



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: LM-PIG-01-2021

Informe de visita de campo: Proyecto Paso a desnivel Guadalupe

INFORME FINAL



Fuente: MOPT

Preparado por:
Ing. Ana Lorena Monge S., M.Sc - Coordinadora
Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Enero, 2021



CONTENIDO

I.	Introducción	4
II.	Comentarios acerca de los muros de pilotes preexcavados.....	4
II.1	Comentarios al Muro del sector norte del proyecto	4
II.2	Comentarios al Muro del sector sur del proyecto.....	8
II.3	Comentarios generales de los drenajes colocados en los muros.....	12
III.	Comentarios acerca de los muros de concreto reforzado	14
IV.	Comentarios acerca de la colocación de la base estabilizada con cemento.....	15
V.	Resultados de los ensayos de integridad a marzo 2020	17
VI.	Comentarios finales.....	17
VII.	Referencias	18



INFORME DE VISITA DE CAMPO

I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra un resumen de la visita de campo realizada al proyecto del Paso a desnivel en Guadalupe, el 8 de enero del presente año. Se comentan algunos aspectos observados en la construcción de los pilotes preexcavados que conforman el muro de retención, así como algunas condiciones de los muros de concreto reforzado construidos que persisten a pesar del avance del proyecto.

Se comentan una serie de consideraciones que se deben contemplar para verificar la integridad de los pilotes que han presentado condiciones problemáticas a nivel constructivo y que serán reparados con las técnicas establecidas en el proyecto. Por último, se comenta acerca de lo observado respecto a la base estabilizada con cemento colocada en algunas zonas del proyecto.

II. Comentarios acerca de los muros de pilotes preexcavados

En general, el nivel de las excavaciones en la zona de los muros de retención se encuentra cercano al nivel de pavimento, por lo que es posible observar la condición final de colado de cada elemento que compone el muro.

II.1 Comentarios al Muro del sector norte del proyecto

En el sector norte, es decir el más cercano a la intersección de semáforos con Calle Blancos, la mayoría de los pilotes, muestra una condición adecuada, con una alineación dentro de las tolerancias aceptables para este tipo de estructuras. Sin embargo, se observaron algunos elementos que no muestran una terminación adecuada y que se considera recomendable revisar mediante la aplicación de ensayos de integridad, si es que se tratan de pilotes primarios. Tal es el caso del pilote mostrado en la Fotografía 1:



Fotografía 1. Muro de pilotes sector norte, sentido Calle Blancos – San Pedro



Es importante señalar que, si la reparación del pilote va a contemplar el desgaste del concreto que sobresale del nivel de fachada de la pantalla, y si el mismo es un pilote primario, es decir que cuenta con una armadura de acero de refuerzo, se considere verificar si la disminución del área del transversal del elemento, tendrá alguna implicación en el funcionamiento estructural de la pantalla como un todo y si cumpliría con el recubrimiento de acero requerido para estos elementos. Esto debe verificarse por parte del ingeniero diseñador responsable de la pantalla de pilotes.

Al observar más cercanamente este pilote, se presume que se trata de un pilote primario que, al momento de ser colado, la armadura pudo tener problemas de alineamiento vertical con el centro de la perforación, o bien las amarras no fueron suficientes y permitieron la apertura de la misma, o el terreno cedió de alguna forma, ya que las protuberancias que muestra hacen suponer que se trata de la espiral utilizada como aros de confinamiento del acero vertical de la armadura (ver Fotografía 2):



Fotografía 2. Pilote defectuoso Muro Norte, sentido Calle Blancos – San Pedro

En este mismo muro, más cercano al frente de excavación, se puede observar la reparación de un pilote en la cabeza o zona superior del pilote. Esta condición que hace suponer que el concreto de esta zona no era de la calidad esperada, puesto que cedió al momento en que se realiza la excavación del material in situ de ese tramo. Esto se observa en la Fotografía 3. La reparación se observa adecuada, sin embargo, se considera recomendable que, si se trata de un pilote primario, este sea sometido a un ensayo de integridad para verificar la calidad de la junta realizada entre el concreto del pilote colado con anterioridad y el concreto o mortero colocado en la reparación.



Fotografía 3. Pilote reparado en la parte superior, Muro Norte sentido Calle Blancos – San Pedro

Vale la pena aclarar que esta condición era posible encontrarla en sitio, pues anteriormente se había observado que para algunos pilotes el proceso constructivo que se estaba siguiendo, no permitía observar si en el nivel superior del elemento ya se había alcanzado a colocar la calidad del concreto requerido, o si bien se trataba todavía de la expulsión del sello de material contaminado que la técnica de tubería Tremie requiere para colocar concreto bajo el agua. Esta condición se comentó en el apartado II del informe LM-PIG-06-2020.

