



Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: EIC-Lanamme-INF-0415-2023

Informe de visita de campo al Proyecto de Circunvalación Norte



Preparado por:

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

San José, Costa Rica
Marzo, 2023





1. Informe EIC-Lanamme-INF-0415-2023		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Informe de visita de campo al Proyecto de Circunvalación Norte		4. Fecha del Informe 24/03/2023
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 los aspectos geotécnicos observados durante la visita realizada el 8 de marzo al proyecto de Circunvalación Norte. Después de realizar la gira al proyecto se puede inferir que, de manera general, el trabajo se está realizando de forma adecuada, sin embargo, todavía es necesario prestar atención a algunos aspectos que se comentan a continuación. En primer lugar, se observó un gran avance en los trabajos que se realizan en el paso deprimido en la intersección de la Uruca, no obstante, pese a las reiteradas solicitudes, aún no se ha recibido información sobre el diseño de la "llave de cortante" que fue colocada. Además, fue posible observar que la gran mayoría de los problemas de acero expuesto fueron intervenidos, sin embargo, se desconoce la metodología que finalmente fue aplicada para la reparación y se desconoce por qué algunos pilotes no han sido reparados todavía. Se recomienda solicitar una vez más, información sobre el sistema que se va a construir para el manejo de aguas proveniente de las paredes del paso deprimido por variaciones en el nivel freático que eventualmente se podría presentar. En el caso de la Unidad Funcional V, sector de Calle Blancos, se observó que todavía no han sido llevadas a cabo diversas medidas para el control de la erosión y escorrentía superficial de los taludes, por lo que se sugiere tomar las medidas correspondientes, con la finalidad de evitar que se repitan o agraven los problemas inestabilidad existentes o que pueden ser evitados si se construyen las medidas de estabilización adecuadas en el momento oportuno. Se sugiere solicitar al contratista los detalles específicos de las últimas modificaciones de diseño aplicadas en este sector, relacionados con: la propuesta de colocar pilotes de apoyo para el bastión que se requiere en el sector de MACOPA, así como también, con algunos trabajos de corte que se están haciendo para ampliar el ancho de la excavación, que han implicado la demolición de pilotes previamente contruidos y que han hecho que la corona del talud se encuentre cada vez más próxima de las edificaciones existentes.</i>		
8. Palabras clave Taludes, estabilización, muro de pilotes, escorrentía superficial.	9. Nivel de seguridad: -	10. Núm. de páginas 16
11. Preparado por: Ing. Gustavo A. Badilla Vargas, D.Sc. Ingeniero PIG Fecha: 24 / 03 / 2023		
12. Revisado y aprobado por: Ing. Ana Lorena Monge Sandí, M.Sc Coordinadora del Programa de Ingeniería Geotécnica Fecha: 24 / 03 / 2023		



Contenido

I.	Introducción	4
II.	Unidad funcional I: Intersección a tres niveles en la Uruca	4
III.	Unidad funcional V: Sector de Calle Blancos, sector localizado entre la calle 17 y calle 25	8
IV.	Comentarios finales	14
V.	Referencias	15

Informe de visita de campo al Proyecto de Circunvalación Norte

I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra los aspectos geotécnicos observados durante la visita realizada el 8 de marzo al proyecto de Circunvalación Norte. Durante esta gira se realizó la visita a las siguientes unidades funcionales:

- Unidad funcional I: Intersección a tres niveles en la Uruca
- Unidad funcional V: Calle Blancos

A continuación, se presentan algunos comentarios relacionados con lo observado en sitio.

II. Unidad funcional I: Intersección a tres niveles en la Uruca

Durante la visita, se observó el acabado y la condición general de la excavación del paso deprimido que se construye en esta intersección. De lo visto en campo, las obras llevan un gran avance en este sector, donde se han iniciado actividades de colocación de concreto lanzado en las paredes de la excavación y aparentemente se han concluido las actividades de construcción de la segunda viga de amarre o “llave de cortante” que se supone es para proporcionar una mayor capacidad a la pantalla de pilotes, aspecto que ya ha sido comentado en los informes EIC-Lanamme-INF-1228-202 y EIC-Lanamme-INF-1727-2022 (ver Figura 1). Es importante indicar que, a pesar de que ya se ha hecho la solicitud de la información del diseño de esta solución, todavía no se ha recibido ninguna información, por lo cual no es posible realizar comentarios sobre el diseño y la efectividad esperada de esta obra. De esta manera se sugiere nuevamente solicitar la información de este trabajo que aparentemente ya está prácticamente concluido.



