

# Propuestas de control de acarreos en Ruta Nacional 40. Lago Guillermo-Bariloche

## Debris control proposals on National Route 40. Lake Guillermo-Bariloche

**Pablo Girardi Mancini, Ing., M.Sc.**

Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña  
Universidad Nacional de San Juan  
Argentina  
pgirardi@eicam.unsj.edu.ar

**Oscar Víctor Cordo, Ing., M.Sc.**

Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña  
Universidad Nacional de San Juan  
Argentina  
cordooscarvictor7@gmail.com

**Fecha de recepción:** 16/12/2022 - **Fecha de aprobación:** 02/01/2023

### RESUMEN

Se presenta en este artículo problemas de remoción en masa ocasionados por excesivas lluvias en la Ruta Nacional 40, tramo San Carlos de Bariloche-El Bolsón en el sudoeste de la provincia de Río Negro, en la Patagonia, Argentina, en el sector que bordea el lago Guillermo. La zona en cuestión presenta copiosas precipitaciones que afectan cerros, cuyas laderas han sufrido incendios forestales que las han dejado sin vegetación y susceptibles a la erosión.

Los problemas citados motivaron a que Vialidad Nacional hiciera un pedido a la Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña para solucionar este problema que se está haciendo crónico y cuya gravedad aumenta con cada evento climático. En efecto, luego de cada lluvia, grandes volúmenes de detritos se acumulan sobre la calzada cortando la ruta, dejando incomunicadas a las ciudades de San Carlos de Bariloche y El Bolsón, generando un sinnúmero de inconvenientes a la región. En este trabajo se proponen, en primer lugar, medidas tendientes a paliar este problema a corto plazo y otras acciones con el objetivo de lograr una solución a mediano y largo plazo para este serio problema en forma definitiva.

**Palabras clave:** erosión de laderas, remoción en masa, control de flujo de detritos, estabilización de laderas.

### ABSTRACT

In this paper are presented mass removal problems caused by excessive rains on National Road 40, San Carlos de Bariloche-El Bolsón section, in the southwest of the province of Río Negro, in Patagonia, Argentina, bordering Guillermo Lake. The zone in question presents copious precipitations that affect hills, whose slopes have suffered forest fires, leaving them without vegetation and susceptible to erosion.

The aforementioned problems, obliged Vialidad Nacional to ask the School of Mountain Roads Engineering to solve this problem that is becoming chronic and whose severity increases with each climatic event. Actually, after each rain, large volumes of debris accumulate on the road, cutting the route and cutting off the link between the cities of San Carlos de Bariloche and El Bolsón, generating a great number of difficulties to the region. Firstly, procedures tending to alleviate this problem in the short term are proposed, as well as further actions to achieve a fundamental solution to solve this serious problem definitely.

**Keywords:** slope erosion, mass removal, debris flow control, slope stabilization.

# Introducción

La Ruta Nacional (RN) 40 es la más extensa de Argentina y se extiende de Norte a Sur al pie de la Cordillera de los Andes a lo largo de más de 5000 km, uniendo diez provincias (Figura 1.a). El tramo bajo estudio se sitúa entre las ciudades de San Carlos de Bariloche y El Bolsón en el sector que bordea al lago Guillermo (Figura 1.b). En agosto de 2016, el 20° Distrito Río Negro de Vialidad Nacional le solicita a la Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña (EICAM), asistencia para solucionar los reiterados cortes que tenían lugar en ese sector de aproximadamente 5 km de longitud (Figura 1.c).

El tramo en cuestión está bajo la modalidad de contratos C.RE.MA (Contratos de Recuperación y Mantenimiento) implementados en Argentina desde la década del '90. La empresa contratista tenía previsto hacer tareas de mantenimiento y reconstrucción de obras de arte, pero las mismas se estiman insuficientes para solucionar el problema de los reiterados cortes. El problema más serio es el flujo de agua, lodo y piedras desde las laderas que generan interrupción y profundos deterioros de la obra básica (socavones, etc).

