



Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: EIC-Lanamme-INF-0122-2022

Informe de visita de campo: Proyecto intersección rotonda de La Bandera

INFORME FINAL



Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT)

Preparado por:

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

San José, Costa Rica
Febrero, 2022





Contenido

I.	Introducción	4
II.	Comentarios acerca del muro pantalla de pilotes y su impermeabilización	4
III.	Comentarios acerca de los drenajes del muro y los drenajes californianos propuestos para el muro pantalla de pilotes	12
IV.	Comentarios acerca de los muros de relleno reforzado ubicados frente a la facultad de derecho de la Universidad de Costa Rica	16
V.	Comentarios finales	17
VI.	Referencias	18

Informe de visita de campo: Proyecto intersección rotonda de La Bandera

I. Introducción

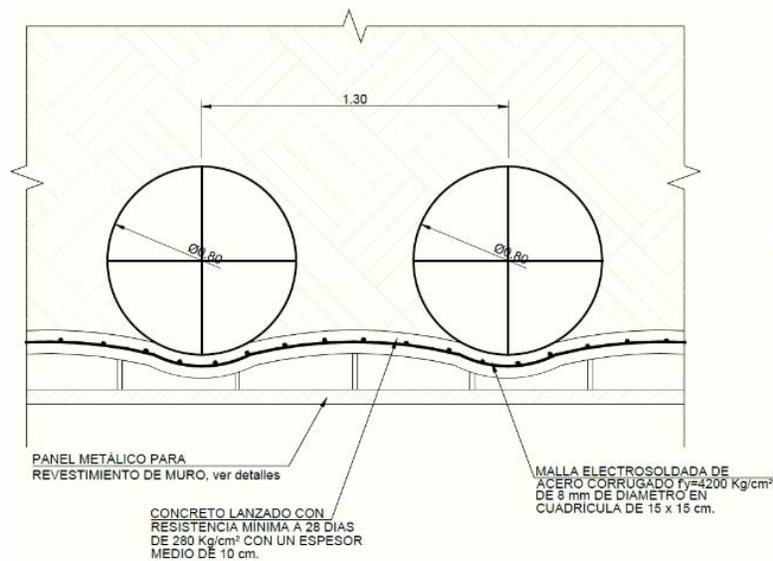
Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra un resumen de las visitas de campo realizadas al proyecto de la intersección de la rotonda de La Bandera, el 25 de enero y el 2 de febrero del presente año. Se comentan algunos aspectos observados en los pilotes preexcavados que conforman el muro de retención del paso a desnivel, que incluyen comentarios relacionados con el acabado y actividades de reparación en los pilotes. Adicionalmente, se realizan algunas observaciones con respecto a los sistemas de drenaje del mismo.

Por su parte, también se presentan algunos comentarios relacionados con las buenas prácticas constructivas en los muros de relleno reforzado que se localizan en las proximidades de la Facultad de Derecho de la Universidad de Costa Rica, para los cuales se sugiere realizar próximamente verificaciones del cumplimiento de las tolerancias admisibles de deformaciones para este tipo de estructuras.

II. Comentarios acerca del muro pantalla de pilotes y su impermeabilización

Durante las visitas al proyecto se recorrió la zona del paso a desnivel, la cual ya se encontraba excavada en su totalidad, y fue posible evaluar la condición de los pilotes que conforma los muros y los procesos de reparación que se han realizado.

Según la información recibida, el muro pantalla de pilotes contempla el uso de pilotes preexcavados de 0,8 m de diámetro separados a 1,30 m centro a centro. Para su impermeabilización se ya estaba iniciando con la colocación de un revestimiento de concreto lanzado reforzado con una malla electrosoldada, posteriormente, se pretende colocar un panel metálico (ver Figura 1).



