aprobado por: Ing. Ana Lorena Monge Sandí, M.Sc Coordinadora del Programa de Ingeniería Geotécnica		



CONTENIDO

I.	Introducción	4
II.	Antecedentes.....	4
II.1	Estación 19+440, talud derecho.....	5
II.2	Estación 19+097, talud izquierdo y derecho	5
II.3	Estación 17+590, talud derecho.....	6
II.4	Estación 17+374, talud derecho.....	7
II.5	Estación 16+565, talud derecho.....	8
II.6	Tramo comprendido entre la estación 13+100 – 13+400, taludes izquierdos	9
II.7	Estación 12+800, talud derecho.....	10
II.8	Estación 12+200, talud derecho.....	11
II.9	Estación 11+880, talud derecho.....	12
II.10	Estación 4+260, talud izquierdo y derecho	13
II.11	Estación 3+286, talud derecho.....	14
II.12	Estación 2+815, talud izquierdo	15
II.13	Comentarios finales respecto a las condiciones observadas de los taludes	16
III.	Comentarios acerca de otros elementos y obras del proyecto	16
III.1	Salidas de las alcantarillas y drenajes subterráneos	17
III.1.1	Deficiencias o ausencia de estructura de entrega de flujo de agua en las salidas de alcantarillas.....	17
III.1.2	Obstrucciones por depósito de materiales en las entradas de alcantarillas	19
III.2	Muros de gaviones y terramesh	21
III.2.1	Estación 13+300.....	22
III.2.2	Estación 17+354.....	23
III.2.3	Estación 3+950.....	24
IV.	Comentarios finales.....	26
V.	Referencias	26



INFORME DE SEGUNDA VISITA AL PROYECTO PLAYA NARANJO – PAQUERA

I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra un resumen de la gira realizada entre los días 26 y 27 de octubre al proyecto de la Ruta No. 160, Sección: Playa Naranjo – Paquera. Se comentan algunas condiciones observadas en los taludes visitados, los muros de gaviones construidos y algunas obras de drenaje superficial en los taludes y en algunos drenajes subterráneos a la estructura del pavimento en miras de tratar de evitar colapsos futuros en la carretera.

Se realiza una comparación entre la condición actual y la de las medidas adoptadas para mejorar la estabilidad de los taludes evaluados en los documentos: LM-IG-04-19 “Informe de visita al Proyecto Playa Naranjo – Paquera” y el documento “Proyectos de estabilización en diferentes zonas del proyecto R160”. A continuación, se presentan los comentarios y observaciones obtenidas con la visita al sitio.

II. Antecedentes

Como se mencionó en el informe LM-IG-07-18 “Revisión del estudio de suelos para el Proyecto Playa Naranjo – Paquera” entregado en diciembre del 2018, al realizar las revisiones correspondientes de los estudios de suelos, se logró constatar que el análisis se realizó a un solo perfil geotécnico generalizado para el proyecto y que se había tomado como premisa que el comportamiento de los materiales que componen el talud iba a ser regido por la mecánica de suelos y no iba a estar dominado por el comportamiento de un macizo rocoso (mecánica de rocas), ya que se supuso que el material se encontraba altamente meteorizado.

Por su parte, en el informe LM-IG-04-19 “Informe de visita al Proyecto Playa Naranjo – Paquera”, después de realizar la gira al proyecto de la Ruta No. 160 en la sección de Playa Naranjo – Paquera, se pudo concluir que era recomendable realizar un análisis diferenciado para algunos de los taludes que presentaban un comportamiento de macizo rocoso, en lugar de considerar que estos macizos presentaban un material altamente meteorizado que pudiera fallar según la mecánica de suelos. Específicamente, este informe sugirió estudiar con mayor rigurosidad la estabilidad y optimizar el sistema de contención de ser requerido para los siete taludes que se indican a continuación: 19+940 talud derecho, 17+360 talud izquierdo, 13+397 talud derecho, 4+260 taludes izquierdo y derecho, 3+286 talud derecho, 19+097 talud izquierdo, y 4+585 talud izquierdo. Para efectos de ubicar los taludes en cada una de las márgenes de la carretera, se consideró como punto de partida la estación 0+000 (ubicada en las cercanías de la entrada a Playa Naranjo) en dirección al final del proyecto (Paquera), con ello se nombraron los taludes derecho e izquierdo.

En el caso del informe, “Proyectos de estabilización en diferentes zonas del proyecto R160”, fueron analizados cinco taludes y fueron propuestas soluciones para uno ellos. Estos taludes corresponden a los que se indican como: 13+200 talud izquierdo, 12+040 talud derecho, 8+700, talud derecho, 6+400 talud derecho, y 3+200 talud derecho.

Como fue mencionado en el informe LM-IG-04-19, es importante reforzar que es necesario acatar las recomendaciones del diseñador en cuanto a la construcción de bermas y manejos de agua superficial, pues en gran medida la estabilidad de algunos de los taludes dependerá de la existencia de estas dos condiciones.

A diferencia de la anterior visita realizada al sitio, el avance actual de las obras permite observar claramente la condición de los taludes, permitiendo identificar los taludes en los cuales pueden ser

Informe LM-IG-17-2020	Noviembre, 2020	Página 4 de 27
-----------------------	-----------------	----------------



aplicados los mecanismos de comportamiento de suelos por los macizos con alto grado meteorización, de los que más bien presentan una condición de macizo rocoso, regido por el comportamiento de la mecánica de rocas, así como las medidas que fueron adoptadas para la estabilización de los taludes que se muestran a continuación.

Para efectos de ubicar los taludes, se utiliza nuevamente el mismo criterio adoptado anteriormente, considerando como punto de partida la estación 0+000 (ubicada en las cercanías de la entrada a Playa Naranjo) en dirección al final del proyecto (Paquera), con ello se nombran los taludes derecho e izquierdo.

II.1 Estación 19+440, talud derecho

Según el informe LM-IG-04-19 “Informe de visita al Proyecto Playa Naranjo – Paquera”, se recomendó realizar análisis estereográfico (como método sugerido) de las familias de discontinuidades presentes en el macizo rocoso para estudiar alternativas de estabilización del talud. Por su parte, para la estación 19+460 CACISA propuso inicialmente la colocación de un muro de gaviones, tomando prevenciones de la inestabilidad del talud. Cabe indicar que el informe “Proyectos de estabilización en diferentes zonas del proyecto R160” no mencionó ninguna medida para mejorar la estabilidad de este talud.

Sin embargo, en la visita realizada no fueron observadas medidas de estabilización adicionales a la construcción de bermas. Como se observa en la Figura 1, en este estacionamiento se están presentando deslizamientos de material que pueden estar favorecidos por el buzamiento de una familia de discontinuidades que acompaña la pendiente del talud. Adicionalmente, no fueron observadas contracunetas u otras medidas de drenaje y manejo de agua superficial.



