



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: LM-IG-04-2021

### Revisión de los documentos de la memoria de cálculo y planos del muro de gaviones de las obras de ampliación río de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales río Alajuela, río Ciruelas y Barreal - Castella

INFORME FINAL



Fuente: informa-tico

Preparado por:  
Ing. Laura Solano Matamoros  
Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica  
Febrero, 2021



<b>1. Informe</b> <b>LM-IG-04-2021</b>		<b>2. Copia No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> Revisión de los documentos de la memoria de cálculo y planos del muro de gaviones de las obras de ampliación río de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales río Alajuela, río Ciruelas y Barreal - Castella.		<b>4. Fecha del Informe</b> 9 de febrero de 2021
<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 Lanamme, se presenta a continuación el resultado de la revisión de la memoria de cálculo y planos del muro de gaviones del río Alajuela, como parte del seguimiento a las obras del proyecto "Corredor Vial San José – San Ramón".</i>  <i>La revisión consiste en verificar si los documentos cuentan con información suficiente para el diseños geotécnicos de esta obra específica y si se tomaron en cuenta las consideraciones básicas establecidas en los estudios de suelo anteriores.</i>		
<b>8. Palabras clave</b> Gaviones, escollera, puentes, estabilidad de taludes, muros.	<b>9. Nivel de seguridad:</b> -	<b>10. Núm. de páginas</b> 7
<b>11. Preparado por:</b>  Ing. Laura Solano Matamoros Programa de Ingeniería Geotécnica		
<b>12. Revisado y aprobado por:</b>  Ing. Ana Lorena Monge Sandí, M.Sc Coordinadora del Programa de Ingeniería Geotécnica		



## CONTENIDO

I.	Introducción .....	4
II.	Comentarios generales .....	4
II.1	Memoria de cálculo del muro de gaviones de Macaferri .....	4
II.2	Planos.....	6
III.	Comentarios finales.....	7
IV.	Referencias .....	7



## **Segunda revisión de los documentos de estudios y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales: río Alajuela, río Ciruelas y Barreal - Castella**

### **I. Introducción**

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra la revisión realizada por el Programa de Ingeniería Geotécnica a los documentos de la memoria de cálculo y planos del muro de gaviones del puente sobre el río Alajuela, el cual forma parte de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales.

Entre los documentos revisados se encuentran:

- Memoria de cálculo Macaferri – Proyecto ampliación del puente río Alajuela”
- Planos adjuntos

A continuación, se muestran los comentarios al respecto de la revisión de los documentos considerados.

### **II. Comentarios generales**

Al finalizar la revisión de los documentos aportados por la unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, se puede percibir que los documentos cuentan con la información requerida para realizar un adecuado diseño de un muro de gaviones.

Se revisan los documentos “Memoria de cálculo del muro de gaviones de Macaferri mediante el programa MacStARS W – Rel. 4.0” y “Hojas 8.1, 8.2 y 8.3 de los planos de las Obras de Ampliación Río Alajuela (versión de agosto de 2020)”, elaborado por el consorcio OBIS Ruta 1 CPC, integrado por la empresa CODOCSA S.A, Quebradores Pedregal S.A y Compañía Asesora de Construcción e Ingeniería S.A.

El documento cuenta con los parámetros mecánicos de los materiales que conforma tanto el talud a proteger, como los materiales del muro de gaviones. En los aspectos geotécnicos se incluye el análisis de estabilidad del conjunto muro - talud. Además, se incluyen cargas vehiculares para las proyecciones de tránsito a las que estará expuesto el muro.

La revisión en este documento se complementa con el apartado III “Comentarios a documentos del proyecto ampliación del puente en río Alajuela” del informe LM-IG-09-2020.

En los siguientes apartados, se realizarán los comentarios pertinentes a este respecto, de cada uno de los documentos revisados y estudiados.

#### **II.1 Memoria de cálculo del muro de gaviones de Macaferri**

Al revisar este documento, primeramente, se verifican las propiedades de los estratos de suelo que conforman el talud que se desea proteger mediante la construcción del muro de gaviones.

De acuerdo con el informe LM-IG-09-2020, en el cual se revisó el estudio geotécnico para el sitio del proyecto, se indica que se identificaron los estratos que se muestran en la Tabla 1.