Fuente: Archivo MOD 203031-401-PD-BG-P-7.3.1-H12-02.dwg (UNOPS)

Figura 1. Detalle de sistema de impermeabilización propuesto para el muro de pantalla de pilotes

Como se mencionó en el Informe LM-PIG-20-2021, el sistema de impermeabilización propuesto se considera apropiado, ya que se utiliza una malla de dimensiones y calibre acordes con el tipo de estructura. Además, el espesor del concreto lanzado propuesto de 100 mm en promedio y con una resistencia de 280 kg/cm^2 a los 28 días corresponde con lo generalmente utilizado y recomendado para este tipo de muros.

Se considera recomendable verificar las especificaciones de las mallas electrosoldadas de acero corrugado utilizadas en el proyecto. De acuerdo con las normativas, la especificación estándar para el alambre de acero al carbono, liso y corrugado y mallas electrosoldadas para refuerzo de concreto debe cumplir con la norma INTE C402 (ASTM A1064).

Como se observa en la Fotografía 1a, para la primera visita el día 25 de enero ya se estaban iniciando los trabajos de colocación del concreto lanzado en el sector norte de la intersección rotonda de La Bandera. Por su parte la Fotografía 1b, correspondiente a la visita del día 2 de febrero, donde se muestran las actividades de colocación del concreto lanzado en el sector sur de la intersección.



(a) Sector norte de la intersección rotonda de La Bandera, lado izquierdo (rampa de acceso a Barrio Escalante)



(b) Sector sur de la intersección rotonda de La Bandera, lado derecho (rampa de acceso a la rotonda de Betania)

Fotografía 1. Actividades de colocación del concreto lanzado, sentido La Bandera – Guadalupe

En general, los pilotes muestran una condición adecuada, con una alineación dentro de las tolerancias aceptables para este tipo de estructuras. Sin embargo, como se observa en la Fotografía 2, algunos pilotes no presentaron una alineación y terminación adecuada. Específicamente, en el caso de la Fotografía 2a, se observaron que algunos pilotes no presentaron el alineamiento adecuado, no obstante, con el revestimiento de concreto lanzado colocado en el muro de pilotes, y la posterior colocación del panel metálico, no será evidente el desalineamiento. Sin embargo, se recomienda dar seguimiento a las actividades que serán realizadas, especialmente en lo que se refiere a la colocación del sistema de drenaje, ya que la desalineación de la pantalla podría eventualmente incidir en la colocación y posterior

funcionamiento del drenaje. Por otro lado, en la Fotografía 2b, se observan algunos pilotes en los cuales fue necesario eliminar el exceso de concreto para corregir el alineamiento. Sin embargo, en estos casos, la alineación se encontraba dentro de las tolerancias aceptables y las correcciones realizadas pueden considerarse pertinentes y adecuadas.



(a) Pilotes con
alineamientos
inadecuado



(b) Pilotes con
corrección del
alineamiento con la
remoción de
exceso de concreto

Fotografía 2. Alineamiento de pilotes del muro

En el caso de los pilotes que fueron reparados, según uno de los inspectores entrevistados, existen varios procedimientos para realizar las reparaciones, donde se especifican las técnicas y el material a utilizar dependiendo del tipo de severidad y de la intervención a realizar.

Con respecto a los niveles de severidad, en el proyecto se tiene establecido que, para reparaciones menores, se coloca un mortero de alta resistencia en la cara del pilote, como ejemplo de este tipo de intervención, se muestra la Fotografía 3, donde la reparación busca mejorar el acabado de la cara del pilote preexcavado. En general, para este nivel de severidad, en las reparaciones observadas no se identificaron grietas que pudieran comprometer la integridad de la estructura del mismo. Aun así, se considera recomendable solicitar más detalles de los materiales específicos empleados.