En este mismo muro, de manera generalizada, se observa que, en la mayoría de los pilotes a una misma altura, existen protuberancias de concreto, posible señal de la existencia de un lente de material de consistencia distinta que cedió un poco al momento de la colocación del concreto. En este caso se considera importante que verifiquen las tolerancias para que no existan problemas con la colocación de los paneles de concreto prefabricado que se están utilizando como elementos de fachada en los muros.



Fotografía 4. Muro Norte, sentido Calle Blancos – San Pedro

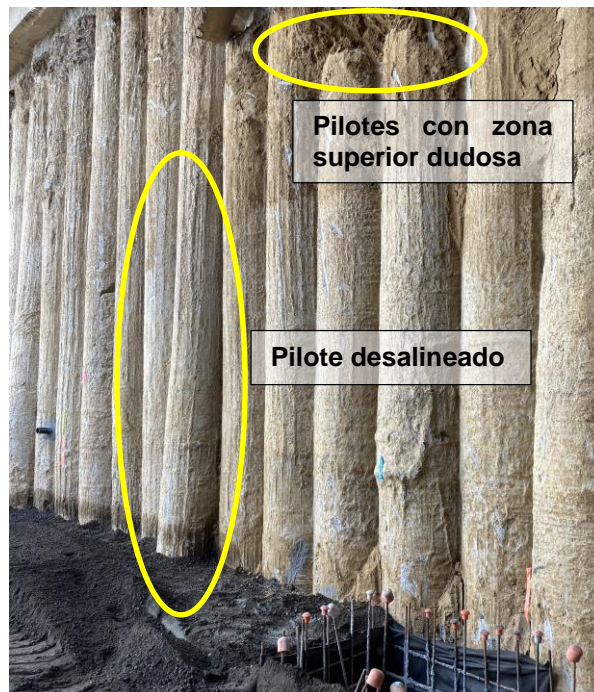


Los pilotes del Muro Norte, sentido San Pedro – Calle Blancos mostraron una mejor calidad que los del sentido contrario comentados anteriormente. Esto puede observarse en la Fotografía 5.



Fotografía 5. Pilotes del Muro Norte, sentido San Pedro – Calle Blancos

Sin embargo, en la zona cercana al frente de excavación, se lograron observar dos pilotes que se encontraban desalineados respecto a la línea de fachada del muro. Se presume que no cumplen con las tolerancias establecidas de alineamiento vertical, pues a simple vista se observan fuera del plano. Esta condición se muestra en la siguiente fotografía:



Fotografía 6. Pilote desalineado y pilotes dudosos en Muro Norte, sentido San Pedro – Calle Blancos



Este incumplimiento en la alineación del elemento, puede generar futuros problemas en la colocación de los paneles prefabricados de revestimiento final del muro que se están colocando en este proyecto, por lo que su intervención es importante realizarla. Para verificar que se tiene planificado para hacer estas correcciones, es importante solicitar los criterios del contratista que aplican en estas condiciones.

Adicionalmente, en esta misma zona se observan dos pilotes cuya terminación es dudosa, pues no se tiene claridad si falta el acabado final de la excavación o bien son pilotes que presentan la misma condición del pilote de la Fotografía 3, en cuyo caso su condición ya se comentó anteriormente. Si es esta la situación, se requiere su reparación con los métodos planificados, y al menos uno de ellos (el pilote primario) requiere adicionalmente de un ensayo de integridad para verificar su continuidad.

Por último, existe aún un sector que no ha sido excavado pues se requiere realizar el colocado del concreto de una losa en la parte superior que se tenía proyectado realizarlo en la siguiente semana. En esta sección del proyecto, el frente de excavación de este sector se observa estable.



Fotografía 7. Frente de excavación, Muro Norte

II.2 Cometarios al Muro del sector sur del proyecto

En general, la condición constructiva de los pilotes en este sector del muro y para ambos sentidos, se observa más deteriorada. En la Fotografía 8, se observa la cantidad de pilotes con defectos en su sección transversal mostrando problemas en la colocación del concreto, pilotes con una separación importante entre sí que permiten la fácil infiltración de aguas de niveles freáticos que no debería existir al ser pilotes secantes, entre otros.