Figura 1. Talud derecho, estación 19+440

II.2 Estación 19+097, talud izquierdo y derecho

En el momento que se hizo la visita del informe LM-IG-04-19 “Informe de visita al Proyecto Playa Naranjo – Paquera”, no fueron observadas la construcción de medidas para mejorar la estabilidad del talud. Entre las recomendaciones propuestas por CACISA, se contempló que los taludes de 8 m

de altura o menos no se les construirían bermas para acortar la altura y para taludes mayores, se deberían construir bermas para facilitar la estabilidad y el manejo de la escorrentía superficial.

Como se observa en la Figura 2, ambas recomendaciones dadas por el diseñador fueron acatadas. Sin embargo, en esta figura, se pueden notar aspectos preocupantes en la construcción de las contracunetas. En primer lugar, la inclinación de salida de las contracunetas para la escorrentía del agua, es bastante elevada y adicionalmente no posee elementos disipadores o reductores de la velocidad del agua. Esto puede generar problemas de erosión o socavación en los materiales aledaños a la contracuneta. Por otro lado, se observa en la Figura 2b que el apoyo de las contracunetas se encuentra comprometido por la erosión y socavación, lo cual puede acarrear un colapso del sistema de control del agua superficial. Por estas razones es recomendable tomar medidas inmediatas para resolver la situación ante las lluvias que se presentan en esta zona.



Figura 2. Talud izquierdo y derecho, estación 19+080

II.3 Estación 17+590, talud derecho

Al igual que en el talud anterior, fueron seguidas las recomendaciones propuestas por CACISA, donde, se contempló que los taludes de 8 m de altura o menos no se les construirían bermas para acortar la altura y para taludes mayores, se deberían construir bermas para facilitar la estabilidad y el manejo de la escorrentía superficial.

En la Figura 3, se nota que ambas recomendaciones fueron acatadas. Sin embargo, en esta Figura 3b, se observa que la inclinación de salida de agua de las contracunetas es bastante elevada y que no posee elementos disipadores o reductores de la velocidad del agua, al igual que en el talud anteriormente comentado. Por otro lado, se observa en la gran cantidad de sedimentos que se han depositado en la entrada del drenaje subterráneo transversal a la estructura del pavimento, situación que puede afectar en el corto y mediano plazo la función de drenaje de la escorrentía superficial.



(a)



(b)

Figura 3. Talud izquierdo y derecho, estación 17+590

II.4 Estación 17+374, talud derecho

Según el informe LM-IG-04-19 “Informe de visita al Proyecto Playa Naranjo – Paquera”, se recomendó realizar análisis estereográfico de las familias de discontinuidades presentes en el macizo rocoso para estudiar alternativas de estabilización del talud. Por su parte, para la estación 17+350, CACISA propuso inicialmente la colocación de un muro de gaviones, tomando prevenciones de la inestabilidad del talud. Cabe indicar que el informe “Proyectos de estabilización en diferentes zonas del proyecto R160” tampoco menciona ninguna medida para mejorar la estabilidad de este talud.

Entre las recomendaciones propuestas por CACISA, se contempló que los taludes de 8 m de altura o menos no se les construirían bermas para acortar la altura y para taludes mayores, se deberían construir bermas para facilitar la estabilidad y el manejo de la escorrentía superficial.

Como se observa en la Figura 4a y 4b, ambas recomendaciones dadas por el diseñador fueron acatadas. Sin embargo, nuevamente, se observa en la Figura 4b, la inclinación de salida de las contracunetas y la ausencia de elementos disipadores o reductores de la velocidad del agua. Por otro lado, en la Figura 4c, se observa que la orientación del buzamiento de las familias de las discontinuidades, en algunos sectores del talud son favorables a la pendiente del talud, lo cual puede favorecer deslizamientos de material, por lo que se considera necesario considerar sistemas de sostenimientos más efectivos para atender los mecanismos de falla que podrían presentarse.



Figura 4. Talud derecho, estación 17+374

II.5 Estación 16+565, talud derecho

Entre las recomendaciones propuestas por CACISA, se contempló que los taludes de 8 m de altura o menos no se les construirían bermas para acortar la altura y para taludes mayores, se deberían construir bermas para facilitar la estabilidad y el manejo de la escorrentía superficial. Cabe mencionar que ni el informe LM-IG-04-19 “Informe de visita al Proyecto Playa Naranjo – Paquera” ni el informe “Proyectos de estabilización en diferentes zonas del proyecto R160” mencionan ninguna medida para mejorar la estabilidad de este talud.

Como se observa en la Figura 5, la recomendación del diseñador para la construcción de bermas para acortar la altura fue acatada. Sin embargo, no se observó la construcción de contracunetas para el manejo de la escorrentía superficial. Aunque, en la visita no fueron observados problemas de inestabilidad en el talud, tal y como se observa en esta misma figura, es preocupante la presencia de rocas en la parte alta del talud, las cuales, si no son debidamente estabilizadas, constituyen un peligro potencial para los usuarios de la carretera.



Figura 5. Talud derecho, estación 16+565

II.6 Tramo comprendido entre la estación 13+100 – 13+400, taludes izquierdos

Este tramo presenta condiciones geotécnicas complejas. Según el informe LM-IG-04-19 “Informe de visita al Proyecto Playa Naranjo – Paquera”, se recomendó realizar análisis estereográfico de las familias de discontinuidades presentes en el macizo rocoso para estudiar alternativas de estabilización del talud. Así pues, el informe “Proyectos de estabilización en diferentes zonas del proyecto R160” presentó las siguientes recomendaciones para la estabilización del talud ubicado en el estacionamiento 13+200:

Talud	Solución propuesta
13+200 talud izquierdo	Zona estabilización: 13+280 – 13+336 Pernos pasivos: 1.75 x 1.75 m, L= 6 – 10 m, Varilla #8 Concreto lanzado, espesor 12 cm, doble malla Drenaje: ϕ : 75 mm, L= 10 m, inclinación= 10° Contracuneta: ϕ : 60 cm Berma: concreto clase X, espesor= 10 cm, pendiente= 2%

Sin embargo, en la visita realizada, como se observa en la Figura 6, algunas secciones de los taludes ya presentan deslizamientos de material y las medidas sugeridas anteriormente no fueron implementadas; la única acción realizada, es la recomendación del diseñador relacionada con la construcción de bermas para acortar la altura. En la Figura 6c, se observa que la orientación del buzamiento de las familias de las discontinuidades, en algunos sectores del talud son favorables a la pendiente del talud, lo cual puede favorecer deslizamientos de material, por lo que se considera necesario la implementación de los sistemas de sostenimiento sugeridos u otros sistemas más efectivos para atender los mecanismos de falla que podrían presentarse. Además, deben adoptarse medidas adecuadas de manejo de agua superficial, pues en gran medida la estabilidad de estos taludes dependerá de la existencia de estas.



