Anexo No 11.

Informes de especialistas

INFORME AMBIENTAL

Conceptos emitidos en el periodo.

Se remitió el concepto asociado al reconocimiento de los costos asociados al cumplimiento de las obligaciones de compensación ambiental contenidas en el artículo tercero de la Resolución 2029 de 2009 modificada mediante el artículo séptimo de la Resolución 1552 de 2011. Se conceptúa indicando al constructor que los costos asociados a actividades ejecutas a través de terceros serán reconocidos como Reembolsos de gastos y que, los APU, para actividades directamente ejecutadas por el contratista, adicionalmente, se especificar las exenciones tributarias para productos agroecológicos. Se deben desglosar los costos por anualidad y actividad y plantear a la Manual de Compensación biótica planteando medidas compensatorias diferentes a las siembras y establecimiento de plantaciones, no solo por la complejidad que reviste hallar áreas suficientes para el establecimiento, sino que la obtención del cumplimiento de las obligaciones puede extenderse en el tiempo y está sujeta a diferentes riesgos ambientales y antropogénicos que, sin objeción, debe asumir el constructor.

Por otro lado, dio inicio a la lectura y revisión del Estudio de impacto ambiental para la modificación de la licencia ambiental del tramo Casablanca – Ubaté, cuyo concepto final será emitido en el mes de marzo de 2025.

Visitas de seguimiento.

Se adelantó visita de seguimiento al proyecto con el fin de identificar el área sujeta a la modificación de la licencia ambiental, permitiendo de esta manera reconocer el territorio, y emitir concepto frente a los estudios para modificación del permiso ambiental.

Adicionalmente, se realizó visita al corredor en construcción, realizando sugerencias de mejora al constructor en las obras de traslado del campamento, puente peatonal y otros.

Atentamente,

NOMBRE Gynna Zaydé Granados Moya

ESPECIALISTA AMBIENTAL
TARJETA PROFESIONAL Nº 25238-115862 CND

INFORME TÉCNICO ESPECIALIDAD AMBIENTAL

CONSECUTIVO	01
ESPECIALIDAD	Ambiental
PROYECTO	INTERVENTORÍA PARA LAS OBRAS DE MEJORAMIENTO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DE LARUTA DE LOS COMUNEROS (ZIPAQUIRÁ - BARBOSA - BUCARAMANGA; GIRÓN - PIEDECUESTA) EN LOS DEPARTAMENTOS DE CUNDINAMARCA, BOYACÁ Y SANTANDER, EN MARCO DE LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PÚBLICA "VÍAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACIÓN VISIÓN 2030" MÓDULO 1
CONTRATISTA	CONSORCIO VIAL MHC 063
ASUNTO	Informe mensual Ambiental febrero 2025
FECHA	04 de marzo de 2025

Respetado Ingeniero,

A continuación, se plantean las actividades de la especialidad, ejecutadas durante el periodo de febrero de 2025 para el contrato en desarrollo.

- Reunión interna de socialización del proyecto celebrada el día 5 de febrero de 2025.
- Visita de reconocimiento al proyecto celebrada el día 13 de febrero de 2025
- Emisión de concepto referente a la modalidad de pago y condiciones de los rubros a cargo del Plan de Inversión Ambiental,
- Avance en la revisión del Estudio de Impacto Ambiental para la modificación de la licencia ambiental del tramo Casablanca – Ubaté localizado en el K40+070 al K47+452.

INFORME GEOTECNIA

Gmail **CONSORCIO ICEACSA - TPF <consorcio.iceacsatpf2022@gmail.com>**

C971-3990-2025 Respuesta comunicado D-000004976 - Estudios geotécnicos del muro de contención proyectado entre el K41+716 y el K41+747 Versión C

Correspondencia ZIBU <correspondencia@zibu.com.co> 3 de febrero de 2025, 7:50
Para: INTERVENTORIA ZIBU <consorcio.iceacsatpf2022@gmail.com>

Cordial Saludo

Hemos recibido su documento el cual fue registrado con los siguientes datos

CONSORCIO VIAL MHC 063
Fecha y hora: Lunes 3 Febrero 2025 07:43:51
Destinatario: Pablo Cesar Molina Salinas
Remitente: CONSORCIO ICEACSA TPF

Procesado por: Lilia Johana Garcia Bolivar
Asunto: Respuesta comunicado D-000004976 - Estu
dios geotécnicos del muro de contención proye

R-000003123
Este recibido no implica aceptación

Recibido para revisión, no significa aceptación de conformidad con las normas legales vigentes

Atentamente



De: CONSORCIO ICEACSA - TPF <consorcio.iceacsatpf2022@gmail.com>
Enviado: viernes, 31 de enero de 2025 20:39
Para: Correspondencia ZIBU <correspondencia@zibu.com.co>
Asunto: C971-3990-2025 Respuesta comunicado D-000004976 - Estudios geotécnicos del muro de contención proyectado entre el K41+716 y el K41+747 Versión C

[El texto citado está oculto]

C971-3990-2025

Zipaquirá (Cundinamarca), 31 de enero de 2025

Señores
CONSORCIO VIAL MHC 063
Atn.: Ing. Pablo Cesar Molina Salinas
Director de Obra
Ciudad

Ref.: Contrato 971 de 2021: Interventoría para las obras de mejoramiento mediante la construcción y mantenimiento, gestión predial, social y ambiental sostenible de la Ruta de Los Comuneros (Zipaquirá - Barbosa - Bucaramanga; Girón - Piedecuesta) en los Departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Santander, en marco de la reactivación económica, mediante el programa de obra pública "Vías para la Legalidad y la Reactivación Visión 2030" Módulo 1.

Asunto: Respuesta comunicado D-000004976 - Estudios geotécnicos del muro de contención proyectado entre el K41+716 y el K41+747 Versión C

Respetados Señores,

El Consorcio ICEACSA – TPF en cumplimiento de sus obligaciones contractuales se permite remitir el concepto técnico elaborado por la Ing. Paula Margarita Herrera, donde se concluye que una vez revisada la documentación correspondiente al informe geotécnico del muro de contención proyectado entre las abscisas K41+716 – K41+747 de la Calzada Casablanca-Ubaté (en Versión C), se indica que el Contratista ha atendido la totalidad de las observaciones previas realizadas por la Interventoría, para ello ha realizado una campaña geotécnica complementaria, ha modificado las metodologías de diseño ajustándose a las planteadas por el CCP-14 y ha incluido información nueva.

Una vez revisada la información nueva/modificada del informe, la Interventoría plantea comentarios particulares al desarrollo de los diseños, por lo cual, solicita al Contratista presentar una nueva versión del informe atendiendo los comentarios realizados.

Cordialmente,

LUIS ANTONIO RUEDA RUEDA
Director de Interventoría
Elaboró: Área tecnica
Aprobó Luis Antonio Rueda Rueda
Copia: Archivo.

CONCEPTO TÉCNICO ESPECIALIDAD GEOTECNIA

CONSECUTIVO	142
ESPECIALIDAD	GEOTECNIA
PROYECTO	CONTRATO 971 – 2021
CONTRATISTA	CONSORCIO VIAL MHC 063
ASUNTO	D-000004976 - Estudios geotécnicos del muro de contención proyectado entre el K41+716 y el K41+747 Versión C
FECHA	31/01/2025

DOCUMENTOS OBJETO DE REVISIÓN

La Interventoría recibió de manera digital mediante la comunicación D-000004976, la información relacionada con los estudios geotécnicos del muro de contención proyectado entre el K41+716 y el K41+747, cuya documentación se relaciona en la Tabla 1.

Tabla 1. Relación ensayos realizados.

Item	Tipo	Nombre	Contenido
1	PDF	ANEXO 1.1 REGISTRO DE PERFORACIÓN	2 páginas
2	PDF	ANEXO 1.2 REGISTRO DE PERFORACIÓN ADICIONAL Y DESCRIPCION GEOLÓGICA	11 páginas
3	PDF	ANEXO 2.1 ENSAYOS DE LABORATORIO	2 páginas
4	PDF	ANEXO 2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO ADICIONALES	42 páginas
5	PDF	ANEXO 3. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA	18 páginas
6	PDF	ANEXO 4. SISMICIDAD	7 páginas
7	PDF	ANEXO 5. ANÁLISIS DE CONDICIONES GEOTÉCNICAS ESPECIALES	7 páginas
8	PDF	ANEXO 6. ANÁLISIS DE AMENAZA	4 páginas
9	PDF	ANEXO 7. MEMORIAS DE CÁLCULO	48 páginas
10	PDF	ANEXO 8. PLANOS DE OBRAS	1 página
11	PDF	D-000004976	9 páginas
12	PDF	PR-23-91-02 E.G. K41+716 - K41+747 Calzada Casablanca - Ubaté - MHC vC	135 páginas
13	DWG	ANEXO 8. PLANOS DE OBRAS	

RESULTADO DE LA REVISIÓN

A continuación, se presentan el seguimiento a los comentarios realizados por la Interventoría al ESTUDIO GEOTÉCNICO de la estructura de contención localizada entre el K41+716 y el K41+747 de la Calzada Casablanca – Ubaté

Comentarios iniciales

1. Comentario de Interventoría VA: En el Anexo 3 se presenta el estudio geológico. Se solicita incluir en el informe los aspectos más relevantes al respecto.

   Respuesta MHC: Se incluye capítulo 5. Geología, en el cual se incluyen los aspectos más relevantes del anexo 3. Descripción geológica y geomorfológica, es importante resaltar que el número del capítulo cambio teniendo en cuenta la modificación al formato del informe.

   Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

2. Comentario de Interventoría VA: Detallar la descripción del sector de estudio incluyendo un diagnóstico con aspectos como la pendiente del terreno y las condiciones de estabilidad geotécnica.

   Respuesta MHC: Dentro del subcapítulo 4.2. Descripción del proyecto, se incluye una descripción más detallada de la zona de estudio.

   Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

3. Comentario de Interventoría VA: Indicar en el informe si se encontró nivel freático en la exploración de campo.

   Respuesta MHC: Se incluye dentro del subcapítulo 6.2.1 como una nota.

   Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

4. Comentario de Interventoría VA: Se presenta el registro de 1 sondeo a 7.5m de profundidad. De la Imagen 16 se deduce que la profundidad de la exploración es menor a la profundidad de la cimentación (4.0m+8.3m=12.3m), lo cual no cumple con los requerimientos de profundidad mínima de exploración establecida en la Tabla 10.4.2-1 del Código Colombiano de Puentes CCP-14 (bajo el entendido de que la cota superior de la perforación es aproximadamente la rasante de la vía).

   Respuesta MHC: Conforme a lo solicitado por interventoría se ejecutó un nuevo sondeo con 19 m de profundidad.

   Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado

5. Comentario de Interventoría VA: Respecto a los ensayos de laboratorio se requiere justificar la selección de solo una muestra. De acuerdo con los Requerimientos del Invias, los ensayos de laboratorio deben ejecutarse a lo largo de la perforación.

Respuesta MHC: Con el fin de darle respuesta al comentario se ejecutaron los siguientes laboratorios.

Tabla 1. Relación ensayos realizados.

Ensayo	Norma	No. de ensayos
Análisis granulométrico por tamizado	I.N.V.E. 123-07	1
Contenido de humedad	I.N.V.E. 122-13	1
Límites de Atterberg	I.N.V.E. 125/123-13	1
Peso unitario por medidas	ASTM D2937-71	1

Fuente: E.D.Ingeotecnia S.A.S

Adicionalmente, como parte del plan exploratorio complementario ejecutado, se realizaron laboratorios de clasificación de suelos, pesos unitarios, contenido de humedad natural, contenido de material orgánico, corte directo y consolidación unidimensional, todos estos fueron ejecutados por GEODELTA INGENIERIA y la relación correspondiente a la cantidad ejecutada se encuentra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Relación ensayos adicionales realizados.

Ensayo	Norma	No. de ensayos
Análisis granulométrico por tamizado	I.N.V.E. 123 – 07	7
Contenido de humedad	I.N.V.E. 122 – 13	7
Límites de Atterberg	I.N.V.E. 125/126 – 13	7
Peso unitario por medidas	ASTM D2937 – 71	7
Contenido de material orgánico	I.N.V.E. 121 – 13	1
Corte Directo	I.N.V.E. 154 – 13	1
Consolidación	I.N.V.E. 151 – 13	1
Compresión inconfinada	I.N.V.E. 152 - 13	2

Fuente: GEODELTA INGENIERIA

Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado

6. Comentario de Interventoría VA: No es claro cómo se determina la Clasificación de suelos SUCS del Anexo 1 con solo una muestra ensayada.

   Respuesta MHC: La clasificación SUCS que se contempla en el Anexo 1 solo considera las muestras ensayadas

   Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado

7. Comentario de Interventoría VA: De acuerdo con la Tabla 6 el estrato entre 6.50m y 7m corresponde a arcilla de baja plasticidad (CL) mientras que en el registro del Anexo 1 se indica que corresponde a arena arcillosa (SC).

   Respuesta MHC: Se ajusta el Anexo 1 en función del ensayo de laboratorio realizado.

   Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado

8. Comentario de Interventoría VA: En concordancia con lo anterior, en el Anexo 5. Se indica que a partir de los resultados de laboratorios no hay suelos dispersivos, sin embargo, no se cita cuales resultados permiten llegar a dicha conclusión. Asimismo, para suelos expansivos y colapsables se entiende que se utiliza una sola muestra. Para la evaluación de suelos especiales se requiere elaboración de ensayos a lo largo de toda la profundidad explorada.

   Respuesta MHC: Se incluyen los resultados de los ensayos de laboratorio, los cuales clasifican la expansividad de los suelos según el criterio de Otteo, adicionalmente se agrega una sustentación para las otras condiciones especiales del suelo. Así mismo con los laboratorios ejecutados adicionalmente se confirma el comportamiento de los suelos.

   Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado

9. Comentario de Interventoría VA: En el Anexo 4 se establecen los aspectos sísmicos del sector. Por favor incluir en el informe lo más relevante.

   Respuesta MHC: Se incluye dentro del informe el capítulo 7. Sismicidad, con los aspectos sísmicos más relevantes, los cuales se encuentran en el anexo 4. Sismicidad.

   Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado

10. Comentario de Interventoría VA: En el Anexo 4 se indica que el tipo de suelo es D, pero no se presentan los cálculos adelantados para definirlo, según la Tabla 3.10.3.1-1 del CCP-14.

    Respuesta MHC: En el Anexo 4. Sismicidad, se incluye la Imagen 3 y la Tabla 2, la cual presenta la velocidad media de la onda cortante para los 30 metros superficiales del suelo, esta se encuentra entre el rango de 760 m/s > Vs ≥ 360 m/s, obteniendo un perfil de suelo tipo C según la Tabla 3.10.3.1-1 del CCP-14.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado

11. Comentario de Interventoría VA: Respecto a los coeficientes de aceleración (numeral 6.1), se solicita utilizar los derivados del CCP-14 (Anexo 4).

    Respuesta MHC: En el informe se modifica la forma de calcular coeficientes de aceleración sísmica por medio de la fórmula propuesta en la normativa CCP-14.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado

12. Comentario de Interventoría VA: En la nota 1 de la página 45 se indica que el agua se toma como la infiltración de aguas lluvias. Sin embargo, las salidas gráficas no lo muestran. Por favor ajustar.

    Respuesta MHC: Se incluyen nuevas imágenes, las cuales muestran los gráficos de infiltración de aguas lluvias, que se considera para los modelos de análisis de estabilidad, adicionalmente estos son considerados para el cálculo de la capacidad portante y la verificación de volcamiento deslizamiento.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

13. Comentario de Interventoría VA: Se solicita incluir la carga vehicular en los análisis de estabilidad de taludes temporales, considerando la presencia de maquinaria.

    Respuesta MHC: Se incluyen las sobre cargas al costado de los taludes temporales, en los modelos de obras definitivas y los modelos en estado actual, con un valor de 15 KPA según la NSR en su título h.5.1.2. Cabe recalcar que aún al incluirse la sobre carga se mantiene los factores de seguridad mínimos de la norma, con valores de superiores a 1.54 en el modelo estático y 1.11 en el modelo dinámico, según la normativa CCP14.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

14. Comentario de Interventoría VA: Se solicita indicar cómo se establece la profundidad de los pilotes.

    Respuesta MHC: Al asumir que el material de relleno no aporta capacidad de soporte, se hace necesario empotrar los pilotes hasta el material residual, con el fin de dar soporte al muro, ya que no se considera adecuado cimentar sobre suelo de relleno. Adicionalmente, se toma esta profundidad con el fin de cumplir los factores de seguridad mínimos (en el modelo de estabilidad) establecidos por la normatividad aplicable (CCP14), de igual manera se agrega en la sección 13.2 una recomendación de profundidad mínima necesaria para apoyarse en el suelo competente, con el fin de mantener la integridad de la estructura en el tiempo evitándose así la aparición de grietas o desplazamientos laterales. Además, teniendo en cuenta que existen zonas con 7.5 metros de espesor de relleno generar algún tipo de recuperación en ciclópeo seria dificultoso constructivamente.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado

15. Comentario de Interventoría VA: En la Imagen 18 se presenta una alternativa de solución que incluye un relleno reforzado con geotextil con muro en concreto apoyado sobre pilotes. Se solicita revisar el uso del geotextil ya que solo el muro en concreto podría ser suficiente como obra de contención.

    Respuesta MHC: Se ajusta lo solicitado.

    Comentario de Interventoría VC: Se evidencia eliminación del uso de muro con geotextiles. Comentario cerrado.

16. Comentario de Interventoría VA: Si se presenta la recomendación del uso de entibado metálico, se debe incluir su diseño.

    Respuesta MHC: El uso de entibado metálico para impedir algún tipo de inestabilidad se da como una recomendación en caso de ser necesario su uso, sin embargo, el diseño de este se encuentra fuera del alcance del estudio, por lo mismo se decide eliminar la propuesta del informe, ya que en todos los casos los taludes temporales están cumpliendo con los factores de seguridad mínimos según la CCP14

    Comentario de Interventoría VC: Debido a que se presentaron los análisis de los cortes temporales se considera cerrado el comentario.

17. Comentario de Interventoría VA: No se presentan planos constructivos ni especificaciones.

    Respuesta MHC: Los planos constructivos se encuentran dentro del Anexo 8. Para este caso la totalidad de las obras de contención de relleno son muros de concreto reforzado y se descartaron tipologías como muros en tierra armada, gaviones entre otras. En cuanto a las especificaciones no existen especificaciones particulares, por consiguiente, se añadieron las respectivas a la normativa Invias, agregadas en la Tabla 49, junto a un esquema de sección tipo (Imagen 67), donde se detallan ciertas características que presenta la obra

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado

Comentarios generales realizados a Versiones B

A continuación, se da respuesta a los comentarios generales de los informes Versión B conforme a la atención de comentarios de referencia (radicados, R-000002169, R000002249, R-000002257, R-0000022265 y R-000002316). En este caso se mencionan únicamente los comentarios replicados para el presente informe.

18. Comentario de Interventoría VA: Por favor precisar que los ensayos de Corte Directo se ejecutaron en muestras alteradas.

    Respuesta MHC: Esta aclaración se realiza dentro del subcapítulo 4.3.3 Ensayo de corte directo.

    Comentario de Interventoría VB: En numeral citado por el consultor señala: “Permite determinar la resistencia al corte de una muestra alterada remoldeada de suelo para ciertas condiciones de consolidación y agua (…)”. Con lo cual se entiende que los resultados no corresponden a parámetros pico sino residuales. Se requiere colocar esta aclaración dentro del informe. Comentario abierto.

    Respuesta MHC. Para el sitio K41+716 - K41+747 se cambiará el encabezado del ensayo de corte directo, quedando así: “Permite determinar la resistencia al corte de una muestra alterada remoldeada de suelo para condiciones de consolidación y drenado; la prueba se lleva a cabo deformando una muestra a velocidad controlada, cerca de un plano de corte determinado por la configuración del aparato de ensayo. Los resultados se pueden ver afectados por la presencia de partículas de suelo grueso o fragmentos de roca, o ambos. Los resultados de los cortes directos realizados se pueden observar en la Tabla 13 y fueron realizados en condiciones consolidadas – drenadas.”

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

19. Comentario de Interventoría VA: Respecto a los ensayos de laboratorio de la Tabla 6, se requiere justificar la selección de solo una muestra por sondeo. De acuerdo con los Requerimientos del Invias, los ensayos de laboratorio deben ejecutarse a lo largo de cada perforación.

    Respuesta MHC: La cantidad de ensayos son los necesarios para verificar la información suministrada en la descripción de las muestras, el cual es nuestro criterio principal para la caracterización de suelos, ya que la

persona encargada de realizarlas es una geóloga experta en caracterización de suelos, con más de 30 años de experiencia, lo cual da la confiabilidad de realizar menor cantidad de ensayos de laboratorio.

Comentario de Interventoría VB: El estudio geológico geotécnico, incluyendo el tipo de ensayos y su frecuencia no sólo debe ser definido por el criterio del geotecnista o geólogo a cargo, en todos los casos debe realizarse de acuerdo con la reglamentación nacional Vigente. En este caso, el CCP-14 describe los ensayos a ejecutar entendiéndose que deben ser suficientes para clasificar y medir las propiedades ingenieriles de los suelos.

A ese respecto y dada la incertidumbre en el estrato después de los 4m de profundidad sobre el que se proyecta cimentar un muro de entre 7.56 y 10.5 metros de altura (Ver comentarios anteriores) se plantea una duda con respecto a la representatividad de las muestras escogidas para los ensayos. Por tanto, desde la Interventoría se hace un llamado al Consultor para que realicen ensayos de laboratorio complementarios que le permitan una mejor caracterización del estrato de fundación.

Comentario Abierto.

Respuesta MHC: Se realizaron los siguientes ensayos adicionales:

Tabla 3. Relación ensayos adicionales realizados.

Ensayo	Norma	No. de ensayos
Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos	I.N.V.E. 123 – 13	7
Contenido de humedad	I.N.V.E. 122 – 13	7
Límites de Atterberg	I.N.V.E. 125/126 – 13	7
Peso unitario	ASTM D7263 – 09	7
Contenido de material orgánico	I.N.V.E. 121 – 13	1
Corte Directo	I.N.V.E. 154 – 13	1
Consolidación	I.N.V.E. 151 – 13	2

Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

20. Comentario de Interventoría VA: Respecto a los coeficientes de aceleración (numeral 6.1), se solicita utilizar los derivados del CCP-14 (Anexo 4).

    Respuesta MHC: En el informe se modifica la forma de calcular coeficientes de aceleración sísmica (numeral 8.1) por medio de la fórmula propuesta en la normativa CCP-14, sin embargó, tal como se puede observar entre las imágenes 31-46, se mantiene estable el modelo aun realizado el cambio.

    Comentario de Interventoría VB: "Entendido. En el caso de los análisis seudoestáticos para condiciones temporales, se requiere utilizar el 50% del coeficiente sísmico horizontal."

    Respuesta MHC: En los análisis seudo-estáticos temporales se utilizará la mitad del coeficiente sísmico.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

21. Comentario de Interventoría VA: En la nota 1 de la página 66 se indica que el agua se toma como la infiltración de aguas lluvias. Sin embargo, las salidas gráficas no lo muestran. Por favor ajustar.

    Respuesta MHC: Se incluyen las imágenes 47-50 (páginas 84-85), la cual muestra el gráfico de infiltración de aguas lluvias, que se considera para los modelos de análisis de estabilidad.

    Comentario de Interventoría VB: "En los análisis de estabilidad tanto para condición permanente como temporal, no se evidencia la colocación del NF indicado por el consultor. Se requiere incluir. Asimismo, se evidencia la falta de un modelo de infiltración de la ladera en condición actual. Comentario Abierto.

