



Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: EIC-Lanamme-INF-0136-2022

Visita de evaluación de muros de suelo reforzado y aspectos geotécnicos en el proyecto Ruta Nacional 1, Limonal-Cañas



Preparado por:

Ing. Laura Solano Matamoros
Ing. Gustavo A. Badilla Vargas, DSc.

Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Febrero, 2022





1. Informe EIC-Lanamme-INF-0136-2022		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Visita de evaluación de muros de suelo reforzado y aspectos geotécnicos en el proyecto Ruta Nacional 1, Limonal-Cañas		4. Fecha del Informe 07/02/2022
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 Ruta Nacional 1, Limonal- Cañas. Se comentan algunos aspectos observados en los muros de relleno reforzado construidos en el intercambio San Miguel y Aserradero. Entre los aspectos observados se puede indicar que es necesario prestar atención al manejo y manipulación de los paneles de concreto. Se enfatiza la importancia de realizar mediciones de la verticalidad y realizar un análisis de estabilidad del muro de suelo reforzado en el paso de San Miguel, para evaluar las implicaciones que tiene el incumplimiento de las tolerancias verticales observadas en sitio y sus efectos en la seguridad y operación futura de la estructura del pavimento. También se considera apropiado programar una revisión estructural de las estructuras de alcantarilla en este mismo muro. Por otro lado, se desconoce el acabado final de los taludes próximos a los muros de relleno reforzado del paso Aserradero, por lo que, se sugiere solicitar información acerca de la respectiva protección de los mismos para evitar la erosión de la cara de los taludes o un posible deslizamiento a futuro.</i>		
8. Palabras clave Muros de relleno reforzado, verticalidad, desplome, asentamientos.	9. Nivel de seguridad: -	10. Núm. de páginas 13
13. Preparado por:		
Fecha: 07 / 02 / 2022		Fecha: 07 / 02 / 2022
14. Revisado y aprobado por:		
Fecha: 07 / 02 / 2022		



Contenido

I.	Introducción	4
II.	Comentarios acerca del muro de relleno reforzado del intercambio San Miguel	4
II.1	Estado de los paneles que conforman la fachada del muro de relleno reforzado.....	4
II.2	Separación entre paneles que conforman la fachada del muro de relleno reforzado.	5
II.3	Verticalidad de las caras del muro de relleno reforzado.....	6
II.4	Asentamientos observados en estructuras de alcantarillado en la base del muro de relleno reforzado.....	8
III.	Comentarios acerca del muro de relleno reforzado del paso a superior Aserradero	10
III.5	Separación entre paneles que conforman la fachada del muro de relleno reforzado.	10
IV.	Comentarios finales.....	12
V.	Referencias	13



Visita de evaluación de muros de suelo reforzado y aspectos geotécnicos en el proyecto Ruta Nacional 1, Limonal-Cañas

I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra un resumen de la visita de campo realizada el día 31 de enero al proyecto Ruta Nacional 1, Limonal- Cañas. Se comentan algunos aspectos observados en los muros de relleno reforzado construidos en el intercambio San Miguel y Aserradero, y en general aspectos geotécnicos observados.

