



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Ingeniería Geotécnica

LM-EIC-PIG-I-26-2021

Informe de visita de campo: Proyecto OBIS Lote 1



Fuente: MOPT

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

San José, Costa Rica
Setiembre, 2021





1. Informe LM-EIC-PIG-I-26-2021		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Informe de visita de campo: Proyecto OBIS Lote 1		4. Fecha del Informe 14 de setiembre de 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 Ninguna		
7. Resumen <i>Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra un resumen de la visita de campo realizada al proyecto de obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José-San Ramón y sus radiales – Lote 1. Después de la visita se concluye que se debe prestar atención en ciertos aspectos geotécnicos que pueden desencadenar afectaciones a futuro en el desempeño de las estructuras. Se destaca la necesidad de analizar y evaluar las medidas de protección contra el intemperismo (erosión) al que se encuentran expuestas algunas obras y taludes, así como la condición de las obras construidas para el control de la escorrentía superficial, puesto que en la mayoría de los taludes se observa la formación de cárcavas. Por otro lado, aunque en algunos taludes estables se está implementando la colocación de vegetación como medida de protección, se considera necesario analizar con cuidado la selección del tipo y la cantidad de vegetación a usarse. Finalmente, en el caso de los muros de gaviones se observaron incumplimientos relacionados con la durabilidad y el tamaño de las piedras utilizadas.</i>		
8. Palabras clave Estabilidad de taludes, cárcavas, vegetación, muro de gaviones, escorrentía superficial	9. Nivel de seguridad: -	10. Núm. de páginas 16
13. Preparado por: Ing. Gustavo A. Badilla Vargas, D.Sc. Programa de Ingeniería Geotécnica Fecha: 14/setiembre/2021		
14. Revisado y aprobado por: Ing. Ana Lorena Monge Sandí, M.Sc. Coordinadora General del Programa de Ingeniería Geotécnica Fecha: 14/setiembre/2021		



Contenido

I.	Introducción.....	4
II.	Comentarios acerca de las obras en el corredor Barreal – Castella	4
II.1	Taludes de las rampas de entrada y salida entre ruta 1 y ruta 106.....	4
II.2	Otros hallazgos observados en el corredor Barreal – Castella entre ruta 1 y ruta 106.....	5
III.	Comentarios acerca de las obras en el Paso a Desnivel Firestone	8
IV.	Comentarios del talud derecho (sentido San Ramón – San José) en las cercanías de Río Segundo	9
V.	Comentarios del talud derecho (sentido San Ramón – San José) en las cercanías de las terminales y aduanas Santamaria.....	10
VI.	Comentarios de obras realizadas en las cercanías del Rio Ciruelas	12
VII.	Comentarios de taludes en las cercanías del Rio Alajuela.....	14
VIII.	Comentarios finales	15
IX.	Referencias	16

Informe de visita de campo: Proyecto OBIS Lote 1

I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra un resumen de la visita de campo realizada al proyecto de obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José-San Ramón y sus radiales – Lote 1. Se comentan algunos aspectos observados en los taludes de diferentes puntos del proyecto, así como también otros elementos geotécnicos importantes que deben ser revisados y tomados en consideración para el buen desempeño de las obras realizadas.

II. Comentarios acerca de las obras en el corredor Barreal – Castella

II.1 Taludes de las rampas de entrada y salida entre ruta 1 y ruta 106

Durante la visita fue posible observar que tanto los taludes del lado derecho (sentido ruta 1 – ruta 106) como los taludes del lado izquierdo han sido considerablemente afectados por las lluvias. Como se puede apreciar en las Figuras 1a y 1b existe la presencia de cárcavas producidas por la pérdida del suelo superficial debido a la escorrentía superficial. La falta de protección de estos taludes ya había sido indicada en el informe LM-PIG-14-2020, sin embargo, hasta la fecha no han sido tomadas en consideración la implementación de medidas preventivas en este sector lo cual puede agravarse todavía más si se dejan por más tiempo.