    Respuesta MHC: Se agregó el modelo de la ladera en condición actual junto a su NF según infiltración.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

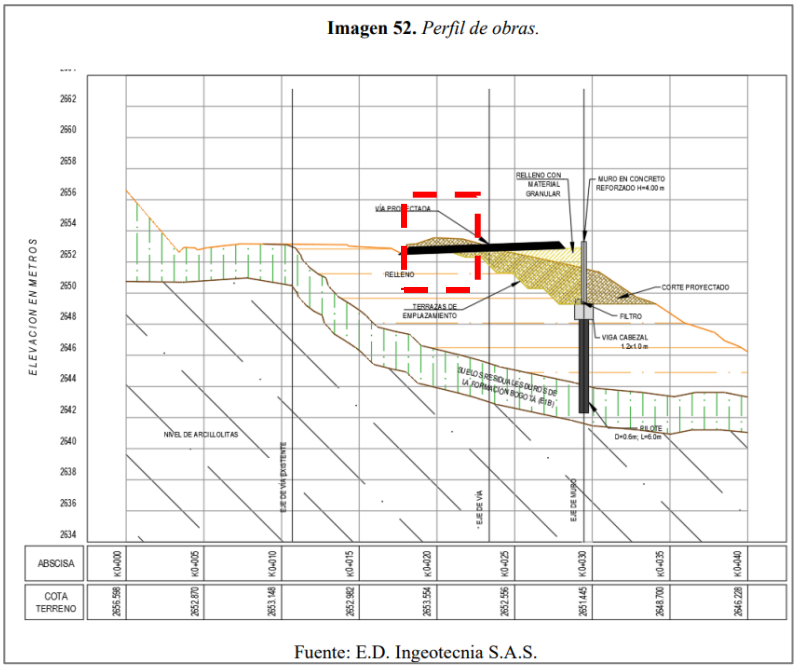
Comentarios particulares realizados a Versión C

Partiendo de la información nueva presentada por el Consultor en la Versión C del informe, la Interventoría realiza los siguientes comentarios particulares:

22. Comentario de Interventoría VC: En las imágenes 5, 6, 7 y 8 se presenta un único sondeo, se requiere incluir la perforación realizada en la campaña complementaria. Este comentario aplica también para las imágenes del Anexo 3.
23. Comentario de Interventoría VC: En la Tabla 15, para a primera muestra (Profundidad de 14,50m a 16,00m) se presenta de manera incorrecta el peso unitario húmedo, se requiere corregir de acuerdo con el ensayo de laboratorio.
24. Comentario de Interventoría VC: En el sondeo 3 de 4,50m a 6,00m se identificó una muestra catalogada como GP, con tan solo el 4,9% de finos(Tabla 9). Se solicita que con base los resultados de la muestra, pues no es típica de materiales tipo suelo residual de arcillas, confirmar la clasificación de suelos presentada en la Tabla 3 y los análisis que dependan de esta información.
25. Comentario de Interventoría VC: De acuerdo con lo indicado recientemente por el Consorcio vial MHC 063, el diámetro de los pilotes a construir en los muros será de 1,20m. Por lo cual, se requiere actualizar las recomendaciones de cimentación para que se ajusten con las proyecciones constructivas del Contratista. Estos cambios se deben ver reflejados no sólo en el cuerpo del documento sino también en el plano.
26. Comentario de Interventoría VC: El perfil estratigráfico con el cual se realizaron los cálculos para los pilotes no coincide con el presentado en la *Tabla 24. Perfil Tipico*. En dicha tabla se especifica que el suelo residual tipo arcilla tiene 1m de espesor y en los cálculos este espesor es de 2m. Se solcita revisar, ajustar y/o justificar.
27. Comentario de Interventoría VC: En la Imagen 39 se requiere incluir la proyección de la obra hidráulica que discurre en el sector.
28. Comentario de Interventoría VC: El perfil de obras presentado en la imagen 52 indica que parte de la vía proyectada se desarrollará sobre el material de relleno existente. Al respecto se requiere ajustar la excavación

en el trasdós del muro para evitar que la estructura de pavimento quede apoyada en este material. Asimismo, se requiere dejar una nota en el plano con esta recomendación.

Imagen 52. *Perfil de obras.*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

29. Comentario de Interventoría VC: Comentarios de forma:
    a. En las Tablas 12 y 14 hay un error en el número del sondeo.
    b. Se requiere completar los dos últimos párrafos de la página 84.
30. Comentario de Interventoría VC: En el *Anexo 6. Análisis de amenaza*, se requiere:
    a. Incluir la zona de localización muro analizado en las imágenes.
    b. Presentar conclusiones particulares para el muro del K14+716 con respecto a la amenaza de remoción en masa, amenaza por sismo y amenaza por inundación.
31. Comentario de Interventoría VC: Se requiere para el plano (Anexo 8) :
    a. Incluir la localización en planta y perfil de los sondeos.
    b. Incluir el norte en la planta.
    c. Incluir la cuadrícula de coordenadas en la planta.
    d. El plano debe mostrar la prolongación/proyección de la obra hidráulica, tanto en planta como en perfil.

e. El perfil longitudinal del suelo no coincide con los resultados de la campaña geotécnica. En el informe se indica que el sondeo S1, que detectó 7,5m de relleno, se encuentra hacia el sur y el sondeo S3, en el que se encontraron tan sólo 3m de relleno, se localiza hacia hacia el norte. Sin embargo, en el perfil del plano el estrato de relleno crece en espesor hacia el norte, lo cual no es concordante con la información anterior. Por tanto, se solicita revisar y corregir (recordar que la línea sísmica tiene el norte hacia la izquierda).

f. Se requiere ajustar la distribución de los pilotes para que sea concordante con el diámetro de 1,20m propuesto por MHC.

g. Se requiere indicar la cota en la cual se debe colocar la cabeza de los pilotes.

CONCLUSIONES

Una vez revisada la documentación correspondiente al informe geotécnico del muro de contención proyectado entre las abscisas K41+716 – K41+747 de la Calzada Casablanca-Ubaté (en Versión C), se indica que el Contratista ha atendido la totalidad de las observaciones previas realizadas por la Interventoría, para ello ha realizado una campaña geotécnica complementaria, ha modificado las metodologías de diseño ajustándose a las planteadas por el CCP-14 y ha incluido información nueva.

Una vez revisada la información nueva/modificada del informe, la Interventoría plantea comentarios particulares al desarrollo de los diseños, por lo cual, solicita al Contratista presentar una nueva versión del informe atendiendo los comentarios realizados.

Cordialmente,

Nombre Completo: Paula M. Herrera S.
Especialidad: Geotecnia
T.P. 25202194088CND

Gmail **CONSORCIO ICEACSA - TPF <consorcio.iceacsatpf2022@gmail.com>**

C971-4006-2025 Respuesta comunicado D-000004977 – Estudio geotécnico del pontón proyectado entre el K41+848 y el K41+873 Versión C.

Correspondencia ZIBU <correspondencia@zibu.com.co> 5 de febrero de 2025, 14:08
Para: INTERVENTORIA ZIBU <consorcio.iceacsatpf2022@gmail.com>

Cordial Saludo

Hemos recibido su documento el cual fue registrado con los siguientes datos

CONSORCIO VIAL MHC 063
Fecha y hora: Miércoles 5 Febrero 2025 13:52:10
Destinatario: Pablo Cesar Molina Salinas
Remitente: CONSORCIO ICEACSA TPF

Procesado por: Lilia Johana Garcia Bolivar
Asunto: Respuesta comunicado D-000004977 – Estu
dio geotécnico del pontón proyectado entre el

R-000003141
Este recibido no implica aceptación

Recibido para revisión, no significa aceptación de conformidad con las normas legales vigentes

Atentamente



De: CONSORCIO ICEACSA - TPF <consorcio.iceacsatpf2022@gmail.com>
Enviado: miércoles, 5 de febrero de 2025 9:52
Para: Correspondencia ZIBU <correspondencia@zibu.com.co>
Asunto: C971-4006-2025 Respuesta comunicado D-000004977 – Estudio geotécnico del pontón proyectado entre el K41+848 y el K41+873 Versión C.

[El texto citado está oculto]

C971-4006-2025

Zipaquirá (Cundinamarca), 05 de febrero de 2025

Señores
CONSORCIO VIAL MHC 063
Atn.: Ing. Pablo Cesar Molina Salinas
Director de Obra
Ciudad

Ref.: Contrato 971 de 2021: Interventoría para las obras de mejoramiento mediante la construcción y mantenimiento, gestión predial, social y ambiental sostenible de la Ruta de Los Comuneros (Zipaquirá - Barbosa - Bucaramanga; Girón - Piedecuesta) en los Departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Santander, en marco de la reactivación económica, mediante el programa de obra pública "Vías para la Legalidad y la Reactivación Visión 2030" Módulo 1.

Asunto: Respuesta comunicado D-000004977 – Estudio geotécnico del pontón proyectado entre el K41+848 y el K41+873 Versión C.

Respetados Señores:

El Consorcio ICEACSA - TPF en cumplimiento de nuestras obligaciones contractuales remite el concepto técnico elaborado por la Ing. Paula Margarita Herrera en el que se concluye que una vez revisada la documentación correspondiente al informe geotécnico al pontón proyectado entre las abscisas K41+848 y K41+873 de la Calzada Casablanca-Ubaté (en Versión C), se indica que el Contratista ha atendido varias de las observaciones previas realizadas por la Interventoría, para ello ha realizado ensayos de laboratorio adicionales, ha modificado las metodologías de diseño ajustándose a las planteadas por el CCP-14 y ha incluido información nueva.

Sin embargo, quedan algunos comentarios pendientes de atención, complemento, aclaración y /o verificación, por lo cual, solicita al Contratista presentar una nueva versión del informe atendiendo los comentarios realizados.

Cordialmente,

LUIS ANTONIO RUEDA RUEDA
Director de Interventoría
Elaboró: Área tecnica
Aprobó Luis Antonio Rueda Rueda
Copia: Archivo.

CONCEPTO TÉCNICO ESPECIALIDAD GEOTECNIA

CONSECUTIVO	142
ESPECIALIDAD	GEOTECNIA
PROYECTO	CONTRATO 971 – 2021
CONTRATISTA	CONSORCIO VIAL MHC 063
ASUNTO	D-000004977 – Estudio geotécnico del pontón proyectado entre el K41+848 y el K41+873 Versión C
FECHA	04/02/2025

DOCUMENTOS OBJETO DE REVISIÓN

La Interventoría recibió de manera digital mediante la comunicación D-000004977, la información relacionada con los estudios geotécnicos (Versión C) del pontón proyectado entre el K41+848 y el K41+873, cuya documentación se relaciona en la Tabla 1.

Tabla 1. Relación de Información recibida

ítem	Tipo	Nombre	Contenido
1	PDF	PR-23-91-08 E.G. K41+848 - K41+873 Calzada Casablanca - Ubaté - MHC vC	127 páginas
2	PDF	ANEXO 1. REGISTRO DE PERFORACIÓN	8 páginas
3	PDF	ANEXO 2. ENSAYOS DE LABORATORIO	30 páginas
4	PDF	ANEXO 3. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA	21 páginas
5	PDF	ANEXO 4. SISMICIDAD	7 páginas
6	PDF	ANEXO 5. ANÁLISIS DE CONDICIONES GEOTÉCNICAS ESP	7 páginas
7	PDF	ANEXO 6. ANÁLISIS DE AMENAZA	7 páginas
8	PDF	ANEXO 7. MEMORIAS DE CÁLCULO	42 páginas
9	PDF	ANEXO 8. PLANO DE OBRAS	1 página
10	PDF	ANEXO 9. INFORME MURO DE APROXIMACIÓN PK 41+830 – 41+848	129 páginas
11	PDF	ANEXO 10. INFORME MURO DE APROXIMACIÓN PK 41+873 – 41+893	137 páginas
12	DWG	ANEXO 8.PLANO DE OBRAS	

RESULTADO DE LA REVISIÓN

A continuación, se presentan los comentarios realizados por la Interventoría al ESTUDIO GEOTÉCNICO del pontón localizado en el K41+848 - K41+873 de la Calzada Casablanca – Ubaté, y de manera consecuente las respuestas dadas por el consultor. Se aclara que únicamente se presentan sólo comentarios abiertos en revisiones anteriores.

4. Comentario de Interventoría VA: Respecto a los ensayos de laboratorio de la Tabla 6, se requiere justificar la selección de solo una muestra para cada sondeo. De acuerdo con los Requerimientos del Invias, los ensayos de laboratorio deben ejecutarse a lo largo de cada perforación.

   Respuesta MHC: La cantidad de ensayos son los necesarios para verificar la información suministrada en la descripción de las muestras, el cual es nuestro criterio principal para la caracterización de suelos, ya que la persona encargada de realizarlas es una geóloga experta en caracterización de suelos, con más de 30 años de experiencia, lo cual da la confiabilidad de realizar menor cantidad de ensayos de laboratorio.

   Comentario de Interventoría VB: El estudio geológico geotécnico, incluyendo el tipo de ensayos y su frecuencia no sólo debe ser definido por el criterio del geotecnista o geólogo a cargo, en todos los casos debe realizarse de acuerdo con la reglamentación nacional Vigente. En este caso el CCP-14 describe los ensayos a ejecutar entendiéndose que deben ser suficientes para clasificar y medir las propiedades ingenieriles de los suelos.

   A ese respecto y dada la heterogeneidad del material de fundación indicada en el registro de ambas perforaciones, se plantea una duda con respecto a la representatividad de las dos muestras escogidas para los ensayos.

   Por tanto, desde la Interventoría se hace una llamado al Consultor para que realicen ensayos de laboratorio complementarios que le permitan una mejor caracterización del estrato de fundación en el cual sólo se presentan los ensayos a una muestra por sondeo.

   Comentario Abierto.

   Respuesta MHC: Conforme a lo solicitado se realizaron ensayos adicionales sobre las muestras extraídas de las perforaciones.

   Comentario de Interventoría VB: Se evidenció inclusión de nuevos ensayos. Con respecto a los ensayos de granulometría incluidos en la Tabla 6, se indica que los datos del sondeo 2R, muestra de 7,5m a 9,0m y muestra 19,0m a 20,0m, no coinciden con los resultados presentados en el Anexo 2, se requiere revisar y corregir. Comentario abierto.

5. Comentario de Interventoría VA: No es claro cómo se determina la Clasificación de suelos SUCS del Anexo 1 con solo una muestra ensayada.

   Respuesta MHC: La clasificación SUCS se define con respecto a la descripción realizada por la experta en caracterización de suelos, por lo mismo se realizará el cambio en el anexo de CLASIFICACION SUCS a CLASIFICACION VISUAL SEGÚN SUCS, cabe recalcar que el perfil del suelo es muy homogéneo,

predominando superficialmente suelos granulares y en mayores profundidades suelos finos, lo que permite que con tan solo algunas granulometrías se consiga una caracterización correcta del suelo, adicionalmente vale la pena recalcar que la distinción de los estratos no se realizan tan solo por su granulometría, sino también se contempla principalmente la rigidez del suelo, extraída a través de la exploración directa e indirecta de este.

Comentario de Interventoría VB: Con respecto a la primera parte de la respuesta referente a la clasificación de los suelos, la Interventoría indica que la denominada CLASIFICACION VISUAL SEGÚN SUCS no es un procedimiento convencional avalado por la Normativa Nacional. Al respecto se indica que es posible realizar una descripción visual del suelo partiendo de la experiencia del geólogo o geotecnista con la guía y correcta aplicación de la normativa *INV E -102 Descripción e Identificación de Suelos (Procedimiento Visual y Manual)*. A su vez dicha descripción no reemplaza el procedimiento de clasificación realizado a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio que es descrito en la normativa INV E-181. Por lo anterior la clasificación presentada en los registros no se considera válida.

Con respecto a la homogeneidad del suelo, su clasificación y los cálculos que parten de ello, más adelante se presentan observaciones.

Comentario abierto.

Respuesta MHC: El anexo 1 se ha modificado con el fin de presentar solo las clasificaciones realizadas por medios convencionales según normativa INVIAS.

Comentario de Interventoría VC: Si bien se realizaron correcciones mayores a este respecto en el Anexo 1, las muestras S1R de 17,0m a 18,5m y S2R de 7,5m a 9,0m se registran como ML, lo cual no coincide con los resultados de laboratorio, se solicita corregir. Comentario abierto.

6. Comentario de Interventoría VA: De acuerdo con la Tabla 6, para el Sondeo 1 el estrato entre 10.5m y 12m y para el sondeo 2, la muestra de 13.5m a 15.m corresponden a arcilla de baja plasticidad (CL) mientras que en el registro correspondiente del Anexo 1 se indica que corresponde a un limo de baja plasticidad (ML).

   Respuesta MHC: La clasificación presentada en el Anexo 1 se realiza de forma visual, por lo mismo se puede llegar a presentar una ligera variación entre esta descripción y lo arrojado por los ensayos de granulometría, por lo mismo se realizará la corrección dentro del Anexo 1.

   Comentario de Interventoría VB: Se reitera el comentario anterior de la Interventoría.

   Comentario abierto.

   Respuesta MHC: Se realizo el cambio

   Comentario de Interventoría VC: Se ajustaron las muestras indicadas, sin embargo, prevalece error en dos muestras diferentes. Ver comentarios anterior.

7. Comentario de Interventoría VA: En concordancia con lo anterior, en el Anexo 5. Se indica que a partir de los resultados de laboratorios no hay suelos dispersivos, sin embargo, no se cita cuales resultados permiten llegar a dicha conclusión. Asimismo, para suelos expansivos y colapsables se entiende que se utiliza una sola

muestra. Para la evaluación de suelos especiales se requiere elaboración de ensayos a lo largo de toda la profundidad explorada.

Respuesta MHC: Se incluyen los resultados de los ensayos de laboratorio, los cuales clasifican la expansividad de los suelos según el criterio de Otteo, adicionalmente se agrega una sustentación para las otras condiciones especiales del suelo.

Comentario de Interventoría VB: Con relación al Anexo 5 se indica que en todos los casos los análisis se realizan sobre dos muestras del estrato de fundación, sin embargo, desde la interventoría se plantea la duda con respecto a la representatividad de dicha muestra dada la heterogeneidad del suelo de fundación presentada en el registro de los sondeos. Por lo mismo, se considera que los análisis presentados son específicos para una muestra, no para todo el estrato.

Según esto, se solicita presentar análisis sobre muestras adicionales en el estrato de fundación.

Comentario Abierto.

Respuesta MHC: Con los laboratorios adicionales ejecutados se cuentan con muestras representativas en toda la extensión de los estratos de fundación, esto se puede ver representado en el Anexo 5.

Comentario de Interventoría VC: Se considera atendido el comentario. Sin embargo, se requiere actualizar el Anexo 5, modificando la tabla 2, de acuerdo con lo indicado en el Comentario 4.

8. Comentario de Interventoría VA: Por favor indicar que los ensayos de Corte Directo corresponden a muestras alteradas.

   Respuesta MHC: Esta aclaración se realiza dentro del subcapítulo 4.3.3 Ensayo de corte directo.

   Comentario de Interventoría VB: En numeral citado por el consultor señala: "*Permite determinar la resistencia al corte de una muestra alterada remoldeada de suelo para ciertas condiciones de consolidación y agua; la prueba se lleva a cabo deformando una muestra a velocidad controlada, cerca de un plano de corte determinado por la configuración del aparato de ensayo*".

   Con lo cual se entiende que los resultados no corresponden a parámetros pico sino residuales. Se requiere colocar esta aclaración dentro del informe.

   Comentario abierto.

   Respuesta MHC: Si bien los ensayos fueron realizados sobre muestras remoldeadas, durante la reconformación de estas, se garantizó que su densidad sea acorde con lo encontrado en campo y, por lo tanto, se intentó emular lo mayor posible las condiciones reales encontradas en campo. Es importante resaltar que muchas veces es dificultoso extraer muestras mediante tubo Shelby debido a la dureza de los materiales, los cuales inclusive pueden llegar a contener fragmentos de roca que no permiten la extracción de muestra, al ensayar las pastillas del corte con el método consolidado drenado (CD) estamos garantizando el trabajar con esfuerzos efectivos y por lo tanto estaríamos hablando de parámetros efectivos del suelo. Los parámetros residuales del suelo se obtienen al ensayar pastillas de corte a las cuales se les ha inducido previamente una superficie de falla, en nuestro caso, se ensayaron pastillas remoldeadas sin esta condición.

Comentario de Interventoría VC: No está en discusión si los parámetros del suelo medidos mediante el ensayo son efectivos o totales, sino que se llama la atención si son pico o residuales. Sin embargo, dadas las aclaraciones presentadas en el informe se da por cerrado este comentario.

10. Comentario de Interventoría VA: En el numeral 5.1.1 se indica que de acuerdo con las exploraciones el perfil es compuesto principalmente por arenas por lo que se utilizan ecuaciones aplicables a dichos materiales. Sin embargo, por una parte, solo hay un ensayo de clasificación a lo largo de las perforaciones que indican que son arcillas (Tabla 6) y en el Anexo 1 se muestra que hay arcillas, limos, arenas y gravas. Así, los módulos debieran calcularse para cada tipo de material.

    Respuesta MHC: La implementación de los perfiles y sus delimitaciones no vienen dado tan solo por su composición granulométrica, sino por la rigidez que estos presentan en el sondeo indirecto a través de la línea sísmica, por lo mismo el comportamiento esperado por ejemplo por una arena de densidad media y unab arcilla muy densa serán similares, así el uso de una única ecuación para calculo obedece al hecho de que el comportamiento esperados de los suelos según la rigidez de los estratos es similar aun teniendo composiciones diferentes.

    Comentario de Interventoría VB: Respecto a la respuesta del Consultor se realizan los siguientes comentarios:

    a. De acuerdo con los resultados de laboratorio el material de fundación corresponde a una arcilla de baja plasticidad es estado plástico (humedad mayor al Límite plástico). En caso de que el consultor indique que el material de fundación está conformado por otros tipos de materiales (limos, arenas, gravas) deberá presentar los ensayos de laboratorio que lo sustenten.

    b. Si bien los materiales pueden presentar grados similares de rigidez y de consistencia los efectos sobre los elementos de cimentación son diferentes dependiendo del tipo de material. Para mayor información, remitirse al CCP-14, en el cual dependiendo del tipo de material se presentan diferentes metodologías de diseño.

    Al respecto se requiere realizar un mayor número de ensayos de laboratorio y a partir de esto determinar las metodologías correspondientes para el diseño de la cimentación.

    Comentario abierto.

    Respuesta MHC: Se ajusto el perfil y la información correspondiente a la estratigrafía del sitio, así mismo, se incluyó los cálculos correspondiente a la metodología empleada para los materiales encontrados en el sitio de estudio.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

11. Comentario de Interventoría VA: No se presentan análisis de estabilidad para cortes temporales ni para las obras definitivas.

    Respuesta MHC: No es propicio o adecuado realizar el modelo de estabilidad debido a la falta de información correspondientes al diseño estructural y otros parámetros como lo serian su implantación, que pueden generar escenarios donde al realizar un modelo este no represente de manera fidedigna la realidad de la estructura y la zona.

Comentario de Interventoría VB: Se reitera comentario. Se requiere presentar análisis de cortes para las obras.

Comentario abierto.

Respuesta MHC: Se agregan los modelos de estabilidad solicitados.

Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

12. Comentario de Interventoría VA: No es claro en el documento qué obras se diseñaron ya que no hay esquemas ni planos.

    Respuesta MHC: El diseño propuesto en el documento fue el de los pilotes como sistema de cimentación del pontón, para esto se calcularon diferentes ábacos, con la finalidad de que el diseño definitivo del pilote quedara sujeto a las necesidades estructurales del proyecto, por lo mismo no se desarrolló ningún esquema de este

    Comentario de Interventoría VB: Al respecto se realizan varias solicitudes:

    a. Los objetivos propuestos y el alcance del estudio no corresponden con la respuesta dada por el consultor, puesto que en esos apartados se indica que la obra a ejecutar es una "*obra de estabilización y para conformación del terreno*" y que el estudio se realiza con el fin "*de realizar los análisis de estabilidad y diseño optimizado de las obras requeridas para la contención del pontón*".