Figura 6. Tramo comprendido entre la estación 13+100 – 13+400, taludes izquierdos

Debido a las fallas observadas en el talud, se sugiere nuevos análisis, para establecer las propiedades de resistencia al corte residual de los taludes fallados y valorar si las recomendaciones propuestas en el informe “Proyectos de estabilización en diferentes zonas del proyecto R160” siguen siendo adecuadas.

Finalmente, en el estacionamiento 13+100, mostrado en la Figura 6d, se puede observar que fueron adoptadas las medidas sugeridas por CACISA para taludes mayores a 8 metros de altura, en los cuales se construyeron bermas para facilitar la estabilidad. Sin embargo, debido a la altura de los taludes, en la visita realizada no se pudo observar si existía o no un manejo adecuado de la escorrentía superficial, puesto que no fue posible identificar la presencia de contracunetas en el talud.

II.7 Estación 12+800, talud derecho

Como se observa en la Figura 7, fueron acatadas las recomendaciones del diseñador propuestas por CACISA para los taludes mayores de 8 m de altura, como fue la construcción de bermas y el manejo de la escorrentía superficial.

La alta meteorización observada en el macizo rocoso sugiere que el comportamiento de los materiales que componen el talud puede estar regido por la mecánica de suelos. Sin embargo, como se observa en la Figura 7b, sería conveniente llevar a cabo análisis adicionales, por ejemplo, análisis estereográficos, para establecer sistemas de sostenimiento más efectivo en algunas zonas

específicas del talud, puesto que se vislumbran indicios de fallas provocados por la intersección de familias de discontinuidades encontradas en las partes más altas del macizo rocoso, lo cual podría generar caídas de material o deslizamientos a gran altura, lo cual constituye un potencial riesgo para los usuarios de la carretera.

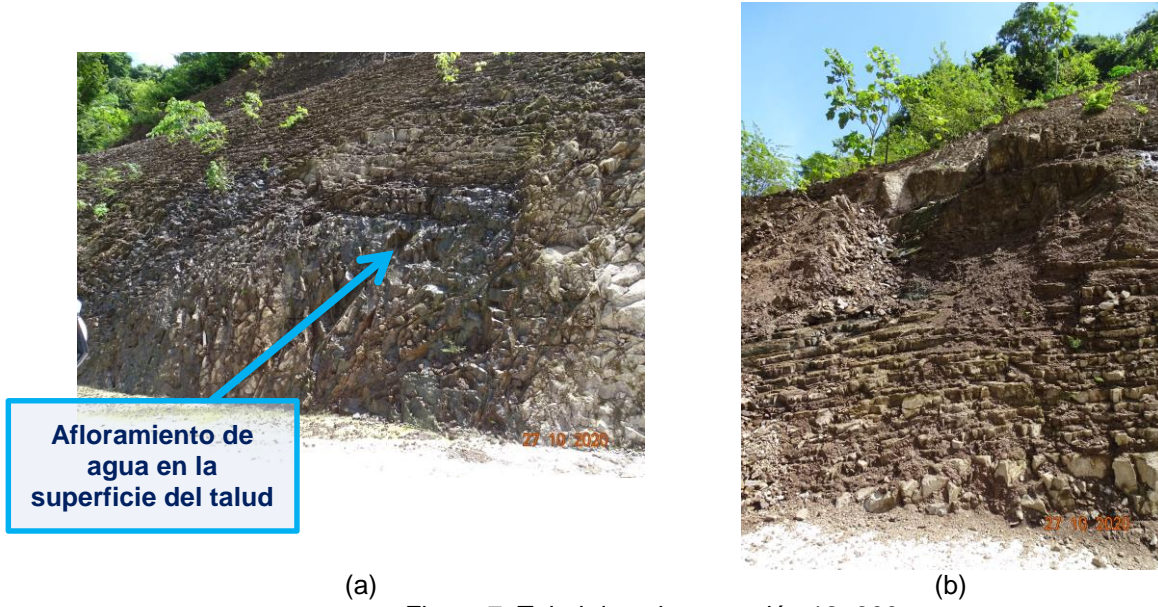


Figura 7. Talud derecho, estación 12+800

Finalmente, en la Figura 7a, también puede observarse el afloramiento de agua al pie del talud en algunas zonas del macizo, lo cual requiere atención puesto que, estas regiones pueden representar sectores con menores resistencias al corte y potenciales zonas de fallas, por lo que se sugiere la colocación de drenajes para el control de los niveles de agua observados en campo.

II.8 Estación 12+200, talud derecho

Este talud presenta condiciones geotécnicas, en las cuales el comportamiento del macizo rocoso está regido por la mecánica de rocas. Así pues, el informe “Proyectos de estabilización en diferentes zonas del proyecto R160” presentó las siguientes recomendaciones para la estabilización del talud ubicado en el estacionamiento 12+040:

Talud	Solución propuesta
12+040 talud derecho	Zona estabilización: 12+130 – 12+205 Pernos pasivos: 1.75 x 1.75 m, L= 6.5 – 15.5 m, Varilla #8, Inclinación: 20° Concreto lanzado, espesor 12 cm, doble malla Drenaje: ϕ : 75 mm, L= 10 m, inclinación= 5° Contracuneta: ϕ : 60 cm Berma: concreto clase X, espesor= 10 cm, pendiente= 2%

En las Figuras 8a, 8b y 8c, se observa que las medidas sugeridas anteriormente no fueron implementadas. Se nota, también, que la orientación del buzamiento de las familias de las discontinuidades es favorable a la pendiente del talud. De esta manera, en la Figura 8c, se muestra que, en la visita realizada, el talud presenta deslizamientos de material que cayeron dentro de la superficie de rueda del pavimento, pese a que se utilizaron las recomendaciones iniciales de CACISA de la construcción de bermas para acortar la altura y el manejo de aguas superficiales, afectando las

obras que habían sido realizadas anteriormente. Este deslizamiento, muestra que es necesario establecer sistemas de sostenimientos más efectivos para atender los mecanismos de falla.