Figura 1. Avances observados en el paso deprimido en la Unidad Funcional I, Proyecto de Circunvalación Norte

Como se ha indicado en informes anteriores, una de las principales preocupaciones observadas en este sector se relaciona con problemas de acero de refuerzo expuesto que se ha dado venido dando en los



pilotes de esta zona. Durante la visita, fue posible observar que la gran mayoría de los problemas de acero expuesto fueron intervenidos. No obstante, se desconoce la metodología que finalmente fue aplicada para la reparación de estos defectos, así como también la razón de por qué aún existen pilotes que no han sido intervenidos (ver Figura 2) mientras que, los pilotes más próximos o, en algunos casos, incluso en el mismo pilote, ya se ha iniciado con la actividad de colocación del concreto lanzado, tal y como se observa en la Figura 3.



Figura 2. Pilote con problemas de acero de refuerzo expuesto debido a problemas durante el proceso constructivo de los pilotes



Figura 3. Pilotes sin intervenciones en el acero de refuerzo expuesto en los cuales se ha iniciado la colocación del concreto lanzado

Otro aspecto que ya ha sido mencionado en los informes: EIC-Lanamme-0130-2022, EIC-Lanamme-INF-0615-2022 y EIC-Lanamme-INF-1228-2022, se relaciona con el hecho de que la pantalla está constituida por pilotes separados, por lo que variaciones en el nivel freático estacional puede generar humedad o infiltraciones estacionales en las paredes de la excavación, lo cual se ha visto evidenciado con el crecimiento de musgo y algunas plantas en las paredes del paso deprimido (ver nuevamente la Figura 2). Debido a lo anterior, fue posible observar que se han colocado algunos drenajes en las paredes de la excavación (ver Figura 4), sin embargo, a pesar de las solicitudes en los informes anteriores, se desconoce el diseño del sistema de drenajes y colectores que se estará construyendo, de forma tal que no ha sido posible hacer una valoración de la efectividad de los sistemas de manejo de aguas para evitar la presencia de ésta en las paredes del muro y en la capa de rodamiento que será colocada. Así pues, como se observa en la Figura 4, debido a la falta de información no es posible establecer si la separación utilizada entre los drenajes de salida de agua es adecuada.



Figura 4. Separación de las salidas de agua en las paredes de la pantalla de pilotes del paso deprimido.

En lo que respecta al concreto lanzado, según lo observado en campo, en el caso de algunos sectores de la pantalla de pilotes (ver Figura 5), se puede presumir que se está considerando que el espesor de la capa de concreto lanzado sustituye el concreto de recubrimiento del acero de refuerzo del pilote colocado durante la construcción. Lo anterior ya ha sido señalado en informes anteriores en este proyecto y otros proyectos similares, por lo que se sugiere solicitar al contratista la información que respalda y garantice el comportamiento y el desempeño adecuado del elemento con esta condición de recubrimiento del acero de refuerzo, a lo largo de la vida útil del proyecto.



Figura 5. Colocación de malla electrosoldada y preparación de superficie para la colocación de concreto lanzado en pilotes con acero de refuerzo expuesto

Finalmente, en el extremo de la pared norte, del sector oeste del paso deprimido, en las cercanías de la concesionaria de vehículos Corimotors, se observó una zona del concreto lanzado con una cantidad importante de agrietamientos (ver Figura 6). Según conversaciones realizadas con un representante del Consorcio Estrella - H. Solís ante las observaciones realizadas, se indicó que estos agrietamientos no corresponden ni a la capa final, ni al concreto utilizado en el recubrimiento final de la capa de concreto lanzado, por lo que, en futuras visitas de campo se hará en lo posible una corroboración del acabado final de la superficie de este sector.