Figura 1 Evidencia de formación de cárcavas en los taludes del corredor Barreal - Castella

Por su parte, en la Figura 2 se observa el caso del talud derecho (sentido ruta 1 – ruta 106), el cual presenta una de las mayores alturas del sector visitado. Tal y como se ha indicado en informes anteriores, todavía se desconoce el acabado final del talud, y aunque el talud no es de gran altura, tiene un volumen de material considerable. En este caso, el material que ha sido erosionado por la escorrentía superficial se encuentra depositado en la cuneta al pie del talud, lo cual obstruye y afecta el flujo de agua, que, en el caso de una lluvia fuerte, podría escurrir sobre la superficie de rodamiento y afectar la seguridad de los usuarios de la carretera, así como también, eventualmente, podría afectar la mezcla asfáltica.



Figura 2 Depósito de suelo erosionado en las cunetas producto de la escorrentía superficial en el talud derecho (sentido ruta 1 – ruta 106)

Tal y como se había indicado en el informe LM-PIG-14-2020, en octubre del 2020, se observó un talud de altura considerable sobre la rampa de salida, a nivel de la ruta 106, el cual colindaba con un terreno en proceso de expropiación. En aquel momento, la apariencia del talud indicaba cierta estabilidad. Sin embargo, tal y como se observa en la Figura 3a, este talud actualmente presenta problemas de estabilidad producto de la falta de medidas de protección superficial del talud y de las fuertes lluvias que han provocado erosión de la superficie del talud. En el caso de la Figura 3b, la cual corresponde a la corona de este mismo talud, se observa que aún no ha sido construida ningún tipo de obra de control de la escorrentía superficial, pese a que el terreno ya se encuentra efectivamente expropiado. En esta misma figura se observa la presencia de cárcavas y por lo tanto se resalta la importancia de construir obras adecuadas de control de la escorrentía superficial.



(a) cara del talud



(b) corona del talud

Figura 3 Problemas de inestabilidad en el talud derecho (sentido ruta 1 ruta 106) de la rampa de salida, a nivel de la ruta 106.

II.2 Otros hallazgos observados en el corredor Barreal – Castella entre ruta 1 y ruta 106

En el caso de la Figura 4, llama la atención la presencia de un flujo de agua en la cuneta del lado derecho (sentido ruta 1 – ruta 106). De lo observado en campo, el origen del flujo de agua se puede deber a la presencia de un nivel freático superficial que se puede estar infiltrando por las juntas de la cuneta revestida recién construida. Lo anterior, puede generar problemas en la cuneta debido a cambios de estado de esfuerzos por incremento de presiones intersticiales asociados al agua infiltrada

por las precipitaciones; o bien, se podría dar un acarreo de finos de las capas de apoyo de la cuneta que podría generar vacíos que eventualmente puede producir agrietamientos o fracturas de la cuneta.



Figura 4 Flujo de agua en la cuneta del talud derecho (sentido ruta 1 – ruta 106), producto de la presencia de niveles de agua subterránea superficiales

Por otro lado, en sitio se observó que, en algunos casos, aunque existe presencia de estructuras para el control de la escorrentía superficial, el terreno circundante a la entrada o salida del agua se encuentra por debajo del nivel de la obra recién construida, lo que no permiten que el agua sea captada, situación que implicaría la infiltración del agua en el suelo con la eventual reducción de la capacidad de soporte de la misma estructura, pudiendo también presentarse mayores problemas de socavación, ya que no se logra que el agua escurra adecuadamente en los sistemas de drenaje superficial existentes (ver Figura 5).



Figura 5 Nivel del terreno por debajo de la altura o nivel de las obras de control de la escorrentía superficial

En algunos casos, también fue posible observar el crecimiento de vegetación próxima a las cunetas y contracunetas, la cual sin un adecuado programa de mantenimiento rutinario puede obstruir el flujo de agua producto de la escorrentía superficial (ver Figura 6).