       Al respecto se requiere corregir los capítulos 1.2 OBJETIVOS y 1.3 ALCANCE DEL ESTUDIO.

    b. Incongruencia similar la ocurrida en el numeral 1.5 TIPO DE ESTUDIO, en el cual se anota: *"Se menciona la NSR-10 debido a que se trata de muros de contención en concreto reforzado".* Por tanto, se requiere corregir el numeral citado y los subsecuentes, debido a que la estructura es un pontón y debe estar diseñada de acuerdo con CCP-14.

    c. Asimismo, se debe corregir el numeral 2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO el cual reza "*se debe construir una estructura capaz de contener y estabilizar las cargas generadas por la vía y los materiales de relleno laterales*" lo cual no aplica para el tipo de obra proyectada.

    d. En el primer párrafo del capítulo 7 se indica que la obra es un muro. Se requiere corregir.

    e. En el cuarto párrafo de la página 53 se indica "*de acuerdo a la configuración de los muros*". Se requiere corregir puesto que la obra es un pontón.

    f. En el segundo párrafo del numeral 8.1 se presenta "*contemplados en el diseño estructural de la obra de contención*". Se solicita corregir puesto que el estudio no corresponde a una obra de contención.

    Asimismo, se requiere en los capítulos 1 o 2 se presente una descripción de las obras a ejecutar, indicando la longitud del pontón, y la descripción (dimensiones) y localización de las obras complementarias.

    Comentario abierto.

    Respuesta MHC: Se atiende las observaciones:

    a. Los objetivos y alcance fueron modificados con el fin de ajustarse al análisis realizado.

    b. Esta incongruencia fue eliminada.

c. La descripción fue modificada para dar a entender que el fin del estudio es realizar un análisis de cimentación para el pontón.

d. Corregido.

e. Corregido.

f. Corregido.

Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

13. Comentario de Interventoría VA: Si se presenta la recomendación del uso de entibado metálico, se debe incluir su diseño.

    Respuesta MHC: El uso de entibado metálico para impedir algún tipo de inestabilidad se da como una recomendación en caso de ser necesario su uso, sin embargo, el diseño de este se encuentra fuera del alcance del estudio, por lo mismo se decide eliminar la propuesta del informe, ya que en todos los casos los taludes temporales están cumpliendo con los factores de seguridad mínimos según la CCP14.

    Comentario de Interventoría VB: Se reitera comentario puesto que no se presentan los análisis de los taludes temporales.

    Comentario abierto

    Respuesta MHC: Conforme a lo presentado en los modelos de estabilidad del talud temporal añadidos, no se hace necesario el uso de entibado metálico.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

14. Comentario de Interventoría VA: No se presentan planos constructivos ni especificaciones.

    Respuesta MHC: Los planos constructivos se entregará por parte de los especialistas estructurales una vez se tenga la aprobación del mismo, ya que este principalmente abarca la realización de estudios para la caracterización de los suelos, que permitan constituir el insumo para el diseño de los muros en concreto armado que entran en el alcance de otro especialista. Para este caso la totalidad de las obras de contención de relleno son muros de concreto reforzado y se descartaron tipologías como muros en tierra armada, gaviones entre otras. En cuanto a las especificaciones no existen especificaciones particulares, por consiguiente, se añadieron las respectivas a la normativa Invias, agregadas en la Tabla 33.

    Comentario de Interventoría VB: La respuesta del consultor entra en contradicción con una respuesta previa que indica que la obra corresponde a un pontón.

    Con relación a los planos, se requiere que el contratista presente un plano Planta-Perfil con la implantación de la estructura, el perfil geológico-geotécnico y las obras que recomendó de protección contra la erosión. No es necesario incluir detalles estructurales.

    Asimismo, se recomienda verificar mediante esta implantación que los pilotes planteados cuenten con recubrimiento del suelo, dado que por la topografía del sector puede no ser así.

Comentario abierto.

Respuesta MHC: Los planos fueron agregados en el Anexo 8, sin embargo estos presentan dimensiones y detalles esquemáticos y pueden presentar variaciones conforme al diseño estructural, así mismo, se consideró el caso más crítico, con la cimentación iniciando a nivel del terreno natural, junto con las dimensiones de diámetro y longitud más pequeñas, será responsabilidad del ingeniero estructural definir tanto la profundidad desde la cual se iniciara la cimentación como de las dimensiones de la misma, esto considerando las solicitaciones estructurales y las recomendaciones dadas en el informe. Las especificaciones técnicas del invias que deben ser consideradas durante la ejecución del proyecto fueron agregadas al informe.

Comentario de Interventoría VC: Atendido. Sin embargo, se requiere ajustar la distribución de los elementos, pues MHC ha indicado la intención de que sean pilotes de 1,20m de diámetro.

15. Comentario de Interventoría VA: Para todos los cálculos, incluidos los elaborados con software técnico, se solicita anexar las correspondientes memorias de cálculo, en especial donde se observen los parámetros de entrada.

    Respuesta MHC: Se agrega el Anexo 7. Memorias de cálculo, en este se presentan los cálculos realizados en los softwares de NovoSPT y Plaxis.

    Comentario de Interventoría VB: Al revisar los anexos de memorias de cálculo se evidencia que no se utilizó la metodología propuesta por el CCP-14. Debido a que las memorias se presentaron se da por cerrado este comentario, sin embargo, con respecto a los cálculos incluidos se realizan comentarios adicionales más adelante.

    Respuesta MHC: Sin comentarios adicionales.

    Comentario de Interventoría VC: Véanse comentarios posteriores.

16. Comentario de Interventoría VB: Los datos presentados a continuación y resaltados con amarillo no corresponden con los reportes del Anexo 2. Se requiere corregir.

Tabla 6. Ensayos de laboratorio de clasificación.

Sondeo	Prof. (m)	% W	% Gravas	% Arenas	% Finos	% L.L.	% L.P.	% I.P.	Clasif. S.U.C.S.
1	4.50 - 5.00	7.44	7.99	50.28	41.73	20.91	16.16	4.75	SM-SC
1	10.5 – 12.0	19.40	1.18	8.16	90.66	34.16	19.30	14.86	CL
2	0.00 - 0.50	9.52	8.09	43.42	8.09	33.45	28.62	4.82	SM
2	13.5 – 15.0	14.15	7.93	3.56	88.51	30.57	19.01	11.56	CL

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Respuesta MHC: Se corrige el error

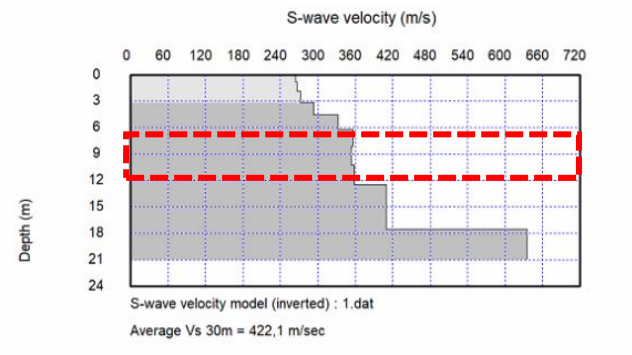
Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

17. Comentario de Interventoría VB: Numeral 4.4.1.2. En el Ensayos MASW/ID LS2 es evidente que existe un material con menores características de resistencia, representado por una caída en la gráfica de Vs vs. Profundidad (Imagen 14). Al respecto se requiere ahondar más en la interpretación presentada y hacer énfasis en este estrato cuya Vs es menor a la de su entorno, puesto que constituiría un condicionante para la cimentación de la estructura.

    Respuesta MHC: Se agregó una nota la cual determina posibles causas de la presencia de esta zona con velocidades de onda baja y la manera en la que se consideró en el diseño, la nota agregada dice: "Nota: Debido a la baja velocidad de ondas vs de la zona denominada 1A, su aporte a fricción para el fuste del pilote fue descartada, la punta de todos los pilotes planteados queda por debajo de este material." Según esto fueron definidas las longitudes para los pilotes propuestos en los ábacos.

    Comentario de Interventoría VC: En la Imagen 18 (nomenclatura en la Versión C del informe) se evidencia que de 7m a 11m de profundidad existe un descenso en la velocidad de onda Vs (Ver imagen a continuación). Por tanto, se solicita al consultor verificar que la punta del pilote recomendado (a 8m de profundidad) efectivamente no quede en la profundidad indicada. Comentario abierto.

Imagen 18. *Ensayo MASW/1D LS2.*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

18. Comentario de Interventoría VB**:** A lo largo del documento se presentan inconsistencias entre la clasificación del estrato de fundación y su descripción, estas inconsistencias son:

    a. En la Tabla 20 la descripción del estrato 3 no coincide con los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio que indican que es una arcilla de baja plasticidad en estado plástico, se solicita revisar y ajustar de manera que ambas informaciones sean congruentes.

    b. El numeral 8.1 se debe corregir la descripción del tercer estrato debido a que el material indicado según los ensayos de laboratorio corresponde a una arcilla de baja plasticidad.

    Se solicita corregirlas de manera que la información sea consistente.

    Respuesta MHC: Se realizaron los ajustes correspondientes.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

19. Comentario de Interventoría VB: Con respecto a los análisis de resistencia se requiere aplicar la metodología para el cálculo de capacidad de carga, capacidad lateral y asentamientos dado por el CCP-14, debido a que las metodologías utilizadas no se asocian con las expuestas en la normativa nacional. Lo anterior aplica para cimentaciones superficiales y profundas.

    Respuesta MHC: Se realizaron los cambios correspondientes a las metodologías de cálculo.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado. Sobre el desarrollo y aplicación de las metodologías se realizan comentarios más adelante.

20. Comentario de Interventoría VB: Con relación los cálculos para zapatas se realizan los siguientes comentarios:

    a. Se debe justificar el valor del asentamiento máximo permitido.
    b. No es aceptable las siguiente hipótesis de diseño: "*Se utilizará una idealización de zapatas cuadradas con el fin de estimar un valor de capacidad por metro cuadrado en contacto con el suelo residual duro o saprolito*", debido a que la variación en las dimensiones de las zapatas afecta el valor de capacidad portante debido a la aplicación de los factores de forma y al efecto de la relación de la profundidad de cimentación con la base.

    Respuesta MHC: El cálculo mencionado en el comentario fue reiterado.

    Comentario de Interventoría VC: Entendido. Comentario cerrado.

21. Comentario de Interventoría VB: Con respecto al cálculo de cimentaciones profundas presentado en la página 53 del informe y en el Anexo 7 se tienen los siguientes comentarios:

    a. No es congruente la siguiente información "*Para el presente estudio se tienen suelos no cohesivos*" con los resultados de laboratorio obtenidos que indican que el tercer material es una arcilla de baja plasticidad.
    b. A partir de lo anterior se requiere replantear los cálculos teniendo en cuenta que el estrato de fundación es arcilloso.
    c. Se requiere incluir el cálculo de la carga lateral de los pilotes, lo anterior dando cumplimiento con los requerimientos técnicos del INVIAS que reza en el apartado 3.4.6. Capítulo 6. Análisis geotécnico "*En el caso de cimentaciones profundas se deberá efectuar un análisis de resistencia frente a cargas laterales*".
    d. El numeral 7.1.1 se deberá actualizar teniendo en cuenta los cambios solicitados en los comentarios anteriores.
    e. Se debe tener en cuenta el efecto de socavación dentro de los análisis presentados, en caso de que este fenómeno no se presente, se requiere indicarlo dentro del informe.
    f. Para los cálculos se debe tener en cuenta el efecto del lente descrito en el comentario 17.

Respuesta MHC: Se atiende observaciones:

a. Se modifico la afirmación.

b. Los cálculos fueron replanteados.

c. Estos fueron incluidos.

d. Este fue actualizado.

e. El alcance de este estudio no contempla el análisis de las afectaciones que puede llegar a tener el fenómeno de socavación sobre la estructura propuesta ni la determinación de su existencia, por lo mismo fue responsabilidad expresa del ingeniero hidráulico analizar la posible existencia de esta.

f. Este fue considerado despreciando el aporte a fricción del estrato superficial y adicionalmente, realizando el desplante de la punta del pilote por debajo de la zona de bajas velocidades de onda.

Comentario de Interventoría VC:

a. Atendido. Comentario cerrado.

b. Atendido. Comentario cerrado.

c. Atendido. Comentario cerrado.

d. Atendido. Comentario cerrado.

e. Con el comentario la interventoría no busca que el ingeniero geotecnista realice un estudio de socavación, porque esto hace parte de la experticia del ingeniero hidráulico. Lo que se requiere es que se incluyan las conclusiones o aspectos relevantes observados por el ingeniero hidráulico en el estudio de socavación. Lo anterior, con el objetivo de dar cumplimiento a los REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA ESTUDIOS FASE III del INVIAS que rezan en el numeral 3.4.5 lo siguiente:

> **3.4.5 CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN**
>
> En el caso que se requiera este tipo de análisis, deben resumirse los resultados de los estudios hidráulicos, hidrológicos y de socavación contenidos en el volumen correspondiente, referidos al cálculo de la socavación general y local del cauce en el sitio del ponteadero, presentando los resultados obtenidos, los cuales se tendrán en cuenta para definir el sistema de cimentación y su profundidad. Es importante que se tenga claridad del perfil de socavación a lo largo del eje del puente para la cimentación de cada uno de los apoyos.

f. Ver comentario 17.

22. Comentario de Interventoría VB: Se recomienda que en el numeral 8.1 se indique si la zona en la que se implantará el pontón presenta señales de inestabilidad, erosión o movimiento en masa.

Respuesta MHC: Se añadió información correspondiente a señales de movimiento en masa e inestabilidad, esto contemplando lo presentado en los modelos de estabilidad, sin embargo, el alcance de este estudio no

abarca análisis de erosión o socavación ni las afectaciones que estos pueden llegar a presentar sobre la estructura.

Comentario de Interventoría VC: Con respecto al aspecto de socavación, se remite al consultor al comentario 21(e). Por otro lado, se evidencia la inclusión de información con relación a los movimientos en masa.

23. Comentario de Interventoría VB: Se requiere incluir en la Imagen 24 la implantación de la obra.

    Respuesta MHC: Se añade la implantación de la obra en la imagen 24.

    Comentario de Interventoría VC: Se evidencia implantación en la Imagen 54. Comentario cerrado

24. Comentario de Interventoría VB: No se acepta la afirmación "En la zona existe un descole de alcantarilla de las aguas lluvias por lo cual se recomienda realizar un estudio hidrológico, hidráulico y de socavación para garantizar la integridad de la obra, principalmente la cimentación". De acuerdo con los Requerimientos Técnicos del INVIAS para estudios y diseños de carreteras en Fase III se debe presentar un capítulo de ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN cuyo contenido está dado por la siguiente premisa:

    3.4.5 CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN

    En el caso que se requiera este tipo de análisis, deben resumirse los resultados de los estudios hidráulicos, hidrológicos y de socavación contenidos en el volumen correspondiente, referidos al cálculo de la socavación general y local del cauce en el sitio del ponteadero, presentando los resultados obtenidos, los cuales se tendrán en cuenta para definir el sistema de cimentación y su profundidad. Es importante que se tenga claridad del perfil de socavación a lo largo del eje del puente para la cimentación de cada uno de los apoyos.

    Por tanto, se requiere incluir este capítulo dentro del informe y en caso tal, proponer las medidas de protección contra este fenómeno.

    Respuesta MHC: El presente estudio representa únicamente el componente geotécnico de las obras, lo correspondiente a los análisis de socavación no entran dentro del alcance de este, será responsabilidad expresa de los especialistas hidráulico e hidrológico su análisis.

    Comentario de Interventoría VC: Se reitera comentario. Véase comentario 21(e).

25. Comentario de Interventoría VB: Dentro del documento se deberán incluir las obras de protección ante la erosión superficial indicadas en la página 64.

    Respuesta MHC: La nota menciona expresamente que será responsabilidad de los especialistas hidráulicos e hidrológicos realizar el análisis y recomendación tanto de la necesidad de las obras como de su implantación y diseño.

    Comentario de Interventoría VC: La respuesta del Consultor no resuelve la duda de la Interventoría. Como bien se expresó en comentarios anteriores, no se busca que el geotecnista realice los análisis a cargo

ingeniero hidráulico. Se requiere que se incluyan las conclusiones de los análisis y estudios hidráulicos que se realizaron sobre el área de implantación de la estructura y que tengan alguna influencia en la cimentación de la misma. Comentario abierto.

26. Comentario de Interventoría VB: De acuerdo con los Requerimientos Técnicos del INVIAS para estudios y diseños de carreteras en Fase III se debe presentar un capítulo denominado OBRAS COMPLEMENTARIAS, en el cual se deben incluir aquellas obras que "*sean requeridas para el adecuado funcionamiento de la estructura, en las cuales deberá incluirse su diseño y planos requeridos"*. Por tanto, se debe agregar el diseño de los muros de aproximación al pontón y la obra de contención aledaña indicada en el numeral 2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

    Respuesta MHC: Este capítulo fue añadido.

    Comentario de Interventoría VC: Se evidencia inclusión de la información, por lo que se considera atendido el comentario. Sin embargo, se aclara que la información consignada en el capítulo OBRAS COMPLEMENTARIAS y en los Anexos 9 y 10, será objeto de una revisión detallada por parte de la Interventoría, por lo cual, las observaciones correspondientes se emitirán en informes posteriores.

27. Comentario de Interventoría VB: No se acepta la recomendación "*Una vez se tengan los diseños de las obras requeridas del pontón se deberán realizar los análisis de estabilidad para los cortes o excavaciones que se puedan generar garantizando la estabilidad del sitio e integridad de la vía existente*" presentada en el numeral 8.2. Se requiere incluir los análisis de estabilidad dentro del capítulo de OBRAS COMPLEMENTARIAS.

    Respuesta MHC: Se añaden los análisis de estabilidad dentro del capítulo de OBRAS COMPLEMENTARIAS.

    Comentario de Interventoría VC: Se evidencia atención a la observación en el numeral 12.1. Comentario cerrado.

28. Comentario de Interventoría VB**:** El capítulo de Conclusiones deberá ser actualizado de acuerdo con los comentarios anteriores.

    Respuesta MHC: Estas fueron actualizadas donde fue necesario.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

29. Comentario de Interventoría VB**:** El Anexo 3 corresponde al estudio geológico del pontón, por lo cual debe cumplir con lo establecido en el numeral 3.3.8 CAPÍTULO 8 ESTUDIOS DE PONTEADEROS de los Requerimientos Técnicos del Invias. Por lo anterior, se requiere incluir en este documento los siguientes apartados:

    - Introducción
    - Alcance

- Amenazas geológicas
- Referencias

Asimismo, este estudio debe presentar los siguientes mapas a las escalas indicadas.

Mapas Geológicos Regionales de Cada Ponteadero	Escala 1: 5.000
Cortes Geológicos Regionales de Cada Ponteadero	Escala 1: 5.000
Mapas Geomorfológicos de Cada Ponteadero por fechas	
Mapas Geológicos Locales de Cada Ponteadero	Escala 1: 2.000
Cortes Geológicos Locales de Cada Ponteadero	Escala 1: 2.000

Se requiere que los mapas incluyan la localización de los sondeos realizados.

Respuesta MHC: El anexo 3 de geología presentaba para la versión B del informe mapas de geología y geomorfología del ponteadero en escala 1:5000, a este se le añadieron los mapas geológicos y geomorfológicos en escala 1:2000, así mismo se añadió dentro del informe el perfil geológico geotécnico, el cual referencia el corte geológico del sitio de estudio, así mismo dentro del informe se encuentra la información correspondiente a la introducción y alcance, en lo que respecta a las amenazas dentro del sitio de estudio estas se encuentran referenciadas dentro del Anexo 6.

Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

30. Comentario de Interventoría VB**:** El *Anexo 6 Análisis de amenaza* corresponde a los riesgos en el tramo del PK 40+760 y PK43+400, sin embargo, se requiere incluir las amenazas existentes en el sitio del ponteadero de manera que se pueda identificar cómo afectarán la nueva estructura. Esto se encuentra de acuerdo con lo indicado en los Requerimientos Técnicos del INVIAS numeral 3.3.8.6.

   Respuesta MHC: Este anexo fue actualizado con la información correspondiente.

   Comentario de Interventoría VC: En el *Anexo 6. Análisis de amenaza*, se requiere:

   a. Incluir la zona de localización muro analizado en las imágenes.
   b. Presentar conclusiones particulares para el muro del K14+848 con respecto a la amenaza de remoción en masa, amenaza por sismo y amenaza por inundación.

A partir de la información actualizada y nueva incluida en la Versión C del informe, la Interventoría plantea los siguientes comentarios:

31. Comentario de Interventoría VC: En la Tabla 23 se registra el módulo de balasto para los diferentes tipos de suelo, al respecto se recomienda revisar el valor del suelo tipo 3, pues corresponde al de mayor módulo de elasticidad, pero tiene un valor de módulo de balasto menor al del suelo tipo 2.
32. Comentario de Interventoría VC: De acuerdo con lo indicado recientemente por el Consorcio vial MHC 063, el diámetro de los pilotes a construir en los muros será de 1,20m. Por lo cual, se requiere actualizar las

recomendaciones de cimentación para que se ajusten con las proyecciones constructivas del Contratista. Estos cambios se deben ver reflejados no sólo en el cuerpo del documento sino también en el plano.

33. Comentario de Interventoría VC: La punta de los pilotes queda en un estrato de suelo residual arcilloso cuyo espesor es extenso, por lo cual se requiere incluir la estimación de los asentamientos por consolidación.
34. Comentario de Interventoría VC: En los cálculos presentados en el Anexo 7 se evidencia que los análisis de curvas p-y se realizaron contemplando 4m de material relleno antrópico, esto indicaría que los pilotes inician en la superficie del terreno, al respecto se requiere confirmar esta hipótesis.

CONCLUSIONES

Una vez revisada la documentación correspondiente al informe geotécnico al pontón proyectado entre las abscisas K41+848 y K41+873 de la Calzada Casablanca-Ubaté (en Versión C), se indica que el Contratista ha atendido varias de las observaciones previas realizadas por la Interventoría, para ello ha realizado ensayos de laboratorio adicionales, ha modificado las metodologías de diseño ajustándose a las planteadas por el CCP-14 y ha incluido información nueva.

Sin embargo, quedan algunos comentarios pendientes de atención, complemento, aclaración y /o verificación, por lo cual, solicita al Contratista presentar una nueva versión del informe atendiendo los comentarios realizados.

Cordialmente,

Nombre Completo: Paula M. Herrera S.
Especialidad: Geotecnia
T.P. 25202194088CND

Gmail **CONSORCIO ICEACSA - TPF <consorcio.iceacsatpf2022@gmail.com>**

C971-4036-2025 D-000004978 Atención a comentarios C971-2786-2024 (R-000002041) y comentarios generales del C971-3010-2024 (R-000002265), muro K41+773 al K41+785

Correspondencia ZIBU <correspondencia@zibu.com.co> 17 de febrero de 2025, 10:25
Para: INTERVENTORIA ZIBU <consorcio.iceacsatpf2022@gmail.com>

Cordial Saludo

Hemos recibido su documento el cual fue registrado con los siguientes datos

CONSORCIO VIAL MHC 063
Fecha y hora: Lunes 17 Febrero 2025 10:20:33
Destinatario: Pablo Cesar Molina Salinas
Remitente: CONSORCIO ICEACSA TPF

Procesado por: Lilia Johana Garcia Bolivar
Asunto: D–000004978 Atención a comentarios C971
–2786–2024 (R–000002041) y comentarios genera

R–000003168
Este recibido no implica aceptación

Recibido para revisión, no significa aceptación de conformidad con las normas legales vigentes

Atentamente

MHC S.A.S
CONSORCIO VIAL MHC 063

JOHANA GARCIA BOLIVAR
Asistente de gestión documental obra
Cra 15 nº4-140 – Zipaquirá Cundinamarca.