Fotografía 3. Ejemplo de intervenciones menores realizadas en el muro de pilotes

Po su parte, como se observa en la Fotografía 4, en algunos de los pilotes se notó que, durante el proceso de eliminación del exceso de concreto (producto de las deformaciones excesivas en el suelo durante el proceso de excavación y colocación de concreto) la estructura de la armadura de refuerzo del pilote quedó expuesta o sin el recubrimiento mínimo requerido para este tipo de elementos, el cual según los planos y especificaciones del proyecto debería ser de por los menos 7,5 cm. Según las indicaciones comentadas en campo, en estos casos se colocó un mortero para recubrir nuevamente la misma. El mortero utilizado, es un mortero sin contracción, de fraguado rápido, que desarrolla alta resistencia a temprana edad. Sin embargo, se considera recomendable que, dadas las intervenciones, el ingeniero diseñador responsable de los muros, inicialmente se cerciore de la capacidad estructural con la que cuenta el muro y, además, se garantice el recubrimiento mínimo requerido, ya que este protege e impermeabiliza las estructuras de refuerzo de los pilotes para evitar la corrosión de la misma ante la presencia de agua.



Fotografía 4. Estructura de la armadura de refuerzo del pilote expuesta o sin el recubrimiento mínimo requerido debido al proceso de eliminación de concreto

En otros casos, a pesar de que el pilote presentaba un ligero desalineamiento y podría requerir eliminar espesores mayores de concreto, se tomó la decisión de dejar, por lo menos, 5 cm de concreto recubriendo la estructura, recubrimiento que se complementarían con la colocación del revestimiento de 100 mm de concreto lanzado con el refuerzo de la malla electrosoldada. Sin embargo, se recomienda que, dadas las intervenciones, el ingeniero diseñador responsable de los muros, inicialmente se cercioren de la capacidad estructural con la que cuenta el muro y, además, se garantice que, el revestimiento de 100 mm de concreto lanzado, puede sustituir el recubrimiento mínimo requerido que se obtendría del proceso de colado del pilote preexcavado. Es necesario recalcar la importancia de proteger e impermeabilizar el acero de refuerzo de los pilotes para evitar la corrosión de la misma ante la presencia de agua.

Por otro lado, en la visita del 25 de enero, se observaron al menos dos pilotes con vacíos importantes en su estructura. Ambos pilotes se encuentran en la rampa de acceso que vienen sentido Universidad de Costa Rica hacia rotonda de Betania, al lado derecho (sentido Universidad de Costa Rica - La Bandera), y denominados como 55D y 60D (ver Fotografía 5 y 6, respectivamente).

En el caso del Pilote 55D (Fotografía 5a), según las indicaciones brindadas en sitio por el personal del proyecto, el vacío dentro de la estructura del pilote se debió a que una “bola” que fue utilizada durante el proceso de colado de concreto, quedó atrapada dentro del elemento y que en el momento de la excavación fue retirada dejando el vacío que se muestra. En estos casos, según la supervisión del proyecto, la metodología de reparación utilizada, consiste en rellenar el vacío con el mismo tipo de concreto que se utilizó en el colado del pilote. De esta forma, en la Fotografía 5b, se observa el mismo pilote, esta vez en la visita del 2 de febrero, donde se aprecia el resultado de la reparación del pilote.



(a) Condición del pilote –
visita del 25 de enero

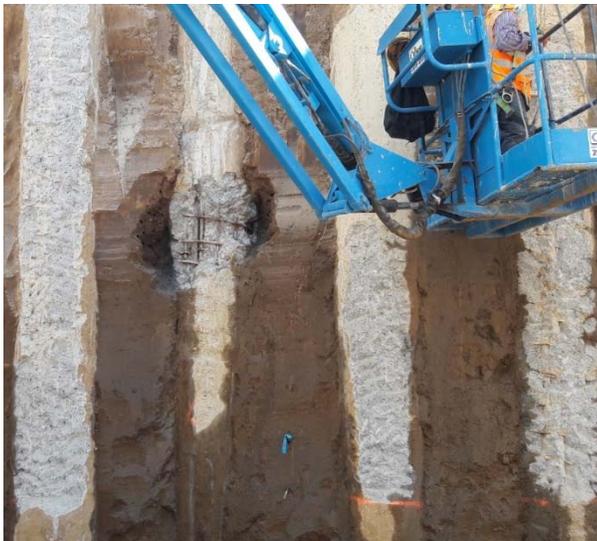


(b) Reparación del pilote –
visita del 2 de febrero

Fotografía 5. Defectos constructivos en el pilote 55D y su reparación

El respecto, se considera importante solicitar la aclaración de si este tipo de reparación fue revisada y aceptada por parte del ingeniero diseñador, ya que aunque se haya utilizado el mismo tipo de concreto en la reparación, que el que se colocó durante el proceso constructivo del pilote, no se genera un elemento monolítico y más bien cuenta con una zona que eventualmente puede generar algún tipo de debilidad en el mismo.