Figura 6. Agrietamientos observados en capa de concreto lanzado en el extremo de la pared norte, del sector oeste del paso deprimido

III. Unidad funcional V: Sector de Calle Blancos, sector localizado entre la calle 17 y calle 25

En la visita realizada el pasado 8 de marzo se valoró nuevamente la condición de estabilidad de los taludes en la zona ubicada entre las pilas 54 y 55. Vale resaltar que desde la visita realizada el 7 de setiembre de 2022 han pasado 6 meses y, desde entonces, no se observó que se continuara con la colocación del geosintético para evitar la erosión y por ende mantener la estabilidad del talud. Ante esta situación, la Figura 7 muestra una comparación entre la condición del talud de la visita de setiembre del 2022 y la actual, donde se puede notar que no se hizo ningún avance, por lo que se recomienda atender lo más pronto posible la condición de este talud, antes de que se presenten problemas de estabilidad. Además, se sugiere implementar alguna medida de mitigación provisional para evitar la erosión de la cara del talud y el control de la escorrentía superficial que se observa en la Figura 7 donde se puede apreciar que la escorrentía superficial está afectando el acabado superficial de la cara del talud.



Figura 7. Condición de la colocación de geosintéticos en los taludes cercanos a la zona entre las pilas 54 y 55 en: a) setiembre del 2022 y b) marzo 2023.

Por su parte, cómo se había sido indicado en el informe EIC-Lanamme-INF-1228-2022, correspondiente a la visita realizada en setiembre del 2022, fue posible observar algunos problemas de estabilidad en la superficie de la cara del talud en un sector ubicado entre las pilas 54 y 55. En la visita de setiembre del 2022, esta zona se encontraba recubierta con un plástico de construcción, sin embargo, actualmente se encuentra totalmente descubierto (ver la Figura 8). Debido a esto, se considera conveniente recomendar una vez más, tomar las medidas del caso para proteger la cara del talud y evitar que esta situación se pueda agravar, debido a la posible saturación del material con las precipitaciones normales del periodo de lluvias que se aproxima, las cuales pueden generar cambios en el estado de esfuerzos del medio por incremento de presiones intersticiales asociados al agua infiltrada y reducción de las propiedades de resistencia del material. Es importante recordar que la pérdida de estabilidad puede ser un proceso gradual, que implica un aumento en los costos de reparación cuando no se toman las medidas correspondientes en el momento oportuno.



Figura 8. Condición de la cara del talud y problemas de estabilidad observados en la zona ubicada entre las pilas 54 y 55.

Por otro lado, se visitó la zona cercana a las pilas 56 y 57, la cual corresponde al talud que presentó problemas de estabilidad desde antes de mayo de 2022 y que fue comentado en el informe EIC-Lanamme-INF-1228-2022. Como se había comentado en aquel momento, en este sector el Consorcio Estrella - H. Solís, tenía planeado realizar una intervención que consideraba continuar o extender el muro de suelo cosido construido en la pila 56, próximo a la tapia de la casa que se encuentra en la corona del talud.

No obstante, todavía no se tiene información de los detalles específicos de la propuesta de intervención, el diseño y el cronograma propuesto. Así pues, en la Figura 9 se muestra una secuencia de fotografías de la condición de este talud desde febrero del 2022. Como se puede observar en la Figura 9a se muestra la condición del talud en la visita realizada en febrero del 2022, la Figura 9b la condición en setiembre de 2022 y en la Figura 9c la condición actual del mismo talud. Como se puede notar el talud ha sufrido deterioros a lo largo del último año, de forma tal que, la corona del talud está cada vez más próxima a las estructuras existentes.

Al respecto, es importante mencionar que cuando se construyen taludes de corte cercanos a edificaciones, se deben tomar previsiones para no generar inestabilidades en las estructuras aledañas ni deformaciones en la parte superior del talud que puedan repercutir negativamente en las estructuras cercanas. Por su parte, en la Figura 9, es evidente que la cara expuesta del talud que sufrió un deslizamiento en mayo del 2022, que para setiembre del 2022 todavía no había sido intervenido, y que únicamente fue reconformado después de setiembre de 2022, el cual, en la última visita realizada en marzo de 2023, volvió a presentar algunos pequeños problemas de inestabilidad. Se desconoce cuándo se presentó el deslizamiento mostrado en la Figura 9c, sin embargo, se puede suponer que ocurrió al final del periodo de invierno del año 2022, cuando pudo presentarse una disminución de las lluvias, por lo cual se sugiere tomar las medidas correspondientes, antes de que inicie nuevamente el periodo de lluvias, pues se pueden repetir y agravar los problemas inestabilidad que pudieran ser evitados si se construyen las medidas de estabilización adecuadas en el momento oportuno.