De: CONSORCIO ICEACSA - TPF <consorcio.iceacsatpf2022@gmail.com>
Enviado: lunes, 17 de febrero de 2025 9:17
Para: Correspondencia ZIBU <correspondencia@zibu.com.co>
Asunto: C971-4036-2025 D-000004978 Atención a comentarios C971-2786-2024 (R-000002041) y comentarios generales del C971-3010-2024 (R-000002265), muro K41+773 al K41+785

[El texto citado está oculto]

C971-4036-2025

Zipaquirá (Cundinamarca), 17 de febrero de 2025

Señores
CONSORCIO VIAL MHC 063
Atn.: Ing. Pablo Cesar Molina Salinas
Director de obra
Ciudad

Ref.: Contrato No 971 de 2021 “Interventoría para las obras de mejoramiento mediante la construcción y mantenimiento, gestión predial, social y ambiental sostenible de la ruta de los comuneros (Zipaquirá - Barbosa - Bucaramanga; Girón - Piedecuesta) en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Santander, en marco de la reactivación económica, mediante el programa de obra pública “vías para la legalidad y la reactivación visión 2030” módulo 1.”.

Asunto: D-000004978 Atención a comentarios C971-2786-2024 (R-000002041) y comentarios generales del C971-3010-2024 (R-000002265), muro K41+773 al K41+785

Respetado Señor,

El Consorcio ICEACSA - TPF en cumplimiento de sus obligaciones contractuales del contrato citado en la referencia, se permite remitir el concepto técnico elaborado por la Ing. Paula Margarita Herrera con el cual se concluye que una vez revisada la documentación correspondiente al informe geotécnico al pontón proyectado entre las abscisas K41+773 y K41+785 de la Calzada Casablanca-Ubaté (en Versión C), se indica que el Contratista ha atendido varias de las observaciones previas realizadas por la Interventoría, para ello ha realizado ensayos de laboratorio adicionales, ha modificado las metodologías de diseño ajustándose a las planteadas por el CCP-14 y ha incluido información nueva.

Sin embargo, quedan algunos comentarios pendientes de atención, complemento, aclaración y /o verificación, por lo cual, solicita al Contratista presentar una nueva versión del informe atendiendo los comentarios realizados.

Cordialmente,

LUIS ANTONIO RUEDA RUEDA
Director de interventoría
Elaboro: Área Técnica
Aprobó: Luis Antonio Rueda Rueda
Copia: Archivo.

CONCEPTO TÉCNICO ESPECIALIDAD GEOTECNIA

CONSECUTIVO	143
ESPECIALIDAD	GEOTECNIA
PROYECTO	CONTRATO 971 – 2021
CONTRATISTA	CONSORCIO VIAL MHC 063
ASUNTO	D-000004978 - Estudio geotécnico del Muro K41+773 - K41+785 Calzada Casablanca - Ubaté -Versión C
FECHA	14/02/2025

DOCUMENTOS OBJETO DE REVISIÓN

La Interventoría recibió de manera digital mediante la comunicación D-000004978, la información relacionada con los estudios geotécnicos (Versión C) de la estructura de contención proyectada entre el K41+773 y el K41+785, cuya documentación se relaciona en la Tabla 1.

Tabla 1. Relación de Información recibida

ítem	Tipo	Nombre	Contenido
1	PDF	PR-23-91-09 E.G. K41+773 - K41+785 Calzada Casablanca - Ubaté - MHC vC	119 páginas
2	PDF	ANEXO 1.1 REGISTRO DE PERFORACIÓN	2 páginas
3	PDF	ANEXO 1.2. REGISTRO DE PERFORACIÓN ADICIONAL Y DESCRIPCION GEOLOGICA	12 páginas
4	PDF	ANEXO 2.1 ENSAYOS DE LABORATORIO	6 páginas
5	PDF	ANEXO 2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO ADICIONALES	47 páginas
6	PDF	ANEXO 3. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA	19 páginas
7	PDF	ANEXO 4. SISMICIDAD	7 páginas
8	PDF	ANEXO 5. ANÁLISIS DE CONDICIONES GEOTÉCNICAS ESPECIALES	9 páginas
9	PDF	ANEXO 6. ANÁLISIS DE AMENAZA	6 páginas
10	PDF	ANEXO 7. MEMORIAS DE CÁLCULO	53 páginas
11	PDF	ANEXO 8. PLANO DE OBRAS	1 página
12	DWG	ANEXO 8. PLANO DE OBRAS	N/A

RESULTADO DE LA REVISIÓN

A continuación, se presentan los comentarios realizados por la Interventoría al Estudio Geotécnico de la estructura de contención localizada en el K41+773 - K41+785 de la Calzada Casablanca – Ubaté, y de manera consecuente las respuestas dadas por el consultor.

A. COMENTARIOS REALIZADOS AL INFORME

1. Comentario de Interventoría VA: En el Anexo 3 se presenta el estudio geológico. Se solicita incluir en el informe los aspectos más relevantes al respecto.

   Respuesta MHC: Se incluye capítulo 3. Geología, en el cual se incluyen los aspectos más relevantes del anexo 3. Descripción geológica y geomorfológica.

   Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

2. Comentario de Interventoría VA: Detallar la descripción del sector de estudio incluyendo un diagnóstico con aspectos como la pendiente del terreno y las condiciones de estabilidad geotécnica.

   Respuesta MHC: Dentro del subcapítulo de Descripción del proyecto, se incluye una descripción más detallada de la zona de estudio.

   Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

3. Comentario de Interventoría VA: Indicar en el informe si se encontró nivel freático en la exploración de campo.

   Respuesta MHC: Se incluye esta información.

   Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

4. Comentario de Interventoría VA: Se presenta el registro de 1 sondeo a 6m de profundidad. De la Imagen 17 se deduce que la profundidad de la exploración es menor a la profundidad de la cimentación (2.9m+6.4m=9.8m), lo cual no cumple con los requerimientos de profundidad mínima de exploración establecida en la Tabla 10.4.2-1 del Código Colombiano de Puentes CCP-14 (bajo el entendido de que la cota superior de la perforación es aproximadamente la rasante de la vía).

   Respuesta MHC: La profundidad de exploración se realizó hasta los 6 metros, profundidad acordada y aceptada anteriormente por el cliente, adicionalmente, y con el fin de verificar el material que se encuentra en esta zona, se realizó una línea sísmica con profundidad de investigación de 15.00 metros, con la cual se verificó que el material es continuo y su rigidez aumenta en profundidad, tampoco se encontraron estratos débiles hasta la profundidad investigada. Adicionalmente, según la CCP 14 el uso de la línea sísmica complementaria a la información recolectada por la exploración directa es totalmente valida, asimismo se

está llevando la exploración directa hasta los materiales duros o densos como se puede evidenciar en los registros, considerando que se requiere profundizar más el perfil (hasta 6 metros por debajo de la cota de elevación proyectada de la punta del pilote Tabla 10.4.2-1 CCP14) se complementa esta información con la extraída a través de la línea sísmica, a su vez según la normativa tan solo se solicita contar con un perfil estratigráfico, el cual ya se tiene y fue determinado con respecto a la rigidez y propiedades encontrado en las exploraciones.

Adicional a lo anterior, la profundidad de cimentación podría ser menor teniendo en cuenta que se recomienda que la evaluación de la estabilidad del muro en el cálculo estructural una vez se tengan definidos cargas y producto de estas los espesores y dimensiones del muro, las cuales por temas contractuales no hacen parte de esta especialidad, dependa también de los anclajes y no solo de los pilotes. Esta recomendación se realiza con el objetivo evitar el uso de una zarpa como apoyo, ya que esta no es viable debido a la posibilidad de asentamiento en el suelo de relleno presente en la zona.

Comentario de Interventoría VB: Respecto a la respuesta del Contratista la Interventoría tiene los siguientes comentarios:

La CCP-14 establece que la profundidad de cimentación debe ser entre una y dos veces la altura del muro, en especial en este caso en el que la cabeza de los pilotes estará en un estrato no identificado de manera directa. Inclusive para este caso de cimentación profunda la normativa exige: "*En suelos, la profundidad de exploración debe extenderse por debajo de la cota de elevación proyectada de la punta del pilote hincado o perforado un mínimo de 6000mm ô un mínimo de dos veces la dimensión máxima del grupo de pilotes, lo que sea mayor*". Con lo anterior, se considera que la exploración directa ejecutada no alcanza los estándares requeridos por el código.

La CCP-14 indica en su apartado C10.4.5 lo siguiente: "*Hay un número de diferentes pruebas geofísicas in situ que pueden utilizarse para obtener información estratigráfica y determinar las propiedades ingenieriles. Estos métodos pueden combinarse entre sí y/o combinarse con las pruebas in situ presentadas en el artículo 10.4.4.4 para proporcionar resolución y exactitud adicionales [subrayado propio]*"; de esta manera, en ningún apartado del Código se indica que la investigación geofísica podrá reemplazar la investigación directa. En este caso, no existe investigación geotécnica por debajo de los 6m de profundidad, siendo que la obra de cimentación está recomendada hasta los 14,50m, por tanto, el Consultor no está aplicando la geofísica como un complemento a la exploración directa sino como un método de sustitución en las profundidades no investigadas de manera directa, lo cual no es aceptado por la Interventoría.

Con respecto a la siguiente afirmación del Consultor: "*se realizó una línea sísmica con profundidad de investigación de 20.00 metros, con la cual se verificó que el material es continuo y su rigidez aumenta en profundidad, tampoco se encontraron estratos débiles hasta la profundidad investigada"* la Interventoría está en desacuerdo puesto que los ensayos geofísicos presentan de manera clara un decremento en las características físicas de los materiales de manera variable entre los 4m a 9m. Inclusive en la página 30 del informe el Consultor indica: "*Sobre el costado izquierdo se observa hacia el final del estrato una disminución de los valores de onda asociados a la presencia de alguna intercalación de un material meteorizado*". Este estrato identificado alcanza velocidades Vs hasta de 180 m/s (límite inferior), siendo este valor hasta un 40% menor al promedio identificado en el perfil.

Con base en lo anterior, se indica que la exploración directa ejecutada no cumple con lo requerido por la normativa vigente en cuanto a profundidad y, por tanto, se solicita hacer un complemento mediante exploración directa con mayor profundidad acatando los requerimientos de la Tabla 10.4.2-1 de la CCP-14. A su vez, se requiere ejecutar ensayos de laboratorio de clasificación, resistencia y deformabilidad en varias de las muestras obtenidas en esta investigación complementaria.

NOTA: Este comentario no fue emitido directamente para este informe, sin embargo, se considera como respuesta general para gran parte de los sitios."

Respuesta MHC: Conforme a lo expuesto en el comentario realizada por interventoría se empleó la caracterización y exploración ejecutadas dentro del plan exploratorio adicional.

Comentario de Interventoría VC: En el informe se indica la ejecución de un sondeo adicional de 16m de profundidad, con recobro continuo y ensayos de laboratorio a lo largo de su longitud. En consecuencia, el comentario se encuentra atendido y por ende cerrado.

5. Comentario de Interventoría VA: Respecto a los ensayos de laboratorio se requiere justificar la selección de solo una muestra. De acuerdo con los Requerimientos del Invias, los ensayos de laboratorio deben ejecutarse a lo largo de la perforación.

   Respuesta MHC: Los ensayos realizados fueron los presentados y aprobados en la propuesta económica, aun así, se plantea la realización de nuevos laboratorios para las muestras almacenadas, estos se encuentran en la Tabla 6. Además, la cantidad de ensayos son los necesarios para verificar la información suministrada en la descripción de las muestras, elcual es nuestro criterio principal para la caracterización de suelos, ya que la persona encargada de realizarlas es una geóloga experta en caracterización de suelos, con más de 30 años de experiencia, lo cual da la confiabilidad de realizar menor cantidad de ensayos de laboratorio.

   Comentario de Interventoría VB: El estudio geológico geotécnico, incluyendo el tipo de ensayos y su frecuencia no sólo debe ser definido por el criterio del geotecnista o geólogo a cargo, en todos los casos debe realizarse de acuerdo con la reglamentación nacional Vigente. En este caso el CCP-14 describe los ensayos a ejecutar entendiéndose que deben ser suficientes para clasificar y medir las propiedades ingenieriles de los suelos. A ese respecto y dada la heterogeneidad del material de fundación indicada en las pruebas geofísicas, se plantea una duda con respecto a la representatividad de las muestras escogidas para los ensayos. Por tanto, desde la Interventoría se hace un llamado al Consultor para que realicen ensayos de laboratorio complementarios que le permitan una mejor caracterización del estrato de fundación. Comentario Abierto.

   NOTA: Este comentario no fue emitido directamente para este informe, sin embargo, se considera como respuesta general para gran parte de los sitios.

   Respuesta MHC: En lo que respecta al número de ensayos ejecutados para la caracterización de los suelos del sitio de estudios, este fue incrementado, con la inclusión del sondeo realizado como parte de la campaña de exploración adicional.

   Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

6. Comentario de Interventoría VA: No es claro cómo se determina la Clasificación de suelos SUCS del Anexo 1 con solo una muestra ensayada.

   Respuesta MHC: La clasificación SUCS se define con respecto a la descripción realizada por la experta en caracterización de suelos, por lo mismo se realizará el cambio en el anexo de CLASIFICACION SUCS a CLASIFICACION VISUAL SEGÚN SUCS, cabe recalcar que el perfil del suelo es muy homogéneo, predominando las arenas y las gravas, lo que permite que con tan solo algunas granulometrías se consiga una caracterización correcta del suelo, adicionalmente vale la pena recalcar que la distinción de los estratos no se realizan tan solo por su granulometría, sino también se contempla principalmente la rigidez del suelo, extraída a través de la exploración directa e indirecta de este.

   Comentario de Interventoría VB: Con respecto a la primera parte de la respuesta referente a la clasificación de los suelos, la Interventoría indica que la denominada CLASIFICACION VISUAL SEGÚN SUCS no es un procedimiento convencional avalado por la Normativa Nacional. Al respecto se indica que es posible realizar una descripción visual del suelo partiendo de la experiencia del geólogo o geotecnista, con la guía y correcta aplicación de la normativa INV E -102 Descripción e Identificación de Suelos (Procedimiento Visual y Manual). A su vez dicha descripción no reemplaza el procedimiento de clasificación realizado a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio que es descrito en la normativa INV E-181. Por lo anterior la clasificación presentada en los registros no se considera válida.

   Con respecto a la homogeneidad del suelo, su clasificación y los cálculos que parten de ello, en comentarios anteriores se presentan observaciones.

   NOTA: Este comentario no fue emitido directamente para este informe, sin embargo, se considera como respuesta general para gran parte de los sitios.

   Respuesta MHC: El anexo 1.1 ha sido modificado, con el fin de presentar solo las clasificaciones realizadas por medios convencionales según normativa INVIAS.

   Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

7. Comentario de Interventoría VA: De acuerdo con la Tabla 6 el estrato entre 4.50m y 5m corresponde a arcilla de grava limosa (GM) mientras que en el registro del Anexo 1 se indica que todo el perfil es arena bien gradada (SW).

   Respuesta MHC: Se corrige el estrato.

   Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

8. Comentario de Interventoría VA: En concordancia con lo anterior, en el Anexo 5. Se indica que a partir de los resultados de laboratorios no hay suelos dispersivos, sin embargo, no se cita cuales resultados permiten llegar a dicha conclusión. Asimismo, para suelos expansivos y colapsables se entiende que se utiliza una sola muestra. Para la evaluación de suelos especiales se requiere elaboración de ensayos a lo largo de toda la profundidad explorada.

Respuesta MHC: Se incluyen los resultados de los ensayos de laboratorio, los cuales clasifican la expansividad de los suelos según el criterio de Otteo, adicionalmente se agrega una sustentación para las otras condiciones especiales del suelo.

Comentario de Interventoría VB: "Con relación al Anexo 5 se indica que en todos los casos los análisis se realizan sobre dos muestras del estrato de fundación, sólo una de ellas del estrato de fundación, sin embargo, desde la interventoría se plantea la duda con respecto a la representatividad de dicha muestra dada la escasez de investigación del suelo de fundación. Por lo mismo, se considera que los análisis presentados son específicos para una muestra, no para todo el estrato. Según esto, se solicita presentar análisis sobre muestras adicionales en el estrato de fundación."

NOTA: Este comentario no fue emitido directamente para este informe, sin embargo, se considera como respuesta general para gran parte de los sitios.

Respuesta MHC: Con los laboratorios adicionales ejecutados se cuentan con muestras representativas en toda la extensión de los estratos de fundación, esto se puede ver representado en el Anexo 5

Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

9. Comentario de Interventoría VA: En el Anexo 4 se establecen los aspectos sísmicos del sector. Por favor incluir en el informe lo más relevante.

   Respuesta MHC: Se incluye dentro del informe el capítulo 5. Sismicidad, con los aspectos sísmicos más relevantes, los cuales se encuentran en el anexo 4. Sismicidad.

   Comentario de Interventoría VC: Información encontrada en el capítulo 7, no en el 5. Comentario cerrado.

10. Comentario de Interventoría VA: Respecto a los coeficientes de aceleración (numeral 6.1), se solicita utilizar los derivados del CCP-14 (Anexo 4).

    Respuesta MHC: En el informe se modifica la forma de calcular coeficientes de aceleración sísmica.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

11. Comentario de Interventoría VA: En la nota 1 de la página 47 se indica que el agua se toma como la infiltración de aguas lluvias. Sin embargo, las salidas gráficas no lo muestran. Por favor ajustar.

    Respuesta MHC: Estas se presentan en los modelos de estabilidad.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

12. Comentario de Interventoría VA: Se solicita incluir la carga vehicular en los análisis de estabilidad de taludes temporales, considerando la presencia de maquinaria.

    Respuesta MHC: Se incluyen las sobre cargas al costado de los taludes temporales.

Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

13. Comentario de Interventoría VA: Se solicita indicar cómo se establece la profundidad de los pilotes.

    Respuesta MHC: Al asumir que el material de relleno no aporta capacidad de soporte, se hace necesario empotrar los pilotes hasta el material residual, con el fin de dar soporte al muro, ya que no se considera adecuado cimentar sobre suelo de relleno. Adicionalmente, se toma esta profundidad con el fin de cumplir los factores de seguridad mínimos establecidos por la normatividad aplicable (CCP14), de igual manera se agrega en la sección 10.2 una recomendación de profundidad mínima necesaria para apoyarse en el suelo competente, con el fin de mantener la integridad de la estructura en el tiempo evitándose así la aparición de grietas o desplazamientos laterales. Cabe resaltar que la profundidad final junto con el diámetro del pilote será establecida considerando las necesidades estructurales de la obra.

    Comentario de Interventoría VB: Se entiende justificación, sin embargo, la Interventoría no está de acuerdo con la metodología utilizada por el Consultor puesto que no se ajusta a la metodología expuesta en la normativa vigente.

    Por tanto, se requiere aplicar la metodología para el cálculo de capacidad de carga, capacidad lateral y asentamientos dado por el CCP-14. Lo anterior aplica para el diseño del muro y su cimentación ya sea superficial o profunda. Comentario abierto.

    NOTA: Este comentario no fue emitido directamente para este informe, sin embargo, se considera como respuesta general para gran parte de los sitios.

    Respuesta MHC: La profundidad de la cimentación no es directamente establecida en el informe, se genera un ábaco en el cual se da una profundidad mínima recomendada debido a la presencia de suelos de relleno de manera superficial que podría afectar la integridad del muro y por consiguiente de la vía, sin embargo, la definición tanto de la profundidad como del diámetro de la cimentación se verá influenciada por las solicitaciones estructurales del muro. Por otro lado, la metodología de cálculo empleada en el informe se ajusta a losrequerimientos normativos de la CCP14 y la teoría propuesta en O'Neil and Reese para cálculo de capacidad portante para pilotes.

    Comentario de Interventoría VC: Se evidenció la presentación del cálculo de capacidad de carga y de carga lateral de los pilotes de acuerdo con la metodología establecida por el CCP-14. Comentario cerrado.

14. Comentario de Interventoría VA: En la Imagen 18 se presenta una alternativa de solución que incluye un relleno reforzado con geotextil con muro en concreto apoyado sobre pilotes. Se solicita revisar el uso del geotextil ya que de acuerdo con los análisis de equilibrio límite, solo el muro en concreto es suficiente como obra de contención.

    Respuesta MHC: El geotextil fue descartado como propuestas de obras.

    Comentario de Interventoría VC: Entendido. Comentario cerrado.

15. Comentario de Interventoría VA: Si se presenta la recomendación del uso de entibado metálico, se debe incluir su diseño.

    Respuesta MHC: El uso de entibado metálico para impedir algún tipo de inestabilidad se da como una recomendación en caso de ser necesario su uso, sin embargo, el diseño de este se encuentra fuera del alcance del estudio, por lo mismo se decide eliminar la propuesta del informe, ya que en todos los casos los taludes temporales están cumpliendo con los factores de seguridad mínimos según la CCP14.

    Comentario de Interventoría VC: Entendido. Comentario cerrado.

16. Comentario de Interventoría VA: No se presentan planos constructivos ni especificaciones.

    Respuesta MHC: Los planos constructivos dentro del acuerdo contractual y comercial con el cliente MHC, no hacen parte de nuestro alcance, ya que este principalmente abarca la realización de estudios para la caracterización de los suelos, que permitan constituir el insumo para el diseño de los muros en concreto armado que entran en el alcance de otro especialista. Para este caso la totalidad de las obras de contención de relleno son muros de concreto reforzado y se descartaron tipologías como muros en tierra armada, gaviones entre otras. En cuanto a las especificaciones no existen especificaciones particulares, por consiguiente, se añadieron las respectivas a la normativa Invias, agregadas en la Tabla 38, junto a un esquema de sección tipo (Imagen 28), donde se detallan ciertas características que presenta la obra.

    Comentario de Interventoría VB: Con relación a los planos, se requiere que el contratista presente un plano Planta-Perfil con la implantación de la estructura y el perfil geológico. No es necesario incluir detalles estructurales. Lo anterior, con el objetivo de dar cumplimiento a los Requerimientos Técnicos del Invias en su apartado 3.5.9. Comentario abierto.

    NOTA: Este comentario no fue emitido directamente para este informe, sin embargo, se considera como respuesta general para gran parte de los sitios.

    Respuesta MHC: Los planos de obras fueron añadidos en el Anexo 8.

    Comentario de Interventoría VC: Se evidencia entrega del Anexo 8 con los planos. Sin embargo, se solicita ajustar el diámetro de los pilotes a 1,20m, de acuerdo con lo recientemente expresado por MHC. Comentario abierto.

B. COMENTARIOS REALIZADOS A LA VERSIÓN B ESTOS COMENTARIOS FUERON REALIZADOS PARA EL INFORME DEL K41+873-893

17. Comentario de Interventoría VB: En el Capítulo 5 SISMICIDAD se debe incluir el cálculo de la Velocidad promedio de la onda de cortante para los 30 m superiores del perfil de suelo.

    Respuesta MHC: Este cálculo fue anexado tanto en el capítulo 5 como en anexo de sismicidad.

    Comentario de Interventoría VC: Información encontrada en el capítulo 7, no en el 5. Comentario cerrado.

18. Comentario de Interventoría VB: Con relación los cálculos para zapatas se realizan los siguientes comentarios:

    a. Se debe justificar el valor del asentamiento máximo permitido.

    b. No es aceptable la siguiente hipótesis de diseño: “Se utilizará una idealización de zapatas cuadradas con el fin de estimar un valor de capacidad por metro cuadrado en contacto con el suelo residual”, debido a que la variación en las dimensiones de las zapatas afecta el valor de capacidad portante debido a la aplicación de los factores de forma y al efecto de la relación de la profundidad de cimentación con la base.

    c. Se requiere justificar el valor del factor de seguridad de 1,5.

    Respuesta MHC: El cálculo mencionado en el comentario fue retirado.

    Comentario de Interventoría VC: Entendido. Comentario cerrado.