Por su parte, en el Pilote 60D, también se presentaron problemas en el colado del concreto (ver Fotografía 6a). En estos casos, según la supervisión del proyecto, la metodología de reparación utilizada, consiste en ampliar el contorno del pilote, para la colocación de una formaleta y, posteriormente, rellenar el vacío con el mismo tipo de concreto que se utilizó en el colado del pilote. De esta forma, en la Fotografía 5b, se observa el mismo pilote, esta vez en la visita del 2 de febrero, donde se aprecia el resultado de la reparación del pilote. Para este caso, se considera recomendable solicitar el resultado de la revisión del ingeniero diseñador.



(a) Condición del pilote
– visita del 25 de enero



(b) Reparación del
pilote- visita del 2 de febrero

Fotografía 6. Defectos constructivos en el pilote 60D y su reparación



Adicionalmente, en ambos casos, es evidente que la estructura del acero de refuerzo quedó expuesta y la necesidad de tomar medidas urgentes para rellenar los vacíos en los pilotes. Debido a la proximidad entre ambos pilotes (aproximadamente 6.5 m) y el tipo de defecto constructivo observado, se considera importante que el ingeniero diseñador responsable de los muros de pilotes haga una evaluación de la afectación en la integridad estructural en esta sección del muro.

Finalmente, en la visita del 2 de febrero, fue preocupante ver el acabado que se obtuvo en uno de los pilotes localizado en la parte central de la excavación. Como se observa en la Fotografía 7, el pilote mostró serias deficiencias en el proceso de colocado de concreto del mismo, que se tradujo en que la estructura del acero de refuerzo quedara expuesta prácticamente en la totalidad del pilote. En este caso, según las indicaciones de la supervisión del proyecto, la metodología de reparación que se utilizará, consiste en ampliar el contorno del pilote, para la colocación de una formaleta y, posteriormente, rellenarla con el mismo tipo de concreto que se utilizó en el colado del pilote. Sin embargo, dado lo que se observa en la Fotografía 7, surge la inquietud de que esta reparación únicamente puede mejorar la condición de una cara del pilote y que no se garantiza de forma alguna el acabado de la cara opuesta del pilote, la cual estará en contacto directo con el suelo, por lo que tampoco se puede garantizar el recubrimiento mínimo requerido para la estructura del acero de refuerzo. Adicionalmente tampoco se puede garantizar la resistencia y la integridad del pilote, así como el monolitismo del concreto en el elemento. De esta manera, y especialmente para este pilote se recomienda que el ingeniero diseñador responsable de los muros de pilotes haga una evaluación detallada de la afectación en la integridad estructural de este pilote y se evalúe la pertinencia de la reparación propuesta.