# Actuaciones

Hubo un fluido contacto con el 20° Distrito de Vialidad Nacional para comprender la naturaleza y magnitud del problema. En septiembre de 2016

los ingenieros Pablo Girardi y Oscar Cordo fueron al sector en cuestión, acompañados y asesorados por profesionales de la Delegación Bariloche del 20° Distrito y de la empresa contratista a cargo del C.RE.MA.

Se pidieron relevamientos topográficos a Vialidad Nacional, los que fueron realizados mediante la tecnología dron.

Se aclara que las propuestas elaboradas en este trabajo son de tipo cualitativo, a nivel anteproyecto conceptual y no deben tomarse como documentación definitiva para encarar las tareas para solucionar problemas similares.

# Problemas detectados a lo largo de la traza

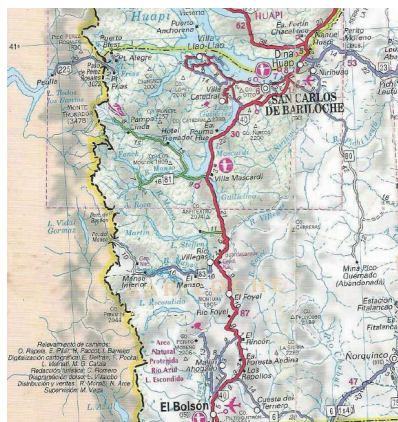
## Aluviones de detritos de laderas

Los sitios donde se presentaron aluviones de detritos de laderas fueron los siguientes:

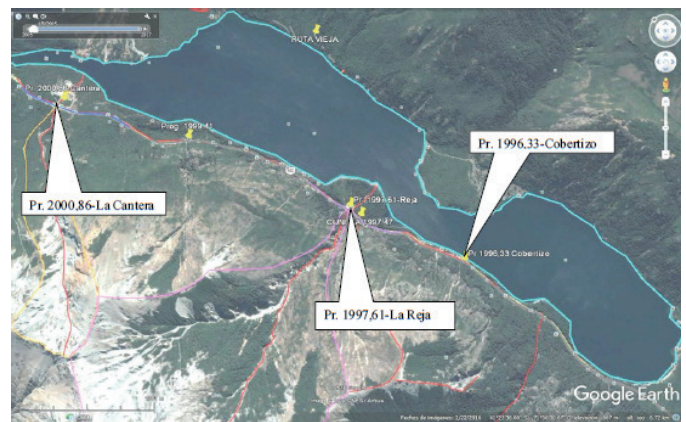
- *Progresiva km 1996,33. "El Cobertizo".* Hay una cascada. Pendientes muy pronunciadas hacia el Lago Guillermo. Llamado así ya que el 20° Distrito propuso construir un cobertizo.
- *Progresiva km 1997,61. "La Reja".* Zona afectada por flujos de lodo y piedras. Pendiente hacia el lago no tan pronunciada como en El Cobertizo.



(a)



(b)



(c)

Figura 1. Ubicación de la zona en estudio: a) RN 40; b) Tramo en estudio; c) Zonas con afectación por aluviones de detritos

Se puso una reja en la alcantarilla para detener troncos para su posterior retiro.

- *Progresiva km 2000,86. "La Cantero".* Llamada así porque hay depósitos de material granular de origen aluvial. Zona también muy afectada.

La ubicación de estos sitios se puede ver en Figura 1.c.

## Probables Causas de los Eventos

La primitiva traza de la ruta iba por margen Este del lago Guillermo, pero en la década del '80 se decidió la construcción de una nueva traza por margen Oeste del citado lago. En un principio funcionó bien, pero los problemas comienzan en 2002. Las causas pueden estar en intensos incendios forestales que tuvieron lugar en 1999, y abarcaron la zona del lago Mascardi y Cerro Tronador y al cordón lindante, por el Oeste, al lago Guillermo, donde se asienta la traza de la RN 40 (Ver Figura 1.b). La destrucción del bosque nativo en las laderas generó un aumento del coeficiente de escorrentía. La misma intensidad de lluvia que antes no generaba problemas, provoca ahora grandes avalanchas de detritos. Las alcantarillas existentes,

diseñadas para absorber el caudal resultante de las condiciones iniciales de escorrentía, son ahora insuficientes para evacuar los caudales de crecida. Estas avalanchas están erosionando las laderas, generando un severo daño ambiental. Lo más grave es que el fenómeno es progresivo y deben tomarse medidas urgentes para neutralizarlo (Iverson, Reid, y LaHusen, 1997).

