



## Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: EIC-Lanamme-INF-0990-2022

Informe de visita de campo:

### Obras de reforzamiento de los laterales del Río María Aguilar en las inmediaciones de Circunvalación



Preparado por:

Ing. Gustavo A. Badilla Vargas, DSc.  
Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica  
Julio, 2022





<b>1. Informe</b> EIC-Lanamme-INF-0990-2022		<b>2. Copia No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> Informe de visita de campo: Obras de reforzamiento de los laterales del Río María Aguilar en las inmediaciones de Circunvalación		<b>4. Fecha del Informe</b> 28/07/2022
<b>5. Organización y dirección</b> 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		
<b>6. Notas complementarias</b> Ninguna		
<b>7. Resumen</b> <i>A solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, se presenta a continuación un resumen de la visita de campo realizada para verificar el estado de las obras de reforzamiento de los laterales del río María Aguilar en las inmediaciones de Circunvalación. Se pudo confirmar que la solución utilizada en el reforzamiento de las márgenes del río corresponde al tipo de "Enrocado con mortero". Se observó una falta de mantenimiento y deterioros importantes desde su construcción hasta el presente año. Además, se observaron algunos problemas de socavación y pérdida de algunas rocas en la parte inferior de las escolleras. Por su parte, se notó que para cubrir los vacíos del enrocado fue utilizada una mezcla de concreto en lugar del mortero hidráulico que se establece en el manual CR-2010, por lo que se sugiere investigar si el cambio puede ofrecer el mismo desempeño esperado. Se recomienda, solicitar las aclaraciones sobre los criterios técnicos utilizados para definir las zonas que fueron intervenidas con el enrocado con mortero. Adicionalmente, se recomienda realizar una evaluación técnica de las condiciones de las raíces de algunos árboles que han perdido su apoyo, producto de la erosión y la socavación presente en el sitio. En otros casos, existen evidencias de que las raíces de varios de los árboles fueron cubiertas con concreto, lo cual podría haber afectado la salud de los árboles y su eventual muerte. La muerte de estos árboles ha generado vacíos en el terreno que pueden tener consecuencias negativas para la estabilidad de los taludes en las márgenes del río, ya que por su localización y tamaño permiten el ingreso y la infiltración de volúmenes importante de agua en el suelo. Finalmente, se sugiere solicitar mayores aclaraciones sobre los criterios técnicos adoptados para la definición de la cantidad de concreto colocado en el sitio con relación al área total de la zona atendida, así como los criterios técnicos y económicos adoptados ante otras alternativas para evitar o reducir los posibles problemas de erosión y de estabilidad de los taludes.</i>		
<b>8. Palabras clave</b> Enrocado con mortero, socavación, erosión.	<b>9. Nivel de seguridad:</b> -	<b>10. Núm. de páginas</b> 14
<b>11. Preparado por:</b>  Ing. Gustavo A. Badilla Vargas, D.Sc. Ingeniero PIG Fecha: 28 / 07 / 2022		
<b>12. Revisado y aprobado por:</b>  Ing. Ana Lorena Monge Sandí, M.Sc Coordinadora del Programa de Ingeniería Geotécnica Fecha: 28 / 07 / 2022		



## Contenido

I.	Introducción .....	4
II.	Comentarios acerca de las actividades para el control de erosión del suelo del CR-2010.....	4
III.	Comentarios acerca de las actividades para la protección de riberas del manual MCV-2015.....	5
IV.	Comentarios acerca de los aspectos observados en la visita de campo realizada.....	6
i)	Comentarios finales .....	13
j)	Referencias .....	14



# Informe de visita de campo: Obras de reforzamiento de los laterales del Río María Aguilar en las inmediaciones de Circunvalación

## I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra un resumen de la visita de campo realizada el miércoles 13 de julio del presente año para verificar el estado de las obras de reforzamiento de los laterales del río María Aguilar en las inmediaciones de Circunvalación. Se comentan algunos aspectos relacionados con las actividades sugeridas en el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), Manual de especificaciones generales para la conservación de caminos, carreteras y puentes (MCV-2015) y algunas observaciones relacionadas con las condiciones actuales de las obras de reforzamiento.