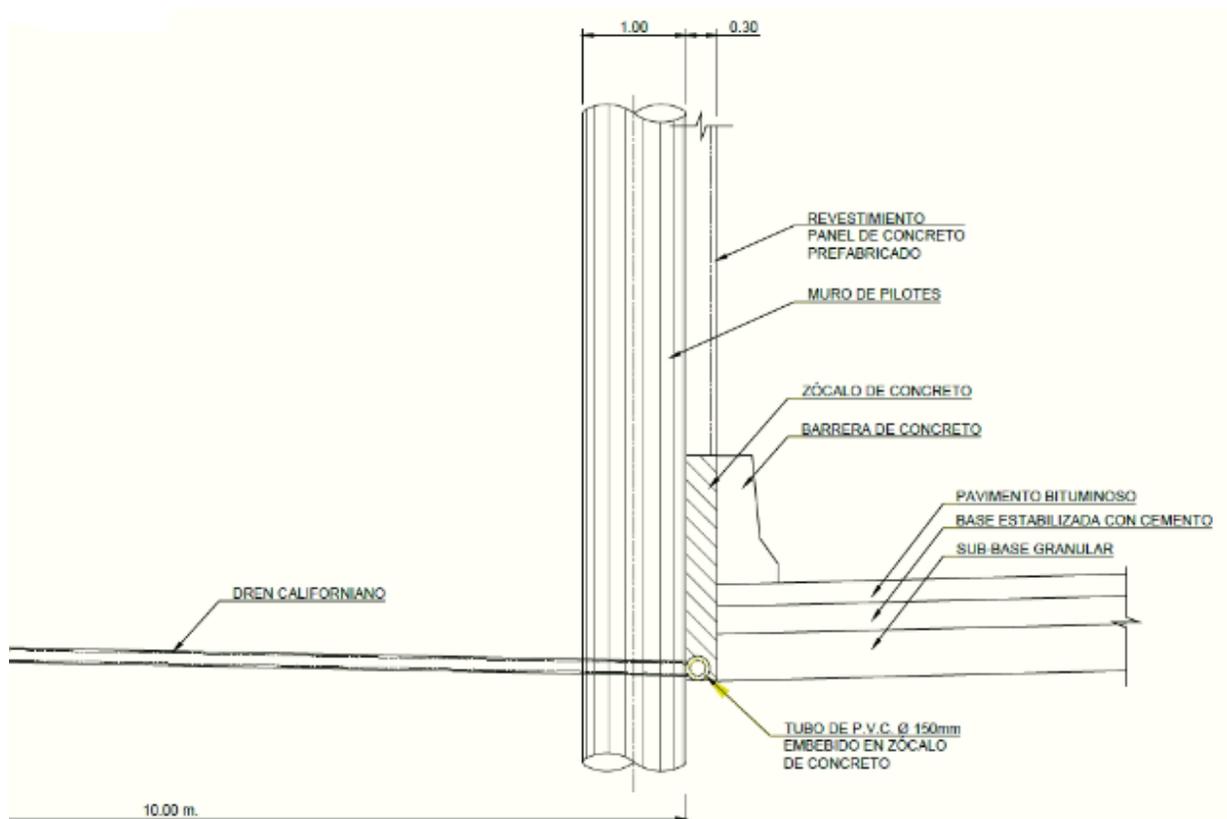
Fotografía 7. Defectos constructivos en uno de los pilotes localizado en la parte central de la excavación, lado izquierdo (sentido La Bandera -Guadalupe)

En este sentido es importante destacar la importancia que tienen las reparaciones de los elementos para garantizar el monolitismo y la impermeabilización de los muros de pilotes y, mantener así, la integridad estructural. Por lo tanto, es necesario garantizar el uso de técnicas y materiales adecuados. De esta manera, se sugiere solicitar más información del procedimiento y materiales que se utilizan en las reparaciones del concreto de los pilotes y así poder compararlo con técnicas reconocidas y recomendadas, sobre todo por el American Concrete Institute (ACI).

III. Comentarios acerca de los drenajes del muro y los drenajes californianos propuestos para el muro pantalla de pilotes

Como se había mencionado en el informe, LM-PIG-06-19, con base en la información del informe de Castro y de la Torre, fueron encontrados dos niveles freáticos: un nivel colgado en las profundidades entre 2 a 13 m, siendo la profundidad típica de 9 m, y un nivel freático regional entre las profundidades de 25 a 35 m, siendo el valor promedio encontrado típicamente de 27 m.

Así pues, según la información recibida, se propone la colocación de un dren californiano embebido en el zócalo de concreto a nivel de la subbase granular (ver Figura 2). Cabe resaltar que los drenajes californianos se recomienda colocarlos 50 cm por debajo del afloramiento del agua, con una inclinación aproximada de 10°. De la visita realizada, se considera recomendable verificar la posición de estos drenajes, puesto que fueron observados la presencia de afloramientos de agua subterránea en niveles relativamente superficiales, lo cual coincide con los niveles freáticos colgados previamente identificados en los estudios de suelos.