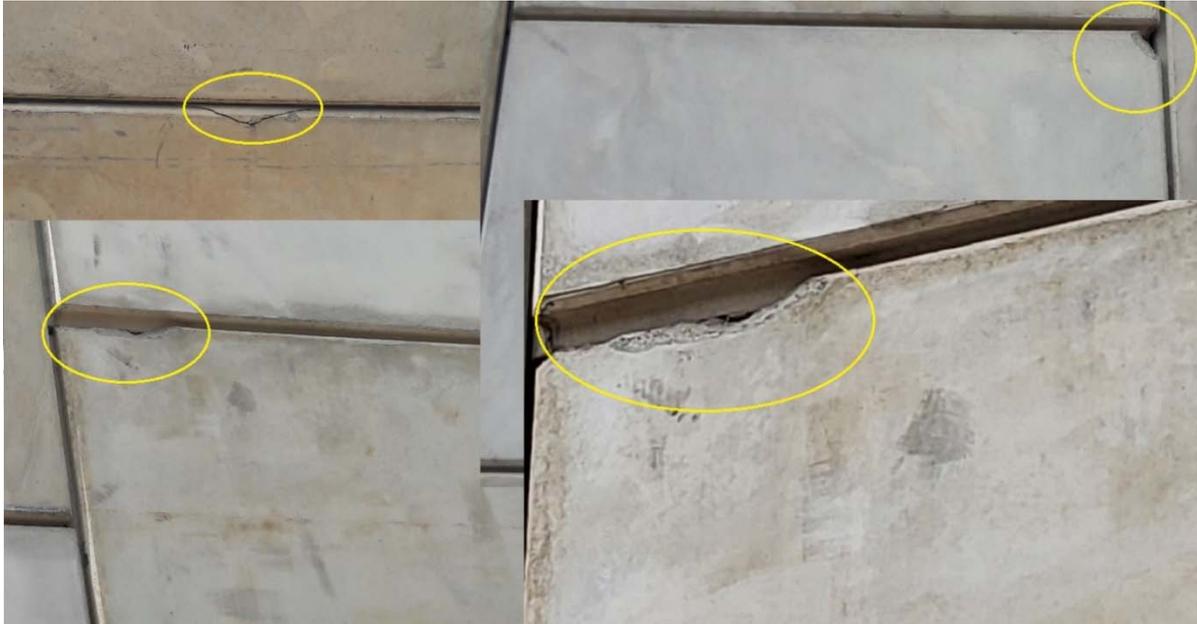
II. Comentarios acerca del muro de relleno reforzado del intercambio San Miguel

Durante la visita, en general, se observa que los procesos constructivos de los muros de relleno reforzado del paso elevado San Miguel no son los óptimos y por lo tanto se identificaron una serie de aspectos estéticos y constructivos a los que se le debe prestar especial atención.

A continuación, se comentan aspectos relacionados a los hallazgos identificados para esta sección del proyecto Limonal-Cañas

II.1 Estado de los paneles que conforman la fachada del muro de relleno reforzado

Durante la visita fueron observados algunos aspectos relacionados a las prácticas constructivas de los muros de relleno reforzado para la construcción del paso a desnivel de San Miguel. Como se muestra en la Fotografía 1, fueron identificados algunos deterioros en los paneles de concreto que conforman la fachada del muro. Posiblemente estos deterioros están asociados a el manejo de las unidades durante su transporte y colocación, ocasionando fisuras en las esquinas y bordes de los paneles. Por este motivo, se considera importante recalcar que, durante este proceso, se requiere atención para evitar situaciones similares en este y los otros muros que contempla el proyecto. Adicionalmente, se sugiere tomar las medidas correspondientes para evaluar la condición y las reparaciones correspondientes de los deterioros observados, los cuales, en apariencia no producirán mayores problemas en el desempeño y seguridad de las obras.



Fotografía 1. Deterioros observados en los paneles de concreto de muros de relleno reforzado en el paso San Miguel.

II.2 Separación entre paneles que conforman la fachada del muro de relleno reforzado.

Durante el recorrido a lo largo de ambas caras y márgenes del muro de suelo reforzado del intercambio San Miguel, fueron observadas de manera recurrente aperturas excesivas entre las placas que conforman la fachada del muro, tal y como se observa en la Fotografía 2. De esta manera, se sugiere solicitar al fabricante de los muros, más detalles sobre las especificaciones del espaciamiento recomendado para verificar su cumplimiento.