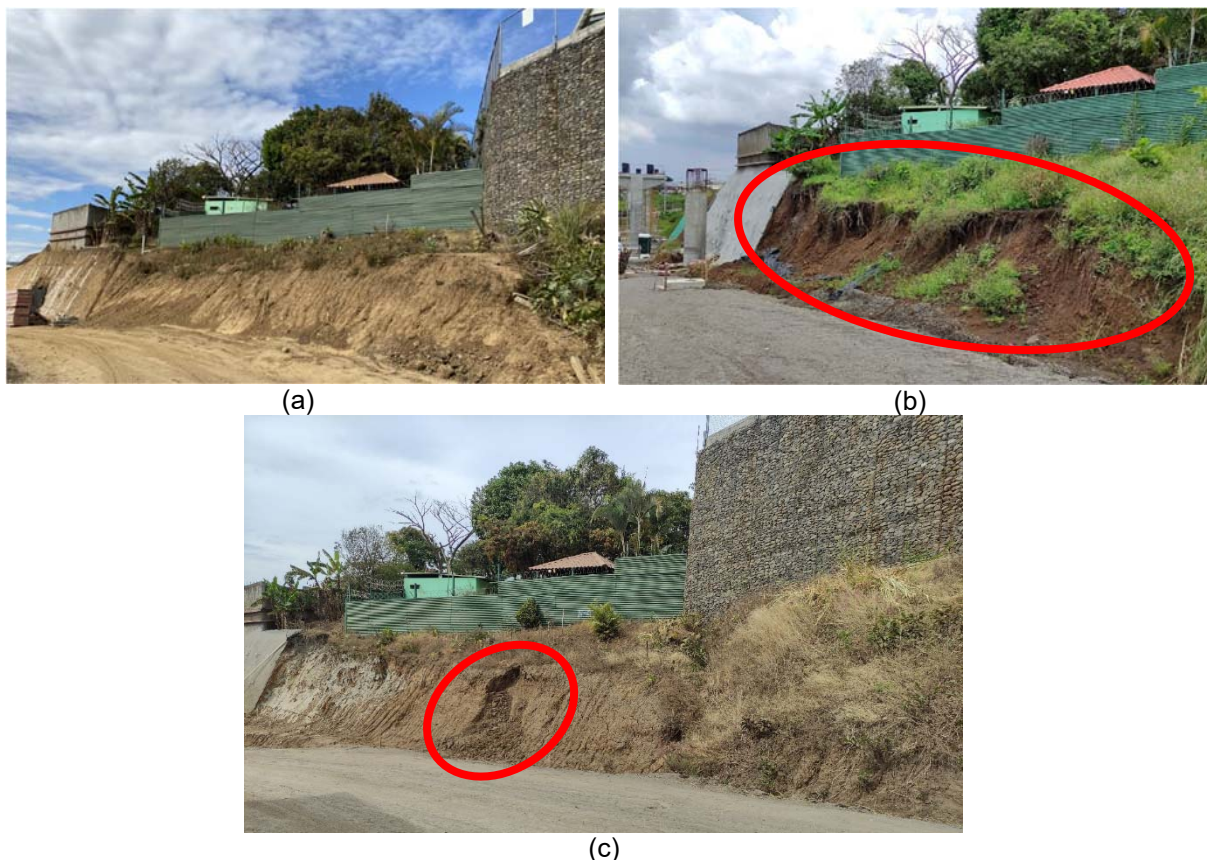


Figura 9. Condición del talud en la zona entre las pilas 56 y 57 en: a) febrero 2022, b) setiembre del 2022 y c) marzo 2023.

Es importante mencionar que contiguo al muro de suelo cosido en la pila 56, se observó que ya fueron colocados algunos pernos (ver Figura 10), lo que parece ser una continuación o extensión del muro de suelo cosido. Algunos de los pernos, los más cercanos al muro, están constituidos por varillas de refuerzo de concreto número 9, según las características observadas en sitio (ver Figura 10b), la designación de estas varillas corresponde a AM 9 W 60 CR, lo cual corresponde a varillas Arcelor Mittal, varilla #9, ASTM A706, grado 60, procedente de Costa Rica. El tipo de varilla utilizado algunos metros después corresponde a varillas de un diámetro menor, que no pudo ser establecido en sitio. Como no se cuenta con información sobre el diseño geotécnico de esta obra, no es posible establecer si el espaciamiento, la profundidad del anclaje, diámetro del perno y otros detalles relacionados con la obra de estabilización propuesta son adecuados, por lo cual se recomienda una vez más solicitar los detalles correspondientes sobre el diseño. Adicionalmente, se sugiere consultar los motivos por los cuales no se han completado los trabajos de estabilización de este talud que ya ha mostrado problemas de estabilidad.