Adicionalmente, se hace una revisión preliminar del Oficio AUIF-10-18-0503 (221) elaborado por la Auditoría Interna del CONAVI, con la finalidad de comparar lo observado en la visita realizada el miércoles 13 de julio del 2022, con lo que fue documentado en las visitas realizadas el 14 de mayo de 2018 y el 25 de setiembre de 2018 por parte de la Auditoría Interna del CONAVI.

## II. Comentarios acerca de las actividades para el control de erosión del suelo del CR-2010

El manual de especificaciones CR-2010 establece, en su sección 157 Control de la erosión del suelo, algunas actividades que pueden ejecutarse para el suministro, construcción y mantenimiento permanente y temporal de las obras para el control de la erosión y del arrastre de sedimentos. El manual indica que el plan de control de la erosión debe reflejar especial preocupación y medidas para proteger los recursos naturales y la infraestructura existente. No obstante, puede someterse a aprobación del Contratante una propuesta alternativa para el control de la erosión con al menos 30 días antes de su uso.

Entre las alternativas que deben ser valoradas, la sección 157.10 Corrientes de agua, Protección y Estabilización de Taludes, establece que deben utilizarse: revestimientos de plástico, escolleras, diques de control, colchonetas, esteras de control de erosión y drenajes temporales de los taludes.

Debido a que, en la visita realizada, fue posible observar que se optó por la utilización de únicamente escolleras como la actividad de reforzamiento de los laterales del Río María Aguilar, se procede a continuación a presentar una revisión de la Sección 251 Escolleras (riprap).

Este trabajo consiste en el suministro y colocación de escolleras para la protección de riberas u orillas de ríos, protección de taludes, de estructuras de drenaje y control de la erosión. Según lo establece esta misma sección, se definen tres tipos de enrocados a saber:

- ***Enrocado colocado:*** el cual consiste en colocar las rocas individuales, o reordenarlas, por medio de métodos mecánicos o manuales sobre una superficie previamente preparada de manera que forme una cubierta densa y uniforme, con una superficie razonablemente lisa.
- ***Enrocado entrabado:*** en este caso, los trozos de roca son colocados sobre una superficie preparada, los cuales se colocan en su lugar mediante la presión por impactos. Los golpes son aplicados hasta que la roca esté entrabada firmemente en su lugar y forme una superficie uniforme.



- **Enrocado con mortero:** el cual consiste en roca colocada o entrabada sobre una superficie preparada, con los vacíos llenos con mortero de cemento hidráulico. En este caso, antes de colocar el mortero, las rocas deben humedecerse exhaustivamente, lavando el exceso de finos existentes en la parte inferior del enrocado. Se deben llenar con mortero todos los vacíos sin mover o desplazar a las rocas. Se deben dejar agujeros, a través del enrocado para permitir el drenaje de agua (“lloraderos”), según se requiera. No se debe exceder un espesor de 1,5 m en cada capa de enrocado con mortero. Deben transcurrir 3 días de curado antes de agregar la siguiente capa de enrocado y mortero.

Por su parte sección 712.02 Mortero para juntas, establece que el mortero consistirá en una parte de cemento hidráulico, dos partes de arena aprobada y el agua necesaria para obtener la consistencia requerida. El mortero se deberá emplear dentro de los 30 minutos siguientes a su preparación. Cuando sea indicado, se deberá proporcionar incluso de aire.

### III. Comentarios acerca de las actividades para la protección de riberas del manual MCV-2015

El manual de conservación MCV-2015 establece en su sección 617 Protección de riberas, algunas actividades que pueden destinarse para proteger la ribera y la infraestructura vial, tales como: construcción de defensas de concreto ciclópeo, escolleras, zampeados, revestimientos de sacos de suelo-cemento, de gaviones rectangulares, de colchonetas de gaviones, de colchonetas industriales de hiladas de bloques de concreto o la construcción de estructuras de contención conformada por enrocados, o acomodadas con equipos mecánicos.