Fotografía 2. Apertura excesiva en los paneles de la fachada del muro de suelo reforzado del intercambio San Miguel

En algunas zonas estas separaciones excesivas empiezan a mostrar deterioros relevantes, esto se observa en la Fotografía 3. Se puede apreciar el crecimiento de material vegetal que eventualmente podría ocasionar daños en el geotextil. Además, se puede apreciar la pérdida de material de relleno en algunas zonas. Estas se estiman como situaciones desfavorables para el correcto desempeño de la estructura, por lo que se considera importante verificar que se cumplan las recomendaciones del diseñador para el tratamiento de las juntas espaciadas indicadas en el documento “*Ref: ampliación y rehabilitación de la ruta nacional n° 1, carretera interamericana norte. Sección: Limonal (intersección con la ruta nacional n° 18) - Cañas – visita a las obras del intercambiador San Miguel y paso superior Aserradero.*” Se sugiere verificar que las juntas queden selladas de manera que no haya acceso al geotextil ni al relleno del muro, además se considera recomendable monitorear el comportamiento de la inclusión del relleno entre la separación entre juntas de los paneles, de manera que con el tiempo no sufra deterioros que permitan la pérdida de material de relleno del muro o daños en el geotextil del trasdós del muro.



Fotografía 3. Condición desfavorable para el muro de relleno reforzado (San Miguel) producto de separación entre paneles.

II.3 Verticalidad de las caras del muro de relleno reforzado.

En la visita realizada fueron observadas deformaciones importantes, con respecto al eje vertical, en los paneles de concreto que forman parte de los muros de relleno reforzado del paso a desnivel San Miguel. Según se observa en la Fotografía 4, la inclinación vertical a simple vista es evidente. En este sentido, es necesario mencionar que la sección 255 “Muros con suelo reforzado” del Manual de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica (CR-2010) establece que, para este tipo de muro, la tolerancia vertical (de la superficie a la base) no debe exceder la relación de 13 mm por cada 3 m de altura.

Así pues, debido a la condición observada en campo, y complementado con los resultados de las mediciones sistemáticas del documento “*Ref: ampliación y rehabilitación de la ruta nacional n° 1, carretera interamericana norte. Sección: Limonal (intersección con la ruta nacional n° 18) - Cañas – visita a las obras del intercambiador San Miguel y paso superior Aserradero.*”, se prevé que los valores de desviación vertical del muro son superiores a las tolerancias verticales establecidas en el CR-2010. Se considera conveniente sugerir realizar un análisis de estabilidad del muro, con la asesoría correspondiente de un ingeniero geotecnista, tomando en cuenta las propiedades de los materiales utilizados, las condiciones actuales de los muros construidos y establecer si es necesaria información geotécnica adicional para evaluar las implicaciones presentes y futuras que conlleva el incumplimiento de las tolerancias verticales, y sus efectos en la seguridad y operación de la estructura del muro y del pavimento.



Fotografía 4. Inclinación vertical de las paredes del muro de relleno reforzado del paso a desnivel San Miguel

A partir de los resultados de estos análisis, el ingeniero geotecnista, podría restablecer las medidas y recomendaciones que pueden ser adoptadas para mejorar la estabilidad y la seguridad de la obra ya que, en el documento mencionado anteriormente, la solución consiste en desmontar la sección superior de la fachada del muro. A pesar de ello, durante la visita se observó que ya fue colada la losa que conforma la superficie de rodamiento, como se aprecia en la Fotografía 5 por lo que, desmontar secciones del muro no sería posible sin demoler la losa.

Adicionalmente, se debe destacar que, cualquier deformación vertical u horizontal que se pueda presentar en la superficie del relleno y que representa la base de apoyo del pavimento de concreto, se podría traducir eventualmente, en agrietamientos tempranos en las losas de concreto que forman parte de la superficie de rodamiento, ya que este tipo de pavimento, no admite deformaciones diferenciales considerables sin presentar agrietamientos.

Debido a lo anterior y a las deformaciones observadas, se considera recomendable dar un seguimiento continuo del muro y de la superficie del pavimento a lo largo del tiempo, hasta que el muro alcance su



equilibrio, una vez el proyecto se encuentre en operación, además verificar la viabilidad de las posibles soluciones para garantizar un comportamiento y desempeño adecuado del muro y sin deformaciones que puedan afectar la condición de la superficie de rodamiento del pavimento.



Fotografía 5. Losa de concreto que conforma la superficie de rodamiento sobre el muro de relleno reforzado del paso San Miguel.