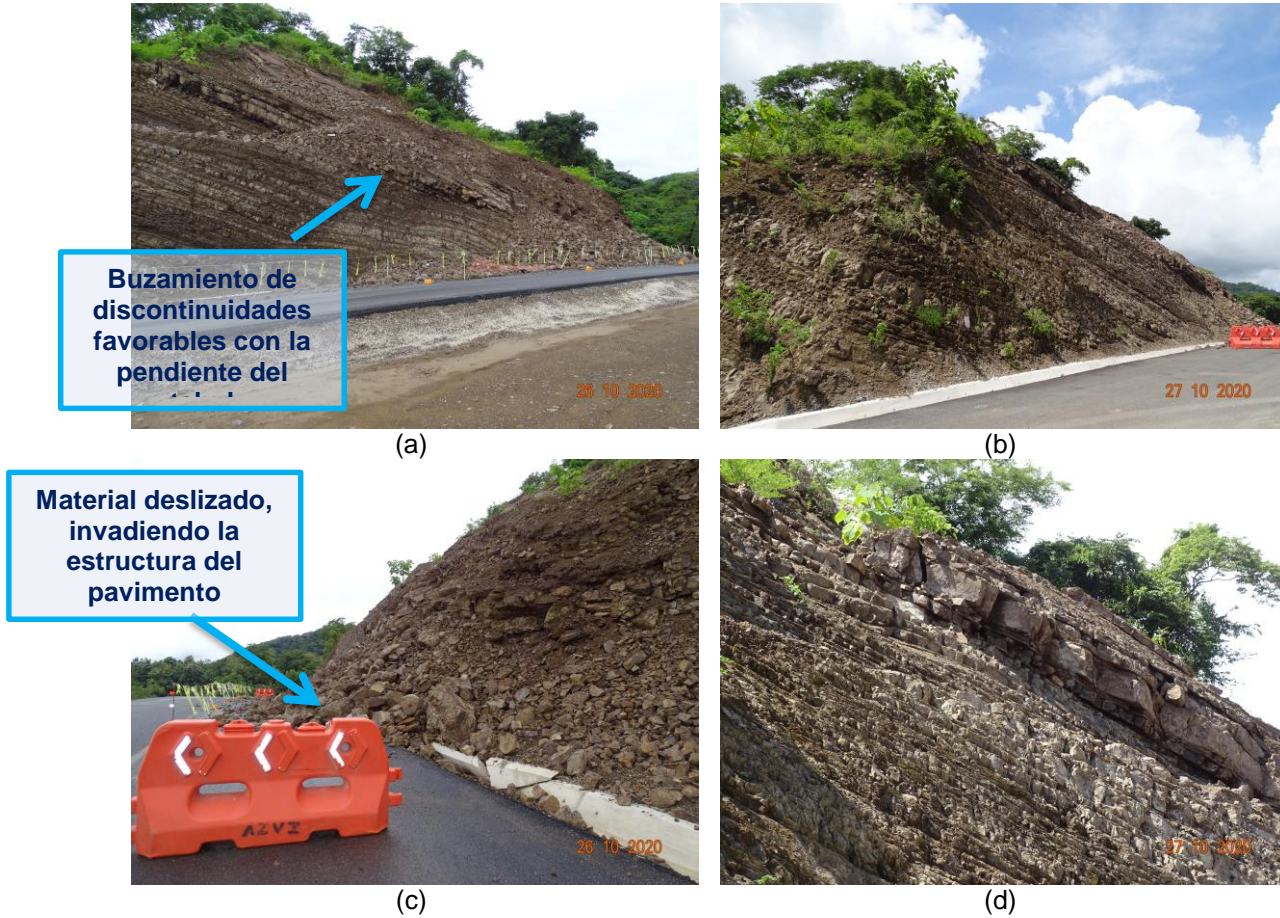


Figura 8. Talud derecho, estación 12+200

Debido a la falla reciente del talud, podría ser necesario realizar nuevos análisis, para establecer las propiedades de resistencia al corte residual del talud y valorar si las recomendaciones propuestas en el informe “Proyectos de estabilización en diferentes zonas del proyecto R160” continúan vigentes o si será necesario adoptar nuevas medidas de estabilización del talud.

II.9 Estación 11+880, talud derecho

En el momento que se hizo la visita del informe LM-IG-04-19 “Informe de visita al Proyecto Playa Naranjo – Paquera”, se indicó que este talud presenta una zona con un comportamiento regido por la mecánica de rocas, con la presencia de material con sobre tamaño, de forma tal, que este material fuese eliminado para disminuir el peligro potencial a los usuarios de la carretera.

Sin embargo, como se observa en la Figura 9a, no fueron adoptadas medidas para eliminar este tipo de riesgos, ya que todavía se tiene la presencia de rocas con sobre tamaño que podrían caer en cualquier momento. Por otro lado, en la Figura 9b, se puede observar que se adoptó la recomendación de CACISA del manejo de la escorrentía superficial, pero es importante destacar que, nuevamente, la inclinación de salida de agua de las contracunetas es bastante elevada y que no posee elementos disipadores o reductores de la velocidad del agua. Además, el apoyo de las

contracunetas comienza a presentar evidencias de erosión y socavación, lo cual puede acarrear un colapso del sistema de control del agua superficial, por lo que es recomendable tomar medidas inmediatas para resolver la situación ante las lluvias que se dan en esta zona.



Figura 9. Talud derecho, estación 11+880

II.10 Estación 4+260, talud izquierdo y derecho

Como fue mencionado en el informe LM-IG-04-19 “Informe de visita al Proyecto Playa Naranjo – Paquera”, el mecanismo de falla esperado para estos taludes puede estar definido por la mecánica de rocas y no necesariamente, definido por la mecánica de suelos. Sin embargo, el informe “Proyectos de estabilización en diferentes zonas del proyecto R160” no presentó un análisis relativo a este estacionamiento.

Tal y como, fue comentado en el informe LM-IG-01-20 “Informe de la revisión del documento: Proyecto de estabilización en diferentes zonas del proyecto R160”, las diferencias de criterio en el análisis para este talud obedece a percepciones en campo de los taludes; por lo que, en el momento que fue realizada la visita por el consorcio de la Ruta 160 en conjunto con el experto, es probable que el talud no presentara fallas y por lo tanto no fue considerado necesario llevar a cabo un análisis específico de este talud.

Dicho lo anterior, en la Figura 10, se puede observar que para estos taludes fueron adoptadas las recomendaciones propuestas por CACISA, que contemplan la construcción de bermas para acortar la altura y facilitar la estabilidad. Sin embargo, debido a la altura de los taludes, en la visita realizada no fue posible observar si existía o no un manejo adecuado de la escorrentía superficial, puesto que no fue posible identificar la presencia de contracunetas en el talud. Por otra parte, en esta misma figura se puede notar los efectos de la erosión, manifestados por la formación de irregularidades y surcos dejados por la escorrentía en la superficie del talud, así como también la acumulación de material suelto al pie del talud, producto del proceso de desmoronamiento o lavado superficial.