Según se establece en este documento, para justificar las intervenciones que se proponen en esta sección, la Administración determinará la metodología de evaluación para determinar el nivel de deterioro y el tipo de intervención, utilizando como referencia, pero sin limitarse a ello, lo siguiente:

- Cambios de forma de la ribera: irregularidades en orilla con respecto de su condición original
- Erosión en la ribera
- Inestabilidad de taludes de la ribera

En el manual se indica la necesidad de realizar inspecciones periódicas de las riberas del río, y en el caso de que como resultado de las auscultaciones e inspecciones realizadas por un especialista se determine la necesidad de una nueva obra de retención o refuerzo, pérdida importante de las condiciones estructurales de una obra de retención o refuerzo existente o más bien la extensión y complemento de éstas, tales intervenciones deben ser aprobadas previamente por la Administración. De esta manera, para la protección de riberas la Administración será la que debe establecer el tipo de intervención. No obstante, para cualquier caso, la solución técnica recomendada se debe fundamentar en los respectivos estudios y diseños técnico-económicos suficientes y pertinentes, ejecutados por personal competente, mismos que deben formar parte del Expediente Técnico de control de obra, que se debe llevar durante el desarrollo del proyecto.

El costo de esta actividad incluye los estudios, ensayos en sitio y el diseño de las soluciones definitivas, mismas que deben contar con la aprobación de la Administración antes de iniciar con la ejecución de las respectivas obras.

Para el desarrollo de todos los trabajos asociados a esta actividad, se deberán considerar todas las medidas requeridas de mitigación, prevención y protección del medio ambiente, de acuerdo con la Sección 111 Disposiciones ambientales generales, así como las Subsecciones 108.10 Protección del ambiente y 108.11 Protección de bosques, parques y terrenos públicos, del CR-2010 o su versión vigente; así como la legislación ambiental vigente. De igual forma, se deberán considerar todas aquellas directrices que al respecto la Administración considere pertinente aplicar, de manera tal que se puedan evitar daños ecológicos y problemas socio-ambientales.



Es importante destacar, que este documento indica que los materiales que deben usarse para esta actividad deben cumplir en lo que corresponda con lo indicado en el manual CR-2010. Por su parte el proceso constructivo a seguir dependerá de la solución técnica aprobada por la Administración.

Como se indicó anteriormente, en la visita realizada se observó que en este proyecto se optó por el uso de escolleras para el reforzamiento de los laterales del Río María Aguilar, por lo cual se procedió a revisar el apartado 617.05.02 Proceso constructivo, inciso 4) Protección de riberas mediante enrocados (escolleras) el cual indica que se deberá acatar, en lo que corresponde, la sección 251 Escolleras, del CR-2010 o su versión vigente, y cuyo procedimiento se resume a continuación:

- I. Disponer al inicio de los trabajos de la topografía necesaria aprobada, así como definidas la inclinación de los taludes y las cotas de fundación y de coronamiento de la estructura.
- II. Elaborar los trabajos de excavación necesarios, según la *Subsección 251.03 General*, CR-2010.
- III. Colocar el geotextil en caso de ser necesario, según la *Subsección 251.03 General*, CR-2010.
- IV. El enrocado colocado, que podrá consistir de varias capas de roca, según indiquen los estudios y diseños, debe colocarse sin que cause segregación o dañe la superficie preparada, según la *Subsección 251.04 Enrocado colocado*, CR-2010.
- V. El enrocado entrabado está constituido por trozos de roca colocadas sobre una superficie preparada los cuales se colocan en su lugar mediante la presión de impactos, el cual debe construirse según la *Subsección 251.05 Enrocado entrabado*, CR-2010.
- VI. El enrocado con mortero es roca colocada o entrabada sobre una superficie preparada, con los vacíos llenos con mortero de cemento hidráulico, el cual deberá construirse según la *Subsección 251.06 Enrocado con mortero*, CR-2010.
- VII. La cara visible del enrocado deberá quedar pareja y uniforme, sin irregularidades o discontinuidades.
- VIII. Realizar la limpieza general del sitio de obras y trasladar los materiales sobrantes al depósito de excedentes previsto para tal efecto, previamente aprobado por la Administración.

De esta manera, queda claro que el manual MCV-2015 indica que se debe presentar un diseño del trabajo que se va a realizar a la Administración para su correspondiente aprobación.

#### **IV. Comentarios acerca de los aspectos observados en la visita de campo realizada**

Después de realizar la visita de campo para verificar el estado de las obras de reforzamiento de los laterales del Río María Aguilar en las inmediaciones de Circunvalación el miércoles 13 de julio del presente año, se presenta a continuación una comparación entre las fotos de la visita realizada y unas fotos tomadas el 14 de mayo de 2018 y presentadas en el Oficio AUIF-10-18-0503 (221) elaborado por la Auditoría Interna del CONAVI (ver Figura 1).