Informe LM-IG-04-2021	Febrero,2021	Página 4 de 7
-----------------------	--------------	---------------



Tabla 1. Resumen de resultados obtenidos para la caracterización del perfil del suelo del sitio

Capa	Descripción	Profundidad (m)		Características físicas y mecánicas				
				$\gamma_f$	RQD	Eo	Correlaciones condición drenada	
		MI	MD	(kN/m <sup>3</sup> )	(%)	(kPa)	c (kPa)	$\phi$ (°)
1	Limos plásticos con presencia de arenas y gravas. Color café rojizo a café amarillento.	0.00 - 2.20	0.00 - 4.50	16.2	-	5000-25000	15	24
2	Toba soldada tipo ignimbrita, muy interperizada. Color grisáceo. Se comporta como una arena gravosa con pocos finos.	2.20 - 5.27	4.50 - 7.03	18.5	0	10000-30000	-	26
3	Ignimbrita de color gris a gris negruzco. Presenta abundantes manchas de oxidación de color amarillento especialmente en los primeros tres metros del tramo.	5.27 - 25.25	7.03 - 17.91	21.5	0-52	30000-100000	-	33-36

Fuente: Monge, A & Solano, L (2020)

En los datos de entrada para el cálculo de la estabilidad del muro de gaviones del informe de Maccaferri, se indican únicamente dos estratos. El primer estrato corresponde al material con las características de la capa 1 del modelo geotécnico establecido en los estudios y anteproyecto de las obras de ampliación del puente sobre el río Alajuela. Sin embargo, el segundo estrato indicado no corresponde con ninguna de las capas definidas en el modelo geotécnico, y no es posible identificar con claridad la forma en que se definieron los parámetros mecánicos de este segundo estrato que se utilizó para el análisis. Se presume se trata del material de la capa 3, sin embargo, se asocia un valor de cohesión cuya procedencia se desconoce. En la Tabla 2 se muestran las propiedades geomecánicas definidas para el cálculo de la estabilidad del muro de gaviones.

Tabla 2. Parámetros geo-mecánicos para análisis del muro de gaviones

Estrato	Cohesión (kN/m <sup>2</sup> )	Ángulo de fricción (°)	Peso unitario (kN/m <sup>3</sup> )	Razón de Poisson
1	15	24	16,6	0,3
2	32	36	20,0	0,3
Piedra (gaviones)	30	40	16,0	0,3
Relleno (cimiento y trasdós)	5	35	17,0	0,3

Se define la magnitud de la carga de tránsito de 20,00 kN/m<sup>2</sup>, y se verifica la estabilidad, el cual incluye estabilidad global, interna y contra deslizamiento del muro, por el método de análisis definido por Bishop, tanto para la condición estática y como la pseudoestática, con una carga de sismo de 1,96 m/s<sup>2</sup> en dirección horizontal.



El análisis de estabilidad en condición pseudoestática despliega un factor de seguridad de 1,865. Esto indica que el muro es estable bajo las condiciones analizadas, en general se observa que fueron tomados en cuenta los aspectos necesarios en el diseño del muro, tales como determinación de la presión activa, carga excéntrica, momentos volcantes y restauradores. Se indica, además, el tipo de malla y el diámetro del alambre requerido, así como las propiedades de la piedra para el relleno de las celdas y el material de relleno trasdós y sobre el que se construye el muro. Sin embargo, no hay claridad en cuanto a la definición de los parámetros geo-mecánicos del segundo estrato, así como de la carga sísmica y de tránsito que se utiliza para el análisis.

## II.2 Planos

Se revisan los planos aportados por el consorcio OBIS Ruta 1 CPC, integrado por la empresa CODOCSA S.A, Quebradores Pedregal S.A y Compañía Asesora de Construcción e Ingeniería S.A., específicamente las hojas 8.1, 8.2, 8.3, los cuales contienen información suficiente para comprender y complementar la memoria de cálculo del muro de gaviones en el Río Alajuela. Se incluyen planos sobre la ubicación del muro y de los sondeos realizados, secciones del muro, relleno y escollera de protección, además de las especificaciones de instalación del muro.

En general se observa que los planos son bastante claros en cuanto a especificaciones y coincide con lo indicado en la memoria de cálculo para la estabilidad del muro. Se indica la existencia en planos de una escollera para protección de la cimentación del muro ante la posible socavación por la velocidad del agua del río. Los planos especifican el material a utilizar en esta escollera, sin embargo, no hay registro del procedimiento mediante el cual se diseñó la escollera y la elección de los materiales con los que se construye. Por tanto, se considera recomendable solicitar la información del diseño que fundamenta los planos de esta obra.