Hubo eventos de grandes lluvias en 2004, 2009, 2013, 2014 y 2015. No hay cómputos confiables del volumen de detritos involucrado en cada evento. El único dato existente es el del volumen de detritos removido con máquina para despejar la ruta que fue suministrado por la Delegación Bariloche del 20° Distrito de Vialidad Nacional. Se analizaron estos datos y se dedujo que el volumen de detritos a remover es creciente a lo largo del tiempo, lo que indica que es un fenómeno progresivo y que tiende a agravarse con cada tormenta.

La EICAM tiene registros de datos de precipitaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) correspondientes a las estaciones de El Bolsón y Bariloche. En el Cuadro 1 se indican los datos de precipitación en mm registrados en Bariloche y los volúmenes de detritos removidos en los distintos sitios a lo largo de la traza.

**Cuadro 1. Datos de precipitación (mm) y volumen de sedimentos removidos (m<sup>3</sup>) en Bariloche**

Fecha	Progresiva	Topónimo	18-may-09	19-may-09	20-may-09	21-may-09	22-may-09	08-sep-13	09-sep-13	01-ago-14	02-ago-14	03-feb-15	04-feb-15	01-jun-15	02-jun-15
Precipitación (mm)		*	5	30	30	30	S/D*	30	30	60	25	3	13	40	25
Volumen de sedimentos removidos (m <sup>3</sup> )	1995,34							1125							
	1995,58	Cascada	1586												
	1996,21							800							
	1996,61	Cobertizo	102												
	1997,49							3812							
	1997,61	La Reja	696					650		1250		5400		1150	
	1998,05		625												
	1998,60	El Piletón													
	1999,43		554							1450		1300			
2000,86	Bajada más al N										20413				

Nota: No hay registros de precipitaciones de los eventos de 2002 y 2004.

\*Sin datos

## Delimitación de Cuencas

Con ayuda del Google Earth se delimitaron las cuencas de cada uno de los sitios denominados “El Cobertizo”, “Arroyo La Reja” y “Arroyo La Cantera” (Figura 2), cuyas áreas se indican en el Cuadro 2.

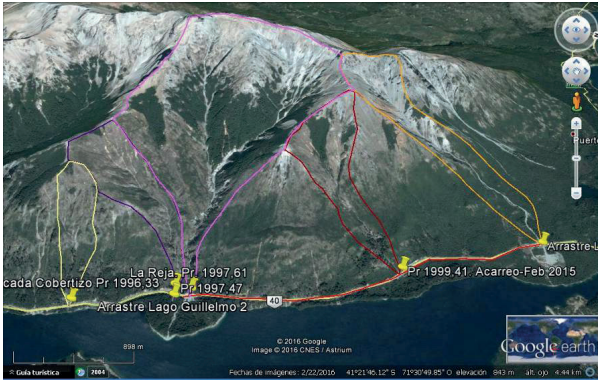


Figura 2. Delimitación de las cuencas correspondientes a: “El Cobertizo”, “Arroyo La Reja” y “Arroyo La Cantera”

Cuadro 2. Áreas de las cuencas cercanas al sitio en estudio

Progresiva	Topónimo	Área (km <sup>2</sup> )
1996,33	El Cobertizo	0,3
1997,61	Arroyo La Reja	4,3
2000,86	Arroyo La Cantera	1,05

## Relevamientos en Cada Sitio Problemático

**Progresiva km 1996,33 “El Cobertizo”:** En este lugar se observa una cascada de 9 m de altura que cae verticalmente. El corte es artificial y fue realizado cuando se construyó el camino (Figura 3.a). La cuenca tiene un área reducida (0,3 km<sup>2</sup>) y presenta una alcantarilla metálica de hierro corrugado que desagua al lago Guillermo. Su muro frontal está muy deteriorado (Figura 3.b). El terraplén es muy empinado (1v:1h). En este sector se vienen observando problemas desde 2002 y el último evento tuvo lugar en junio de 2015.



