



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: LM-IG-05-18

Criterio geotécnico sobre el tratamiento dado al deslizamiento ocurrido en la base del puente del río Virilla de la Ruta Nacional N°32 en los estudios para el nuevo puente



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

San José, Costa Rica
Noviembre, 2018



CONTENIDO

I.	Introducción	4
II.	Criterios solicitados	4
II.1	Influencia del mecanismo de falla del relleno sobre las pilas 3, 4, 5 y 6	4
II.2	Competencia de los materiales para cimentación y nivel de seguridad de la cimentación	7
II.3	Recomendaciones para proteger la integridad de la estructura	8
II.4	Posible eliminación del relleno para la construcción del puente nuevo (duplicación)	9
III.	Comentarios finales.....	9
IV.	Referencias	10

**CRITERIO GEOTÉCNICO SOBRE EL TRATAMIENTO DADO AL DESLIZAMIENTO OCURRIDO
EN LA BASE DEL PUENTE DEL RÍO VIRILLA DE LA RUTA NACIONAL N°32
EN LOS ESTUDIOS PARA EL NUEVO PUENTE**

I. Introducción

Los deslizamientos de masas de suelos se generan comúnmente en las épocas donde se registran mayores precipitaciones, pues los suelos que conforman estas masas se sobresaturan y con ello se tiende a perder la capacidad de resistencia al corte del material, produciendo la falla.

Cuando el hombre interviene una zona para darle paso a una obra ingenieril, como lo es el paso de una carretera, la construcción de un puente sobre un río o quebrada, entre otros; se tienen a formar taludes de suelos, que si no son bien manejados tanto en su conformación como en la mitigación de eventuales problemas (deficiencia en el manejo de las aguas a su alrededor, por ejemplo) pueden eventualmente fallar, a pesar de su concepción ingenieril en el proyecto.

En algunos casos, estas masas de suelo deslizadas las conforman materiales que, si bien es cierto aparentan haber existido en el medio, fueron colocados por el hombre a manera de rellenos sin un manejo adecuado de la colocación del material, constituyendo una masa con un alto potencial de deslizamiento. Este último caso fue lo que sucedió en el talud de la margen izquierda del puente sobre el río Virilla en la Ruta Nacional N°32.

Esta masa deslizada, al tener un alto impacto visual en el paisaje de la zona, genera incertidumbre e inconformidad para los usuarios del puente actual, y crea inseguridad al planificar cimentar los bastiones y pilas del nuevo puente sobre él.

En el presente informe se brindará un criterio geotécnico acerca de los aspectos tomados en cuenta al realizar los estudios de suelos y las recomendaciones de diseño de esta nueva obra, enfocado a las dudas que surgen al personal de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural.

II. Criterios solicitados

La Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural, envía una solicitud de colaboración al Programa de Ingeniería Geotécnica, en cuanto a presentar un criterio geotécnico acerca de algunas dudas que les surge al revisar los documentos entregados del diseño del nuevo puente sobre el río Virilla que se construirá contiguo al existente sobre la Ruta Nacional N°32. A continuación se hacen comentarios al respecto de cada una de estas dudas.

II.1 Influencia del mecanismo de falla del relleno sobre las pilas 3, 4, 5 y 6

Para este caso, se está considerando que la pregunta radica en la influencia que puede tener el deslizamiento ocurrido, sobre las pilas 3, 4, 5 y 6 del puente existente y no del nuevo, pues se está proponiendo que este último tenga únicamente 2 pilas.

Para responder a esta pregunta, se ha estudiado la lámina 2 de los planos originales facilitados por la Unidad de Puentes, donde se presenta el modelo geológico-geotécnico del sitio original conceptualizado en el año 1975. En este se muestra la planta de fundaciones, y el perfil de la estructura con los distintos materiales que conforman el sitio. Esta información se constituye en la base de la determinación de la topografía y composición de los materiales encontrados en el sitio previo a la construcción del puente.