(a)



(b)

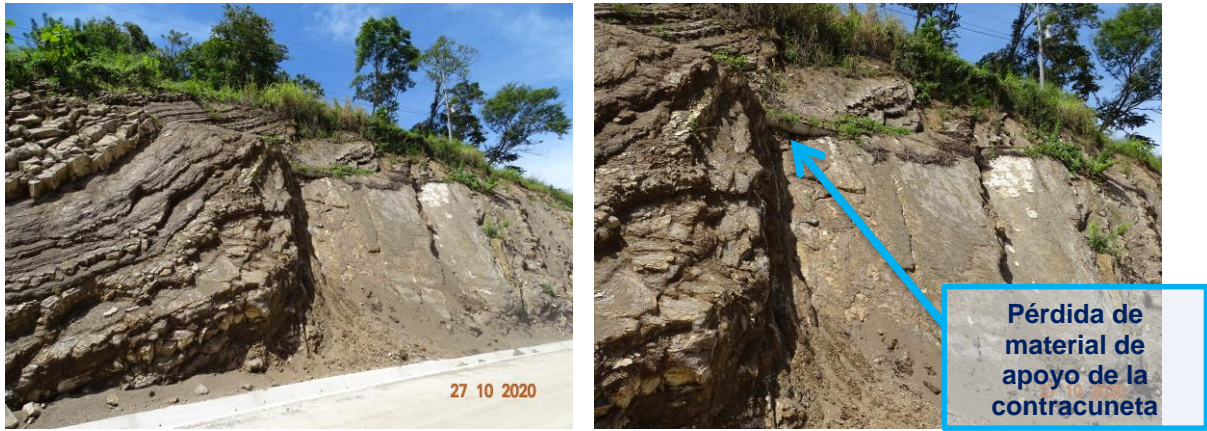
Figura 10. Talud izquierdo y derecho, estación 4+260

II.11 Estación 3+286, talud derecho

Según el informe LM-IG-04-19 “Informe de visita al Proyecto Playa Naranjo – Paquera”, se recomendó realizar un análisis de estabilidad con mecanismos de la mecánica de rocas para estudiar alternativas de estabilización del talud. Así pues, el informe “Proyectos de estabilización en diferentes zonas del proyecto R160” presentó las siguientes recomendaciones para la estabilización del talud ubicado en el estacionamiento 3+200:

Talud	Solución propuesta
3+200 talud derecho	Zona estabilización: 3+140 – 3+380 Pernos pasivos: 1.75 x 1.75 m, L= 10 m, Varilla #8, Inclinación: 20° Concreto lanzado, espesor 12 cm, doble malla Drenaje: ϕ : 75 mm, L= 10 m, inclinación= 10° Malla contra caídos

Sin embargo, en la visita realizada, de las medidas sugeridas fue posible observar únicamente la existencia de un manejo de la escorrentía superficial mediante la instalación de contracunetas, siendo que aún no fueron implementadas el resto de las recomendaciones, según puede observarse en la Figura 11. Como se observa en esta misma figura, existen planos de bloques de roca buzando en la misma dirección del talud, propiciando la inestabilidad de este. En el caso de la Figura 11b, se observa un mecanismo de falla tipo cuña, en el cual dos familias de discontinuidades se intersecaron y cortaron entre sí, lo cual generó el deslizamiento de un bloque o material del talud. Debe destacarse que este deslizamiento provocó una pérdida de apoyo de la contracuneta, lo cual puede acarrear un colapso del sistema de control del agua superficial, por lo que es recomendable tomar medidas inmediatas para resolver la situación ante las lluvias que se dan en esta zona.



(a) (b)
Figura 11. Talud derecho, estación 3+286

II.12 Estación 2+815, talud izquierdo

El informe “Proyectos de estabilización en diferentes zonas del proyecto R160” presentó las siguientes recomendaciones para la estabilización del talud ubicado en el estacionamiento 2+840:

Talud	Solución propuesta
2+840 talud derecho	Zona estabilización: 2+860 – 2+915 Pernos pasivos: 1.75 x 1.75 m, L= 9 m, Varilla #8, Inclinación: 20° Concreto lanzado, espesor 12 cm, doble malla Drenaje: ϕ : 75 mm, L= 10.5 m, inclinación= 10° Contracuneta: ϕ : 60 cm

Como se observa en la Figura 12, tal como lo menciona el informe del consorcio Ruta 160, en este estacionamiento existe una vivienda, la cual habría que demoler para poder continuar con el proyecto, por lo que el experto contratado por este consorcio sugiere un cambio de la inclinación del talud, el cual a priori es favorable y propone, también, medidas adicionales de protección (concreto lanzado sobre malla electrosoldada). Dichas recomendaciones se consideran adecuadas. Sin embargo, en la visita realizada, y como se observa en esta misma figura, aún no fueron implementadas las recomendaciones dadas para este talud. Por otra parte, en la Figura 12b se puede notar los efectos de la erosión, manifestados por la formación de irregularidades y surcos dejados por la escorrentía superficial, por lo que se recomienda tomar medidas inmediatamente para evitar problemas de estabilidad futuros en este sitio ante las lluvias que se pueden dar en esta zona.



Figura 12. Talud izquierdo, estación 2+815

II.13 Comentarios finales respecto a las condiciones observadas de los taludes

Tal y como ya había sido mencionado en el informe LM-IG-04-19, la variabilidad geotécnica encontrada a lo largo del proyecto muestra que, es posible encontrar taludes, en los cuales los mecanismos de falla de los macizos rocosos se rigen por la mecánica de rocas, donde la orientación de las distintas familias de discontinuidades, sus intersecciones y buzamientos pueden determinar la estabilidad del talud.

Así pues, el informe LM-IG-01-20 “Informe de la revisión del documento: Proyecto de estabilización en diferentes zonas del proyecto R160” refuerza la necesidad de acatar las recomendaciones dadas por el profesional responsable de la evaluación de los taludes en el informe del consorcio Ruta 160 “Proyectos de estabilización en diferentes zonas del proyecto R160”. Sin embargo, después de realizar la visita, es claro que la mayoría de estas recomendaciones todavía no han sido aplicadas y que, en algunos casos, ya se han presentado problemas de estabilidad o representan condiciones potenciales de falla de los taludes.

Es importante mencionar que, aunque ya sean acatado algunas de las recomendaciones iniciales de CACISA en cuanto a la construcción de bermas, drenajes y manejos de agua superficial para mejorar la estabilidad de los taludes, existen algunas deficiencias en su implementación lo cual puede representar riesgos al desempeño futuro y estabilidad de los taludes, lo cual requiere de atención.

III. Comentarios acerca de otros elementos y obras del proyecto

Durante la visita se observaron otros tipos de elementos y obras relacionadas con aspectos geotécnicos, tal como algunos drenajes y muros de gaviones, de los cuales se presentan a continuación algunos comentarios.

Para efectos de localizar los puntos evaluados se utiliza, nuevamente, como punto de partida la estación 0+000 (ubicada en las cercanías de la entrada a Playa Naranjo) en dirección al final del proyecto (Paquera).



III.1 Salidas de las alcantarillas y drenajes subterráneos

Debido a la variabilidad geológica a lo largo del corredor vial, los taludes rocosos expuestos con un alto grado de meteorización pueden sufrir de un alto grado de erosión del macizo por el escurrimiento superficial de la lluvia, lo cual, junto con la pérdida de confinamiento constituyen riesgos de deslizamientos. De esta forma la remoción del agua libre por medio de flujos verticales o laterales con drenajes subterráneos se vuelve indispensable e integrante del proceso de diseño, para garantizar el aumento de la vida útil de las estructuras viales desarrolladas.