Fotografía 8. Pilotes del Muro Sur, sentido Calle Blancos – San Pedro

Al acercarse al pilote que muestra un faltante importante de concreto, se puede notar que se trata de un pilote secundario. A pesar de que estos no aportan a la capacidad estructural del muro, se considera importante repararlo para evitar que se generen deformaciones excesivas que puedan influir en la deformabilidad de la viga superior.

En la Fotografía 9, se observa que los pilotes se han tenido que intervenir de una manera más consistente que en el Muro Norte, señas de que el concreto de los pilotes presentaban mayores defectos.



Fotografía 9. Pilotes intervenidos del Muro Sur, sentido San Pedro – Calle Blancos



Se considera recomendable, que dependiendo de la intervención que se les realice a los pilotes que muestran deformaciones excesivas que hacen necesario eliminar el concreto, se verifique si no se ha reducido considerablemente la sección transversal de los elementos tratados y que el ingeniero diseñador responsable de los muros se cerciore de la capacidad estructural con la que cuenta el muro, dadas las intervenciones realizadas.

Por otro lado, durante la visita se ha podido observar que inclusive existen pilotes que muestran exposición de la armadura de refuerzo, evidenciando deficiencias ya sea en la técnica del colocado del concreto o en la alineación adecuada del refuerzo vertical.



Fotografía 10. Pilotes con refuerzo expuesto del Muro Sur, sentido Calle Blancos – San Pedro

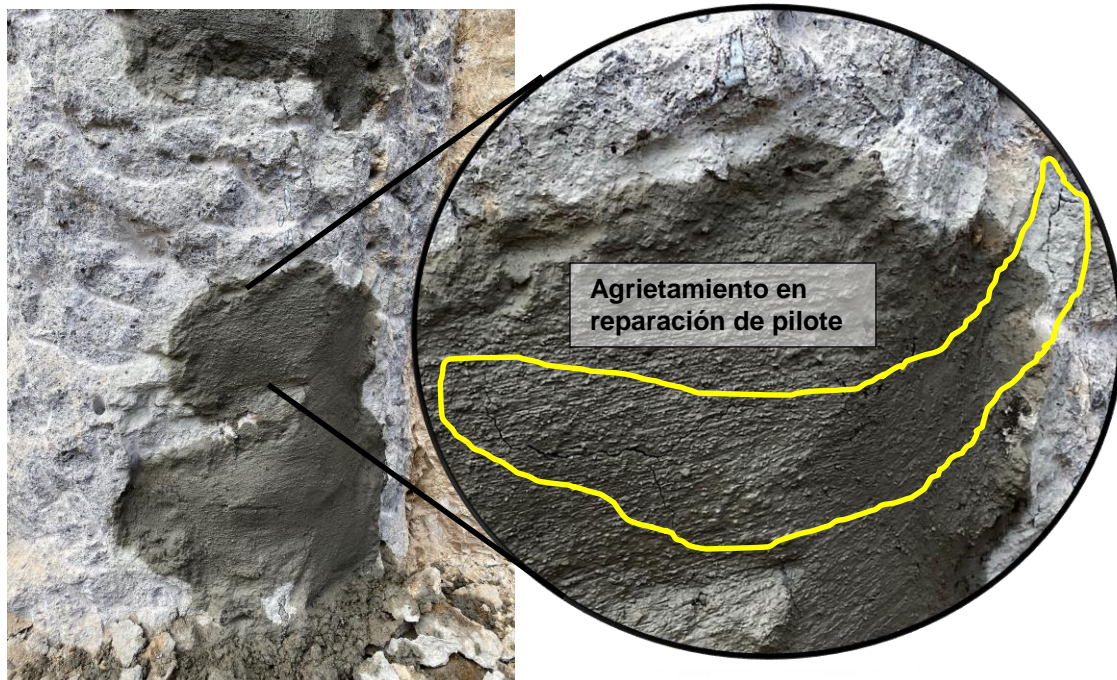
Por lo observado, se considera que lo que pudo influir más en esta condición, fue la colocación del concreto, pues como se comentó en el apartado II.1 y apartado II del informe LM-PIG-06-2020, la técnica del colocado de concreto sumergido, en especial tratándose de pilotes, debe garantizarse que el elemento cuenta con una condición de concreto adecuada la cual se puede observar al momento en que en la superficie se observa el cambio de color del lodo emergente, que pasa de color café constituido por el material de sello contaminado con suelo y agua de la perforación, a color gris con la consistencia del concreto colocado. Condiciones en el sitio como estas, son las que hacen insistir en que en los proyectos exista una forma adecuada de verificar la formación y expulsión del

material de sello con la técnica de tubería Tremie, con lo cual se garantiza que el concreto colocado dentro después de la formación del sello, no se contamina con el agua existente en la perforación.