Adicionalmente, se ha analizado la información suministrada por el Consorcio Ginprosa – Fhecor: “Diseño de detalle de la duplicación del puente sobre el río Virilla, Ruta Nacional No. 32 Carretera Braulio Carrillo. Anexo 2. Estudio de geología y geotecnia” y “Tomo III: Planos”, y el Reporte R-059-2015 “Estudio geofísico para la caracterización de los materiales bajo la rasante del eje del puente sobre el río Virilla – Ruta 32, sita en Tibás, San José” de la empresa Ingeofica. De estos se extrajo el modelo geológico-geotécnico establecido por Castro y de la Torre en su estudio de suelos (integrado en el documento de diseño del puente) y se complementó con la información encontrada en los planos y en el reporte de resultados geofísicos.

Al realizar la comparación entre el perfil inicialmente determinado (ver Figura 1) y el resultante del estudio de suelos actualizado al año 2015 (ver Figura 2), se puede observar como actualmente en ambas laderas el material de relleno ha aumentado su volumen, combinándose con el suelo propio del sitio.

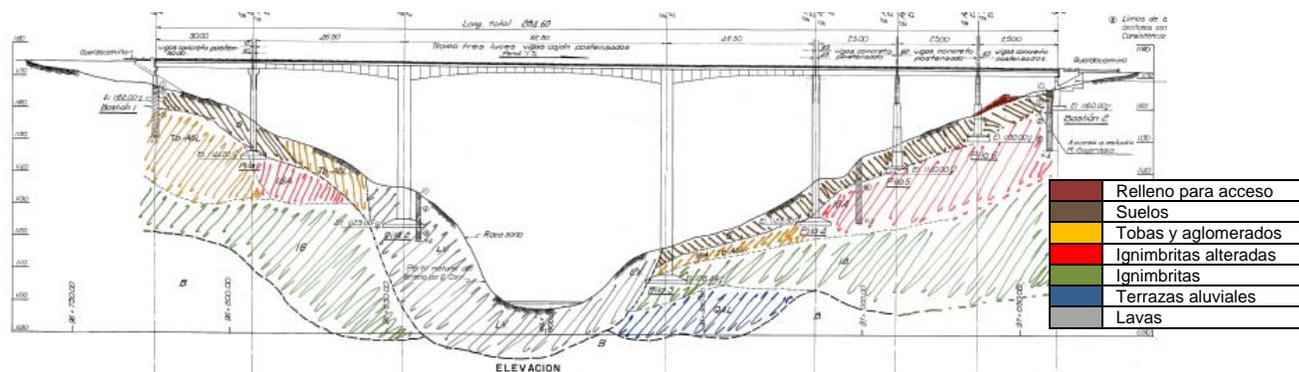


Figura 1. Modelo geológico-geotécnico original del sitio

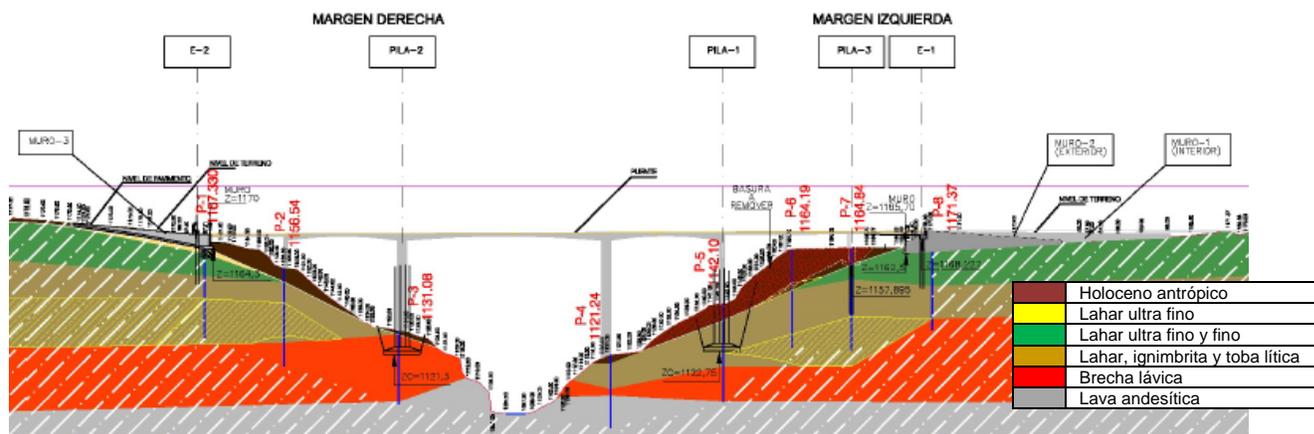


Figura 2. Modelo geológico-geotécnico del estudio de suelos noviembre 2015

Incluso, en margen izquierda se puede notar como existe una plataforma de mayor volumen, confeccionada con lo que se llamará material de relleno.

Como bien se indica en el estudio de suelos elaborado por la empresa Castro y de la Torre, el material de relleno está compuesto por la combinación de suelos, específicamente limos arcillosos-arenosos y arcillas limo-arenosas, con materiales de escombro y desechos depositados por el

hombre (se presume los vecinos del lugar), por lo que la consistencia del material se espera sea pobre.

Este tipo de material tan heterogéneo, generalmente presenta una forma circular típica de suelos, cuando se produce su falla. En el deslizamiento ocurrido en octubre del 2017 se logra observar claramente la forma circular de este tipo de materiales, dejando a plena vista grietas de tracción en la corona, señas de que se ha producido un fallamiento producto de la inestabilidad del material (ver Figura 3):



Figura 3. Fotografías del deslizamiento presentado en octubre de 2017