Fuente: Archivo MOD 203031-401-PD-BG-P-7.3.1-H12-02.dwg (UNOPS)

Figura 2. Detalle de drenaje californiano propuesto



Por la presencia de estos niveles freáticos colgados se considera recomendable hacer una revisión del sistema de drenajes que se pretende instalar en el proyecto, donde se pueda verificar el correcto planteamiento del sistema de conducción de aguas, ya que este tipo de muros son un tipo de estructura que se encuentra sometido a cargas laterales asociadas a los empujes activos de la masa de suelo, los cuales se pueden incrementar considerablemente con el aporte del empuje de agua del nivel freático. De forma tal, que la colocación de un sistema de drenaje apropiado pueda permitir la reducción de presiones laterales permitiendo el funcionamiento de la estructura.

Como se observa en Fotografía 8, de la visita del día 2 de febrero, ya se están colocando los tubos de drenaje en la base de los muros laterales de la excavación, por lo que se sugiere mantener un control estricto de las pendientes y verificar la capacidad hidráulica de esta tubería para la demanda futura que tendrá este sistema de drenaje en condiciones de servicio, tendiendo en consideración los flujos de aguas subterráneas debido a las precipitaciones futuras en el sitio.



Fotografía 8. Colocación de tubos de drenaje en la base de los muros laterales de la excavación

Durante la visita, también se observó que el funcionamiento de algunos de los drenajes que se colocaron para muro no es adecuado. Por una parte, como se observa en la Fotografía 9, el flujo de agua proveniente del macizo de suelo, no está fluyendo por el tubo que se colocó, sino que más bien está saliendo desde la base del tubo y manteniendo la superficie de la pared de muro húmeda.



Fotografía 9. Ejemplo de colocación y funcionamiento de drenajes del muro de pilotes

Por otro lado, en el caso de la Fotografía 10a, tomada en la visita del 25 de enero, se observó un flujo continuo e importante de agua proveniente del nivel freático atrás del muro, que por un lado implica un aumento considerable en las cargas laterales que deberá soportar el muro, y por otro lado, la fotografía muestra que la malla electrosoldada de refuerzo del concreto lanzado que se ha colocado presenta problemas de corrosión, lo cual requiere que se tomen medidas urgentes para la corrección de este problema tratados. Por su parte, la Fotografía 10b, del día 2 de febrero, muestra que fue colocado un tubo de drenaje adicional para mejorar la captación y la evacuación de las aguas provenientes atrás del muro de pilotes, lo cual se considera adecuado para reducir las presiones por efectos de la presión de agua, sin embargo, todavía no fueron observadas medidas para atender la corrosión en el acero del refuerzo del muro.