(a) Contracuneta localizada sobre el talud derecho (sentido ruta 1 – ruta 106)



(b) Cuneta localizada sobre el talud izquierdo (sentido ruta 1 – ruta 106)

Figura 6 Crecimiento de vegetación próxima a las cunetas y contracunetas en el corredor Barreal - Castella

Finalmente, aunque en los planos suministrados se indica que sobre la ruta 106, en el talud izquierdo (sentido este – oeste) entre los estacionamientos 0+154 – 0+219 y en el talud derecho (sentido este – oeste) entre los estacionamientos 0+165 – 0+183, se construirían muros de suelo cosido en el momento de la visita realizada no se observó ningún tipo de actividad de construcción de esta obra (ver Figura 7). De esta manera se desconoce el acabado final que tendrán estos taludes, por lo que se sugiere solicitar información acerca de posibles cambios en el proyecto original, así como también, colocar la respectiva protección del talud para evitar la erosión de la cara de los taludes existentes o, en el peor de los casos, un posible deslizamiento producto del cambio de estado de esfuerzos por incremento de presiones intersticiales debido al agua infiltrada por las precipitaciones.



Figura 7 Taludes sin actividades de construcción de suelo cosido indicados en planos

III. Comentarios acerca de las obras en el Paso a Desnivel Firestone

En la visita realizada, se evaluó la condición del muro de gaviones y de las piedras utilizadas en el paso a desnivel de la Firestone. En lo que respecta al alineamiento vertical del muro, no se observaron problemas en la verticalidad del mismo, indicando buenas prácticas constructivas. Sin embargo, en lo que respecta al tipo de roca que se tiene que utilizar en este tipo de muro, se requiere el cumplimiento de 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 utilizados en el muro de gaviones, puesto que como se observa en la Figura 8, existen evidencias del uso de piedras que presentan una alta susceptibilidad a la 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.



Figura 8 Presencia de piedras o rocas susceptibles al intemperismo o meteorización

Adicionalmente, en las Figura 9 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.



Figura 9 Presencia de piedras con tamaños inadecuados

IV. Comentarios del talud derecho (sentido San Ramón – San José) en las cercanías de Río Segundo

En la visita realizada, se pudo constatar serios problemas de estabilidad de los taludes que pueden poner en riesgo a los usuarios y comprometer la operatividad de la misma ante lluvias intensas. En la Figura 10, se observa la condición del talud en dos puntos próximos al estacionamiento 13+950, en ambos casos se observa la pérdida de gran cantidad de suelo del talud debido a la erosión producida por el agua, adicionalmente se observa la formación de muchas cárcavas que evidencian los efectos de la escorrentía superficial en las caras de los taludes.



Figura 10 Evidencias de serios problemas de erosión y estabilidad en las caras del talud del estacionamiento 13+950 debido a lluvias intensas

Adicionalmente, la Figura 11, muestra que el sistema de cunetas que ha sido colocado al pie de este talud no atiende sus funciones, debido a que la escorrentía superficial en el terreno atrás de la cuneta ha generado cárcavas que no permiten que el agua sea captada por las cunetas y que ésta escurra adecuadamente en los sistemas de drenaje superficial existentes. Esta situación propicia los procesos de infiltración de agua dentro de la estructura con la consecuente reducción de la capacidad de soporte.



Figura 11 Socavación del terreno próximo a estructuras del drenaje superficial

Se desconoce el acabado final que se le dará a este talud, sin embargo, debido a lo observado en campo se recomienda colocar, lo más pronto posible, la respectiva protección contra erosión del talud, así como mejorar la condición de las estructuras para el manejo del agua de escorrentía superficial, para evitar mayores caídas de material, o en el peor de los casos deslizamientos producto del cambio de estado de esfuerzos por incremento de presiones intersticiales debido al agua infiltrada por las precipitaciones.

V. Comentarios del talud derecho (sentido San Ramón – San José) en las cercanías de las terminales y aduanas Santamaría

Como se mencionó en el informe LM-PIG-14-2020, este talud, en general, tiene una pendiente de corte que coincide con la pendiente natural de los taludes cercanos.

De lo observado en esta última visita, la obra ya concluyó la etapa de movimientos de tierra y se está colocando vegetación tipo vetiver como medida de protección del talud para evitar la caída de material, reducir la erosión y mantener la estabilidad de los taludes con una pendiente estable. Estas medidas se consideran adecuadas para la estabilización de estos taludes.