Inicialmente, tal y como se observa en la Figura 1, se puede confirmar que la solución utilizada en el reforzamiento de las márgenes del río corresponde a la colocación de rocas de gran tamaño y concreto en una longitud aproximada de 200 metros desde el puente sobre el río María Aguilar y que permite la intersección de la ruta 209 y la ruta 39.

De esta manera, se puede decir que la solución adoptada corresponde a lo que el CR-2010 y MCV-2015 denominan escolleras, específicamente, lo que corresponde al tipo de "Enrocado con mortero". Además, al verificar el estado actual de las obras de reforzamiento, se puede notar una falta de mantenimiento y deterioros importantes en las obras de enrocado entre el año 2018 (Figura 1 a, c, e y g) y el 2022 (Figura 1 b, d, f y h), donde se aprecia el crecimiento de vegetación y la pérdida del material de pega utilizado entre los vacíos de las rocas.

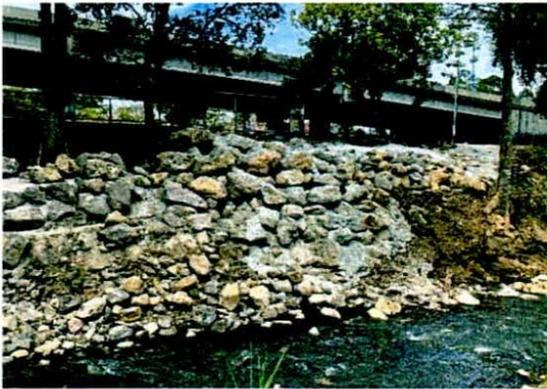


14 de mayo de 2018  
MARGEN IZQUIERDO



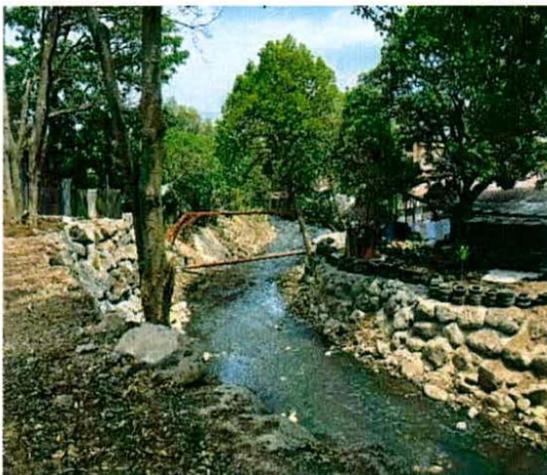
(a)

MARGEN IZQUIERDO



(c)

MARGEN DERECHO



(e)

13 de julio de 2022



(b)



(d)



(f)

14 de mayo de 2018



(g)

13 de julio de 2022



(h)

Figura 1. Comparación de la condición de las obras de reforzamiento de las márgenes del río María Aguilar entre el año 2018 y 2022.

Por su parte, en la Figura 2, se observa la presencia de una roca con algunos efectos del intemperismo leve. Es necesario indicar que según la sección 705-02, el tipo de roca que debe utilizarse en las escolleras deberá ser una roca angular dura y durable que sea resistente al intemperismo, a la acción del agua y que esté libre de material orgánico y de desecho. No obstante, en la visita realizada, solamente fueron observados casos muy puntuales de efectos de intemperismo en las rocas utilizadas. Sin embargo, tal y como se ve en esta figura, si fue observada claramente la pérdida del material entre los vacíos de la roca, lo cual podría ocasionar que algunas de las rocas no se encuentren debidamente entrabadas y esto, eventualmente, puede llevar a la caída o pérdida de algunas de las rocas. Además, se observa la presencia del crecimiento de vegetación entre las juntas de las rocas, debido a la aparición de los vacíos, lo cual puede favorecer la aceleración de los deterioros observados. Finalmente, en esta misma figura se observa algunos problemas de socavación en la parte inferior de la escollera, así como también evidencias de la “pérdida” de algunas de las rocas que formaban parte del enrocado.