(a)



(b)

Figura 3. a) Cascada en Progresiva 1996,33; b) Vista del muro frontal de la alcantarilla y talud de terraplén sumamente empinado



(a)



(b)

Figura 4. Sector de Progresiva km 1997,47: a) Estado en que quedó el flex-beam; b) Remoción de escombros

**Progresiva km 1997,47:** Existe una alcantarilla de caño metálico. En septiembre de 2013 y junio de 2015 se produjeron graves daños. Se observan embanques y socavaciones aguas abajo con remoción de flex-beam (Figura 4).

**Progresiva km 1997,61. “Arroyo La Reja”:** Recibe este nombre por una reja que se colocó aguas arriba de la alcantarilla a efecto de detener troncos y rocas arrastrados por la corriente. Esto no funcionó y la misma está totalmente obstruida por sedimentos (Figura 5.a). Presenta una cuenca extensa, con un área de 4,3 km<sup>2</sup>. Ha sufrido grandes acarrees desde 2002 a la fecha. La estructura existente es una alcantarilla

tipo 0-41211 de 3 vanos de 2 m. Su solera tiene una fuerte pendiente. En efecto, su altura aguas arriba es de 0,40 m, mientras que aguas abajo es de 1,80 m.

El inconveniente de la obstrucción se subsanó con una alcantarilla de hierro corrugado de 1 m de diámetro ubicada 70 m hacia el Norte (Fig. 5.b).

**Progresiva km 2000,86. Arroyo “La Cantera”:** El primer evento que la afecta tuvo lugar en febrero de 2015, donde se generó una avalancha de material grueso, lodo y troncos que bloqueó la ruta. Se observa una lengua de sedimentos de casi 500 m hacia el lago Guillermo (Figura 6). Se tiene una alcantarilla de caño corrugado totalmente obstruida por este alud.



(a)



(b)

Figura 5. Alcantarilla Arroyo La Reja. a) Boca de entrada totalmente obstruida por detritos; b) Desagüe mediante una alcantarilla caño 70 m hacia el Norte

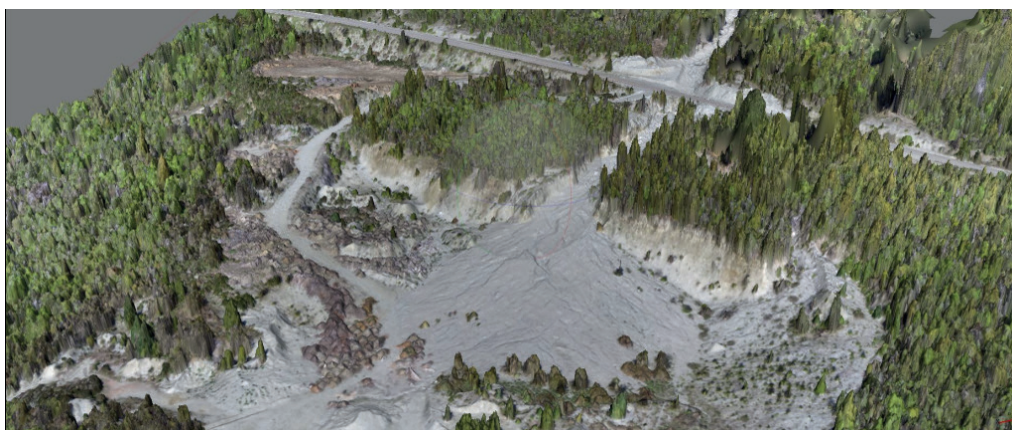


Figura 6. Arroyo La Cantera. Lengua de sedimentos que se observa aguas debajo de la alcantarilla (Foto tomada con dron)

# Resultados: Propuestas para evitar cortes de Ruta Nacional 40

Vialidad Nacional quiere dar una solución definitiva a este problema. La RN 40 es la única pavimentada junto con la RN 3 (a orillas del Océano Atlántico) en la Patagonia. Hasta tanto no se efectúen tareas tendientes a estabilizar las laderas, hay que procurar que las descargas de detritos y lodos no obstruyan la ruta. La concesionaria del C.RE.MA proponía reemplazar las alcantarillas existentes por alcantarillas cajón de hormigón armado de 3 m de luz y 2,50 m de altura.