Sin embargo, cuando se observa la Figura 12, se puede notar que pueden existir algunas deficiencias en la colocación del vetiver para mejorar la estabilidad de los taludes. En general, la bibliografía recomienda la siembra de los esquejes o plántulas de vetiver a una distancia entre sus centros de máximo 15 cm, o bien, dependiendo de la variedad del vetiver a utilizar, se sugiere sembrar aproximadamente 10 plantas por cada metro lineal. Lo anterior permite que las raíces formen una barrera cerrada que atrapa eficientemente las partículas finas atrás del robusto sistema foliar del vetiver. No obstante, como se observa en la Figura 12 la separación entre las plantas es superior a esta recomendación.

Adicionalmente, se tiene que los esquejes o plántulas son susceptibles a ser lavados por fuertes lluvias en los primeros tres meses. Y como se nota en la misma Figura 12, el talud presenta cárcavas que evidencian la intensidad y los efectos de la escorrentía superficial ante lluvias fuertes que pueden afectar la siembra del vetiver. Así pues, se recomienda aumentar la cantidad y la densidad del vetiver sembrado en el talud, y llevar la siembra de nuevas plantas en la época seca y proporcionándoles el riego adecuado para asegurar el crecimiento del vetiver para una adecuada protección del talud en la próxima estación lluviosa.



Figura 12 Medida adoptada de estabilización con vegetación del talud derecho (sentido San Ramón – San José) en las cercanías de las terminales y aduanas Santamaria

No obstante, aunque la colocación de vegetación como medida de protección se considera adecuada para la estabilización de estos taludes, deberían evaluarse otras medidas alternativas para estabilizar el talud. Lo anterior, se debe a que, de la visita realizada y como se observa en la Figura 13, existen algunas secciones del talud que presentan una matriz predominante rocosa que podría afectar el uso y el crecimiento de vegetación tipo vetiver para la estabilización del talud.



Figura 13 Talud con material rocoso en el talud derecho (sentido San Ramón – San José) en las cercanías de las terminales y aduanas Santamaria



Finalmente, es recomendable la construcción de obras de control de escorrentía superficial en la corona de este talud, ya que como se observa en la Figura 14, no existen ningún tipo de obra para la canalización del agua, lo cual puede afectar las medidas adoptadas para la protección contra erosión del talud, así como propiciar caídas de material, o en el peor de los casos deslizamientos que afecten la seguridad de los usuarios de la carretera. Nuevamente, a como se indicó en el informe LM-PIG-14-2020, se recomienda dejar una zona de retiro entre la corona del talud y la zona en que transitan las personas, con la finalidad de reducir el riesgo de los vehículos estacionados en la parte superior del talud. No está de más decir que, estos vehículos estacionados, también, constituyen una sobrecarga en la corona del talud y reducen la estabilidad del mismo.



Figura 14 Condiciones observadas en la corona del talud derecho (sentido San Ramón – San José) en las cercanías de las terminales y aduanas Santamaría

VI. Comentarios de obras realizadas en las cercanías del Rio Ciruelas

Durante la visita realizada, se evaluó la condición del talud derecho (sentido San José – Ramón) y se observó que, sobre el muro de gaviones, se está colocando zacate para mejorar la estabilidad de los taludes del relleno de las estructuras del pavimento. Sin embargo, como se observa en la Figura 15, hay evidencias de deslizamiento del zacate colocado, lo cual está asociado a la escorrentía superficial producida por las lluvias intensas que se dan en la zona.

En este sentido, es necesario resaltar que la colocación de vegetación como medida de protección se considera adecuada para la estabilización de taludes estables. Sin embargo, el zacate no es un tipo de vegetación recomendado para este tipo de estabilizaciones, puesto que la profundidad y la resistencia al cortante de las raíces no es suficiente para estabilizar un talud. Adicionalmente, es necesario resaltar que, el material sobre el cual se está colocando el zacate, es un material granular seleccionado con propiedades mecánicas adecuadas para soportar la estructura del pavimento, pero el cual no tiene características apropiadas para el crecimiento y desarrollo de las raíces de plantas. Lo anterior, imposibilita adoptar este tipo de estabilización sin otras medidas complementarias, por lo que se sugiere reevaluar otro tipo de alternativas para estabilizar estos taludes que, aunque son de pequeña altura, podrían afectar el desempeño de la estructura del pavimento al favorecer la infiltración de agua a las capas granulares y la consecuente reducción de la capacidad de soporte de estos materiales.