Para determinar si el diseño del tamaño de las rocas utilizadas para el muro de gaviones recomendado, se debe establecer cuál es la velocidad máxima y límite del agua en el río, y así verificar si existiría algún tipo de arrastre o movimiento de las mismas. De acuerdo con lo especificado en las notas de los planos, los bloques utilizados para el relleno de las celdas de los gaviones oscilan entre 10 y 30 cm. Como se indica en la Tabla 3, para un  $d_{50}$  de 0,15 m, la velocidad crítica del agua del río es de 4,9 m/s para gaviones de 0,50 m de altura. Según el estudio hidráulico del río, las velocidades de flujo, para una creciente máxima con 100 y 500 años de periodo de retorno, se encuentran entre 1,85 y 3,45 m/s, por lo que se podría dada esta información, se podría concluir que los bloques utilizados en el relleno del muro, no quedan protegidos por la escollera, no serían arrastrados por un evento de esta magnitud. Sin embargo, en planos se indica que el muro de gaviones se compone de cajas de 1,00 m de espesor y en este caso no se puede garantizar que esta información aplique para las condiciones del proyecto.

Tabla 3.Velocidad crítica y velocidad límite para gaviones

Tipo	Espesor (m)	Piedras de relleno		Velocidad crítica (m/s)	Velocidad límite (m/s)
		Dimensiones (mm)	$d_{50}$ (m)		
Colchón reno	0,17	70 a 100	0,085	3,5	4,2
		70 a 150	0,110	3,8	4,5
	0,23	70 a 100	0,085	3,7	4,5
		70 a 150	0,110	4,1	4,9
	0,30	70 a 120	0,100	4,0	4,7
		100 a 150	0,125	4,3	5,0
Gavión caja	0,50	100 a 200	0,150	4,9	5,8
		120 a 250	0,190	5,5	6,4

Fuente: Lindo, P (2016)

Informe LM-IG-04-2021	Febrero,2021	Página 6 de 7
-----------------------	--------------	---------------



Por tanto, se considera oportuno solicitar la referencia para las características del muro específico, para así poder verificar que las condiciones de diseño y construcción del muro son apropiadas para garantizar el correcto funcionamiento del muro.

Finalmente se considera que, al utilizarse malla de alambre con diámetro de 2,70 mm, fuertemente galvanizado en una cantidad superior a 244 g/m<sup>2</sup> (ASTM A 641) más un recubrimiento de PVC de 0,4 mm de espesor, se encuentra debidamente protegida de los posibles efectos de corrosión del acero por el contacto con agua ante una eventual crecida, y las zonas que podrían estar en contacto permanente con el flujo del agua, se encuentran protegidos por la escollera.

### III. Comentarios finales

Se considera importante solicitar esclarecer las dudas que se tienen en cada uno de los apartados mostrados en este documento. Primeramente, no se tiene clara la procedencia y el análisis de datos específico para la determinación de las propiedades geomecánicas del estrato 2 del talud que contiene el muro de gaviones.

Por otro lado, contar con el diseño del muro de escollera para protección de la cimentación del muro de gaviones, pues también se debe contar con un diseño geotécnico, tanto del terreno sobre el cual se construye como hidráulico.

Finalmente se deben esclarecer los datos de velocidades críticas capaces de resistir ante arrastre los bloques de relleno de las cajas de gaviones de 1,00 m de espesor que componen el muro.

### IV. Referencias

1. Consorcio IDOM – DEHC. “Estudios y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales, lote 1A: Proyecto de demolición y construcción del puente sobre el río Alajuela y el puente sobre el río Ciruelas. Informe final. 01 – Memoria. Informe 04 – Geotecnia y Mecánica de suelos”. San José, 2019.
2. Consorcio Pedregal – Cacisa – CODOCSA. “CAPITULO 1: “Introducción – Proyecto ampliación del puente río Alajuela”. San José, 2020.
3. Consorcio Pedregal – Cacisa – CODOCSA. “CAPITULO 5: “Estudios geotécnicos – Proyecto puente río Alajuela”. San José, 2020.
4. Consorcio Pedregal – Cacisa – CODOCSA. “CAPITULO 6: Estructuras: Memorias de cálculo – Proyecto puente río Alajuela” San José, 2020.
5. Programa de Ingeniería Geotécnica – LanammeUCR. “LM-PIG-09-2020 Informe de Segunda revisión de los documentos de estudios y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales: río Alajuela, río Ciruelas y Barreal - Castilla” San José, 2020.
6. Lindo, J. (2016). Diseño de gaviones de protección en el río Chacapalca (Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.