Vialidad Nacional admite que la solución alcantarilla es insuficiente, especialmente en arrastres de gran magnitud por antecedentes de rutas vecinas. Por tanto, es necesario efectuar una adecuación de obra

básica para proteger terraplenes de infiltración de agua de lluvias y socavación. La propuesta EICAM de solucionar a nivel de anteproyecto conceptual en cada uno de los 3 sitios más problemáticos incluye:

- Planialtimetría de cada sector a re proyectar.
- Perfil propuesto de bajada de aludes.
- Perfiles transversales.

## Propuestas sugeridas por la EICAM

### Progresiva km 1996,33 "El Cobertizo"

Se propone la construcción de un puente de 15 m de luz, con su tablero prácticamente a nivel de calzada actual. La fundación prevista será con pilotes para estar cubierto de la erosión. Será necesario excavar ladera adentro el cauce rocoso para evitar que los flujos caigan sobre la calzada (Figuras 7 y 8).

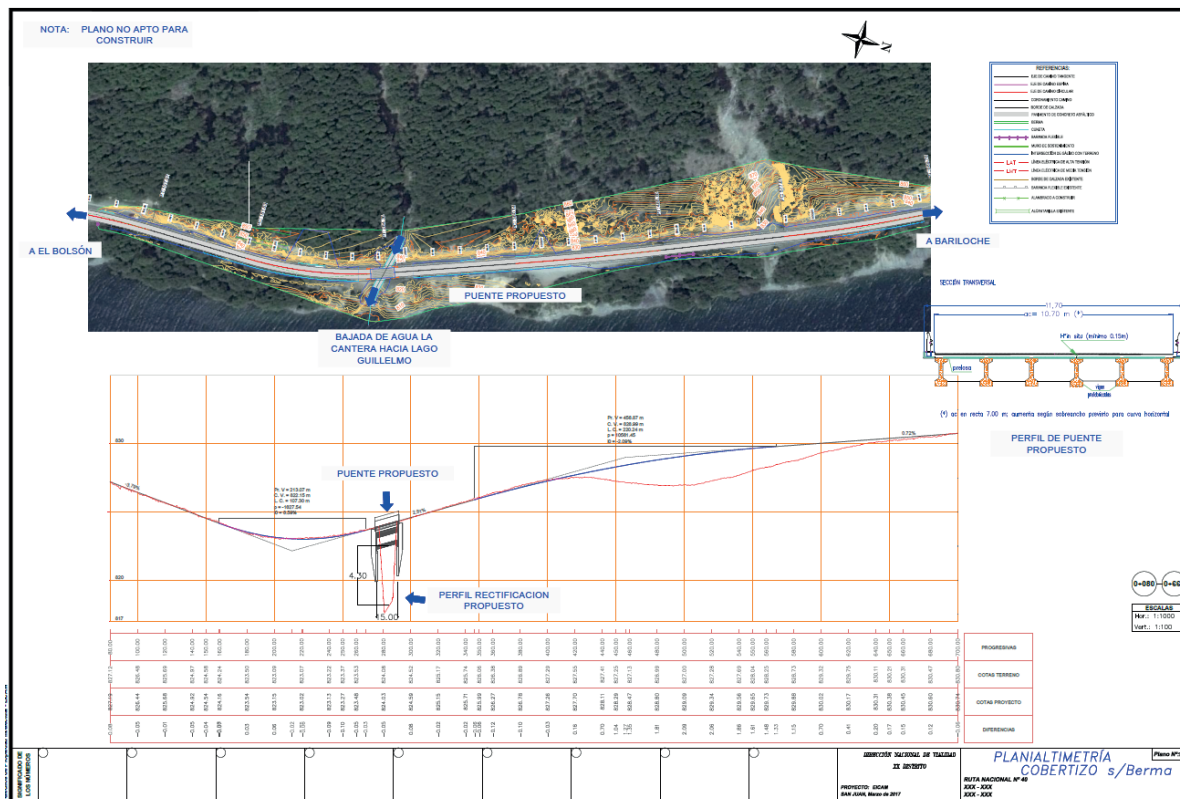


Figura 7. Planialtimetría de la solución prevista para sitio "El Cobertizo"