En este sentido, de forma general, el corredor vial presenta deficiencias, tanto en cantidad, diseño y construcción de los sistemas de drenaje y manejo de aguas superficiales y drenaje subterráneo, lo cual aumenta la susceptibilidad de falla de los taludes de los rellenos de la estructura del pavimento, así como también beneficia la acumulación de agua en los bordes de la estructura del pavimento (encharcamiento) y saturación de los materiales que componen la estructura del pavimento, disminuyendo la capacidad de soporte, la resistencia al corte y por ende, la vida útil de la estructura vial.

Así pues, se mencionan a continuación algunas de las deficiencias encontradas.

III.1.1 Deficiencias o ausencia de estructura de entrega de flujo de agua en las salidas de alcantarillas

Los flujos de agua canalizados por las alcantarillas deben ser direccionados y entregados adecuadamente a los cauces o quebradas donde no se genere socavación. Si estos flujos de agua son entregados indiscriminadamente en una ladera, es posible que se presenten procesos erosivos severos. Por esta razón se recomienda que en todos los casos se logre una conducción de aguas eficiente y segura, proveyendo estructuras de bajada (o también conocidas, como estructuras de entrega de flujo) adecuadas, con la finalidad proteger los suelos de los taludes de relleno o aguas abajo de los mismos, evitando así, que se presente una erosión ocasionada por las aguas de escorrentía concentradas. La ausencia o el desbordamiento de este tipo de estructura son las causas de daños graves o de su destrucción y del avance rápido de un proceso erosivo severo, comprometiendo y afectando las tierras vecinas.

De esta manera, durante la visita se observó de manera reiterativa, deficiencias o ausencia de estructura de entrega de flujo de agua en las salidas de las alcantarillas. Por ejemplo, en la Figura 13, se observa el cabezal de salida de una alcantarilla en el estacionamiento 18+727, se puede notar el inicio de un proceso de socavación al final de la estructura del concreto, debido a la ausencia de algún elemento de disipación de la velocidad del agua que sale de la alcantarilla hacia el terreno aguas abajo.



(a)



(b)

Figura 13. Salida de alcantarilla, estación 18+727

La misma situación fue observada en el estacionamiento 17+580, donde no fue construido algún elemento de disipación de la velocidad de agua, ni ningún tipo de obra para canalizar el agua que sale de alcantarilla hacia alguna quebrada o curso de agua natural (ver Figura 14)



(a)



(b)

Figura 14. Salida de alcantarilla, estación 17+580

Por su parte en la Figura 15, se observan las salidas de otras alcantarillas, por ejemplo, en el estacionamiento 18+614 (Figura 15a), el agua se encuentra acumulada y no se observa ningún curso de agua natural que pueda conducir la agua abajo, lo cual afecta las tierras vecinas al corredor vial. Misma situación se puede notar en la Figura 15b, para el estacionamiento 16+936. La falta de este tipo de obras de conducción del agua puede mantener los suelos de la estructura del pavimento con una condición de saturación alta y, por ende, disminuir la capacidad de soporte de las capas granulares, lo cual podría reducir la vida útil de la estructura del pavimento, cuando esta condición no ha sido considerada en el diseño del pavimento.



(a)



(b)

Figura 15. Salida de alcantarillas: (a) estación 18+614, (b) estación 16+936

III.1.2 Obstrucciones por depósito de materiales en las entradas de alcantarillas

Durante la visita, también se observaron algunos problemas en las entradas de las alcantarillas, los cuales pueden generar acumulaciones de agua que pueden disminuir la capacidad de soporte de las capas granulares y, disminuir la vida útil de la estructura del pavimento, además de disminuir la capacidad hidráulica de las mismas.

A continuación, se resumen algunos de los hallazgos encontrados:



Estacionamiento 13+300

- (a) Presencia de gran cantidad de sedimentos y rocas con sobre tamaños en la entrada de la alcantarilla



Estacionamiento 4+300 (aprox)

- (b) Alcantarilla obstruida totalmente por la presencia de sedimentos



Estacionamiento 20+580

- (c) Alcantarilla obstruida con la presencia de agua estancada. La misma está ubicada en una región plana que tampoco cuenta con alguna canalización hacia alguna quebrada o curso de agua natural



Estacionamiento 20+099

- (d) Obstrucción parcial de la entrada de la alcantarilla. No fue posible determinar si la ubicación de la alcantarilla es una modificación de alguna estructura u obra de canalización de agua anterior



Estacionamiento 18+614

- (e) Entrada de la alcantarilla obstruida por la presencia de gran cantidad de sedimentos. Ausencia de cunetas revestidas de concreto. Falta de revestimiento en el relleno sobre la alcantarilla, lo cual también facilita el arrastre de sedimentos debido a la erosión y escorrentía superficial



Estacionamiento 17+580

- (f) Entrada de la alcantarilla obstruida por la presencia de gran cantidad de sedimentos provenientes de las contracunetas y cunetas. Nótese, la falta de revestimiento en el relleno sobre la alcantarilla, lo cual también facilita el arrastre de sedimentos debido a la erosión y escorrentía superficial

Figura 16. Ejemplos de hallazgos en las entradas de las alcantarillas

III.2 Muros de gaviones y terramesh

Según el informe final del “Diseño del mejoramiento de la Ruta Nacional N°160, Sección Playa Naranjo – Paquera: Capítulo 9 Estudios Geotécnicos”, elaborado por la empresa CACISA, para este tipo de proyectos de construcción de carreteras, la elección entre las diferentes alternativas de muros de retención, se inclinó por el uso de muros de gaviones y muros de terramesh. La elección de estas alternativas constituye ante todo una decisión técnico-económica, basada en la experiencia existente, resultando en una alternativa económica y constructivamente viable, que permite contener los rellenos de la carretera dentro del derecho de vía y evitar así expropiaciones innecesarias.

La elección de este tipo obras, parece adecuada, siempre y cuando las condiciones del terreno y los materiales existentes sean adecuadas para su uso. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el éxito de este tipo de obra también depende de una adecuada atención de las medidas, materiales y procesos constructivos involucrados. De esta forma, durante la visita realizada, fueron observados algunos detalles que requieren de atención que se detallan a continuación.



III.2.1 Estación 13+300

De la visita realizada y como se observa en la Figura 17, el muro de gaviones fue construido utilizando rocas de origen calizo. En este sentido, es necesario tener en consideración que el tipo de roca que se tiene que utilizar en este tipo de muro debe cumplir con las especificaciones de la sección 253 del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010), entre las cuales se mencionan que la roca debe ser dura, resistente al intemperismo, con un índice de durabilidad del material grueso de 50 mínimo (AASHTO T210) y resistencia de la roca a la abrasión en la Máquina de Los Ángeles de 50% máximo. Dicho esto, existe incertidumbre respecto a la durabilidad de los materiales de origen calizo, debido a que este tipo de materiales presenta características y propiedades que pueden favorecer una disgregación debido al intemperismo. Así pues, se considera necesario realizar ensayos adicionales para determinar sus propiedades de durabilidad, tales como el índice SDI (Slake Durability Index), descrito en la norma ASTM D4644, para verificar el cumplimiento de un valor mínimo de 85% para dos ciclos de ensayo y garantizar de esta manera que el material es lo suficientemente resistente al intemperismo.