19. Comentario de Interventoría VB: Se requiere incluir en el Capítulo 8 ESTABILIDAD GENERAL el análisis de estabilidad de la condición actual de la ladera. Esto con el fin de establecer si actualmente el talud presenta factores de seguridad menores a los requeridos, en tal caso la obra propuesta no sólo debe funcionar como contención a la vía proyectada, sino también como medida de estabilización a la vía actual.”

    Respuesta MHC: Este análisis de estabilidad fue incluido.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

20. Comentario de Interventoría VB: Los modelos de estabilidad presentados, así como la Imagen 26 no incluyen el retiro en su totalidad del relleno antrópico presente, mientras que en proceso constructivo se indica que esto es necesario. Por lo anterior, se solicita actualizar los modelos y la imagen indicada.

    Respuesta MHC: La apreciación dada en el proceso constructivo fue variada considerando que los espesores de relleno representan gran parte del suelo del sitio de estudio, así mismo, esta parte del proceso constructivo hace referencia al material retirado para generar las terrazas de emplazamiento.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

21. Comentario de Interventoría VB: En los análisis presentados en la Imagen 23 y 24 se requiere incluir la carga vehicular para la vía existente y el nivel freático estimado en la Imagen 25.

    Respuesta MHC: Estos fueron incluidos.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

22. Comentario de Interventoría VB: Asimismo, en la Imagen 25 se requiere incluir la carga vehicular en la vía nueva.

    Respuesta MHC: Esta fue incluida.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

23. Comentario de Interventoría VB: "No se consideran válidas las siguientes notas del Capítulo 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

    - Página 70: "Las recomendaciones dadas a continuación son aproximadas y pueden variar a partir del diseño detallado de cada una de las obras propuestas en el presente documento, por lo que no se deben tomar como diseños definitivos para la construcción de las estructuras expuestas en cada alternativa dada en el presente informe"
    - Página 71: "Se deberá realizar un diseño detallado a fin de verificar la altura de los muros, longitud de los pilotes y la necesidad de anclajes en todos los módulos"

    El presente informe sí debe constituir un diseño definitivo apto para construcción, correspondiente al alcance del Contrato. Por lo anterior, se requiere que el Consultor realice todas los cambios y complementos al informe para que este se encuentre de acuerdo con los estándares de un diseño Fase III.

    Respuesta MHC: Se retiran las notas. No obstante, se aclara que el informe presentado corresponde únicamente con el componente geotécnico, será la especialidad estructural con base en el presente informe la cual defina las dimensiones finales de la estructura.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

24. Comentario de Interventoría VB: En el numeral 10.3 se indica en el punto 5 una pendiente que no se encuentra sustentada dentro del informe, por lo cual, se requiere presentar un análisis de estabilidad para cortes temporales. En consecuencia, se deberá eliminar la siguiente frase del informe: "La construcción del talud de corte se realizará según la recomendación del especialista en geotecnia".

    Respuesta MHC: Se retira la nota que especifica que esta depende del especialista en geotecnia.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

25. Comentario de Interventoría VB: El capítulo de Conclusiones deberá ser actualizado de acuerdo con los comentarios anteriores.

    Respuesta MHC: Este fue actualizado donde fue necesario.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

C. COMENTARIOS REALIZADOS A LOS ANEXOS

26. Comentario de Interventoría VB: El Anexo 3 corresponde al estudio geológico de sitio, por lo cual debe presentar el plano planta – perfil de la geología ya la geomorfología del sitio. Se requiere incluir las secciones geológicas representativas, así como los sondeos y ensayos indirectos.

    Respuesta MHC: En el anexo 3 se encuentran los planos geológicos y geomorfológicos en escala 1:5000 y 1:2000, el tema de los perfiles se encuentra subsanado mediante la generación del modelo geológico-geotécnico presentado en el informe, específicamente en el capítulo 11, el cual incluye el análisis de la estratigrafía mediante el uso de los sondeos y geofísica realizada.

    Comentario de Interventoría VC: Atendido. Comentario cerrado.

27. Comentario de Interventoría VB: El Anexo 6 Análisis de amenaza corresponde a los riesgos en el tramo del PK 40+760 y PK43+400, sin embargo, se requiere incluir las amenazas existentes en el sitio PR 41+873 – 41+893 de manera que se pueda identificar cómo afectarán la nueva estructura.

    Respuesta MHC: El análisis focalizado al sitio de estudio fue incluido en el Anexo 6.

    Comentario de Interventoría VC: En el *Anexo 6. Análisis de amenaza*, se requiere:

    a. Incluir la zona de localización muro analizado en las imágenes.
    b. Presentar conclusiones particulares para el muro del K41+873 con respecto a la amenaza de remoción en masa, amenaza por sismo y amenaza por inundación.

    Comentario abierto.

D. COMENTARIO NO REALIZADO PERO CORREGIDO

28. Comentario de Interventoría VB: Por favor hay que precisar que los ensayos de Corte Directo corresponden a muestras alteradas.

    Respuesta MHC: Esta aclaración se realiza dentro del subcapítulo 4.3.3 Ensayo de corte directo.

    Comentario de Interventoría VC: En la Versión C del informe no existe el numeral 4.3.3., sin embargo, se encontró información en el numeral 6.3.3. Comentario cerrado.

29. Comentario de Interventoría VB: En numeral citado por el consultor señala: "*Permite determinar la resistencia al corte de una muestra alterada remoldeada de suelo para ciertas condiciones de consolidación y agua; la prueba se lleva a cabo deformando una muestra a velocidad controlada, cerca de un plano de corte determinado por la configuración del aparato de ensayo*".

Con lo cual se entiende que los resultados no corresponden a parámetros pico sino residuales. Se requiere colocar esta aclaración dentro del informe. Comentario abierto.

Respuesta MHC: Si bien los ensayos fueron realizados sobre muestras remoldeadas, durante la reconformación de estas, se garantizó que su densidad sea acorde con lo encontrado en campo y, por lo tanto, se intentó emular lo mayor posible las condiciones reales encontradas en campo. Es importante resaltar que muchas veces es dificultoso extraer muestras mediante tubo Shelby debido a la dureza de los materiales, los cuales inclusive pueden llegar a contener fragmentos de roca que no permiten la extracción de muestra, al ensayar las pastillas del corte con el método consolidado drenado (CD) estamos garantizando el trabajar con esfuerzos efectivos y por lo tanto estaríamos hablando de parámetros efectivos del suelo. Los parámetros residuales del suelo se obtienen al ensayar pastillas de corte a las cuales se les ha inducido previamente una superficie de falla, en nuestro caso, se ensayaron pastillas remoldeadas sin esta condición.

Comentario de Interventoría VC: No está en discusión si los parámetros del suelo medidos mediante el ensayo son efectivos o totales, sino que se llama la atención si son pico o residuales. Sin embargo, dadas las aclaraciones presentadas en el informe se da por cerrado este comentario.

E. COMENTARIOS REALIZADOS A LA VERSIÓN C

A partir de la información actualizada y nueva incluida en la Versión C del informe, la Interventoría plantea los siguientes comentarios:

30. Comentario de Interventoría VC: De acuerdo en la descripción del Suelo Tipo 1 (página 34) esta unidad geológico-geotécnica agrupa suelos de diferente origen,(Antrópico y suelos residuales) y de composición distinta, pues de acuerdo con los ensayos de laboratorio de 0m a 7m de profundidad se presentan suelos tipo CL, SM, GP y GM.

    Esta definición del suelo Tipo 1 no tiene en cuenta lo indicado en la página 24 del informe, en la cual el Consultor indica que las UGS corresponden a "*un conjunto homogéneo de materiales geológicos que afloran en superficie, provenientes del mismo origen y que conservan en general las mismas características fisicoquímicas y geomecánicas durante algunas decenas de metros por debajo de la superficie*".

    Partiendo de los conceptos anteriores, que son correctos, el Consultor debe definir el tipo de suelo de acuerdo con las UGS identificadas en el numeral 5.3, tal como lo hizo para el muro localizado en el K41+684 (Informe de referencia). Por tanto, se requiere que el Contratista replantee la clasificación de los estratos de suelo separando los materiales por origen geológico y sus características geotécnicas.

31. Comentario de Interventoría VC: En el suelo Tipo 2 se debe identificar la formación rocosa a la cual pertenece el saprolito, es decir identificar UGS.

32. Comentario de Interventoría VC: Con respecto a la *Tabla 11. Resultados ensayo peso unitario,* se solicita corregir la profundidad final del ensayo de la muestra 13 del sondeo 4.

33. Comentario de Interventoría VC: La punta de los pilotes queda en un estrato de suelo residual arcilloso cuyo espesor es extenso, por lo cual se requiere incluir la estimación de los asentamientos por consolidación.

34. Comentario de Interventoría VC: De acuerdo con lo indicado recientemente por el Consorcio vial MHC 063, el diámetro de los pilotes a construir en los muros será de 1,20m. Por lo cual, se requiere actualizar las recomendaciones de cimentación para que se ajusten con las proyecciones constructivas del Contratista. Estos cambios se deben ver reflejados no sólo en el cuerpo del documento sino también en el plano.

35. Comentario de Interventoría VC: Comentario de forma:

    a. Título de encabezado de páginas en color rojo.

    b. No se representa tabla de contenido del informe.

    c. La nota de la página 97: "*Teniendo en cuenta la gran rigidez del estrato de arcilla (suelo tipo 3), no se considera que los efectos por consolidación sean apreciables*" no aplica porque no hay suelo tipo 3.

36. Comentario de Interventoría VC: En el Anexo 7 para el cálculo de los pilotes, se utiliza para el Estrato 2 un ángulo de fricción distinto al presentado en la Tabla 31. Se solicita justificar.

CONCLUSIONES

Una vez revisada la documentación correspondiente al informe geotécnico al pontón proyectado entre las abscisas K41+773 y K41+785 de la Calzada Casablanca-Ubaté (en Versión C), se indica que el Contratista ha atendido varias de las observaciones previas realizadas por la Interventoría, para ello ha realizado ensayos de laboratorio adicionales, ha modificado las metodologías de diseño ajustándose a las planteadas por el CCP-14 y ha incluido información nueva.

Sin embargo, quedan algunos comentarios pendientes de atención, complemento, aclaración y /o verificación, por lo cual, solicita al Contratista presentar una nueva versión del informe atendiendo los comentarios realizados.

Cordialmente,

Nombre Completo: Paula M. Herrera S.
Especialidad: Geotecnia
T.P. 25202194088CND

Gmail **CONSORCIO ICEACSA - TPF <consorcio.iceacsatpf2022@gmail.com>**

C971-4053 -2025 Respuesta al comunicado D-000005122 Respuesta a oficio C971-3875-2024 (R-000003035) con asunto: "Respuesta comunicado D-000004953 Estudio Geotécnico obras especiales – Muro K41+684 - K41+702 (Versión F).

Correspondencia ZIBU <correspondencia@zibu.com.co> 21 de febrero de 2025, 15:22
Para: INTERVENTORIA ZIBU <consorcio.iceacsatpf2022@gmail.com>, Juan David Torres Chacon <juan.torres.iceacsatpf2023@gmail.com>

Cordial Saludo

Hemos recibido su documento el cual fue registrado con los siguientes datos

CONSORCIO VIAL MHC 063
Fecha y hora: Viernes 21 Febrero 2025 15:17:33
Destinatario: Pablo Cesar Molina Salinas
Remitente: CONSORCIO ICEACSA TPF

Procesado por: Lilia Johana Garcia Bolivar
Asunto: Respuesta al comunicado D-000005122 Respuesta a oficio C971-3875-2024 (R-000003035)

R-000003186
Este recibido no implica aceptación

Recibido para revisión, no significa aceptación de conformidad con las normas legales vigentes

Atentamente

MHC S.A.S
CONSORCIO VIAL MHC 063

Johana Garcia Bolivar
Asistente de gestión documental de obra
Calle 8 cra 38 campamento ave colombiana - Zipaquirá - Ubaté, Cundinamarca.

De: CONSORCIO ICEACSA - TPF <consorcio.iceacsatpf2022@gmail.com>
Enviado: viernes, 21 de febrero de 2025 15:11
Para: Correspondencia ZIBU <correspondencia@zibu.com.co>; Juan David Torres Chacon <juan.torres.iceacsatpf2023@gmail.com>
Asunto: C971-4053 -2025 Respuesta al comunicado D-000005122 Respuesta a oficio C971-3875-2024 (R-000003035) con asunto: "Respuesta comunicado D-000004953 Estudio Geotécnico obras especiales – Muro K41+684 - K41+702 (Versión F).

[El texto citado está oculto]

C971-4053 -2025

Zipaquirá (Cundinamarca), 21 de febrero de 2025

Señores
CONSORCIO VIAL MHC 063
Atn.: Ing. Pablo Cesar Molina Salinas
Director de Obra
Ciudad

Ref.: Contrato 971 de 2021: Interventoría para las obras de mejoramiento mediante la construcción y mantenimiento, gestión predial, social y ambiental sostenible de la Ruta de Los Comuneros (Zipaquirá - Barbosa - Bucaramanga; Girón - Piedecuesta) en los Departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Santander, en marco de la reactivación económica, mediante el programa de obra pública "Vías para la Legalidad y la Reactivación Visión 2030" Módulo 1.

Asunto: Respuesta al comunicado D-000005122 Respuesta a oficio C971-3875-2024 (R-000003035) con asunto: "Respuesta comunicado D-000004953 Estudio Geotécnico obras especiales – Muro K41+684 - K41+702 (Versión F).

Respetados Señores,

El Consorcio ICEACSA - TPF en cumplimiento de sus obligaciones contractuales del contrato citado en la referencia, se permite remitir el estudio Geotécnico obras especiales – Muro K41+684 - K41+702 (Versión F), debidamente firmado por la Interventoría.

Cordialmente,

LUIS ANTONIO RUEDA RUEDA
Director de Interventoría
Elaboró: Área técnica
Aprobó Luis Antonio Rueda Rueda
Copia: Archivo.
Anexo: Ciento veintinueve (129) folios

MEJORAMIENTO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DE LA RUTA DE LOS COMUNEROS (ZIPAQUIRÁ – BARBOSA – BUCARAMANGA; GIRÓN – PIEDECUESTA) EN LOS DEPARTAMENTOS DE CUNDINAMARCA, BOYACÁ Y SANTANDER, EN MARCO DE LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PUBLICA "VÍAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACIÓN VISIÓN 2030" MODULO 1.

CONTRATO No. 989 DE 2021

IF-PEC-ZIBU-CU- E.G. K41+684 - K41+702 CALZADA CASABLANCA V1

SEGÚN VOLUMEN INVIAS

SECTOR K41+684 - K41+702

CONSORCIO VIAL MHC 063

CONTRATO DE INTERVENTORÍA: 971 DE 2021

INTERVENTOR: CONSORCIO ICEACSA -TPF

2024-11-21

IF-PEC-ZIBU-CU- E.G. K41+684 - K41+702 CALZADA CASABLANCA VF

SEGÚN VOLUMEN INVIAS

CONTROL DE VERSIONES

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN MODIFICACIÓN	FOLIOS
1	2024-11-21	Aprobada por la interventoría según comunicado C971-3875-2024	129

CONSORCIO VIAL MHC 063

Validado Por:	Aprobado Por:
Carlos Andrés Buenahora Magíster en Geotecnia – PUJ	Pablo Cesar Molina Salinas Director de Obra

CONSORCIO ICEACSA - TPF

Validado Por:	Aprobado Por:
Paula M. Herrera S. Especialista en geotecnia de Interventoría.	Luis Antonio Rueda Rueda Director de Interventoría

CONTENIDO DEL ESTUDIO

1. INTRODUCCIÓN 15

2. OBJETIVOS 16

3. ALCANCE DEL ESTUDIO 17

4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS 18

4.1. Localización local 18

4.2. Descripción del proyecto 19

5. GEOLOGÍA 21

5.1. Geología regional 21

5.1.1. Depósito Formación Cacho (E1c) 22

5.1.2. Formación Bogotá (E1b) 23

5.2. Características geomorfológicas 23

5.2.1. Geomorfología regional 23

5.2.2. Geomorfología local 24

5.2.3. Sitio PK41 + 684 – PK41 + 702 25

5.3. Geología local 29

5.3.1. Sitio PK41 + 684 – PK41 + 702 30

5.3.2. Rocas de calidad mala de las areniscas de la Formación Cacho (Rmac) 32

5.3.3. Rocas de calidad regular de las areniscas de la Formación Cacho (Rmac) 33

5.3.4. Suelos residuales areno arcillosos de la Formación Cacho (Sraac) 33

5.3.5. Suelos residuales arcillosos de la Formación Bogotá (Srac) 33

5.3.6. Suelos transportados antrópicos (Stan) 33

5.4. Perfil geológico geotécnico 34

6. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS 35

6.1. Criterios utilizados 35

6.1.1. Procedimientos utilizados 35

6.2. Exploración directa (sondeo geotécnico) 36

6.2.1. Análisis de los ensayos de campo 38

6.2.2. Correlaciones para interpretación de ensayos SPT 43

6.3. Ensayos de laboratorio 44

6.3.1. Ensayos de laboratorio de clasificación 45

6.3.2. Ensayo de peso unitario 47

6.3.3. Ensayo de contenido orgánico de los suelos 48

6.3.4. Ensayo de corte directo 49

6.3.5. Ensayo de consolidación 49

6.3.6. Conclusiones ensayos de laboratorio 50

6.4. Ensayos geotécnicos indirectos (línea sísmica) 50

6.4.1. Resultados e interpretación 51

6.4.1.1. Línea sísmica LS1 51

7. SISMICIDAD 57

7.1. Cálculo de Espectro por Procedimiento General 57

7.1.1. Valores de PGA, Ss y S1 58

7.1.2. Efectos locales 59

7.1.3. Espectro de diseño (3.10.4.1 CCP-14) 62

7.1.4. Zona de desempeño sísmico (3.10.6 CCP-14) 65

8. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA DISEÑO 66

8.1. Definición propiedades del suelo 66

8.1.1. Correlación ensayo SPT 66

8.1.1.1. Peso Unitario 69

8.1.1.2. Angulo de fricción interna ϕ 71

8.1.1.3. Módulo de elasticidad de los suelos 73

8.1.1.4. Coeficiente de reacción del suelo o módulo de Balasto 75

8.1.1.5. Resistencia al corte sin drenaje Su 77

8.1.1.6. Propiedades de los suelos NovoSPT 79

8.1.2. Valores seleccionados 80

9. CÁLCULO DE CAPACIDAD DE SOPORTE 83

9.1. Análisis de resistencia 83

9.1.1. Analisis por medio del metodo Alpha CCP-14 84

9.1.2. Cálculo de capacidad superficial de zapatas 97

9.1.3. Coeficiente de reacción vertical y horizontal (Kv, Kh) 100

10. CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS 104

10.1. Asentamientos elásticos 104

11. ESTABILIDAD GENERAL 109

11.1. Valores de Kh y Kv para diseño sísmico 112

11.2. Análisis de estabilidad 113

11.3. Análisis de deslizamiento y volcamiento 119

12. PROPUESTA DE SOLUCIÓN 121

12.1. Alternativa de solución 121

12.2. Proceso constructivo 123

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 124

13.1. Estabilidad general del tramo de análisis 124

13.2. Recomendaciones para la cimentación y profundidad del suelo competente 124

13.3. Recomendaciones para la construcción de la obra 125

13.4. Recomendaciones generales 127

14. CANTIDADES DE OBRA 129

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Localización del sitio en estudio. 18

Imagen 2. Registro fotográfico (18/10/2023) 19

Imagen 3. Mapa geológico regional a escala 1:100.000 de la zona de estudio. 22

Imagen 4. Mapa geomorfológico regional a escala 1:100.000 de la zona de estudio.....24

Imagen 5. Mapa de elementos geomorfológicos de la zona que comprende el sitio PK41 + 684 – PK41 + 702, escala 1:5000.....26

Imagen 6. Mapa de elementos geomorfológicos de la zona que comprende el sitio PK41 + 684 – PK41 + 702, escala 1:2000.....27

Imagen 7. Mapa de Unidades Geológicas Superficiales (UGS) para el Sitio PK41 + 684 – PK41 + 702, escala 1:5000. 31

Imagen 8. Mapa de Unidades Geológicas Superficiales (UGS) para el Sitio PK41 + 684 – PK41 + 702, escala 1:2000. 32

Imagen 9. Localización exploración geotécnica realizada 36

Imagen 10. Sitio de ejecución de los sondeos realizados. 38

Imagen 11. Vista general de la línea sísmica LS1. 52

Imagen 12. Ensayo de ruido MAM/1D LS1. 53

Imagen 13. Ensayo MASW/1D LS1. 53

Imagen 14. Ensayo de Ondas Superficiales MASW/2D LS1. 54

Imagen 15. Refracción Sísmica – Modelo Tomografía 2D LS1. 55

Imagen 16. Mapa valores PGA 57

Imagen 17. Mapa Valores Ss y S1. 58

Imagen 18. Espectro de Aceleraciones de Diseño para 5% de amortiguamiento. 63

Imagen 19. Correcciones al ensayo SPT-Sondeo Típico. 69

Imagen 20. Peso unitario correlacionado con el SPT-Perfil Típico 70

Imagen 21. Ángulo de fricción correlacionado con el SPT-Perfil Típico 72

Imagen 22. Módulo de elasticidad correlacionado con el SPT-Perfil Típico 74

Imagen 23. Coeficiente de reacción del suelo o módulo de balasto. 76

Imagen 24. Resistencia al corte sin drenaje correlacionado con el SPT-Perfil Típico. 78

Imagen 25. Resistencia por fricción en suelos IGM cohesivos - procedimiento O'Neill and Reese 1999. 87

Imagen 26. Resistencia por punta en suelos IGM cohesivos - procedimiento O'Neill and Reese 1999. 87

Imagen 27. Curvas Py. 89

Imagen 28. Ábaco de capacidad a la compresión de pilotes (ELS).....90

Imagen 29. Ábaco de capacidad a la compresión de pilotes (ELR).....90

Imagen 30. Ábaco de capacidad a la compresión de pilotes (ELEE).....91

Imagen 31. Ábaco de capacidad al levantamiento de pilotes (ELS).....91

Imagen 32. Ábaco de capacidad al levantamiento de pilotes (ELR).....92

Imagen 33.. Ábaco de capacidad al levantamiento de pilotes (ELEE).....92

Imagen 34. Ábaco de capacidad a la carga lateral de pilotes (ELS).....93

Imagen 35. Ábaco de capacidad a la carga lateral de pilotes (ELR).....93

Imagen 36. Ábaco de capacidad a la carga lateral de pilotes (ELEE).....94

Imagen 37. Ábaco de capacidad de soporte zarpa muro sobre suelo tipo 2 (ELS).....99

Imagen 38. Ábaco de capacidad de soporte zarpa muro sobre suelo tipo 2 (ELR).....100

Imagen 39. Planta perfil de análisis.....111

Imagen 40. Modelo geológico geotécnico Perfil 1 K41+694.....112

Imagen 41. Análisis de estabilidad estático, estado actual.....113

Imagen 42. Análisis de estabilidad dinámico, estado actual.....114

Imagen 43. Análisis de estabilidad estático, talud temporal.....114

Imagen 44. Análisis de estabilidad dinámico, temporal..... 115

Imagen 45. Análisis de estabilidad estático, muro en concreto H=2.50m. 115

Imagen 46. Análisis de estabilidad dinámico, muro en concreto H=2.50m..... 116

Imagen 47. Fuerzas actuantes sobre el muro de contención..... 119

Imagen 48. Factores de seguridad para deslizamiento y volcamiento. 120

Imagen 49. Perfil de obras..... 122

Imagen 50. Esquema sección tipo..... 125

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Sondeos realizados. 37

Tabla 2. Clasificación de los estratos de suelo. 40

Tabla 3. Clasificación de los estratos de suelo sondeo adicional. 41

Tabla 4. Correlaciones para suelos granulares....43

Tabla 5. Correlaciones para suelos arcillosos....43

Tabla 6. Relación ensayos realizados....44

Tabla 7. Relación ensayos adicionales realizados. 45

Tabla 8. Ensayos de laboratorio de clasificación. 46

Tabla 9. Ensayos de laboratorio de clasificación. 46

Tabla 10. Resultados ensayo peso unitario....47

Tabla 11. Resultados ensayo peso unitario....48

Tabla 12. Resultados ensayos de contenido de materia orgánica 49

Tabla 13. Resultados ensayos de corte directo. 49

Tabla 14. Resultados ensayo Consolidación. 50

Tabla 15. Localización y longitud línea sísmica ejecutada 51

Tabla 16. Definición de los tipos de suelos. 60

Tabla 17. Calculo de perfil de suelo según velocidad de onda 61

Tabla 18. Valores coeficiente Fpga, zona periodos vibración cero del espectro. 61

Tabla 19. Valores coeficiente Fa, zona periodos vibración cortos del espectro. 62

Tabla 20. Valores coeficiente Fv, zona períodos vibración largos del espectro 62

Tabla 21 Cálculo de Periodos Perfil Tipo D. 64

Tabla 22. Zonas de desempeño sísmico. 65

Tabla 23. Perfil Típico. 66

Tabla 24. Valores de peso unitario para cada tipo de suelo. 71

Tabla 25. Valores de ángulo de fricción para cada tipo de suelo. 73

Tabla 26. Valores de módulo de elasticidad para cada tipo de suelo 75

Tabla 27. Valores de módulo de balasto para cada tipo de suelo. 77

Tabla 28. Valores de resistencia al corte sin drenaje Su para cada tipo de suelo. 79

Tabla 29. Propiedades de los suelos – Novo SPT 79

Tabla 30. Propiedades finales de los suelos. 81

Tabla 31. Coeficientes de presión de tierra 82

Tabla 32. Capacidad de resistencia compresión axial de pilotes. 94

Tabla 33. Capacidad de resistencia al levantamiento de pilotes. 95

Tabla 34. Capacidad de resistencia geotécnica horizontal de pilotes. 96

Tabla 35. Coeficiente vertical Kv para pilotes considerando resistencias a compresión por metodología CCP14. 101

Tabla 36. Coeficientes de reacción del suelo Kh. 103

Tabla 37. Resultados de asentamiento método de Vesic, con resistencia a compresión según metodología CCP14 107

Tabla 38. Resultados análisis de estabilidad 117

Tabla 39. Factores de seguridad indirectos mínimos (Tabla H.6.9-1 NSR-10). 118

Tabla 40. Especificaciones técnicas de construcción. 128

Tabla 41. Cantidades aproximadas. 129

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N°.	DESCRIPCIÓN	PAG
1.1	REGISTRO DE PERFORACIÓN	DIGITAL
1.2	REGISTRO DE PERFORACIÓN ADICIONAL Y DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA	DIGITAL
2.1	ENSAYOS DE LABORATORIO	DIGITAL
2.2	ENSAYOS DE LABORATORIO ADICIONALES	
3	DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA	DIGITAL
4	SISMICIDAD	DIGITAL
5	ANÁLISIS DE CONDICIONES GEOTÉCNICAS ESPECIALES	DIGITAL
6	ANÁLISIS DE AMENAZA	DIGITAL
7	MEMORIAS DE CALCULO	DIGITAL
8	PLANOS DE OBRAS	DIGITAL

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al estudio geotécnico y propuesta de alternativas para la construcción de la estructura de contención del tramo localizado desde el K41+684 al K41+702 de la calzada Casablanca – Ubaté, ubicada al costado este de la vía existente.