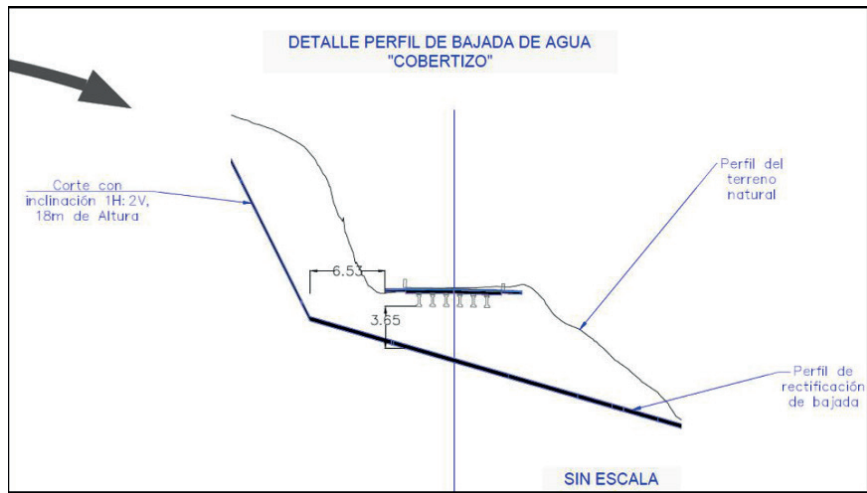


Figura 8. Detalle del perfil transversal de la solución prevista para sitio "El Cobertizo"

### Progresiva km 1997,61 "La Rreja"

Se propone la construcción de un puente de 30 m de luz. Se desplaza la traza del actual camino para lograr un mayor despeje entre el fondo del tablero y cauce. Se prevé profundizar el cauce bajo el puente en unos 250 m. La luz y altura del puente permitirán la limpieza del cauce cuando sea necesario luego de las crecidas.

Se prevé construir un salto disipador de energía a unos 50 m aguas arriba del puente, el cual podrá ser vertical si hay roca competente (Chanson y Felder,

2010). Si la roca no es competente, se harán dos saltos de menor altura, o en su defecto un umbral de hormigón o muros de gaviones de gravedad (Maccaferri, 1981) (Figuras 9 y 10).

### Progresiva km 2000,86 "La Cantera"

Se propone la construcción de un puente de 30 m de luz. Se desplaza la traza del actual camino hacia aguas abajo para lograr un mayor despeje entre el fondo del tablero y cauce. Se prevé la excavación de canal en el lecho del arroyo. La profundización del cauce es menos importante que en La Rreja.

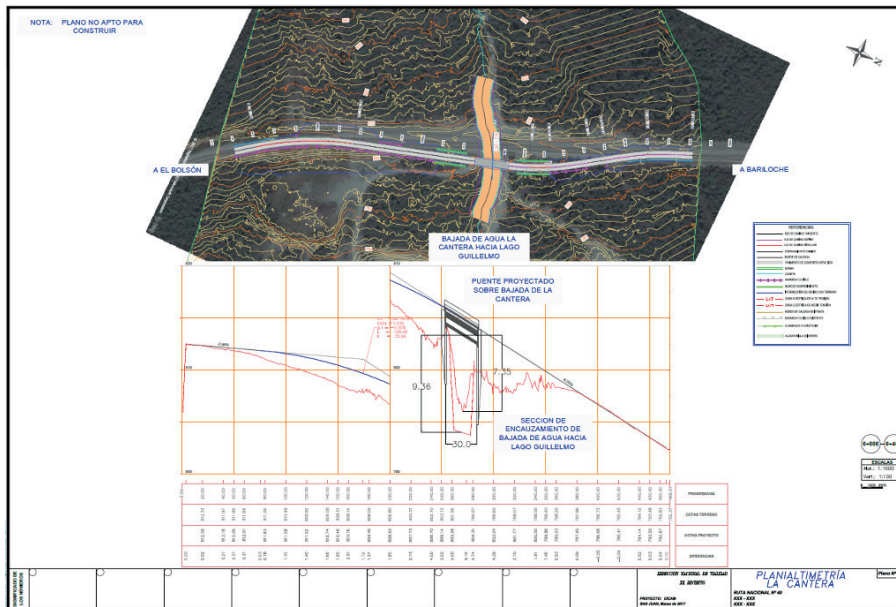


Figura 9. Planialtimetría de la solución prevista para Arroyo "La Rreja"