II.4 Asentamientos observados en estructuras de alcantarillado en la base del muro de relleno reforzado.

Durante el recorrido se pudo observar que las placas de transición en las zonas donde se ubican las alcantarillas a lo largo del muro presentan fisuras de diferentes espesores y extensión, tal y como se observa en la Fotografía 6.



Fotografía 6. Fisura en placas de transición del muro de relleno reforzado del paso San Miguel.

Como se observa en la Fotografía 7. Desalineamiento de columna de paneles del muro de relleno reforzado San Miguel producto del asentamiento que sufre la placa de transición a la estructura de alcantarillado, se produjo una fisura en el panel de concreto, además, esto está ocasionando un fenómeno rotación de todas las placas que se encuentra sobre la palca de transición.



Fotografía 7. Desalineamiento de columna de paneles del muro de relleno reforzado San Miguel producto del asentamiento

Esta situación resulta desfavorable para la seguridad de la estructura ya que, la juntas verticales entre placas se encuentran más espaciadas en la zona inferior y completamente unidas en la parte superior, ocasionando empuje y rose entre ellas que puede resultar en fisuramientos y deterioros de las placas que afectan estéticamente el muro, pero que además, inducen la filtración de humedad, pérdida de material de relleno, deterioro del geotextil y desalineamiento progresivo de las demás placas.

Otro aspecto observado en las zonas donde se presentaron este tipo de asentamientos o desplazamientos, corresponde a las estructuras de alcantarillado que muestran fisuras longitudinales, en la parte superior e inferior. Como se observa en la Fotografía 8, dichas fisuras han sido reparadas con sellos, e incluso con un tipo de refuerzo transversal, ver Fotografía 8-A.



Fotografía 8. Evidencia de fisuramiento en estructuras de alcantarillado del muro de relleno reforzado San Miguel

Dado lo anterior se considera apropiado recomendar un análisis a cargo de un ingeniero estructural para evaluar la condición de las alcantarillas, ya que los asentamientos observados en el muro pueden estar asociados a la falla de capacidad de soporte de la estructura de alcantarillado, o bien, a la sobrecarga que experimenta la alcantarilla por el peso del relleno del muro y, no propiamente a un tema de la cimentación del muro. En general, solo se identifica esta condición en las zonas cercanas a las obras de drenaje. Además, se estima que hacer una revisión del proceso de compactación del relleno del muro en las zonas superiores a las estructuras de alcantarillado y de otros muros similares en el proyecto, es un aspecto recomendable para la situación presentada.

III. Comentarios acerca del muro de relleno reforzado del paso a superior Aserradero

Durante la visita, en general, se observa que fueron aplicadas buenas prácticas constructivas en la construcción de los muros de relleno reforzado para la construcción de los rellenos del paso superior Aserradero.

A continuación, se comentan aspectos relacionados a los hallazgos identificados para esta sección del proyecto Limonal-Cañas.

III.5 Separación entre paneles que conforman la fachada del muro de relleno reforzado.

Durante el recorrido a lo largo de ambas caras frontales de los muros de suelo reforzado del paso Aserradero, fueron observadas de manera recurrente aperturas excesivas entre las placas que conforman la fachada del muro, especialmente en las esquinas, tal y como se observa en la Fotografía 9.



Fotografía 9. Separación de juntas de los paneles del muro de relleno reforzado del paso Aserradero

Como se observa en la Fotografía 9, se identificaron separaciones de hasta 5 cm, la cual abarca toda la altura del muro. Estas se consideran situaciones desfavorables para el correcto desempeño de la estructura, por lo que se recomienda verificar que se cumplan las recomendaciones del diseñador para el tratamiento de las juntas espaciadas indicadas en el documento “*Ref: ampliación y rehabilitación de la ruta nacional nº 1, carretera interamericana norte. Sección: Limonal (intersección con la ruta nacional nº 18) - Cañas – visita a las obras del intercambiador San miguel y paso superior Aserradero.*” Se estima recomendable verificar que las juntas queden selladas de manera que no haya acceso al geotextil ni al relleno del muro. Asimismo, se recomienda monitorear el comportamiento de la inclusión para el relleno de la separación entre juntas de los paneles, de manera que con el tiempo no sufra deterioros que permitan la pérdida de material de relleno del muro o daños en el geotextil del trasdós del muro.