2. OBJETIVOS

Revisar y analizar la topografía y el diseño geométrico suministrado, así como la propuesta de obra preliminar planteada.

Realizar una descripción geológica, geomorfológica y estratigráfica de la zona de estudio por parte del profesional geólogo que realizó visita de campo.

Realizar exploración geotécnica directa e indirecta y laboratorios con el fin de definir las propiedades de los suelos de la zona de estudio.

Realizar los análisis de estabilidad, evaluando las condiciones previas y las nuevas alternativas de obras propuestas.

Caracterizar de manera conceptual la amenaza geotécnica de la zona a partir de la información existente.

Dar recomendaciones para la construcción de obra de estabilización y para la conformación de relleno.

3. ALCANCE DEL ESTUDIO

Determinar mediante las exploraciones realizadas, las cuales corresponden a ensayos geotécnicos directos (perforación a percusión) e indirectos (línea sísmica) las características geotécnicas y el perfil de suelo de los materiales existentes en el sitio de estudio con el fin de realizar los análisis de estabilidad y plantear alternativas optimizado las obras requeridas para la contención del tramo comprendido entre el PK 41+684 al PK 41+702 del proyecto de la calzada Casablanca – Ubaté, sin embargo, al construir el proyecto pueden encontrarse condiciones diferentes, las cuales no fueron detectadas en el momento de la realización de los estudios.

Es importante que un ingeniero geotecnista revise si lo planteado en el estudio corresponde a lo encontrado en campo durante la construcción y sea notificado a las áreas que lo requieran.

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 exige la supervisión técnica de un ingeniero geotecnista durante las etapas de construcción de las excavaciones, cimentaciones y estructuras de contención.

4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

4.1. Localización local

El sitio en estudio se encuentra localizado entre las abscisas PK 41+684 al PK 41+702 del proyecto de la calzada Casablanca - Ubaté, en la vereda Patio Bonito del municipio de Nemocón, Cundinamarca.

Imagen 1. *Localización del sitio en estudio.*



Fuente: Base Map Esri con modificaciones propias.

4.2. **Descripción del proyecto**

Debido a la construcción de la doble calzada en la vía que conecta Casablanca con Ubaté, se tiene proyectado realizar un relleno entre las abscisas PK 41+684 y PK 41+702 (18.0 m), en el cual se debe construir una obra capaz de contener y estabilizar las cargas generadas por la vía. La zona de estudio presenta una topografía plana con ondulaciones, con pendientes transversales al eje de la vía aproximadas de 21.34% y pendientes longitudinales de 5.41%, adicionalmente presenta vegetación abundante en toda su área. Superficialmente se encuentra la presencia de suelos de relleno los cuales pueden ser susceptibles a fenómenos de inestabilidad, adicionalmente por la topografía del sitio de estudio se requiere de una obra de contención para retener el terraplén. Las condiciones del terreno son aptas para la construcción de la futura obra y no se deben esperar problemas geotécnicos.

Imagen 2. *Registro fotográfico (18/10/2023).*









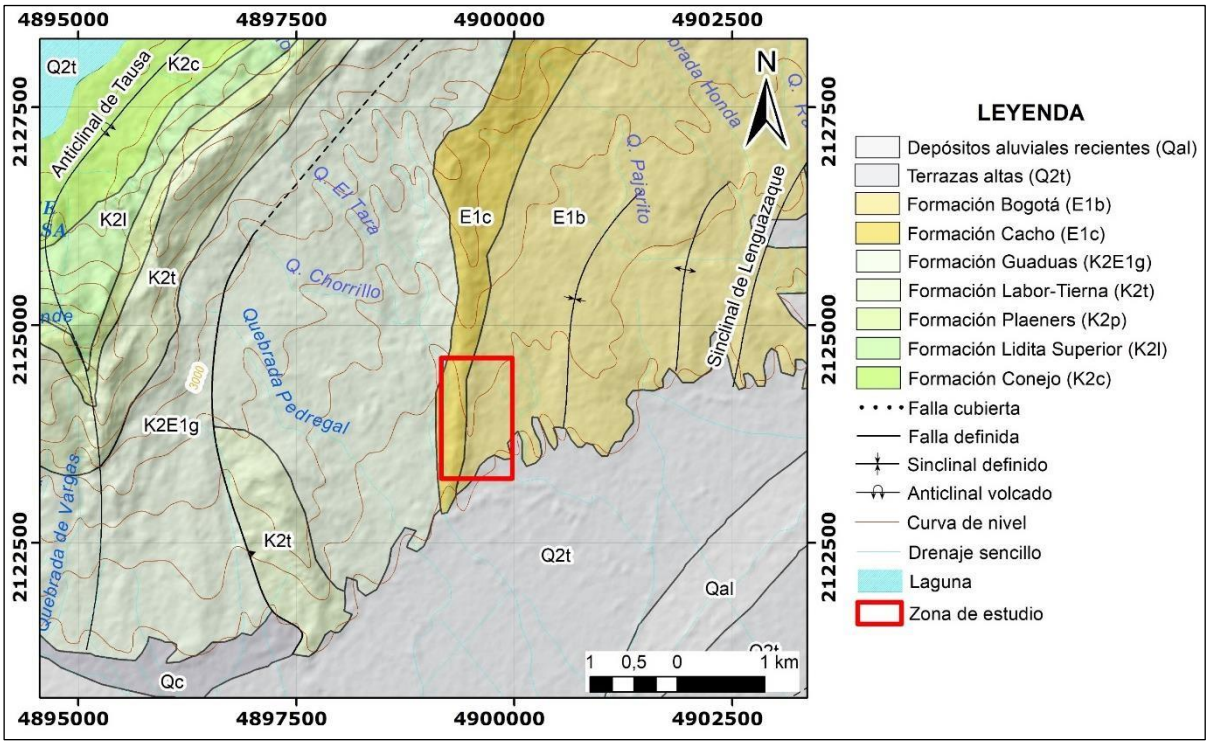
Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

5. GEOLOGÍA

5.1. Geología regional

Teniendo en cuenta la información disponible por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) antiguo Ingeominas, en sus cartas geológicas a escala 1:100.000, la zona que comprende la zona de estudio se encuentra ubicada en la plancha geológica 209 Zipaquirá (Ingeominas, 2003a). Conformada litológicamente por rocas sedimentarias Cretácicas de las formaciones Guaduas (K2E1g), Labor-Tierna (K2t), Plaeners (K2p), Lidita Superior (K2l) y Conejo (K2c), rocas de edad Paleógena como son la Formación Cacho (E1c) y Bogotá (E1b). Suprayaciendo estas rocas se encuentran depósitos recientes (cuaternarios) de origen aluvial (ver Imagen 3) Sin embargo, el área que conforma la zona de estudio presenta principalmente rocas de las formaciones Cacho (E1c) y Bogotá (E1b). Estas formaciones se encuentran deformadas formando estructuras dúctiles como el anticlinal de Tausa y el sinclinal de Lenguasaque, entre otras estructuras menores. Además, se encuentran fracturadas por la actividad de sistemas de fallas regionales y locales que pueden generar repeticiones en las secuencias de rocas.

Imagen 3. *Mapa geológico regional a escala 1:100.000 de la zona de estudio.*



Fuente: Tomado y modificado de (Ingeominas, 2003a).

5.1.1. Depósito Formación Cacho (E1c)

Definida en un principio por Hubach (1931), luego por Julivert (1963). Constituida por areniscas conglomeráticas, areniscas de grano fino y medio con intercalaciones de arcillolitas; el segmento inferior presenta intercalaciones de capas de areniscas de grano fino y arcillolitas, las capas son tabulares con estratificación plana-ondulosa a paralela y crecientes en espesor.

5.1.2. Formación Bogotá (E1b)

Definida en un principio por Hubach (1931), luego por Julivert (1963). (Ingeominas, 2003). Es una secuencia de lodolitas, con intercalaciones esporádicas de intervalos arenosos que en ocasiones no son continuos. La base de la unidad se compone de areniscas friables con capas de lodolitas de variados colores, azul, rojizo y violeta, que se van intercalando con capas de areniscas de grano fino friables, de color blanco, amarillo y rojizo, con concreciones ferruginosas. La zona superior de la unidad presenta lodolitas grises y areniscas friables blancas amarillentas, con predominio de las lodolitas marcada por la morfología deprimida que forman (Ingeominas, 2003).

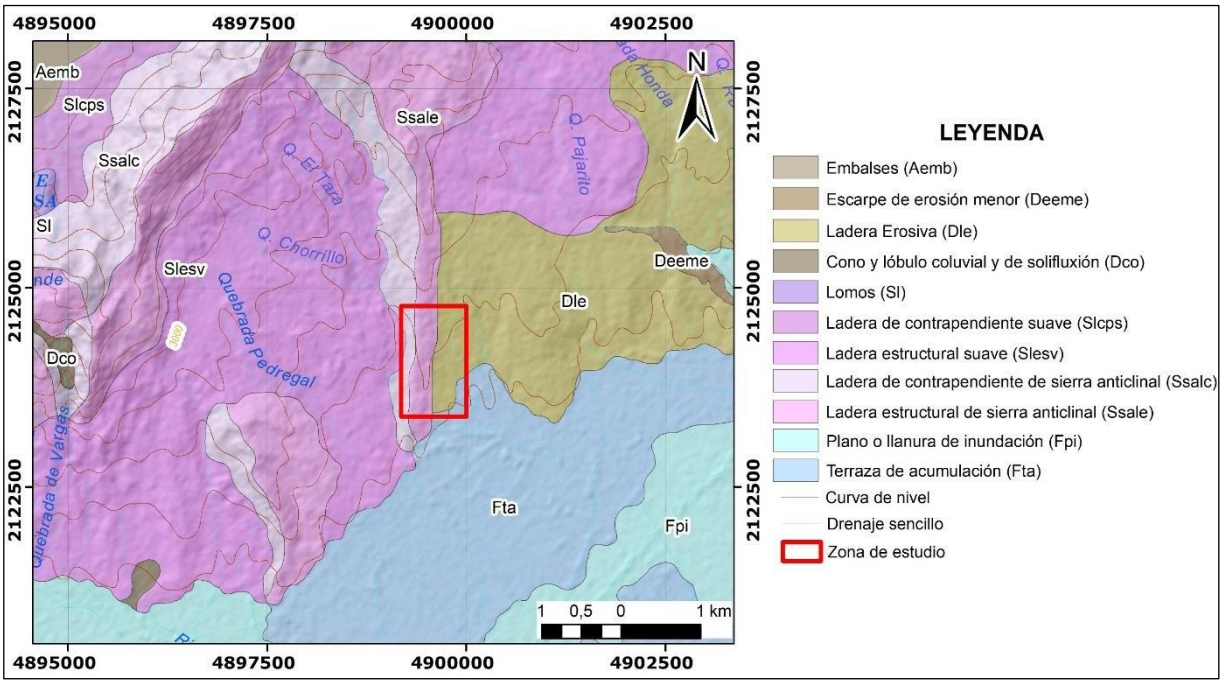
5.2. **Características geomorfológicas**

5.2.1. Geomorfología regional

La zona de estudio se encuentra ubicada en la geomorfoestructura denominada Cinturón Orogénico de los Andes (Cordillera Oriental); y la provincia: Parte media Cordillera Oriental. Corresponde a una zona montañosa con alturas entre los 2.400 m.s.n.m, y 3.800 m.s.n.m. Las zonas de terrenos suavemente ondulados corresponden a zonas de sabana que se encuentran sobre depósitos Cuaternarios tipo Aluviales Recientes y Terrazas, y las zonas abruptamente topográficas se encuentran sobre rocas Cretácicas.

Se caracteriza por presentar bajas a moderadas elevaciones del terreno, que la convierten en una zona topográficamente baja a intermedia. Exponen un relieve plano a colinado, caracterizado por presentar valles en forma de u y v abierta, planicies, colinas, lomas, laderas inclinadas a muy abruptas y depósitos heterogéneos.

Imagen 4. *Mapa geomorfológico regional a escala 1:100.000 de la zona de estudio.*



Fuente: Tomado y modificado de (SGC, 2018a).

5.2.2. Geomorfología local

Teniendo en cuenta los lineamientos para la elaboración y estandarización de la cartografía geomorfológica del SGC y obtención de planchas geomorfológicas (Carvajal, 2012; SGC, 2012), a escala 1:10.000 o menores, se deben obtener mapas de elementos Geomorfológicas (EGMF). Estos elementos comprenden los rasgos del relieve (escarpes naturales, antrópicos, relieves internos de laderas o flancos, crestas, formas de valle), definidos para sitios puntuales y determinados por la morfometría detallada del terreno.

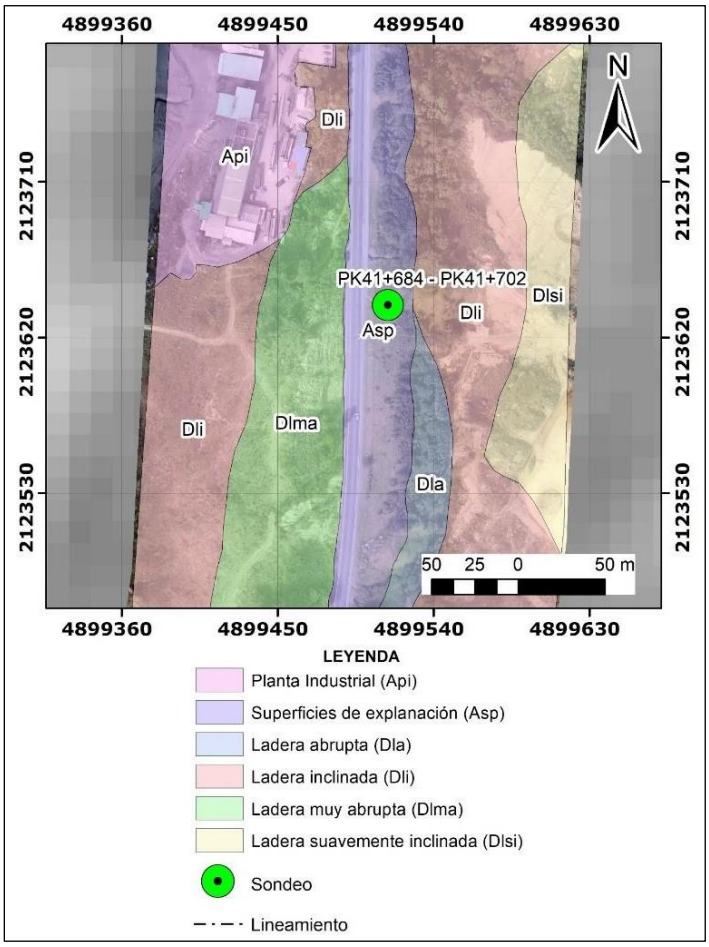
A continuación, se presenta el mapa geomorfológico (elementos geomorfológicos) a escala 1:5.000 de la zona de estudio para cada sitio, el cual se ajusta a las características observadas en la

interpretación realizada mediante sensores remotos, levantamientos fotogramétricos y visita a campo.

5.2.3. Sitio PK41 + 684 – PK41 + 702

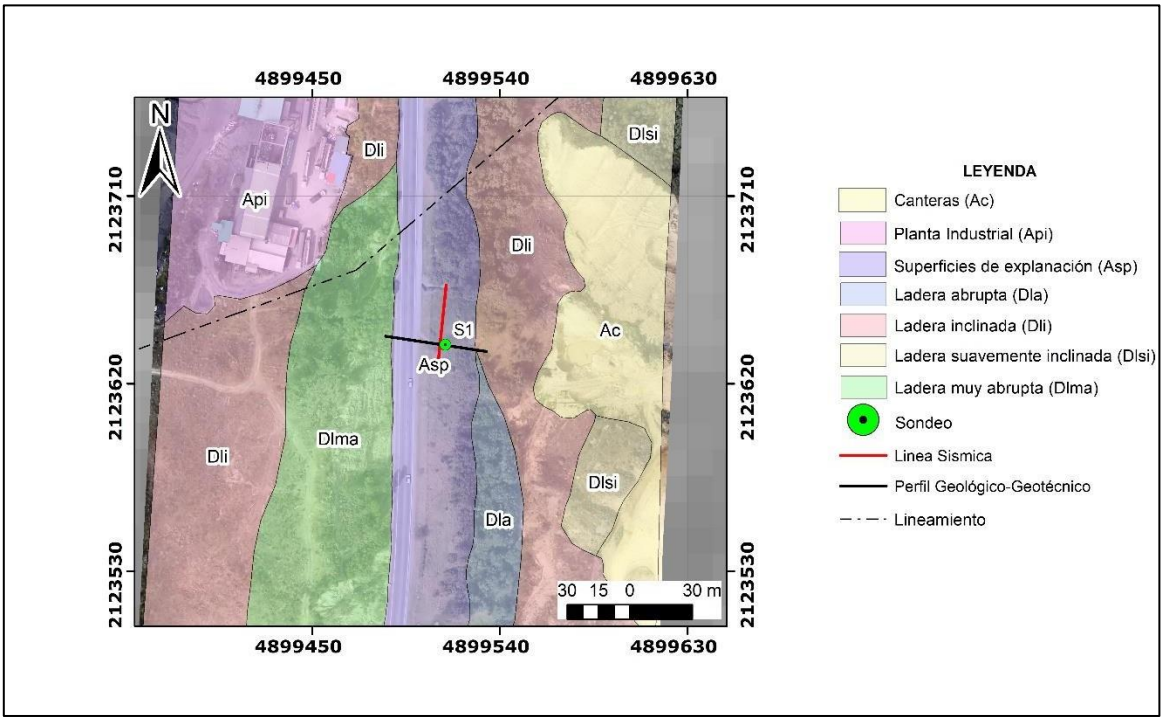
En la zona que comprende el sitio PK41 + 684 – PK41 + 702 se cartografiaron y se reconocieron elementos geomorfológicos de origen denudacional y antrópico, asociados principalmente a la topografía y a los suelos presentes en la zona. Estos elementos geomorfológicos corresponden a: superficies de explanación (Asp), planta Industrial (Api), laderas abruptas (Dla), laderas inclinadas (Dli), laderas muy abruptas (Dlma) y laderas suavemente inclinadas (Dlsi) (Imagen 5).

Imagen 5. *Mapa de elementos geomorfológicos de la zona que comprende el sitio PK41 + 684 – PK41 + 702, escala 1:5000.*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S

Imagen 6. *Mapa de elementos geomorfológicos de la zona que comprende el sitio PK41 + 684 – PK41 + 702, escala 1:2000.*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

- **Ladera inclinada (Dli)**

Superficie de terreno caracterizada por presentar pendientes entre los 4° a 8°, con una morfología ondulada a rectilínea, poco disectadas, originadas por procesos denudativos y cubiertas principalmente por suelos residuales de la Formación Bogotá.

- **Laderas abruptas (Dla)**

Elemento caracterizado por presentar pendientes variables entre los 16° a 35°, con una morfología irregular a ondulada, poco disectadas y cubiertas principalmente por suelos residuales de la Formación Bogotá y Cacho. Sobre este tipo de laderas se pueden generar procesos denudacionales intensos de diferentes tipos (erosión, reptación, deslizamientos). Alta probabilidad de desarrolla procesos erosivos.

- **Laderas suavemente inclinadas (Dlsi)**

Elemento geomorfológico caracterizado por presentar pendientes menores o igual a los 4°, con una morfología llana a rectilínea, originadas por procesos denudativos y cubiertas principalmente por suelos residuales de la Formación Bogotá. Sobre estas laderas suelen ubicarse fábricas en la industria de la alfarería.

- **Ladera muy abrupta (Dlma)**

Superficie de terreno caracterizada por presentar pendientes entre los 35° a 55°, con una morfología irregular a rectilínea, poco disectadas, originadas por procesos denudativos y sobre afloramientos rocosos de la Formación Cacho. Alta probabilidad de generar movimientos en masa de tipo deslizamientos y caída de rocas.

- **Superficies de explanación (Asp)**

Planos de allanamiento hecho en laderas con materiales inconsolidados con el fin de adecuar el terreno para la construcción o con fines de estabilización de laderas, mediante la explanación o terraceos que disminuyen la pendiente del terreno.

- **Planta Industrial (Api)**

Superficie del terreno compuesta por suelos residuales o roca, que es adecuada para la construcción de las instalaciones de una industria en particular.