Adicionalmente, en las Figuras 17a y 17b, se observa que algunas de las rocas utilizadas para la construcción de los gaviones no cumplen con el tamaño requerido, puesto que algunas de ellas presentan tamaños menores que la abertura de la malla y, por lo tanto, pueden eventualmente salirse de la malla, caer y contribuir en la formación de vacíos que puede producir deformaciones en el muro. Finalmente, se sugiere realizar una verificación del alineamiento vertical de las celdas superiores del muro, puesto que, según lo observado en la Figura 17c, puede existir una deformación en el alineamiento.





(c)

Figura 17. Muro de gaviones, estacionamiento 13+300, lado derecho

III.2.2 Estación 17+354

Como se observa en las Figuras 18a y 18b, algunas de las canastas del muro parecen presentar deformaciones que no permiten garantizar la correcta alineación de las celdas. Por su parte, en las Figuras 18c y 18d se observa que algunas de las piedras usadas para la construcción de los gaviones no cumplen con el tamaño requerido, puesto que algunas de ellas presentan tamaños menores que la abertura de la malla y, por lo tanto, eventualmente pueden salir de la malla, caer y contribuir en la formación de vacíos que puede producir mayores deformaciones en el muro.

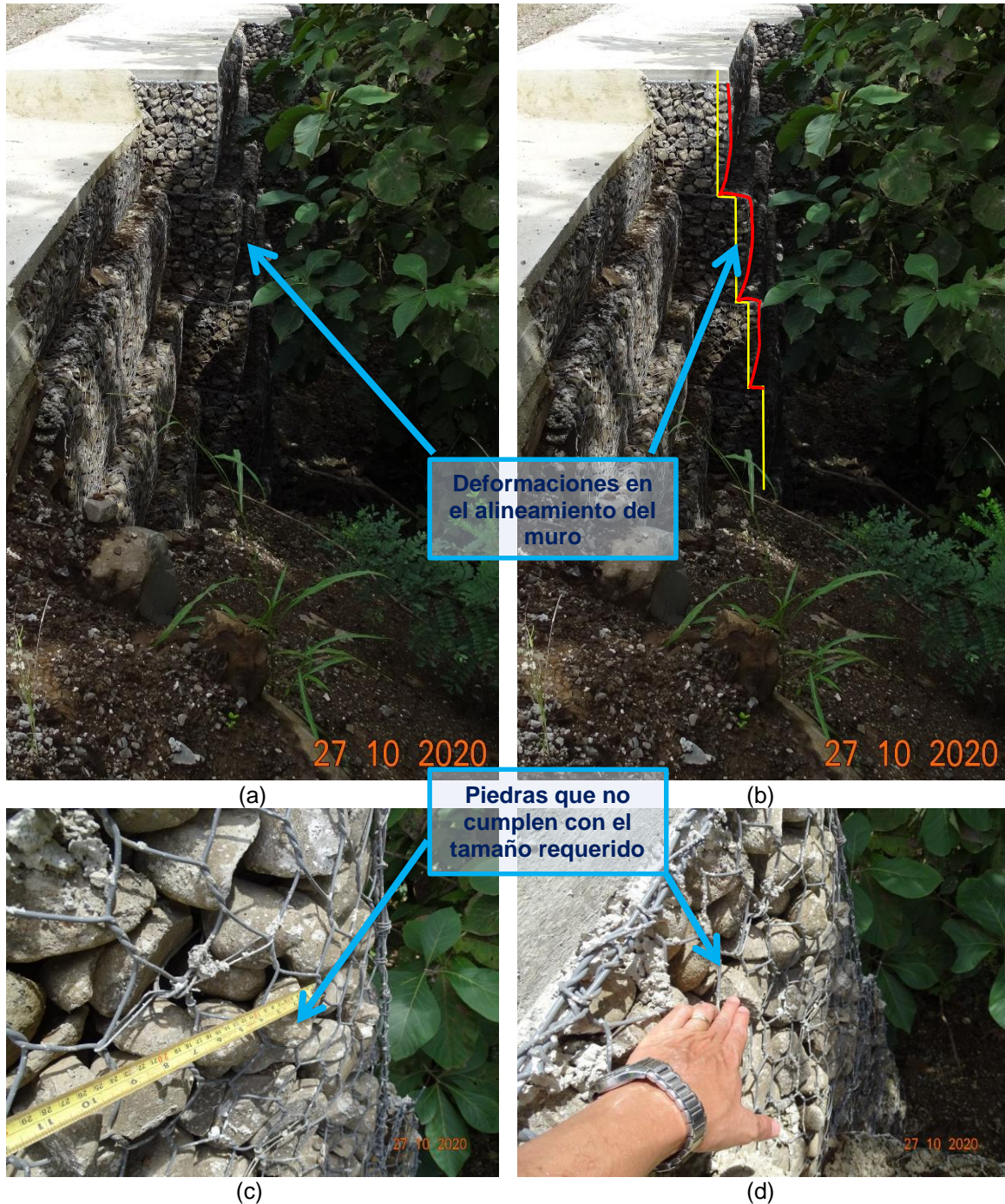


Figura 18. Muro de gaviones, estacionamiento 17+354, lado izquierdo

III.2.3 Estación 3+950

Nuevamente, en la visita realizada, fueron observadas algunos problemas relacionados con las rocas utilizadas para la construcción del muro de gaviones. Como fue mencionado, el tipo de roca que se tiene que utilizar debe ser dura, resistente al intemperismo, con un índice de durabilidad del material

grueso de 50 mínimo (AASHTO T210) y resistencia de la roca a la abrasión en la Máquina de Los Ángeles de 50% máximo. Sin embargo, como se observa en la Figuras 19a, 19b, 19c y 19d, las rocas utilizadas en la construcción de este muro, presentan deficiencias para resistir el intemperismo. Particularmente, en las Figuras 19c y 19d, se observa como una de las rocas se encontraba agrietada y que fácilmente pudo ser disgregada con la mano.