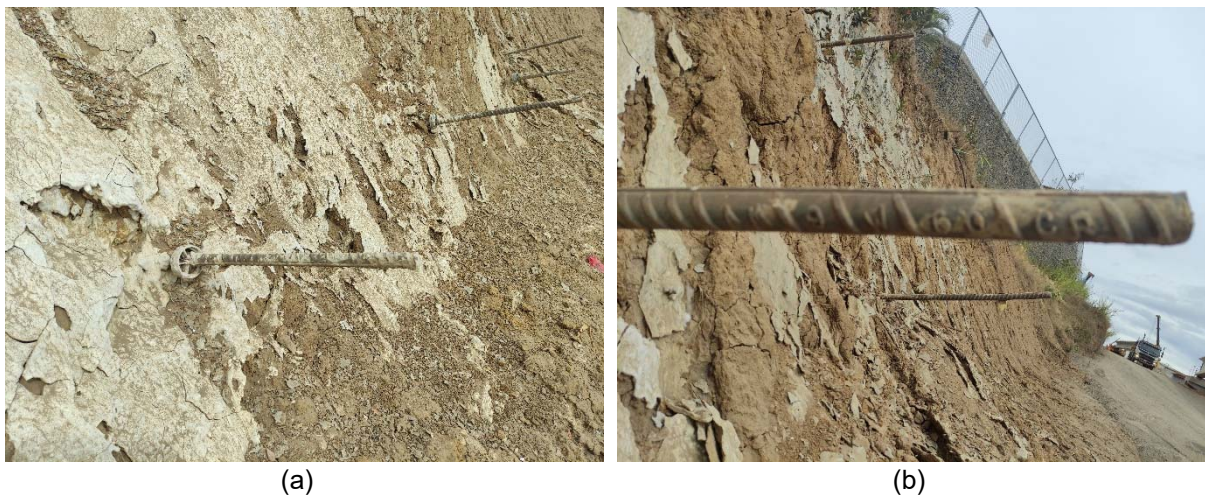


Figura 10. Pernos colocados contiguo al muro de suelo cosido en la pila 56.

Por otro lado, en el informe EIC-Lanamme-INF-0615-2022, se había realizado una observación relacionada con el hecho de que las viviendas tienen sistemas inadecuados de alcantarillado, con salidas de agua directamente sobre la cara del talud. En este sentido, fue posible observar que el contratista ha tomado en consideración esta observación, de forma tal que se ha colocado un tubo para controlar el flujo de agua que caía directamente sobre la cara del talud (ver Figura 11). Aunque la medida observada es evidentemente provisional, se considera que es una medida mitigación adecuada en esta etapa de desarrollo del proyecto para reducir la inestabilidad del talud en este momento. Igualmente, se recomienda nuevamente, implementar medidas integrales de mitigación, ya sea por parte de los propietarios o de la Administración del proyecto (quien sea el responsable), para evitar la erosión y eventual inestabilidad del talud una vez que el proyecto entre en operación.



Figura 11. Medida provisional para control de aguas en la cara del talud contiguo al muro de suelo cosido en la pila 56.