Figura 15 Deslizamientos de medidas de protección de taludes de poca altura

En el caso específico de los muros de gaviones construidos, no fueron observadas deformaciones en las celdas del muro indicando que fueron seguidas buenas prácticas constructivas. En lo que respecta a las piedras utilizadas, en lo relativo al tipo de roca que se tiene que utilizar en este tipo de muro, estas requieren el cumplimiento de las especificaciones de la sección 253 del CR-2010. De tal forma que, en la Figura 16a, 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, estas piedras eventualmente pueden salirse de la malla, caer y contribuir en la formación de vacíos que puede producir deformaciones en el muro. Por su parte, en la Figura 16b, se observó el deterioro en una de las esquinas del muro de gaviones que requiere de intervención para evitar problemas de estabilidad del muro.



(a)



(b)

Figura 16 Hallazgos observados en el muro de gaviones en las cercanías del Río Ciruelas

Como se mencionó en el informe LM-PIG-02-2021, existía una preocupación con los movimientos de tierra para la construcción de las estructuras hidráulicas y su proximidad con un muro de mampostería

Informe LM-EIC-PIG-I-26-2021	setiembre , 2021	Página 13 de 16
------------------------------	------------------	-----------------

de una propiedad privada colindante. No obstante, como se observa en la Figura 17, las obras se encuentran en las etapas finales de construcción y no se observaron afectaciones a la propiedad privada, lo cual muestra el seguimiento de buenas prácticas constructivas para evitar posibles inconvenientes.



Figura 17 Estructuras hidráulicas en etapas finales de construcción y muro de mampostería de propiedad privada colindante

VII. Comentarios de taludes en las cercanías del Río Alajuela

Al recorrer las obras de ampliación del puente sobre el río Alajuela, se observa que el talud de la Figura 18, no presenta indicativos de posibles inestabilidades. En general la pendiente de corte del talud coincide con la pendiente natural de los taludes cercanos, aunque todavía se desconoce el acabado final que se le dará al talud. Sin embargo, como se observa en la Figura 18, la cara del ya presenta signos importantes de erosión por la escorrentía superficial que se deposita en la cuneta al pie del talud, lo cual obstruye y afecta el flujo de agua, que, en el caso de una lluvia fuerte, podría escurrir sobre la superficie de rodamiento y afectar la seguridad de los usuarios de la carretera.

Por su parte, en la Figura 18c, también se observa la presencia de rocas de gran tamaño en la parte alta del talud, que constituye un riesgo para los usuarios de la carretera, por lo que se sugiere tomar las medidas adecuadas para la estabilización de este tipo de rocas.