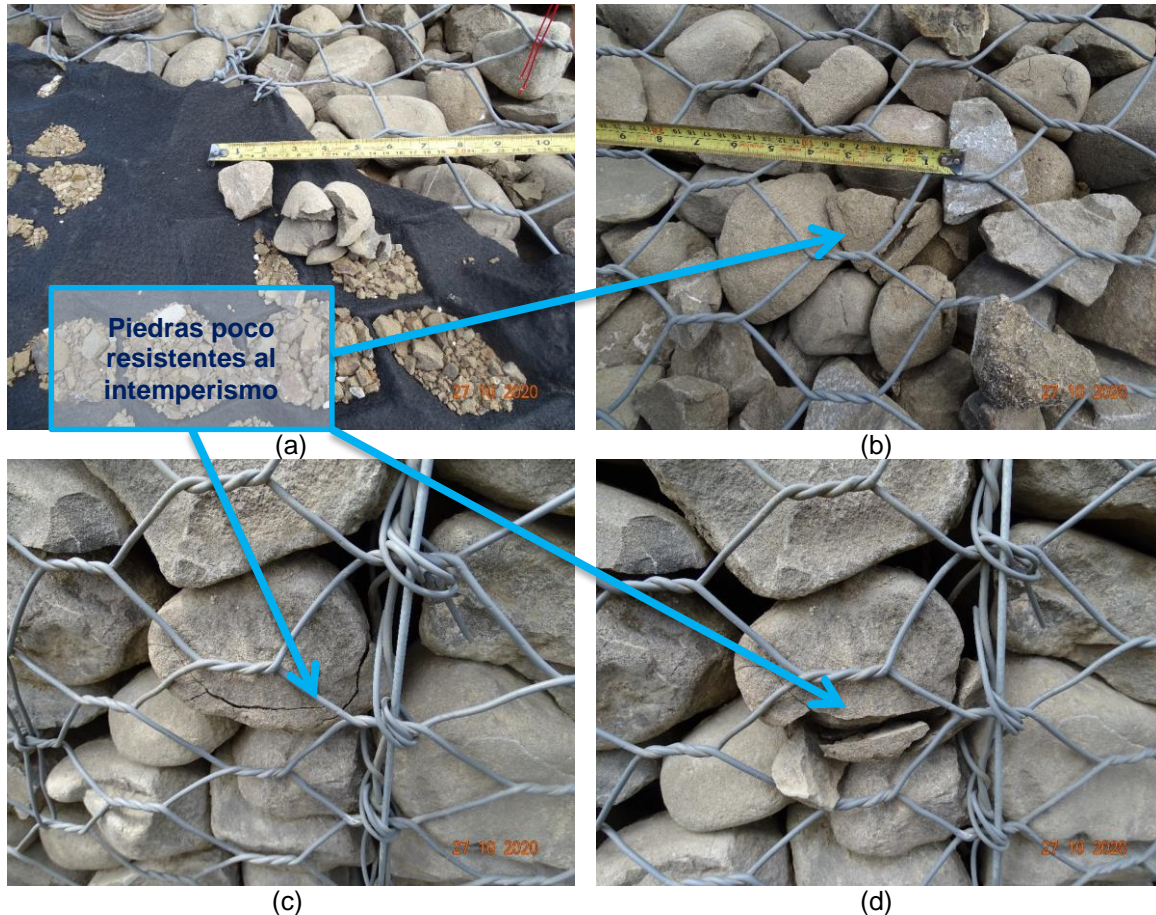


Figura 19. Piedras utilizadas en el muro de gaviones, estacionamiento 3+950, lado izquierdo

Ante la incertidumbre respecto a la durabilidad de los materiales se considera necesario aportar o realizar ensayos adicionales para determinar el índice SDI (Slake Durability Index), descrito en la norma ASTM D4644, para verificar el cumplimiento de un valor mínimo de 85% para dos ciclos de ensayo.

Finalmente, en las Figuras 20a y 20b, se observan algunos problemas constructivos en el muro de gaviones. En el caso de la Figura 20a, se nota que algunas de las piedras usadas para la construcción de los gaviones no cumplen con el tamaño requerido, puesto que algunas de ellas presentan tamaños menores que la abertura de la malla. En el caso de la Figura 20b, se observa deficiencias en los procesos de colocación de las piedras, puesto que fue posible identificar la formación de vacíos, como se puede constatar se logró introducir con facilidad la cinta métrica detrás de una de las piedras del muro de gaviones, lo cual indica un espacio vacío.



Figura 20. Problemas constructivos en el muro de gaviones, estacionamiento 3+950, lado izquierdo: (a) incumplimiento de tamaño de las piedras, (b) vacío en el relleno del muro

IV. Comentarios finales

Después de realizar la gira al proyecto de la Ruta No. 160 en la sección de Playa Naranjo – Paquera, se puede decir que, aunque en la mayoría de los taludes se han acatado algunas de las recomendaciones del diseñador en cuanto a la construcción de bermas y manejos de agua superficial, aún faltan revisar e implementar algunas otras de las medidas sugeridas, para mejorar la estabilidad de los taludes indicados en los documentos: LM-IG-04-19 “Informe de visita al Proyecto Playa Naranjo – Paquera” y el documento “Proyectos de estabilización en diferentes zonas del proyecto R160”. Lo anterior ha hecho que algunos taludes fallen de forma prematura y que sea necesario, en algunos casos, la reconstrucción de estos mismos taludes.

Adicionalmente, en esta visita fue posible observar algunos problemas y deficiencias en algunas obras construidas, por ejemplo, pérdidas del material de apoyo de contracunetas por socavación, alcantarillas obstruidas parcial o totalmente con sedimentos o piedras, ausencia de obras adecuadas de salida o entrega de flujo de agua de las alcantarillas.

Por último, se considera recomendable hacer una revisión adicional de la condición y de las propiedades de los materiales (rocas) utilizados en la construcción de los muros de gaviones, para verificar las propiedades mecánicas y de durabilidad de los mismos. Así como, fueron observados algunos problemas en el alineamiento las celdas de los muros de gaviones.

V. Referencias

1. CACISA (2016). *Informe Final, Diseño de la Ruta Nacional N°160, Sección Playa Naranjo – Paquera: Capítulo 4 Identificación de Zonas Inestables*. San José.
2. CACISA (2016). *Informe Final, Diseño del mejoramiento de la Ruta Nacional N°160, Sección Playa Naranjo – Paquera: Capítulo 7 Estudio de Amenaza Sísmica*. San José.
3. CACISA (2016). *Informe Final, Diseño del mejoramiento de la Ruta Nacional N°160, Sección Playa Naranjo – Paquera: Capítulo 9 Estudios Geotécnicos*. San José.



4. Programa de Ingeniería Geotécnica del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (2018). *LM-IG-07-18 "Revisión del estudio de suelos para el Proyecto Playa Naranjo – Paquera"*. San José.
5. Programa de Ingeniería Geotécnica del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (2019). *LM-IG-04-19 "Informe de visita al Proyecto Playa Naranjo – Paquera"*. San José.
6. Programa de Ingeniería Geotécnica del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (2020). *LM-IG-01-20 "Informe de la revisión del documento: Proyecto de estabilización en diferentes zonas del proyecto R160"*. San José.
7. Consorcio Ruta 160 (2020). Proyectos de estabilización en diferentes zonas del proyecto R160". Puntarenas.