Cabe destacar que la ubicación de estos dos pilotes mostrados en la Fotografía 10, coincide con la ubicación del colocado de los pilotes observado durante la visita de junio del 2020, cuyo informe es el LM-PIG-06-2020 antes mencionado.

Adicionalmente, se observa la reparación de dos pilotes, la cual fue realizada mediante la inyección de un mortero, según uno de los inspectores entrevistados. En principio, según lo indica el inspector, existe un procedimiento para realizar las reparaciones donde se especifican las técnicas y el material a utilizar. Se considera adecuado solicitar esta información para verificar si lo indicado en dicho procedimiento se encuentra acorde con las técnicas y materiales conocidos para las reparaciones de concreto.

Una de las reparaciones se muestra en la Fotografía 11. La reparación a simple vista se considera adecuada, sin embargo, al acercarse se puede observar que existe un agrietamiento importante que continúa el patrón de agrietamiento del concreto del pilote que ese está reparando. Se recomienda revisar la reparación de este pilote y en lo sucesivo, verificar si las reparaciones en otros pilotes siguen este mismo patrón, haciendo necesaria la revisión y modificaciones en las técnicas de reparación.



Fotografía 11. Reparación de pilote

Por último, es claro que existen problemas de infiltración de agua en las paredes de este sector del muro, en especial en el Muro Sur, sentido San Pedro – Calle Blancos. En realidad, este paso de agua no afecta la capacidad estructural del muro, sin embargo, se considera que, al diseñarse una pantalla secante de pilotes, la conceptualización de los pilotes secundarios es para evitar precisamente la infiltración de aguas freáticas a la zona del viaducto. Es por ello que se considera importante realizar las reparaciones pertinentes para evitar este paso de agua. Esto se observa en la Fotografía 12.



Fotografía 12. Infiltración de agua en el Muro Sur, sentido San Pedro – Calle Blancos

II.3 Comentarios generales de los drenajes colocados en los muros

Por el último comentario realizado en el apartado anterior, es que se considera que, a lo largo de los muros en ambos sentidos, se puede observar la colocación de drenajes, específicamente en los pilotes secundarios, lo cual se considera acertado pues estos elementos no cuentan con refuerzo que pueda ser interrumpido por el corte de la perforación para el drenaje.

Sin embargo, la frecuencia y profundidad de estos drenajes no se encuentra clara, pues en el documento “Tomo 6. Planos” no se indican estas condiciones. La opción inicial de la solución para los muros de retención, se trataba de muros de relleno reforzados y en estos planos no se observa la colocación de drenajes, no se especifica la frecuencia con la que se deben colocar y no se muestra el detalle del mismo.

Donde sí se observa un detalle de drenajes en una pantalla de pilotes es la sección correspondiente a los bastiones del puente elevado, en el que se indica que se deben colocar drenajes de 10 m de largo y de 150 mm de diámetro. Sin embargo, no se muestra la frecuencia y profundidad de colocación del drenaje, ni el detalle del mismo donde se indique el ranurado de la tubería de PVC, la colocación de un geosintético y el tipo de geosintético.

El detalle del drenaje mostrado para los bastiones del puente en el documento “Tomo 6. Planos”, el cual se considera insuficiente para la colocación adecuada de los mismos durante la construcción de esta sección del muro, se muestra en la Figura 1.