Tal y como se ha comentado en los informes EIC-Lanamme-INF-0615-2022, EIC-Lanamme-INF-1017-2022 y EIC-Lanamme-INF-1228-2022, el sector de MACOPA presenta mucha heterogeneidad de materiales. Por su parte, en la visita realizada en setiembre de 2022 en conversaciones realizadas con un representante del Consorcio Estrella - H. Solís, en este sector se tenía planeado realizar una intervención que consideraba la construcción de alrededor de 400 columnas de toba-cemento de aproximadamente 80 centímetros de diámetro y de profundidades variables. No obstante, en la visita realizada el 8 de marzo, se observó la colocación de pilotes en este sector (ver Figura 12). De esta manera, un representante del Consorcio Estrella - H. Solís indicó que después de realizar los movimientos de tierra en este sector, los materiales encontrados presentan propiedades mecánicas mejores de las que habían sido estimadas al principio, por lo cual, se ha tomado la decisión de cambiar la propuesta anterior y colocar únicamente pilotes para el bastión que se requiere en este sector. Esta nueva propuesta también se considera técnicamente adecuada, sin embargo, se sugiere solicitar los detalles específicos del modelo geotécnico considerado, la memoria de cálculo y la nueva propuesta que se estaría realizando en este sector, con la finalidad de conocer la cantidad de pilotes que serán colocados y su profundidad de forma tal que se pueda evaluar su idoneidad.



Figura 12. Pilotes construidos en el sector de MACOPA.

Como se ha comentado en los informes EIC-Lanamme-INF-0615-2022 y EIC-Lanamme-INF-1017-2022 la pared en el costado este de la excavación, la cual corresponde con el entronque con la calle 25 (Calle Blancos), ha evidenciado la presencia de humedad en la base de la excavación del talud.

En la Figura 13a, se observa la condición del afloramiento de agua en julio de 2022, durante la época lluviosa, por su parte, la Figura 13b, muestra el mismo sector en marzo de 2023, durante la época seca. En esta última fotografía, la coloración verde de los pastos indica la presencia de humedad persistente durante la época de verano, en menor grado, no obstante, es importante considerar su presencia y solicitar nuevamente al contratista información relacionada con las acciones y trabajos que serán realizados en este sector a fin de garantizar una condición de humedad acorde con el proyecto. Caso contrario, la presencia de agua puede disminuir de manera significativa la capacidad de resistencia al corte de los materiales subyacentes a la capa asfáltica, lo cual, sumado al peso de los vehículos podría favorecer problemas de durabilidad de la superficie de ruedo, reducción de la resistencia de las capas de apoyo, así como también deformaciones permanentes o asentamientos en la superficie del pavimento existente. Por su parte, en el caso de los muros de pantalla de pilotes, la presencia de estos niveles

freáticos puede generar presiones hidrostáticas en los muros que, si no fueron consideradas adecuadamente en el diseño, puede afectar el desempeño y comportamiento esperado de los muros.



(a)



(b)

Figura 13. Condición de humedad en la base del talud este de la excavación con entronca con la calle 25 (Calle Blancos) en: a) julio de 2022 y, b) marzo de 2023

Finalmente, un aspecto que se mencionó en los informes EIC-Lanamme-0130-2022 y EIC-Lanamme-INF-0472 se relacionaba con la importancia de la revisión de la estabilidad y los análisis de deformaciones para verificar que no se generarían afectaciones a las edificaciones próximas a las zonas donde se están realizando movimientos o cortes en el terreno.

En este sentido, se puede observar en la Figura 14, que se está realizando un corte de terreno, en el cual la corona del talud se ha aproximado cada vez más a algunas edificaciones existentes. Cabe indicar que, en la visita realizada en julio de 2022, se observó la perforación para la construcción de una pantalla de pilotes en este mismo sector, sin embargo, se desconoce los cambios en el diseño que se están aplicando en este sitio, donde ahora se están demoliendo algunos de los pilotes construidos anteriormente para ampliar el ancho de la excavación. Tampoco fue posible observar si se han tomado otras medidas para evitar afectar las construcciones próximas, o si bien, corresponden a construcciones previamente expropiadas. Se desconoce también cual será el acabado o las medidas de protección de la cara del talud. Debido a esto, se recomienda solicitar al contratista información relacionada con las modificaciones en el diseño geométrico, diseño geotécnico, las acciones y trabajos que serán realizados en este sector a fin de garantizar una estabilidad y deformabilidad que no genere afectaciones a las edificaciones próximas a la corona del talud.



Figura 14. Cortes de terreno con coronas próximas a edificaciones y viviendas existentes

IV. Comentarios finales

Después de realizar la gira al proyecto Circunvalación Norte, se puede inferir que, de manera general, el trabajo se está realizando de forma adecuada.