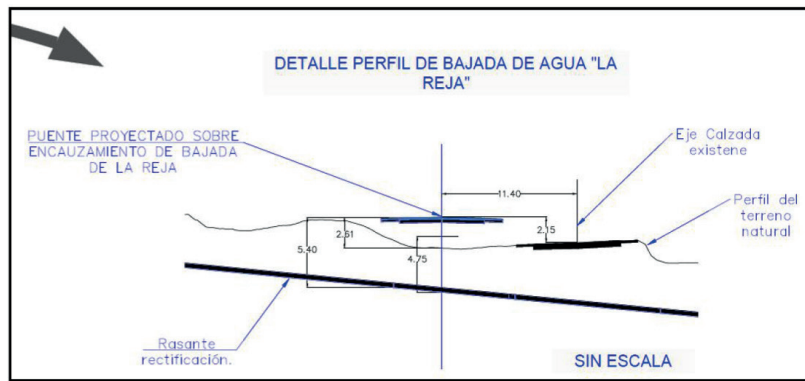


Figura 10. Detalle del perfil transversal de la solución prevista para Arroyo "La Reja"

No habrá incremento de pendientes longitudinales en los accesos al puente. Se prevé la construcción de espaldones de encauzamiento de caudales, aguas arriba del puente (Figuras 11 y 12).

### Acotaciones comunes para los puentes

En todos los casos está prevista la construcción de puentes de una sola luz. De esta manera, se evitan pilas en el cauce que puedan obstaculizar los flujos



Figura 11. Planta del cruce en progresiva 2000,86. Se observa un nuevo cauce de bajada que se insinúa ladera arriba y la ubicación del espaldón de defensa propuesto para evitar que descendan caudales por el sitio aludido

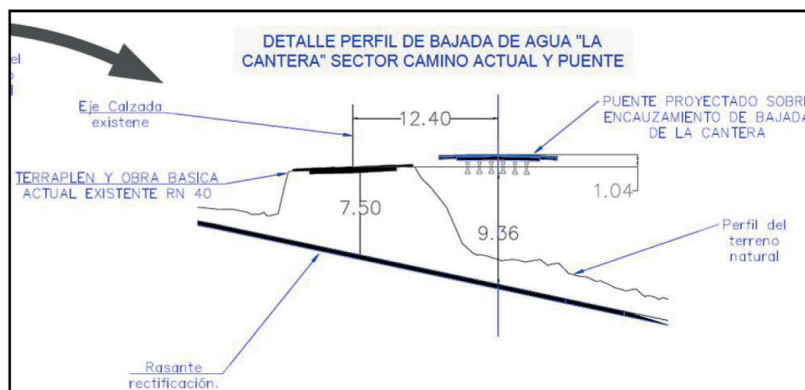


Figura 12. Detalle del perfil transversal de la solución prevista para Arroyo "La Cantera"



de ladera (Lagasse *et al.*, 1991). Se prevén estribos cerrados para proteger terraplenes de la erosión. En los terraplenes de acceso, del lado de los cerros, se prevé la construcción de muros de tierra armada, 50 m a cada lado del puente. Los mismos estarán protegidos al pie con *rip-rap*, para evitar erosión de flujos de detritos (Richardson, Harrison, Richardson, y Davis, 1991).

En lo referente a los muros de encauzamiento, se dispondrán en diagonal, comenzando en las inmediaciones de los estribos continuando hasta que su cota coincida con la del terreno natural. Podrán ser de hormigón o de mampostería de piedra.