Finalmente, en la Fotografía 10 se observa la condición de los taludes próximos a los muros de relleno reforzado del paso Aserradero. Se desconoce el acabado final de estos taludes, y aunque los taludes no son de gran altura, tiene un volumen de material considerable. En sitio, los taludes muestran signos de erosión por el viento y la escorrentía superficial, de forma tal, que hay material que 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 o bien, producir deformaciones importantes en la corona del talud, que afectaría el pavimento rígido colocado. De esta manera, se sugiere solicitar información acerca de la respectiva protección de los taludes para evitar la erosión de la cara de los taludes existentes o, en el peor de los casos, un posible deslizamiento.



Fotografía 10. Condición de la superficie de los taludes, paso Aserradero

IV. Comentarios finales

Después de realizar el recorrido por los pasos San Miguel y Aserradero del proyecto Ruta Nacional 1, Limonal-Cañas se concluye que es importante prestar especial atención al proceso constructivo de los muros de relleno reforzado. Partiendo desde el manejo y manipulación de los paneles para evitar su deterioro y desgaste, hasta su correcta colocación tanto en espaciamiento entre paneles como en cumplimiento de verticalidad del muro de acuerdo con las especificaciones del contrato.

Se enfatiza la importancia de realizar mediciones de la verticalidad y realizar un análisis de estabilidad del muro de suelo reforzado en el paso de San Miguel, para evaluar las implicaciones que tiene el incumplimiento de las tolerancias verticales observadas en sitio y sus efectos en la seguridad y operación futura de la estructura del pavimento. A partir de los resultados de estos análisis, se sugiere establecer las medidas adecuadas para mejorar la estabilidad y la seguridad de la obra.

Además, se considera apropiado programar una revisión estructural de las estructuras de alcantarilla y con base en los resultados proponer una solución apropiada que contribuya con el control de los asentamientos del muro en las zonas de las estructuras de drenaje.

Adicionalmente, se sugiere solicitar informaciones sobre el acabado final y la protección de la cara de los taludes próximos a los muros de relleno reforzado del paso Aserradero, para evitar la erosión de los mismos o, en el peor de los casos, un posible deslizamiento.

Finalmente es importante verificar el cumplimiento de las recomendaciones y la correcta intervención de los hallazgos señalados en el documento “*Ref: ampliación y rehabilitación de la ruta nacional nº 1, carretera interamericana norte. Sección: Limonal (intersección con la ruta nacional nº 18) - Cañas – visita a las obras del intercambiador San Miguel y paso superior Aserradero.*”, tanto para la verticalidad del muro como para los espaciamientos entre paneles.



V. Referencias

1. Asociación Costarricense de Geotecnia (2009). **Código de Cimentaciones de Costa Rica**. Comisión Código de Cimentaciones de Costa Rica. Segunda edición. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
2. Federal Highway Administration (2009). **FHWA-NHI-10-025 Design and construction of mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes** – volumen II. U.S. Department of Transportation, Washington, D.C.
3. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2010). CR-2010 **“Manual de Especificaciones General para la construcción de carreteras, caminos y puentes”**. San José, Costa Rica.
4. Programa de Ingeniería Geotécnica (2021). **EIC-Lanamme-INF-0326-2021 Informe de Revisión de informes de verificación de verticalidad Proyecto Limonal - Cañas**. LanammeUCR. San José, Costa Rica.
5. VSL (2021). **Ref: ampliación y rehabilitación de la ruta nacional nº 1, carretera interamericana norte. Sección: Limonal (intersección con la ruta nacional nº 18) - Cañas – visita a las obras del intercambiador San Miguel y paso superior Aserradero**. San José.