El resto de los materiales encontrados en los modelos geológico-geotécnicos, a pesar de que por su composición también pueden presentar falla circular, cuentan con propiedades mecánicas mayores, pudiendo permitir una estabilidad de taludes con pendientes mayores.

Cabe destacar que, como se puede observar, las pilas 3, 4, 5 y 6 del puente existente, se encuentran cimentadas sobre material más competente que el suelo superficial o el material de relleno antrópico.

Por lo tanto, si existiese alguna falla del material de relleno circundante a estas pilas, no afectaría la cimentación de las mismas. Sin embargo, un aspecto a considerar en el diseño sería el material que quedaría “colgado” a la columna de las pilas, como parte de carga muerta y también una componente de carga lateral de empuje importante a la que se ve sometida la pila.

II.2 Competencia de los materiales para cimentación y nivel de seguridad de la cimentación

Tomando como base el modelo geológico-geotécnico del estudio de suelos realizado para la ampliación del puente sobre el río Virilla, mostrado en la Figura 2, y tomando en cuenta los resultados obtenidos de los estudios de refracción sísmica indicados en el Reporte R-059-2015, se puede extrapolar esta información del modelo del nuevo sitio, al del sitio original donde se encuentra actualmente el puente.

Realizando la evaluación pertinente de la profundidad de las cimentaciones obtenidas de la Figura 1 con los materiales del modelo geológico-geotécnico del nuevo sitio (Figura 2), se puede observar que las cimentaciones de las pilas 4, 5 y 6 se encuentran cimentadas sobre la unidad UG-4, y la pila 3 se encuentra cimentada sobre la unidad llamada UG-6.

La unidad UG-4, según el estudio de suelos de Castro y de la Torre, está compuesta por una combinación de Lahares de grano ultra fino a grueso, bloques de ignimbritas y una toba lítica de la formación Tiribí, los cuales se describen a continuación:

1. *Lahar*: consiste en bloques de roca de tamaño centimétrico, rodeados una matriz de suelos limo arcillo-arenosos, el tamaño de los bloques y la contextura del suelo son los que le dan la característica de fineza indicada.
2. *Bloques de ignimbritas*: son bloques de tamaño centimétrico, rodeados de una matriz de ceniza color gris oscuro.
3. *Toba lítica*: Consiste en bloques de roca brechosa con tamaños de hasta 6 cm, rodeados por una matriz de ceniza volcánica.