5.3. Geología local

Teniendo en cuenta la geología regional, geomorfología, ensayos de exploración e información de campo y secundaria, se describe la geología superficial, la cual, hace referencia tanto al suelo como a la roca expuestos en la superficie del terreno y clasificados desde el punto de vista ingenieril, según el documento metodológico del SGC, (2017). Las Unidades Geológicas Superficiales (UGS) son consideradas como el resultado de procesos exógenos y endógenos los cuales van modelando la superficie terrestre, dando como resultado el relieve actual, además, le aportan al terreno una serie de propiedades que lo hacen más o menos susceptible al desarrollo de movimientos en masa. Por esta razón las UGS se podrían definir como un conjunto homogéneo de materiales geológicos que afloran en superficie, provenientes del mismo origen y que conservan

en general las mismas características fisicoquímicas y geomecánicas durante algunas decenas de metros por debajo de la superficie (Hermelín, 1985, citado en Ingeominas, 2004a y en SGC, 2017).

Para la caracterización y descripción de las Unidades Geológicas Superficiales (UGS) se diferenció entre unidades de roca teniendo en cuenta cinco parámetros fundamentales: génesis, litología (composición y textura), propiedades ingenieriles, grado de meteorización y rasgos estructurales, y unidades de suelos residuales y/o transportados teniendo en cuenta su génesis, composición de partículas, color, matriz, clastos, consistencia, plasticidad, estructuras relictas, redondez y esfericidad.

A continuación, se presenta las Unidades Geológicas Superficiales (UGS) a escala 1:5.000 de la zona de estudio para cada sitio o sector con su respectiva descripción, el cual se ajusta a las características observadas en la interpretación realizada mediante sensores remotos, levantamientos fotogramétricos, ensayos de exploración e información de campo.

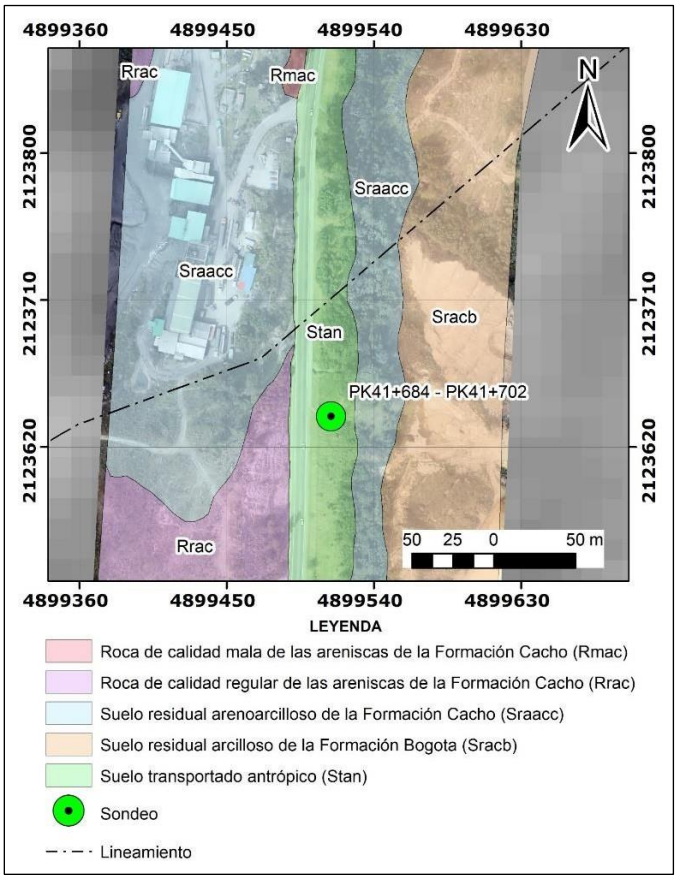
5.3.1. Sitio PK41 + 684 – PK41 + 702

El mapa de unidades geológicas superficiales (UGS) a escala 1:5.000, se realizó en una primera parte, mediante la fotointerpretación de insumos básicos como son: las imágenes de dron, la base cartográfica, mapas geológicos a escala 1:100.000 y menores, mapas morfométricos (pendientes y sombras) generados con el modelo digital del terreno, el uso de herramientas como Google Earth e información secundaria cercana o la zona de estudio. Por último, se contrastó lo anterior mediante la visita a campo.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, en la zona de estudio que comprende el sitio PK41 + 684 – PK41 + 702 se encontraron y se reconocieron rocas de calidad mala y regular

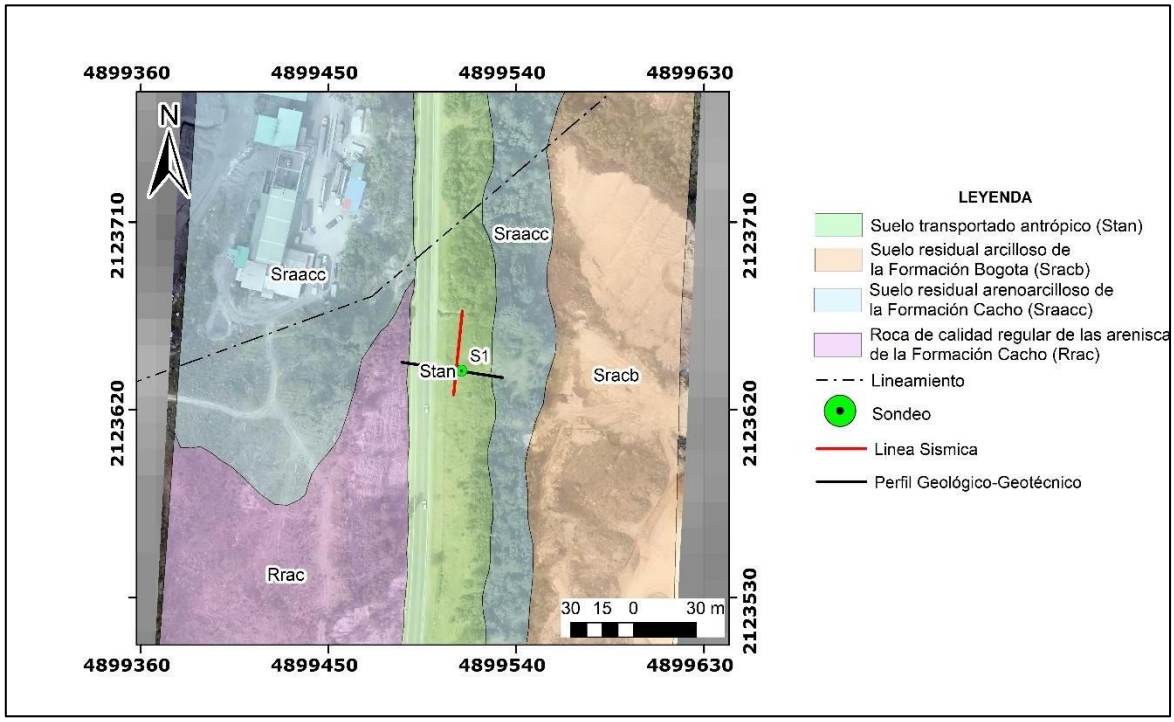
de las areniscas de la Formación Cacho (Rmac y Rrac), suelos residuales areno arcillosos de la Formación Cacho (Sraac), suelos residuales arcillosos de la Formación Bogotá (Srac) y suelos transportados antrópicos (Stan). El sondeo se realizó sobre la unidad suelo transportado antrópico (Stan) (ver Imagen 7).

Imagen 7. *Mapa de Unidades Geológicas Superficiales (UGS) para el Sitio PK41 + 684 – PK41 + 702, escala 1:5000.*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Imagen 8. *Mapa de Unidades Geológicas Superficiales (UGS) para el Sitio PK41 + 684 – PK41 + 702, escala 1:2000.*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

5.3.2. Rocas de calidad mala de las areniscas de la Formación Cacho (Rmac)

Son unidades rocosas que litológicamente corresponden a areniscas, de textura y fabrica clástica cementada, de grano fino a grueso, moderadamente calibradas y color gris a amarillo claro, intercaladas por arcillolitas, de textura y fabrica clástica consolidada, de color gris oscuro a naranja rojizo. Estas rocas se encuentran fracturadas y meteorizadas.

5.3.3. Rocas de calidad regular de las areniscas de la Formación Cacho (Rmac)

Unidad rocosa que se compone por areniscas cuarzosas, de textura y fabrica clástica cementada, de color gris a amarillo claro, bien cementadas con tamaño de grano fino, intercaladas por arcillolitas, de textura y fabrica clástica consolidada, de color gris oscuro a amarillo, de poco espesor. Las areniscas se encuentran en capas plano-paralelas, con laminación interna paralela a cruzada y deleznables al tacto. Estas rocas se encuentran poco a moderadamente meteorizadas.

5.3.4. Suelos residuales areno arcillosos de la Formación Cacho (Sraac)

Son suelos residuales que varían entre areno arcillosos a limo arenosos, dependiendo del nivel litológico en que se encuentre y que está siendo afectado por la meteorización. Se desarrollan por la desintegración física y la descomposición química de los minerales arcillosos que componen a los niveles blandos de las arcillolitas y minerales más fuertes a la meteorización como el cuarzo que componen las areniscas de la Formación Cacho, presenta compacidad débil, densidad relativa entre suelta a densa y poco plásticos.

5.3.5. Suelos residuales arcillosos de la Formación Bogotá (Srac)

Suelos residuales arcillosos que se desarrollan por la desintegración física y la descomposición química de los minerales arcillosos que componen a los niveles blandos de las lodolitas de la Formación Bogotá, presenta consistencia blanda a muy blanda y son plásticos a muy plásticos.

5.3.6. Suelos transportados antrópicos (Stan)

Estos suelos antrópicos corresponden a depósitos de materiales de relleno, que son resultados de procesos de excavaciones o terraceos en materiales blandos (suelos o roca blanda) y materiales duros (rocas duras como areniscas), los cuales son transportados y depositados en diferentes lugares de la zona. Estos materiales son compactados para el desarrollo de obras civiles sobre dichos terrenos y otros son removidos adyacentes a obras como cortes de taludes para el

desarrollo de vías. Se componen principalmente de materiales gruesos como bloques de areniscas embebidos en una matriz limo arcillosa, en algunos casos se pueden observar plásticos y escombros. Son de color marrón y poco permeables.

5.4. **Perfil geológico geotécnico**

El perfil geológico-geotécnico del sitio de estudio se encuentra ubicado en la Imagen 40, aquí se encuentran los sondeos, los estratos de suelo y las formaciones geológicas presentes en el sitio.

6. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS

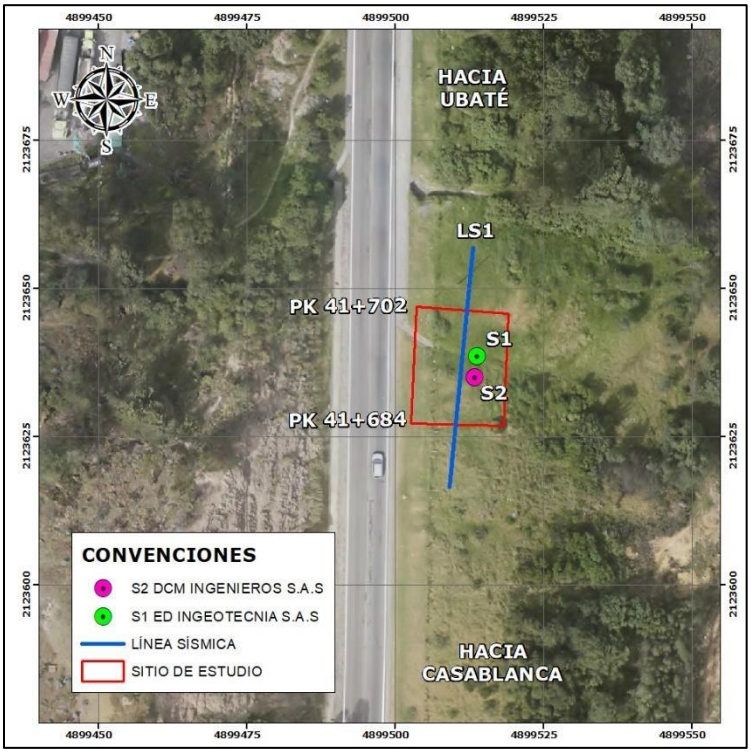
6.1. Criterios utilizados

Para las investigaciones geotécnicas se utilizaron los criterios propios de geología y geotecnia, teniendo en cuenta los lineamientos específicos dados por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 y de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14.

6.1.1. Procedimientos utilizados

- Se realizó la descripción geológica, geomorfológica y estratigráfica del sitio de estudio, con el objeto de tener una información básica de las características de toda el área.
- Se realizó un (1) sondeo utilizando equipos de perforación a percusión y se realizaron ensayos de laboratorio del material recuperado, con el fin de clasificar los suelos encontrados en la perforación.
- Se realizó un (1) sondeo utilizando equipos de perforación a rotación y se realizaron ensayos de laboratorio del material recuperado, con el fin de clasificar los suelos encontrados en la perforación, este sondeo se realizó como parte de la campaña de exploración adicional.
- Se realizó una (1) línea sísmica.
- Se determinaron los parámetros geotécnicos para los diferentes tipos de suelo identificados en el área en estudio.

Imagen 9. *Localización exploración geotécnica realizada.*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

6.2. Exploración directa (sondeo geotécnico)

Para el presente estudio se realizaron dos (2) sondeos, uno de 6.0 metros y otro de 13.0 metros de profundidad. A continuación, se detallan las exploraciones geotécnicas directas realizadas. En el ANEXO 1.1: REGISTRO DE PERFORACIÓN y ANEXO 1.2: REGISTRO DE PERFORACIÓN ADICIONAL se presentan los registros de la exploración.

Tabla 1. *Sondeos realizados.*

Sondeo No.	Equipo	Norte	Este	Prof. total (m)
S1	Percusión	2123638.660	4899513.757	6.0
S2	Rotación	2123635.136	4899513.419	13.0

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S. & MCD CONSTRUCTORES S.A.S.

Ensayos de penetración estándar SPT

Se realizaron ensayos de penetración estándar utilizando la norma ASTM D 1586, equivalente a la norma I.N.V.E. 111.

Las siguientes imágenes muestran la localización de cada una de las exploraciones realizadas.

Imagen 10. *Sitio de ejecución de los sondeos realizados.*





Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

6.2.1. Análisis de los ensayos de campo

De acuerdo con la inspección realizada en el área de estudio y a los resultados de la exploración geotécnica directa, se pudo identificar la siguiente composición de los suelos en la zona en estudio, la clasificación realizada se encuentra definida inicialmente por la resistencia de los suelos (Nspt).

NOTA: No se encontró nivel freático hasta la profundidad alcanzada, sin embargo, es posible que en ciertos puntos específicos se encuentren bolsas de acumulación de agua o corrientes de agua de tipo afloramiento, pero estos no corresponden a una línea freática, en caso de encontrar

los casos anteriormente mencionados se hace necesario utilizar sistemas de bombeo para extraer el agua y en algunos casos el uso de filtros si el proyecto lo requiere.

- **Suelo Tipo 1 (Relleno)**

Suelos de relleno con N entre 0-30, de variada consistencia compuestos por arenas limosas con gravas y limos arenosos con fragmentos de arenisca; no apto para cimentación.

- **Suelo Tipo 2 (Residual firme a muy firme)**

Suelos residuales Saprolito IB-IC -Deere & Patton; Suelo residual-roca completamente meteorizada VI-V -Dearman, de consistencia firme a muy firme, con N entre 12 y 32, compuestos por arenas arcillosas y arcillas limosas grises con manchas de oxidación ocres; medianamente aptos para cimentación.

- **Suelo Tipo 3 (Residual duro)**

Suelos residuales Saprolito IB-IC -Deere & Patton; Suelo residual-roca completamente meteorizada VI-V -Dearman. de consistencia dura, con N mayores a 32, compuestos por arcillas limosas; aptos para cimentación.

- **Suelo Tipo 4 (Transición saprolito roca)**

Transición saprolito roca, compuesto por areniscas gris amarillentas meteorizadas, intercaladas con arcillas grises (arcillolitas meteorizadas): Transición saprolito-roca IIA-Deere&Patton; Roca altamente meteorizada IV- Dearman.

NOTA: Para el suelo tipo 1 se contempló este rango de N, teniendo en cuenta que corresponde a materiales de relleno, los cuales contienen gravas o bloques de roca, los cuales aumentan el número de golpes (N).

Tabla 2. *Clasificación de los estratos de suelo.*

Prof. (m)	S1
0.5	16
1.0	13
1.5	24
2.0	17
2.5	13
3.0	18
3.5	9
4.0	13
4.5	30
5.0	50
5.5	62
6.0	80

	Suelo Tipo 1		Suelo Tipo 3

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Convenciones:

N (Golpes/pies) = N de campo

R = Rechazo

Adicionalmente y como parte de un plan exploratorio ejecutado posteriormente, se cuenta con un sondeo a rotación, cuya ubicación se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 3. *Clasificación de los estratos de suelo sondeo adicional.*

Prof. (m)	S2
0.5	24
1.0	27
1.5	20
2.0	17
2.5	R
3.0	RT
3.5	RT
4.0	RT
4.5	12
5.0	23
5.5	21
6.0	31
6.5	32

Prof. (m)	S2
7.0	R
7.5	RT
8.0	RT
8.5	RT
9.0	RT
9.5	RT
10.0	RT
10.5	RT
11.0	RT
11.5	RT
12.0	RT
12.5	RT
13.0	RT

Suelo Tipo 1	Suelo Tipo 2	Suelo Tipo 3	Suelo Tipo 4

Fuente: DCM CONSTRUCTORES S.A.S.

Convenciones:

N (Golpes/pies) = N de campo

R = Rechazo, RT = Rotación

6.2.2. Correlaciones para interpretación de ensayos SPT

A continuación, se presentan unas tablas indicativas que permiten la interpretación general de los resultados de los ensayos realizados:

Tabla 4. *Correlaciones para suelos granulares.*

Número de penetración estándar N	Densidad relativa %	Estado del suelo
0 a 3	0 a 15	Muy suelto
4 a 8	15 a 35	Suelto
9 a 25	35 a 65	Medio denso
26 a 42	65 a 85	Denso
43 a 58	85 a 100	Muy denso

Fuente: Jamiolkowski y otros, 1988

Tabla 5. *Correlaciones para suelos arcillosos.*

Número de penetración estándar N	Consistencia	Resistencia a Compresión (Kpa)
0 a 2	Muy blanda	0 a 25
3 a 5	Blanda	25 a 50
6 a 10	Medio firme	50 a 100
11 a 20	Firme	100 a 200
21 a 30	Muy Firme	200 a 400

Número de penetración estándar N	Consistencia	Resistencia a Compresión (Kpa)
>30	Dura	>400

Fuente: Braja Das., 1999

NOTA: Para estas correlaciones se tiene en cuenta el N de campo, sin embargo, para los diseños y obtención de parámetros se tiene en cuenta el N corregido.

6.3. Ensayos de laboratorio

En la Tabla 6 se relacionan los ensayos realizados por E.D. Ingeotecnia S.A.S. a las muestras obtenidas en campo.

Tabla 6. *Relación ensayos realizados.*

Ensayo	Norma	No. de ensayos
Análisis granulométrico por tamizado	I.N.V.E. 123 – 07	3
Contenido de humedad	I.N.V.E. 122 – 13	3
Límites de Atterberg	I.N.V.E. 125/126 – 13	3
Peso unitario por medidas	ASTM D2937 – 71	1

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Adicionalmente, como parte del plan exploratorio complementario ejecutado, se realizaron laboratorios de clasificación de suelos, pesos unitarios, contenido de humedad natural, contenido de material orgánico, corte directo y consolidación unidimensional, todos estos fueron ejecutados

por GEODELTA INGENIERIA y la relación correspondiente a la cantidad ejecutada se encuentra en la Tabla 7.

Tabla 7. *Relación ensayos adicionales realizados.*

Ensayo	Norma	No. de ensayos
Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos	I.N.V.E. 123 – 13	8
Contenido de humedad	I.N.V.E. 122 – 13	8
Límites de Atterberg	I.N.V.E. 125/126 – 13	8
Peso unitario	ASTM D7263 – 09	7
Contenido de material orgánico	I.N.V.E. 121 – 13	1
Corte Directo	I.N.V.E. 154 – 13	1
Consolidación	I.N.V.E. 151 – 13	1

Fuente: GEODELTA INGENIERIA.

6.3.1. Ensayos de laboratorio de clasificación

Se refiere a la determinación cuantitativa de la distribución de los tamaños de las partículas de un suelo por medio de tamizado, y el contenido de agua (humedad), por masa, del suelo y mezclas presente en dicho material, siguiendo las normas I.N.V.E 122 y 123. Igualmente se refiere a la determinación de los límites líquidos y plásticos presente y del índice de plasticidad de los suelos definidos por Atterberg. El límite líquido muestra el contenido de humedad del suelo, en porcentaje, cuando se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. El límite plástico determina el contenido de agua del suelo en porcentaje, cuando se halla en el límite entre los estados plástico y semisólido. (I.N.V.E – 125 y 126).

Tabla 8. *Ensayos de laboratorio de clasificación.*

Sondeo	Prof. (m)	% W	% Gravas	% Arenas	% Finos	% L.L.	% L.P.	% I.P.	Clasif. S.U.C.S.
1	0.00 – 0.50	14.50	8.23	28.47	63.29	33.70	18.57	15.13	CL
1	4.00 – 4.50	7.95	25.44	35.60	38.97	16.77	13.98	2.79	SM
1	5.00 – 5.50	6.94	22.50	30.26	47.25	21.05	13.15	7.90	SC

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Como parte del plan adicional de exploración, en lo correspondiente a clasificación de suelos se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 9.

Tabla 9. *Ensayos de laboratorio de clasificación.*

Sondeo	Prof. (m)	% W	% Gravas	% Arenas	% Finos	% L.L.	% L.P.	% I.P.	Clasif. S.U.C.S.
2	0.50 – 1.00	5.79	22.45	45.48	32.07	19.00	11.00	8.00	SC
2	1.50 – 2.00	6.56	19.71	44.94	35.35	19.00	9.00	10.00	SC
2	2.00 – 2.30	6.29	12.75	51.11	36.14	21.00	11.00	10.00	SC
2	4.00 – 4.50	19.45	0.00	23.16	76.84	34.00	19.00	15.00	CL

Sondeo	Prof. (m)	% W	% Gravas	% Arenas	% Finos	% L.L.	% L.P.	% I.P.	Clasif. S.U.C.S.
2	4.50 – 5.00	17.06	1.12	29.00	69.89	33.00	17.00	16.00	CL
2	6.00 – 6.50	15.89	12.50	39.60	47.90	21.00	10.00	11.00	SC
2	7.00 – 8.00	22.49	0.00	31.36	68.64	34.00	16.00	18.00	CL
2	10.00 – 11.50	16.74	0.45	7.43	92.11	33.00	14.00	19.00	CL

Fuente: GEODELTA INGENIERIA.

6.3.2. Ensayo de peso unitario

Hace referencia a la relación entre el peso por unidad de volumen de la muestra, se puede tomar el peso para suelo en condiciones de humedad natural o condiciones secas mediante horno (ASTM D 2937-71).

Tabla 10. *Resultados ensayo peso unitario.*

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	Peso unitario húmedo (g/cm3)	Peso unitario seco (g/cm3)
1	10	5.0 – 5.5	2.18	1.96

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

En lo que respecta a los laboratorios de peso unitario (ASTM D 2937-71), realizados como parte de la campaña de exploración adicional ejecutada, se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 11.

Tabla 11. *Resultados ensayo peso unitario.*

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	Peso unitario húmedo (g/cm3)	Peso unitario seco (g/cm3)
2	3	1.00 – 1.50	2.01	1.91
2	5	2.00 – 2.30	1.96	1.85
2	8	4.00 – 4.50	2.10	1.75
2	9	4.50 – 5.00	2.13	1.82
2	12	6.00 – 6.50	2.03	1.75
2	14	7.00 – 8.00	2.04	1.67
2	17	10.00 – 11.50	2.13	1.82

Fuente: GEODELTA INGENIERIA.