(a) Condición de drenaje
– visita del 25 de enero



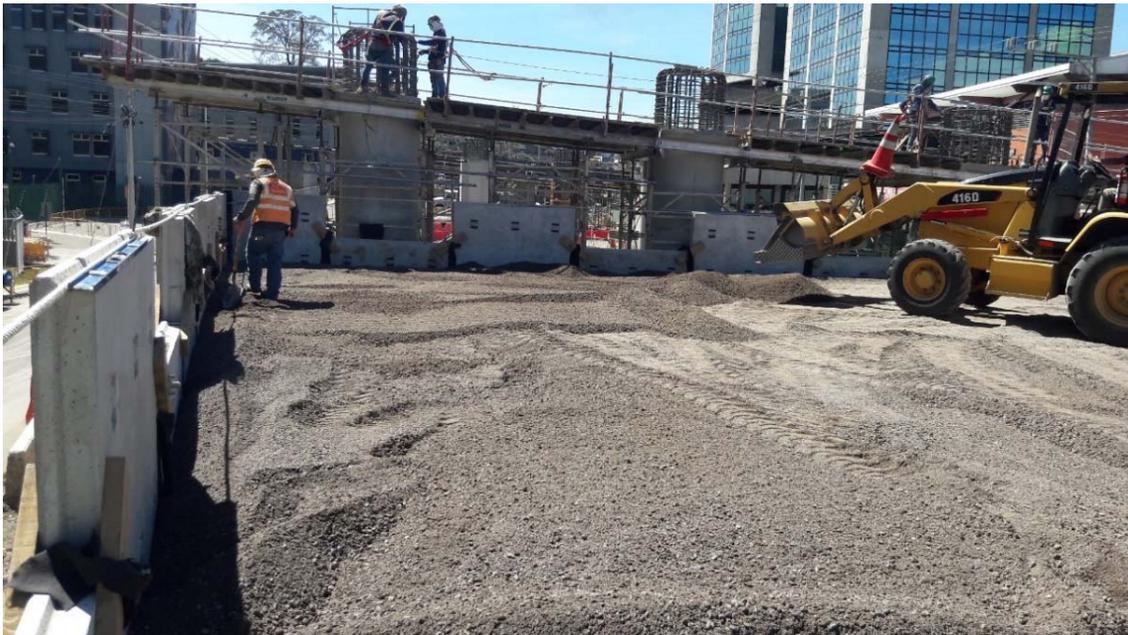
(b) Condición de drenaje y
colocación de drenaje
adicional - visita del 2 de
febrero

Fotografía 10. Ejemplo de colocación y funcionamiento de drenajes del muro de pilotes

Es importante recordar nuevamente la recomendación indicada en el informe LM-EIC-PIG-I-20-2021, en la cual se menciona la necesidad de prestar atención a las condiciones freáticas del sitio y revisar con anticipación la capacidad de los drenajes californianos según con la configuración del diseño final. Lo anterior, teniendo en consideración la experiencia previa sucedida durante la construcción del paso a desnivel de la intersección de la rotonda de Guadalupe, donde el sistema de drenaje sufrió cambios, durante la construcción de la obra, debido a la ubicación del nivel freático e insuficiencia en la capacidad del drenaje.

IV. Comentarios acerca de los muros de relleno reforzado ubicados frente a la facultad de derecho de la Universidad de Costa Rica

En las visitas realizadas no se observaron deformaciones importantes en la verticalidad de las caras de los muros de relleno reforzado, lo cual indica que se están aplicando buenas prácticas constructivas. Las Fotografías 11, 12 y 13 muestran ejemplos del avance en el proceso constructivo de los muros de suelo reforzado. En el caso de la Fotografía 11, de la visita del 25 de enero, se observa el material que está siendo utilizado en el relleno del muro, el cual cumple con las características de granulometría solicitadas para este tipo de obras. Por su parte en la Fotografía 12, se puede ver el proceso de colocación de las bandas de refuerzo del material de relleno, la distribución y longitud de las mismas, que corresponde con lo observado en planos, los cuales indican que la longitud de los refuerzos varía conforme a la posición longitudinal y elevación del muro. Finalmente, la Fotografía 13 muestra la verticalidad del muro, la cual, a simple vista, parece adecuada. No obstante, los muros todavía se encuentran en etapa constructiva, por lo que se recomienda continuar llevando a cabo un control riguroso del proceso constructivo, con la finalidad de evaluar el cumplimiento de las especificaciones de la sección 255 “Muros con suelo reforzado” del Manual de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica (CR-2010). Cabe recordar que, para este tipo de muro, el CR-2010 indica que la tolerancia vertical (de la superficie a la base) no debe exceder la relación de 13 mm por cada 3 m de altura. Por lo que se sugiere realizar próximamente las verificaciones correspondientes del cumplimiento de las tolerancias admisibles de deformaciones.



Fotografía 11. Colocación de material de relleno – visita 25 de enero



Fotografía 12. Colocación de bandas de refuerzo del material de relleno – visita 2 de febrero



Fotografía 13. Verticalidad de muros de suelo reforzado

V. Comentarios finales

Después de realizar la gira al proyecto del paso a desnivel en la intersección de rotonda de La Bandera, se pudo concluir que el trabajo se está realizando de manera adecuada. Sin embargo, existen algunos aspectos que deben ser revisados.