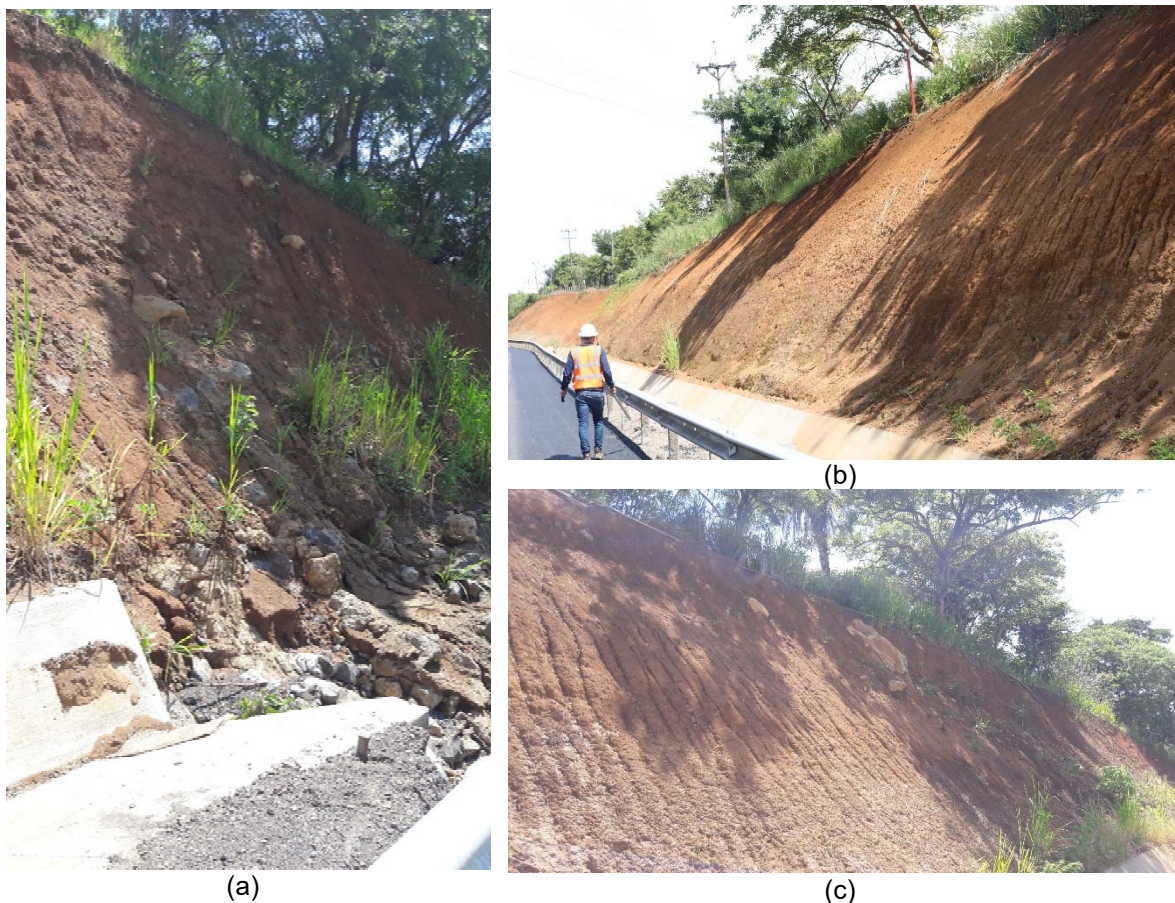


Figura 18 Condición del talud en la margen derecha de la ruta 1 (sentido San Ramón - San José) en las cercanías del Rio Alajuela

VIII. Comentarios finales

Después de realizar la gira al proyecto obras impostergables (OBIS) del fideicomiso corredor vial San José-San Ramón y sus radiales Lote 1, se concluye que se debe prestar atención en ciertos aspectos geotécnicos que pueden desencadenar afectaciones a futuro en el desempeño de las estructuras.

Entre las cuales se destaca, la necesidad de analizar y evaluar las medidas de protección contra el intemperismo (erosión) al que se encuentran expuestas algunas obras en suelo ya mencionadas, así como la condición de las obras construidas para el control de la escorrentía superficial, puesto que en la mayoría de los taludes se observa la formación de cárcavas y en algunos casos, evidencias de problemas de estabilidad de los taludes recientemente construidos.

Se destaca en el corredor Barreal – Castella el hecho de que en planos se indica la construcción de dos muros de suelo cocido, sin embargo, no se observó ningún tipo de actividad de construcción de estas obras, por lo que se sugiere solicitar información de si existen modificaciones al proyecto original.

Aunque en algunos taludes estables, se está implementando la colocación de vegetación como medida de protección, lo cual se considera adecuado para mantener la estabilidad de los mismos, sería conveniente revisar con mayor cuidado la selección del tipo y la cantidad de vegetación a usarse.



En el caso de los muros de gaviones se observaron incumplimientos relacionados con la durabilidad y el tamaño de las piedras utilizadas. Por lo tanto, se recomienda hacer una revisión adicional de las propiedades de los materiales (rocas) utilizados en la construcción de los muros de gaviones, para verificar las propiedades mecánicas y de durabilidad.

IX. Referencias

- Programa de Ingeniería Geotécnica (2020). *LM-PIG-14-2020: Informe de visita de campo: Proyecto OBIS Lote 1*. LanammeUCR. San José.
- Programa de Ingeniería Geotécnica (2020). *LM-IG-02-2021: Informe de visita de campo: Proyecto OBIS Lote 1*. LanammeUCR. San José.