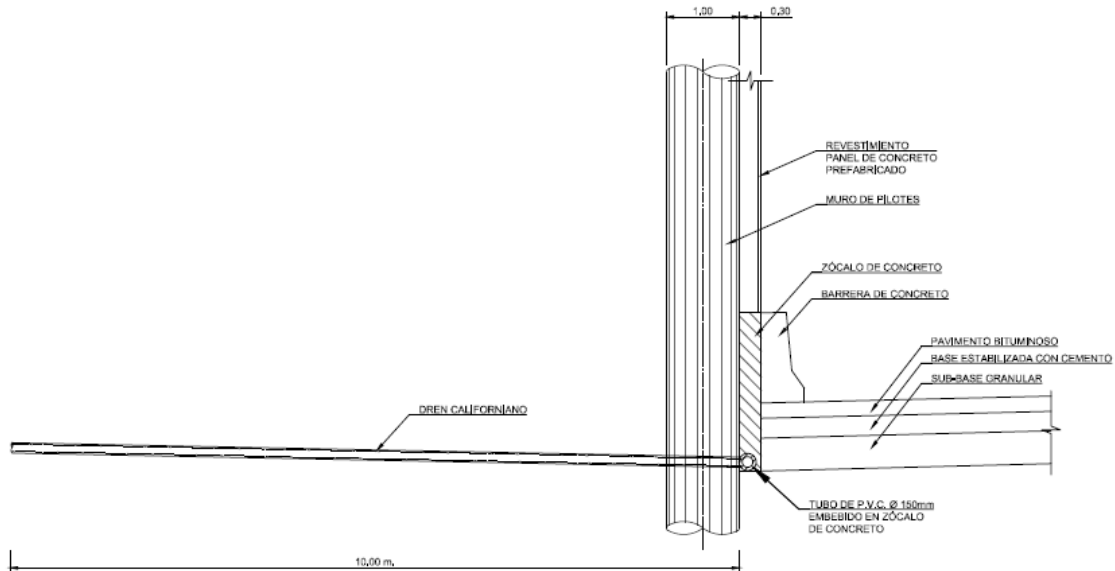


Figura 1. Detalle del drenaje en el muro de pilotes de los bastiones

Llama la atención que, en el detalle del drenaje, se indica que la boca del mismo se encuentra a nivel de inicio de la base granular de la estructura del pavimento. Sin embargo, en el sitio durante la visita, se puede observar como en el sector del Muro Norte, sentido San Pedro – Calle Blancos, el nivel de la base estabilizada con cemento que se estaba colocando, se encuentra por debajo de la altura de los drenajes, por lo que no es coincidente con el detalle de los planos mostrados en el tomo 6. Esta situación hace que se considere aún más importante solicitar los planos actualizados del proyecto, donde se muestren las condiciones constructivas actuales en sitio.



Fotografía 13. Ubicación en sitio de los drenajes en los muros de pilotes



III. Comentarios acerca de los muros de concreto reforzado

En el Muro Norte, sentido Calle Blancos – San Pedro, continúa mostrando condiciones de agrietamiento en la sección del muro de concreto reforzado. En la Fotografía 14, se muestra una grieta persistente, que se extiende hasta la parte superior del muro y cuenta con un espesor considerable. Se considera pertinente establecer un monitoreo continuo del espesor y profundidad de la grieta pues puede tratarse de la manifestación de asentamientos diferenciales, sobre todo al tratarse de deformaciones en muros de concreto reforzado en zonas cercanas a los muros de pantalla de pilotes, pues cuentan con rigideces distintas y su comportamiento de deformabilidad puede diferir.



Fotografía 14. Grieta en Muro Norte de concreto reforzado, sentido Calle Blancos – San Pedro

En el Muro Norte, sentido San Pedro – Calle Blancos, también existen este tipo de grietas en un estacionamiento muy cercano al mostrado anteriormente, lo que reafirma la conveniencia de sostener un monitoreo del espesor y profundidad de las grietas para establecer si es posible que se presente a futuro una mayor deformabilidad en los muros.



Fotografía 15. Grieta en Muro Norte de concreto reforzado, sentido San Pedro – Calle Blancos

IV. Comentarios acerca de la colocación de la base estabilizada con cemento

En el momento de la visita, se estaba colocando base estabilizada con cemento. El material de base al ser vertido en el sitio se observa adecuado (ver Fotografía 16).



Fotografía 16. Base estabilizada con cemento



Sin embargo, cuando se coloca el agua para llegar a humedecer el material con el porcentaje de humedad óptima, se observa que la tanqueta utilizada no cuenta con un medidor de agua para controlar el volumen de la misma colocada sobre la base estabilizada, y más bien se generan zonas de agua empozada, que hacen presumir que se está colocando agua sin controlar la humedad óptima. Esto se observa en la Fotografía 17.



Fotografía 17. Zonas con agua empozada en base estabilizada

Se considera recomendable hacer las indicaciones de que se debe contar con equipos que cuantifiquen la cantidad de agua colocada en la base estabilizada para tener un control de humedad y poder alcanzar la humedad óptima. Si no se controla la humedad óptima de la base estabilizada, se puede tener como resultado un material que no cumpla con la densidad máxima y con la resistencia a la compresión requerida por el paquete estructural del pavimento.