Se observaron que las reparaciones de los pilotes que conforman los muros del paso a desnivel están en proceso, en los cuales, en algunos de los casos se ha dado una reducción considerable de la sección transversal y una disminución del recubrimiento del acero de refuerzo. En este sentido es esencial destacar la importancia que tienen las reparaciones de los elementos para garantizar el monolitismo y la impermeabilización de los muros de pilotes y, mantener así, la integridad estructural.

Adicionalmente, es necesario destacar que las reparaciones deben hacerse con el uso de técnicas y materiales adecuados. Por lo tanto, se reitera la importancia de solicitar la información del procedimiento y materiales que se planifica para realizar las reparaciones del concreto de los pilotes y así poder compararlo con técnicas reconocidas y recomendadas, sobre todo por el American Concrete Institute (ACI). Este aspecto se considera relevante puesto que las reparaciones de los elementos que conforman el muro se traducirán en el correcto desempeño de la estructura.

De lo observado en campo, se puede indicar que, en los pilotes que han presentado cambios importantes en su sección transversal o bien reparaciones intermedias o mayores, se considera recomendable que, una vez reparados los pilotes, revisar las condiciones de reparación mediante ensayos de integridad de los pilotes. Si ya fueron realizadas, es recomendable que la Unidad de Auditoría Técnica solicite la información de los últimos ensayos de integridad contemplando estas reparaciones para así revisar la información y verificar el correcto funcionamiento de los elementos.

En el caso de los sistemas de drenaje, se recuerda la importancia de garantizar su buen funcionamiento. Por lo que se considera necesario, verificar durante las etapas constructivas la adecuada pendiente de las estructuras drenantes, para evitar acumulaciones de agua. Adicionalmente, es necesario revisar la capacidad de los sistemas de drenajes californianos según con la configuración del diseño final, considerando cualquier modificación que pueda darse durante la construcción de la obra debido a la ubicación del nivel freático.

En las visitas realizadas no se observaron deformaciones importantes en la verticalidad de las caras de los muros de relleno reforzado, lo cual indica que se están aplicando buenas prácticas constructivas. Así pues, se recomienda continuar llevando a cabo un control riguroso del proceso constructivo, con la finalidad de evaluar el cumplimiento de las especificaciones de la sección 255 "Muros con suelo reforzado" del Manual de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica (CR-2010), la cual 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.

Por último, cabe resaltar las buenas prácticas constructivas, así como el orden y limpieza que se observa en general en el sitio del proyecto, así como el cumplimiento de todos los protocolos de salud dictados por el Ministerio de Salud de Costa Rica para la prevención del COVID 19.

VI. Referencias

1. Programa de Ingeniería Geotécnica (2019). LM-PIG-06-2019: Revisión de los estudios de suelo del proyecto de la Rotonda de la Bandera y de la intersección de Guadalupe – Ruta Nacional N°39. LanammeUCR. San José.
2. Programa de Ingeniería Geotécnica (2021). LM-PIG-08-2021: Informe de visita de campo: Proyecto intersección rotonda de La Bandera. Informe Final. LanammeUCR. San José.
3. Programa de Ingeniería Geotécnica (2021). LM-EIC-PIG-I-12-2021: Informe de visita de campo: Proyecto intersección rotonda de La Bandera. Informe Final. LanammeUCR. San José.
4. Programa de Ingeniería Geotécnica (2021). LM-EIC-PIG-I-19-2021: Informe de visita de campo: Proyecto intersección rotonda de La Bandera. Informe Final. LanammeUCR. San José.
5. Programa de Ingeniería Geotécnica (2021). LM-EIC-PIG-I-20-2021: Informe de Revisión del rediseño del muro MP-EJE1-0.381 y MP-EJE1-0.37D: Proyecto intersección rotonda de La Bandera. Informe Final. LanammeUCR. San José.