La unidad UG-6, está descrita en el informe de Castro y de la Torre como una roca lávica de alta dureza.

Estas dos unidades son rocas con distintos grados de meteorización, pero aptos para cimentarse, debido a que las propiedades mecánicas que se indican en el informe de estudio de suelos muestran que son materiales de una calidad adecuada. Las propiedades se resumen en la Tabla 1:

Tabla 1. *Parámetros de resistencia al corte de las unidades geotécnicas sobre las que se cimenta el puente existente*

Unidad geotécnica	Cohesión (kPa)	Ángulo de fricción (°)	Densidad (T/m ³)
UG-4	34.3	27	1.75
UG-6	882.6	65	2.75

Para poder establecer si los materiales son competentes para soportar las cargas de las estructuras, debería realizarse un análisis de interacción suelo-estructura con los valores de carga a los que se ve sometida cada pila. Sin estos datos, no es posible determinar su competencia.

Por otro lado, estudiando los análisis realizados en el informe de estudio de suelos de Castro y de la Torre en la sección 8.2.1 acerca de la influencia de las cimentaciones del puente por construir respecto a las de las pilas existentes, y por las características de los materiales, se puede observar que el sistema de cimentación recomendado para el puente nuevo, no tendría afectación o influencia negativa sobre las cimentaciones del puente existente.

En resumen, el informe del estudio de suelos aportado cuenta con la información necesaria para determinar la competencia de los materiales respecto a la carga que recibe cada pila y se podría determinar la seguridad de las mismas al colocarse pilas con cimentaciones aledañas.

II.3 Recomendaciones para proteger la integridad de la estructura

En un eventual deslizamiento del relleno, lo que la masa de suelo deslizada provocaría es un aumento en las cargas laterales en las pilas, pues allí se acumularían porciones de suelo que podrían convertirse en cargas de empuje de suelos importantes sobre las pilas, y puede ser que en el diseño original de la estructura no hayan sido consideradas.

Lo más recomendable por hacer en el caso de inestabilidad del relleno, es eliminarlo según se está recomendando en la propuesta de la construcción del nuevo puente, e incluso se puede reconformar de una manera apropiada, realizando el diseño pertinente, si es que se requiriese para habilitar la calle que se encuentra en la zona superior del relleno. Sin embargo, eliminar el relleno puede ser complicado constructivamente por las condiciones actuales del terreno.

Entonces si no es posible eliminar y eventualmente reconformar el relleno, se recomienda en primer lugar, realizar obras para el manejo apropiado de las aguas de escorrentía superficial, para evitar la sobresaturación del material que conforma el relleno y así aminorar la probabilidad de un posible nuevo deslizamiento. Incluso se puede diseñar un sistema de drenaje que permita evacuar las aguas excesivos de la masa del material de relleno.

Adicionalmente, se pueden colocar unas barreras flexibles contra deslizamientos que podrían absorber parte de la masa deslizada, si es que sucede otro evento de deslizamiento del relleno en el futuro. El aspecto de estas barreras es el que se muestra en la siguiente figura:



Figura 4. Barrera flexible para deslizamientos
(Fuente: Geobrug)



Figura 5. Barrera para deslizamientos
(Fuente: Maccaferri)

Es importante tomar en cuenta que estas barreras deben ser diseñadas de manera apropiada por especialistas en el tema y además cuentan con capacidades máximas que si se exceden, no trabajan de manera apropiada. Existen casas que se dedican a comercializar este tipo de barreras que cuentan con respaldo técnico profesional en su diseño, entre las cuales se encuentran Geobrug y Maccaferri. A continuación se muestran unas fotografías de cómo trabajan estas barreras para detener material deslizado:



Figura 6. Deslizamiento en Milibach, Suiza
(Fuente: Geobrugg)



Figura 7. Deslizamiento en Colombia
(Fuente: Geobrugg)

Por último, vale la pena recalcar que el material de relleno es el que presenta problemas de estabilidad. El material sobre el cual se encuentran cimentadas las pilas existentes parece no haber sido afectados por este deslizamiento y, según las propiedades ingenieriles de los estudios de suelos realizados en el 2015 por la empresa Castro y de la Torre, parecen no presentar problemas de capacidad de soporte ni de inestabilidad.

II.4 Posible eliminación del relleno para la construcción del puente nuevo (duplicación)

Como se mencionó en el apartado II.3 lo más recomendable por hacer en el sitio para evitar la inestabilidad de la zona que conforma el relleno, es eliminar el relleno actual y reconformarlo con criterios de diseño, si es que se requiriese la reconstrucción de la calle existente.

Sin embargo, por las condiciones de inestabilidad del terreno y por la cantidad de material deslizado, esta tarea puede ser riesgosa y complicada desde el punto de vista constructivo. A pesar de ello, es un trabajo que se puede realizar tomando las medidas de seguridad pertinentes y realizando obras de estabilización temporales que son necesarias para garantizar la estabilidad del sitio, a pesar de lo que puede significar su costo.

Adicional a lo anteriormente comentado, es importante mantener en la medida de lo posible condiciones ideales en el sitio, en cuanto a manejo de aguas se refiere, pues la sobresaturación del material que conforma el terreno puede generar mayor riesgo de inestabilidad incluso durante el trabajo de eliminación del relleno y la construcción de las obras temporales. Es por ello que el diseño del manejo de aguas de escorrentía superficial y el establecimiento de un sistema de drenajes es fundamental en la prevención y en el aseguramiento del manejo de riesgos en el aumento de la inestabilidad del sitio.

III. Comentarios finales

El tratamiento realizado al diseño del nuevo puente (duplicado) sobre el río Virilla en la Ruta Nacional N° 32 por parte del Consorcio Ginprosa – Fhecor parece apropiado. Adicionalmente, el estudio de suelos realizado en el 2015 cuenta con la información requerida para determinar de manera segura la competencia de los suelos para las cimentaciones propuestas y para realizar los

estudios pertinentes de estabilidad de taludes que se conformarán al momento de la construcción de esta obra.

Es recomendable hacer un nuevo estudio de suelos para confirmar el estado actual del relleno deslizado, incluyendo el estudio de las propiedades residuales del deslizamiento, con el fin de revisar los diseños que se realizaron desde el 2015 y verificar si los aspectos que se tomaron en cuenta para realizar los análisis de estabilidad continúan siendo los mismos o si deben cambiar debido a la condición actual del terreno.

IV. Referencias

Consorcio Ginprosa-Fhecor. (2016). *Diseño de detalle de la duplicación del puente sobre el Río Virilla, Ruta Nacional N°32 "Carrereta Braulio Carrillo". Anexo 2: Estudio de Geología y Geotecnia*. San José.

Consorcio Ginprosa-Fhecor. (2016). *Diseño de detalle de la duplicación del puente sobre el Río Virilla, Ruta Nacional N°32 "Carretera Braulio Carrillo" Tomo III: Planos*. San José.

Ingeofica. (2015). *Estudio geofísico para la caracterización de los materiales bajo la rasante del eje del puente sobre el Río Virilla - Ruta 32, sita en Tibás, San José*. San José.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica. (1975). *Puente sobre el Río Virilla: planos originales*. San José.

Unidad de Puentes - Programa de Ingeniería Estructural. (9 de Octubre de 2017). *Fotografías*. Tibás, San José, Costa Rica.