Figura 2. Deterioros observados en las obras de reforzamiento

En la Figura 3 se muestra una vez más, evidencias de la “pérdida” de rocas que formaban parte de la base del enrocado. Adicionalmente, en esta misma fotografía se observa claramente que fue utilizada una mezcla de concreto para cubrir los vacíos del enrocado. No obstante, según lo que se establece en el manual CR-2010, los vacíos deben ser rellenados con un mortero de cemento hidráulico, el cual debe consistir en una parte de cemento hidráulico, dos partes de arena aprobada y el agua necesaria para obtener la consistencia requerida. Debido a este cambio en el material utilizado para el relleno, se sugiere investigar si el uso de un concreto hidráulico ofrece el mismo desempeño esperado al del mortero de concreto hidráulico indicado en el manual del CR-2010 y el manual MCV-2015 y por lo tanto se justifique el cambio en el tipo de material utilizado.



*Figura 3. Evidencias de pérdidas de rocas en la base de la escollera*

Por otro lado, tal y como se indica en el manual CR-2010 y en el manual MCV-2015, la solución técnica recomendada se debe fundamentar en los respectivos estudios y diseños técnico-económicos suficientes y pertinentes, ejecutados por personal competente, los cuales determinarán los sectores que deberán ser intervenidos para evitar problemas de erosión y de estabilidad de los taludes de las márgenes del río.

Así pues, tal y como se muestra en la Figura 4a, se observa una sección del río María Aguilar que presenta un estrechamiento en el cauce de este, esta condición, desde el punto de vista hidráulico, favorece un incremento en la velocidad del flujo de agua (haciendo que pase de un régimen laminar a un flujo turbulento), que a su vez puede propiciar fenómenos de erosión y socavación en las márgenes del río, tales como los que se observan en la Figura 4b. No obstante, en la visita realizada se observó que esta sección del río no fue intervenida con ningún tipo de obra de reforzamiento, pero la sección contigua aguas arriba, si fue reforzada (ver Figura 4a). Debido a esto se sugiere solicitar las aclaraciones correspondientes, puesto que la información disponible no permite establecer los criterios técnicos utilizados para definir que esta sección del río no requería la colocación de ninguna obra para evitar posibles problemas de erosión mientras que otras secciones próximas fueron intervenidas.



Figura 4. Estrechamiento del cauce del río María Aguilar

Adicionalmente, en la Figura 5, se observa la margen izquierda del río María Aguilar, próximo a la sección donde se encuentra el estrechamiento del cauce del río. Se pueden notar problemas de inestabilidad de los taludes, que podrían estar asociados con elevaciones del nivel de agua cuando se presentan precipitaciones importantes en esta región. Nuevamente, se recomienda solicitar aclaraciones de los criterios técnicos utilizados para definir que esta sección del río no requería ninguna obra para evitar posibles problemas de estabilidad.



Figura 5. Problemas de estabilidad del talud en la margen izquierda del cauce del río María Aguilar

Otro aspecto observado durante la visita se relaciona con la condición de algunos de los árboles próximos y dentro de las márgenes del río María Aguilar. En el caso de la Figura 6a, se muestra la fotografía de uno de los árboles, el cual se encuentra junto a la corriente de agua y próximo a algunas

viviendas. Por su parte, en la Figura 6b, se muestra un detalle de las raíces de este mismo árbol, como se puede observar, producto de la erosión y la socavación presente en el sitio, las raíces se encuentran en una condición bastante vulnerable, por lo que se recomienda realizar una evaluación técnica de las condiciones de este árbol y otros árboles próximos para valorar las medidas técnicas y ambientales para la protección de estos y evitar cualquier riesgo a las viviendas o estructuras vecinas.



Figura 6. Condición de las raíces de árboles próximos a los márgenes del cauce del río María Aguilar

Finalmente, tal y como lo establece el manual CR-2010y MCV-2015, todas las actividades de protección de riberas deberán considerar todas las medidas requeridas de mitigación, prevención y protección del medio ambiente, de manera tal que se puedan evitar daños ecológicos y problemas socio-ambientales. Sin embargo, de la visita en campo, existen evidencias de que la parte baja de varios de los árboles (o propiamente, en las raíces) localizados en las márgenes del río María Aguilar, fueron cubiertas con concreto. Debido a esto, se sugiere hacer una valoración desde el punto ambiental, por parte de un experto, sobre las consecuencias que pudo tener esta actividad en el crecimiento y desarrollo de los árboles, puesto que, tal y como se puede observar en las fotografías de la Figura 7, se podría suponer que el concreto colocado, pudo afectar a las raíces de los árboles, evitando que éstas absorbieran adecuadamente el agua, oxígeno y otros nutrientes esenciales para la salud del árbol, lo que eventualmente, desfavoreció la salud de los árboles y su eventual muerte.