Se observó un gran avance en los trabajos que se realizan en el paso deprimido en la intersección de la Uruca, donde se han iniciado las actividades de colocación de concreto lanzado en las paredes de la excavación y, todo parece indicar que, se han concluido las actividades de construcción de la “llave de cortante” que se supone fue construida para proporcionar mayor capacidad a la pantalla de pilotes. No obstante, pese a solicitudes anteriores, aún no se ha recibido información sobre el diseño de este elemento de refuerzo. Además, fue posible observar que la gran mayoría de los problemas de acero expuesto fueron intervenidos, aunque se desconoce la metodología que finalmente fue aplicada para la reparación y se desconoce el por qué algunos pilotes no han sido reparados todavía. Por su parte, se recomienda solicitar una vez más, información sobre el sistema de manejo de aguas, provenientes de variaciones en el nivel freático, que eventualmente se podría presentar en las paredes del paso deprimido.

En el caso de la Unidad Funcional V, sector de Calle Blancos, se observó que todavía no han sido llevadas a cabo diversas medidas para el control de la erosión y escorrentía superficial, especialmente en los taludes en la zona entre las pilas 54 y 55. En el caso, de la zona cercana a las pilas 56 y 57, todavía no se tiene información de los detalles específicos de la propuesta de intervención, tales como el diseño y el cronograma propuesto, puesto que este talud ya sufrió un deslizamiento en mayo del 2022. En la visita fue posible observar que, contiguo al muro de suelo cosido en la pila 56, ya fueron colocados algunos Pernos que parecen ser una continuación o extensión del muro de suelo cosido. Sin embargo, se sugiere consultar los motivos por los cuales no se han completado los trabajos de estabilización de este talud y los detalles correspondientes. En estos taludes, se sugiere tomar las medidas correspondientes con la finalidad de evitar que se repitan o agraven los problemas de inestabilidad existentes o que pueden ser evitados si se construyen las medidas de estabilización adecuadas en el momento oportuno.

Adicionalmente, se sugiere solicitar al contratista los detalles específicos de las últimas modificaciones de diseño aplicadas en este sector, relacionados con la propuesta de colocar pilotes de apoyo para el bastión que se requiere en el sector de MACOPA. También se sugiere solicitar al contratista información



relacionada con trabajos de corte de terreno para ampliar el ancho de la excavación, que han implicado la demolición de pilotes previamente construidos y que la corona del talud se encuentre cada vez más próximo de las viviendas existentes, a fin de garantizar no solamente la estabilidad de los taludes sino también, garantizar que no se produzcan deformaciones que generen afectaciones a las edificaciones próximas a las zonas donde se están realizando movimientos o cortes en el terreno.

V. Referencias

1. Programa de Ingeniería Geotécnica (2022). **EIC-Lanamme-INF-0130-2022 Informe de visita al Proyecto Circunvalación Norte**. LanammeUCR. San José, Costa Rica.
2. Programa de Ingeniería Geotécnica (2022). **EIC-Lanamme-INF-0472-2022 Evaluación preliminar de factores de seguridad y deformaciones en las obras de excavación de la Unidad Funcional 5**. LanammeUCR. San José, Costa Rica.
3. Programa de Ingeniería Geotécnica (2022). **EIC-Lanamme- INF-0615-2022 Informe de visita al Proyecto Circunvalación Norte**. LanammeUCR. San José, Costa Rica.
4. Programa de Ingeniería Geotécnica (2022). **EIC-Lanamme- INF-1017-2022 Informe de visita al Proyecto Circunvalación Norte**. LanammeUCR. San José, Costa Rica.
5. Programa de Ingeniería Geotécnica (2022). **EIC-Lanamme-INF-1047-2022 “Informe de revisión de protocolo de reparación de pilotes. Unidad Funcional I, proyecto Circunvalación Norte**. LanammeUCR. San José, Costa Rica.
6. Programa de Ingeniería Geotécnica (2022). **EIC-Lanamme- INF-1228-2022 Informe de visita al Proyecto Circunvalación Norte**. LanammeUCR. San José, Costa Rica.
7. Programa de Ingeniería Geotécnica (2022). **EIC-Lanamme- INF-1727-2022 Informe de revisión de estudios de suelo y ensayos de integridad – Unidad Funcional I, y estabilización de pilotes – Unidad Funcional 5, Proyecto Circunvalación Norte. Informe de visita a Unidad Funcional I**. LanammeUCR. San José, Costa Rica.