## Propuestas para estabilizar laderas

Las soluciones propuestas por la EICAM producirán alivios inmediatos. No habrá más cortes de ruta, pero sí continuarán degradándose las laderas. Para combatir el problema de erosión y degradación de laderas, se recomienda lo siguiente:

- Construcción de muros para aterrizar las laderas (Jiménez Salas, De Justo Alpañez, y Serrano González, 1980) y permitir que vuelva a crecer el bosque nativo.
- Hidrosiembra mediante riego de un producto sintético con fibras naturales y sintéticas biodegradables y semillas de vegetales (Wohlgemuth, Beyers, y Robichaud, 2011).
- Construcción de diques en cauce principal combinados con disipación de energía (Chanson y Felder, 2010).

Las dos primeras soluciones generarán un brusco descenso en el coeficiente de escorrentía, mientras que la tercera reduce la pendiente de los cauces y neutraliza el arrastre de sedimentos.

## Conclusiones

Los derrubios y lodos de ladera no son fáciles de controlar. En este informe se indican propuestas a nivel anteproyecto conceptual para evitar que los mismos sigan cortando la ruta en estudio en los 3 sectores más proclives a interrumpirse. Para ello, se proponen obras de arte con secciones transversales mucho mayores que las actuales para permitir el libre pasaje del arrastre.

Los puentes garantizan esa sección de escurrimiento necesaria y permiten también las tareas de limpieza posteriores a cada alud.

Es sumamente importante la consideración de las actuaciones a realizar sobre las laderas y canales de descarga, el origen de los flujos de detritos y lodos como consecuencia de la destrucción del bosque nativo por incendios. Por ello, se han citado algunas alternativas tendientes a morigerar los arrastres.

Otra posible alternativa para contrarrestar estos eventos, es la combinación de las distintas soluciones citadas dependiendo de la magnitud y tipo del arrastre y la topografía de cada sector en particular. Se profundizarán estas soluciones en etapa de proyecto ejecutivo.

## Referencias

- Chanson, H., y Felder, S. (2010). *Energy Dissipation on Embankment Dam Stepped Spillways, Overflow Stepped Weirs and Masonry Stepped Spillways*. Memorias del 17mo. Congreso del IAHR, Auckland, New Zealand.
- Iverson, R., Reid, M. E., y LaHusen, R. G. (1997). Debris-flow mobilization from landslides. *Annual Revue Earth Planet. Sciences*, 25(1), 85-138.
- Jiménez Salas, J. A., De Justo Alpañez, J. L., y Serrano González, A. A. (1980). *Geotecnia y Cimientos Tomo III. Cimentaciones, Excavaciones y Aplicaciones de la Geotecnia. Segunda Parte*. Madrid, España: Editorial Rueda.
- Lagasse, P. F., Schall, J. D., Johnson, F., Richardson, E. V., Richardson, J. R., y Chang, F. (1991). *Stream stability at highway structures* (FHWA-IP-90-014). Recuperado de: <https://trid.trb.org/view/351245>
- Maccaferri (1981). *Diques flexibles para la regulación de ríos y obras de toma*. Buenos Aires, Argentina: Maccaferri Gaviones de Argentina S. A.
- Richardson, E. V., Harrison, L. J., Richardson, J. R., y Davis, S. R. (1991). *Evaluating scour at bridges* (FHWA-IP-90-017).
- Wohlgemuth, P., Beyers, J., y Robichaud, P. (2011). The Effectiveness of Aerial Hydromulch as an Erosion Control Treatment in Burned Chaparral Watersheds, Southern California. En *Fourth Interagency Conference on Research in the Watersheds*, Alaska, EEUU.

---

**Los contenidos de este documento, representan insumos dentro de un proceso de gestión del conocimiento que, por sí mismos, a priori, no constituyen una declaración de una normativa, procedimiento, criterio o herramienta oficial de acatamiento obligatorio en la gestión de proyectos de obra vial pública de Costa Rica, por parte del LanammeUCR. Cualquier posición oficial para Costa Rica sobre aspectos puntuales contemplados en este documento, se realizarán por los medios que corresponden, según los lineamientos de la Universidad de Costa Rica, de la Ley 8114 y su Reglamento al Art 6 (Decreto 37016 – MOPT).**