Desde el punto de vista geotécnico, los espacios vacíos dejados por los troncos y las raíces de los árboles pueden tener consecuencias para la estabilidad de los taludes en las márgenes del río María Aguilar, ya que por su localización y tamaño permiten el ingreso y la infiltración de volúmenes importante de agua en el suelo. En el caso de las Figuras 7c y 7d, las cuales corresponden a un mismo punto, se tiene que el espacio vacío dejado por el árbol se encuentra muy próximo a la corona del talud del margen izquierdo del río María Aguilar, por su tamaño, posición y profundidad, esto constituye un problema por la cantidad de agua que puede infiltrarse en el suelo. Esta agua, a su vez, puede generar un empuje hidrostático importante en el enrocado con mortero colocado en este sector. Se debe tener en consideración que, si este tipo de obras fue concebido únicamente para el control de la erosión, no será capaz de soportar la presencia de un empuje hidrostático atrás del enrocado, lo cual puede conllevar a una posible falla del enrocado. Por otro lado, desde el punto de vista del comportamiento mecánico de los suelos (deformabilidad y resistencia), la presencia del agua en el terreno puede modificar el estado de esfuerzos efectivos (que corresponde a la diferencia entre los esfuerzos totales y la presión de poros), por lo que el suelo puede sufrir deformaciones y cambios de volumen ante las cargas aplicadas y, por ende, afectar también la estabilidad de los enrocados, así como su desempeño.



(a)



(b)



(c)



(d)

## V. Comentarios y comparación de lo visto en campo y el Oficio AUIF-10-18-0503 (221)

Una vez realizada la visita de campo de las obras de reforzamiento de los laterales del río María Aguilar en las inmediaciones de Circunvalación y después de una revisión del Oficio AUIF-10-18-0503 (221) elaborado por la Auditoría Interna del CONAVI, se pudo constatar que la zona de trabajo corresponde a aproximadamente a un tramo de menos de 200 m de longitud aguas abajo del puente de la ruta 209. La zona de trabajo fue dividida en cuatro tramos de enrocado, los cuales según el oficio AUIF-10-18-0503 (221) se describen a continuación (ver Tabla 1):

Tabla 1. Áreas intervenidas para el reforzamiento de los laterales del río María Aguilar

Tramo	Margen	Distancia horizontal (m)	Área del enrocado, vista en planta (m <sup>2</sup> )	Área del enrocado considerando el desnivel del terreno (m <sup>2</sup> )
1	Izquierda	66,2	266,19	355,28
2	Izquierda	33,15	169,07	212,27
3	Izquierda	40,76	170,28	307,24
4	Derecha	74,46	172,18	278,59
<b>Total</b>			<b>777,72</b>	<b>1153,38</b>

Fuente: Oficio AUIF-10-18-0503 (221). Levantamiento realizado el 25/09/2018 por el ing. topógrafo Javier Calderón Sáenz - Gerencia de Construcción de Vías y Puentes.



Adicionalmente, en este mismo oficio se indica que las cantidades de materiales ejecutados corresponden a las siguientes (ver Tabla 2):

Tabla 2. Cantidades de materiales reportados para el reforzamiento de los laterales del río María Aguilar

Item	Descripción	Unidad	Cantidad
CR.208.01	Excavación (sic) para estructuras	m <sup>3</sup>	5505,49
CR.552.01(A)	Hormigón (sic) estructural clase A 225 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	2851,65
110.06	Suministro de roca río (sic)	m <sup>3</sup>	2440,11
MP-620(3)	Suministro de roca río (sic)	m <sup>3</sup>	5,00

Fuente: Adaptado del Oficio AUIF-10-18-0503 (221).