V. Resultados de los ensayos de integridad a marzo 2020

Después de revisar los resultados de los informes 01-0373-2020, 01-0374-2020, 01-0375-2020, 01-0376-2020 y 01-0377-2020, se comenta que se consideran adecuados según los criterios de análisis de resultados y los criterios de falla para los pilotes, los cuales son los utilizados en la actualidad.

Sin embargo, hubo tres pilotes que no pudieron ser ensayados por falta de datos debido a que se tenían desperfectos para realizar los ensayos. Esto fueron el 163, 175 y 177. Se considera importante que la Administración solicite al contratista algún método alternativo para evaluar su integridad y con ello garantizar la capacidad estructural de los muros.

Por otro lado, los resultados analizados son de pilotes evaluados al mes de marzo 2020. En dos meses se cumplirá un año de no contar con información de la evaluación de la integridad de los pilotes restantes. Incluso la pantalla ya se encuentra finalizada y no se ha podido analizar los resultados obtenidos de estas pruebas a los elementos faltantes. Esto es de suma importancia sobre todo después de lo observado en sitio en esta ocasión, ya que muchos de los pilotes que reflejan defectos son colocados posterior a la fecha de la primera visita realizada.

VI. Comentarios finales

Después de realizar la gira al proyecto del paso a desnivel en la intersección de Guadalupe, se pudo concluir que existen problemas finales constructivos en las pantallas de pilotes, sobre todo en el sector sur en ambos sentidos. Esto pudo haberse debido a que la técnica de la tubería Tremie no fue utilizada del todo de manera adecuada, generando problemas en el concreto de la punta por la falla en la creación del sello de material contaminado y en la finalización del colocado de concreto, sin garantizarse que ya se había expulsado todo el material contaminado y ya se encontraba el concreto requerido en los elementos.

Es importante destacar que estos problemas se pueden reparar con técnicas y materiales adecuados conocidos en materia de tecnología del concreto. Es por ello que se considera importante que la Unidad de Auditoría Técnica solicite la información del procedimiento y materiales que se planificaron 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 pues las reparaciones de los elementos deben garantizar el monolitismo, la impermeabilización y el mismo comportamiento de los materiales utilizados en la etapa constructiva para así mantener la integridad estructural del muro.

Es por ello también, que se considera recomendable que una vez reparados los pilotes primarios de los muros, 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 y así verificar el correcto funcionamiento de los elementos.

Cabe destacar, que se considera importante contar no solo con los resultados de los ensayos de integridad a pilotes de los que requirieron reparación, sino que también es recomendable contar con los ensayos realizados a partir del mes de marzo (última fecha de informes de ensayos de integridad aportados a la Unidad de Auditoría Técnica) y hasta la finalización de la colocación de concreto de la pantalla, esto para poder determinar el comportamiento de los elementos estructurales de los muros.

Al momento en que se realizan algunas reparaciones de los pilotes, es posible que se tenga como consecuencia la disminución del área transversal de los elementos del pilote o bien, el espesor de



recubrimiento mínimo requerido para el acero de refuerzo del pilote. Es por ello que se considera una buena práctica ingenieril, que el ingeniero diseñador revise la capacidad estructural del o los muros utilizando las condiciones finales del muro, considerando incluso las resultantes debido a las reparaciones de los mismos.

VII. Referencias

1. Euroestudios. “*Proyecto de las intersecciones de la Bandera y Guadalupe. San José (Costa Rica). Proyecto de diseño de detalle: Tomo 6 – Planos*”. San José, 2015.
2. Peyco – ATJ: 01-0373-2020. “*Integridad de pilotes prueba Crosshole, Intersección Guadalupe*”. San José, 2020.
3. Peyco – ATJ: 01-0374-2020. “*Integridad de pilotes prueba Crosshole, Intersección Guadalupe*”. San José, 2020.
4. Peyco – ATJ: 01-0375-2020. “*Integridad de pilotes prueba Crosshole, Intersección Guadalupe*”. San José, 2020.
5. Peyco – ATJ: 01-0376-2020. “*Integridad de pilotes prueba Crosshole, Intersección Guadalupe*”. San José, 2020.
6. Peyco – ATJ: 01-0377-2020. “*Integridad de pilotes prueba Crosshole, Intersección Guadalupe*”. San José, 2020.
7. Programa de Ingeniería Geotécnica – LanammeUCR. “*LM-PIG-06-2020 Informe de visita de campo: Proyecto Paso a desnivel Guadalupe*” San José, 2020.