Con base en estas informaciones suministradas en el oficio AUIF-10-18-0503 (221) y después de la visita realizada, surgió un cuestionamiento sobre la definición de la cantidad de concreto colocado en el sitio con relación al área total de la zona atendida. Teniendo en consideración que si fueron colocados 2851,65 m<sup>3</sup> de concreto (*hormigón estructural clase A 225 kg/cm<sup>2</sup>*) en un área de intervención total de 1153,38 m<sup>2</sup> (correspondiente a la suma de todas las áreas del enrocado considerando el desnivel del terreno) se tendría una altura promedio de aproximadamente 2,47 m de la intervención lo cual representaría una altura y un volumen de concreto considerable colocado en una región relativamente pequeña, esto sin considerar aún el aporte volumétrico que se tendría con el suministro de roca de río. Debido a lo anterior, se sugiere solicitar mayores aclaraciones sobre la cantidad de concreto colocada en el sitio con relación al área total de la zona atendida. Puesto que es necesario entender los criterios utilizados en la definición de la solución técnica utilizada y valorar los criterios técnicos y económicos ante cualquier otra alternativa para evitar problemas de erosión y de estabilidad de los taludes.

## VI. Comentarios finales

Después de realizar la visita de campo realizada para verificar el estado de las obras de reforzamiento de los laterales del río María Aguilar en las inmediaciones de Circunvalación, se pudo confirmar que la solución utilizada en el reforzamiento de las márgenes del río corresponde al tipo de “Enrocado con mortero”, la cual consistió en la colocación de rocas de gran tamaño y concreto en una longitud aproximada de 200 metros desde el puente sobre el río María Aguilar y que permite la intersección de la ruta 209 y la ruta 39. Se observó una falta de mantenimiento y deterioros importantes desde su construcción antes del año 2018 y el presente año, donde se notó el crecimiento de vegetación y la pérdida de mortero entre los vacíos de las rocas. Además, se observaron algunos problemas de socavación en la parte inferior de la escollera, así como también evidencias de la “pérdida” de algunas de las rocas que formaban parte del enrocado.

Se observó que fue utilizada una mezcla de concreto para cubrir los vacíos del enrocado. No obstante, según lo que se establece en el manual CR-2010, los vacíos deben ser rellenados con un mortero de cemento hidráulico, por lo que se sugiere investigar si el uso de un concreto hidráulico ofrece el mismo desempeño esperado al del mortero de concreto hidráulico indicado en el manual del CR-2010 y el manual MCV-2015.

Se recomienda, además, solicitar las aclaraciones sobre los criterios técnicos utilizados para definir porque algunas zonas no fueron intervenidas con el enrocado con mortero, puesto que, en una sección en la cual se tiene un estrechamiento en el cauce, se presenta una condición que, desde el punto de vista hidráulico, se favorece un incremento en la velocidad del flujo de agua, que a su vez ha propiciado fenómenos de erosión, socavación e inestabilidad de los taludes en las márgenes del río.

También fueron observados algunos problemas en la condición de los árboles próximos y dentro de las márgenes del río María Aguilar. Por un lado, se recomienda realizar una evaluación técnica de las condiciones de las raíces de algunos árboles, las cuales han perdido su apoyo, producto de la erosión y la socavación presente en el sitio. En otros casos, existen evidencias de que las raíces de varios de los



árboles fueron cubiertas con concreto, lo cual podría haber afectado la salud de los árboles y su eventual muerte.

Lo anterior ha generado que se presenten espacios vacíos dejados por los troncos y las raíces de los árboles que pueden tener consecuencias para la estabilidad de los taludes en las márgenes del río, ya que por su localización y tamaño permiten el ingreso y por la infiltración de volúmenes importantes de agua en el suelo. Se debe tener en consideración que, si este tipo de obras fue concebido únicamente para el control de la erosión, no será capaz de soportar la presencia de un empuje hidrostático atrás del enrocado, lo cual puede conllevar a una posible falla.

Finalmente, se sugiere solicitar mayores aclaraciones sobre los criterios técnicos adoptados para la definición de la cantidad de concreto colocado en el sitio con relación al área total de la zona atendida, puesto que las cantidades reportadas en el oficio AUIF-10-18-0503 (221) sugieren un volumen considerable. En este sentido, surge la inquietud de si cantidad corresponde a la solución técnica que optimiza los criterios técnicos y económicos ante cualquier otra alternativa para evitar problemas de erosión y de estabilidad de los taludes.

## VII. Referencias

1. Auditoría Interna (2018). **Oficio AUIF-10-18-0503 (221)**. Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). San José, Costa Rica.
2. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2010). **Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes. CR-2010**. San José, Costa Rica.
3. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2015). **Manual de especificaciones generales para la conservación de caminos, carreteras y puentes. MCV-2015**. San José, Costa Rica.