6.3.3. Ensayo de contenido orgánico de los suelos

Determina la oxidación cuantitativa de materia orgánica en materiales y proporciona una estimación del porcentaje de contenido orgánico en el terreno. El ensayo fue realizado como parte de la campaña de exploración adicional ejecutado.

Tabla 12. *Resultados ensayos de contenido de materia orgánica.*

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	% Materia orgánica
2	3	1.00 – 1.50	0.84

Fuente: GEODELTA INGENIERIA.

6.3.4. Ensayo de corte directo

Permite determinar la resistencia al corte de una muestra alterada remoldeada de suelo para condiciones de consolidación y agua; la prueba se lleva a cabo deformando una muestra a velocidad controlada, cerca de un plano de corte determinado por la configuración del aparato de ensayo. Los resultados se pueden ver afectados por la presencia de partículas de suelo grueso o fragmentos de roca, o ambos. El resultado del corte directo realizado se puede observar en la Tabla 13 y fue ejecutado en condiciones consolidadas – drenadas. El ensayo fue realizado como parte de la campaña de exploración adicional ejecutado.

Tabla 13. *Resultados ensayos de corte directo.*

Sondeo	Muestra	Profundidad	Ángulo de Fricción (°)	Cohesión (KPa)
2	18	11.50	35.40	92.00

Fuente: GEODELTA INGENIERIA.

6.3.5. Ensayo de consolidación

Permite determinar la magnitud y la velocidad de consolidación de muestras de suelos, por medio del drenaje axial de especímenes confinados lateralmente, mientras se someten a incrementos de carga con esfuerzo controlado. El método utilizado es el A, el cual aplica de manera

constante cada incremento de carga por lo menos durante 24 horas o algún múltiplo de este (I.N.V.E. 151-13).

Tabla 14. *Resultados ensayo Consolidación.*

Sondeo	Profundidad	Esfuerzo preconsolidación (KPa)	Índice de compresión (Cc)
2	5.50 – 6.00	189	0.267

Fuente: GEODELTA INGENIERIA.

6.3.6. Conclusiones ensayos de laboratorio

Las muestras seleccionadas de los sondeos para los ensayos de laboratorio muestran la tendencia de suelos arenosos con presencia materiales finos de manera superficial, posteriormente se presentan intercalaciones de suelo de tipo arcilloso. El corte directo ejecutado a una profundidad de 11.50 m, presenta parámetros altos correspondientes en este caso a una transición entre saprolitos y rocas. Adicionalmente, el ensayo de materia orgánica presenta que por debajo de un metro de profundidad no se encontrara materia orgánica. Se recomienda revisar ANEXO 5. ANÁLISIS DE CONDICIONES GEOTÉCNICAS ESPECIALES en donde se menciona que no existen condiciones especiales en el sitio de estudio como suelos expansivos, dispersivos, colapsables o licuables.

6.4. Ensayos geotécnicos indirectos (línea sísmica)

Con el fin de complementar los ensayos directos realizados, se realizó un (1) ensayo geotécnico indirecto por medio de línea sísmica. Los ensayos indirectos permiten obtener información del suelo en profundidad y extensión, logrando observar el comportamiento de los materiales en un perfil 2D.

Tabla 15. *Localización y longitud línea sísmica ejecutada.*

Ensayo geofísico	Coord. Inicio		Coord. Fin		Longitud (m)
	Norte	Este	Norte	Este	
LS1	2123656.977	4899513.137	2123616.557	4899509.116	40.00

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

6.4.1. Resultados e interpretación

A continuación, se muestran los resultados de la línea sísmica realizada en el área de estudio.

6.4.1.1. Línea sísmica LS1

Datos de la configuración del tendido para la adquisición de datos sísmicos:

Longitud del tendido: 40.00 m

Espaciamiento entre geófonos: 1.70 m

Profundidad investigada: Hasta 15.0 m

Terreno: Topografía plana con ondulaciones.

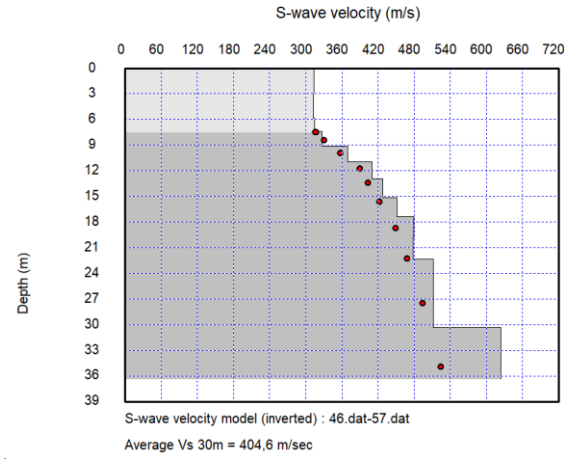
Imagen 11. *Vista general de la línea sísmica LS1.*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

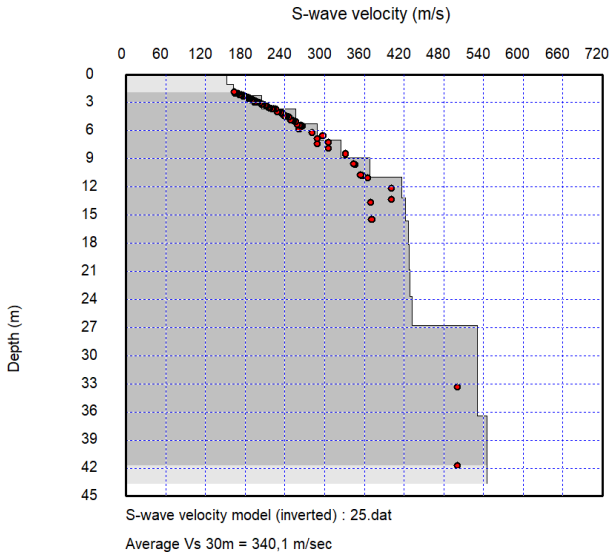
A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el ensayo MAM1D MASW/2D y la refracción sísmica respectivamente:

Imagen 12. *Ensayo de ruido MAM/1D LS1.*



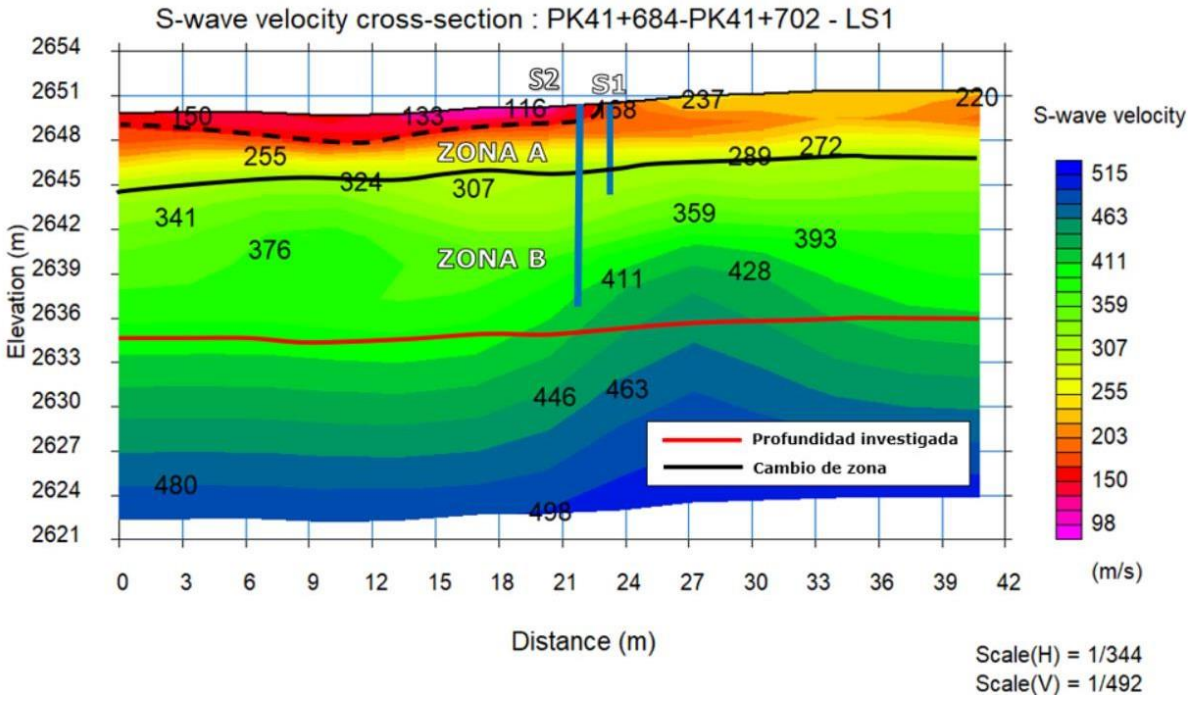
Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Imagen 13. *Ensayo MASW/1D LS1.*



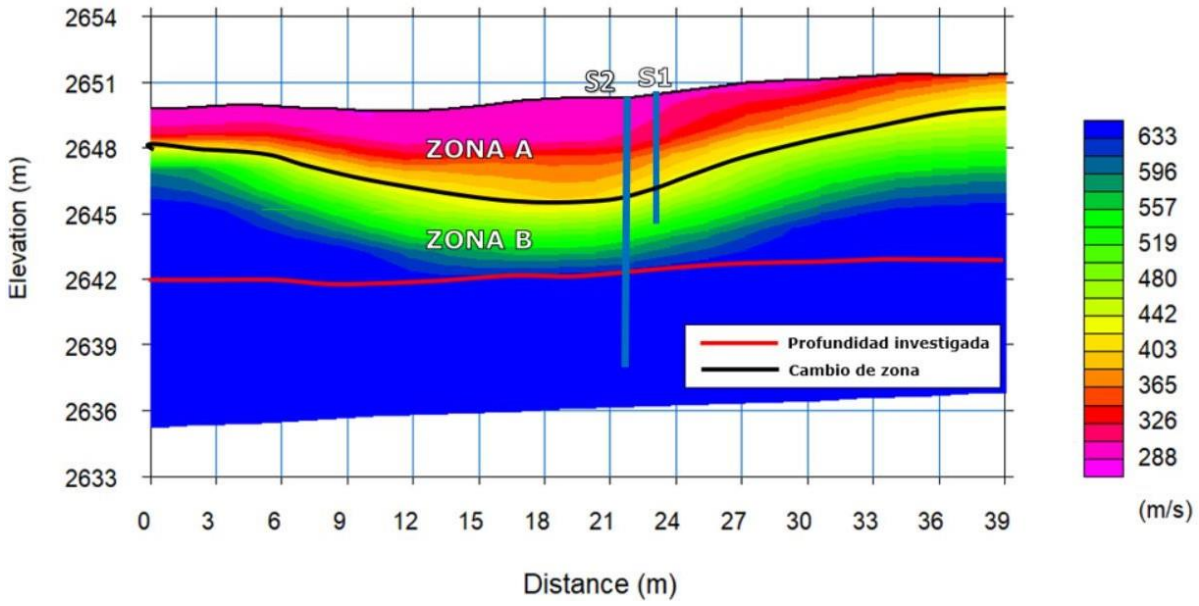
Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Imagen 14. *Ensayo de Ondas Superficiales MASW/2D LS1.*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Imagen 15. *Refracción Sísmica – Modelo Tomografía 2D LS1.*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Observaciones Tomografía MASW 2D y refracción Sísmica LS1

A continuación, se presenta la variación de las capas en profundidad y rigidez:

La **Zona A** presenta velocidades de corte (Vs) entre 130 y 320 m/s y velocidades de onda compresionales (Vp) entre 280 y 420 m/s; se asocia superficialmente a suelos de relleno compactado de rigidez baja a media con un espesor de 4.50 metros aproximadamente, compuestos por arenas limosas y arenas arcillosas con presencia de gravas, correlacionable con los sondeos realizados donde se evidencian suelos con un espesor de aproximadamente 4.50 metros. La zona encerrada por la línea punteada presenta una disminución de la velocidad debido a la posible presencia de una zona del relleno que no fue bien compactada a nivel superficial.

La **Zona B** presenta velocidades de onda de corte (Vs) y compresionales (Vp) mayores a 320 y 420 m/s, respectivamente, de espesor indeterminado y cura rigidez aumenta en profundidad. Se asocia a suelos residuales compuestos por arenas arcillosas y arenas limosas.

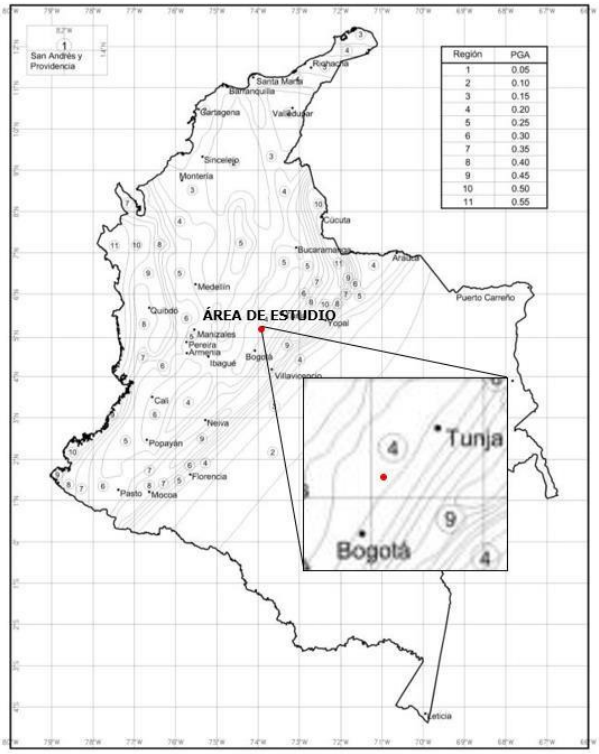
7. SISMICIDAD

La amenaza sísmica se describirá en función de las aceleraciones y los factores de sitio de acuerdo al perfil de suelo existente. Para la estimación del espectro de aceleraciones se utilizará el Procedimiento General establecido en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes – LRFD – CCP 14 (en adelante CCP 14).

7.1. Cálculo de Espectro por Procedimiento General

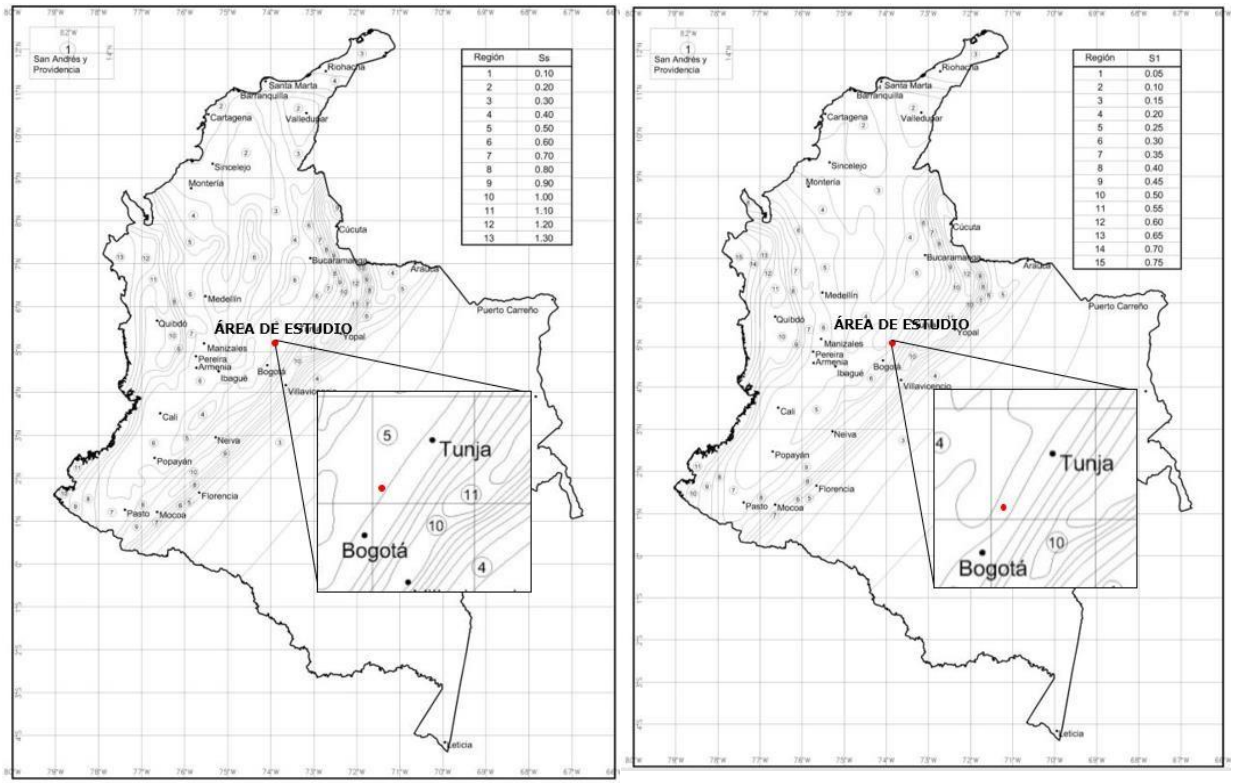
Para este procedimiento se utiliza el coeficiente de Aceleración Pico del Terreno (PGA) y los coeficientes de periodo corto y largo (Ss y S1 respectivamente), los cuales se toman de las siguientes imágenes:

Imagen 16. *Mapa valores PGA.*



Fuente: Figura 3.10. 2.1-1, CCP-14.

Imagen 17. *Mapa Valores Ss y S1.*



Mapa Ss Mapa S1

Fuente: Figura 3.10.2.1-2 (izquierda) y figura 3.10.2.1-3 (derecha), CCP-14.

7.1.1. Valores de PGA, Ss y S1

De acuerdo a la norma CCP-14, específicamente a las figuras encontradas en el numeral 3.10.2.1 de esta norma, los movimientos sísmicos de diseño son los siguientes de acuerdo a la zona donde se encuentra el área de estudio:

PGA (Coeficiente que representa la aceleración pico del terreno): **0.20**

Ss (Coeficiente que representa el periodo corto): **0.50**

S1 (Coeficiente que representa el periodo largo): **0.25**

7.1.2. Efectos locales

Clasificación de perfil de suelo

Según el CCP-14 (Tabla 3.10.3.1-1) el tipo y perfil de suelo típico del lote estudiado a partir de profundidad de suelo competente se clasifica en:

La clasificación se puede realizar por tres métodos, (A) la velocidad de onda de corte Vs en los 30 m superiores, (B) el número medio de golpes del ensayo de penetración estándar o (C) cuando se diferencia los estratos cohesivos y no cohesivos del perfil, a partir de la resistencia no drenada Su y el número de golpes de penetración estándar respectivamente. Para la determinación del perfil de suelo de la zona de estudio, se utilizó los resultados de la línea sísmica.

Método A: Velocidad media de la onda cortante (Vs)

$$V_s = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{V_{si}}}$$

Donde:

d_i=espesor del estrato i, localizado dentro de los 30 m superiores del perfil.

n=número de estratos de suelo localizados en los 30 m superiores del perfil de suelo.

V_{si}=velocidad media de la onda cortante del suelo del estrato i, medida en campo, en m/s.

V_s=velocidad promedio de la onda de cortante para los 30 m superiores del perfil de suelo.

$\sum_{i=1}^{n} d_i$=30 m siempre.

Tabla 16. *Definición de los tipos de suelos.*

Tipo de Perfil de Suelo	Características del perfil
A	Roca competente con velocidad medida de onda de cortante, $\bar{v}_s \geq 1500$ m/s.
B	Perfil de roca de rigidez media con $\bar{v}_s$ en el intervalo 1500 m/s $> \bar{v}_s \geq 760$ m/s.
C	Perfiles de suelo muy densos o roca blanda con velocidad medida de onda de cortante, $\bar{v}_s$ en el intervalo 760 m/s $> \bar{v}_s \geq 360$ m/s, o
	perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: $\bar{N} > 50$ golpes/pie, o $\bar{s}_u > 100$ kPa ($\approx$ 1 kgf/cm^2).
D	Perfiles de suelos rígidos con velocidad medida de onda de cortante $\bar{v}_s$ en el intervalo 360 m/s $> \bar{v}_s \geq 180$ m/s, o
	perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: $\bar{N}$ en el intervalo 50 golpes/pie $> \bar{N} \geq 15$ golpes/pie, o $\bar{s}_u$ en el intervalo 100 kPa ($\approx$ 1 kgf/cm^2) $> \bar{s}_u \geq 50$ kPa (≈ 0.5 kgf/cm^2).
E	Perfil de suelo con velocidad medida de onda de cortante, $\bar{v}_s < 180$ m/s, o perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: $\bar{N} < 15$ golpes/pie, o $\bar{s}_u < 50$ kPa (≈ 0.5 kgf/cm^2), o
	cualquier perfil con $H > 3$ m de arcilla blanda, definida como un suelo con $IP > 20$, $w > 40\%$ y $\bar{s}_u < 25$ kPa (≈ 0.25 kgf/cm^2) (véase la Nota al final de la Tabla)
F	Suelos que requieren evaluación particular de sitio, tales como: • Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. • Turbas o arcillas altamente orgánicas ($H > 3$ m de turba o arcillas altamente orgánicas donde H = espesor del suelo) • Arcillas de alta plasticidad ($H > 7.5$ m con $IP > 75$) • Estratos de arcillas con rigidez de media a blanda de gran espesor ($H > 36$ m)

Fuente: Tabla 3.10.3.1-1 CCP-14.

NOTA: La velocidad de onda utilizada para determinar el tipo de perfil de suelo es la arrojada por el sondeo indirecto por linea de refraccion sismica (Imagen 13).

El calculo de la VS media a 30m de profundidad, se realizo utilizando los valores presentes en la Imagen 13, obteniendose asi resultado mostrado en la Tabla 17, siendo este cercano al obtenido directamente por el software de procesamiento de la linea sismica.

Tabla 17. *Calculo de perfil de suelo según velocidad de onda.*

MÉTODO A		
Vsi promedio (m/s)	**Di (m)**	**Di/Vsi**
261.5	12.0	0.045889
420.0	15.0	0.035714
536.7	3.0	0.005590
Σ(di)/Σ(di/vsi)=	344.0625	PERFIL D

Fuente: Tabla 3.10.3.2-1 CCP-14

Coeficiente Fpga de períodos vibración cero del espectro

El valor de **Fpga** para períodos cortos del espectro (Tabla 3.10.3.2-1) es: **1.40** para **Perfil D**.

Tabla 18. *Valores coeficiente Fpga, zona periodos vibración cero del espectro.*

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos (Véase la Nota 1)				
	$PGA \leq 0.1$	$PGA = 0.2$	$PGA = 0.3$	$PGA = 0.4$	$PGA \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2

Fuente: Tabla 3.10.3.2-1 CCP-14

Coeficiente Fa de períodos de vibración cortos del espectro

El valor de **Fa** para períodos cortos del espectro (Tabla 3.10.3.2-2) es: **1.4** para **Perfil D**.

Tabla 19. *Valores coeficiente Fa, zona periodos vibración cortos del espectro.*

Tipo de Perfil	Coeficiente de aceleración espectral para período de vibración de 0.2s (Véase la Nota 1)				
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2

Fuente: Tabla 3.10.3.2-2 CCP-14

Coeficiente Fv de períodos de vibración largos del espectro

El valor de **Fv** para períodos intermedios del espectro (Tabla 3.10.3.2-3) es: **1.9** para **Perfil D**.

Tabla 20. *Valores coeficiente Fv, zona períodos vibración largos del espectro.*

Tipo de Perfil	Coeficiente de aceleración espectral para período de vibración de 1.0s (Véase la Nota 1)				
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 \geq 0.50$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2

Fuente: Tabla 3.10.3.2-3 CCP-14

7.1.3. Espectro de diseño (3.10.4.1 CCP-14)

Para el análisis de la acción sísmica se recomienda utilizar el espectro de diseño con 5% de amortiguamiento según la Norma CCP-14, definido mediante los siguientes parámetros.

PGA: Coeficiente de aceleración pico del terreno en roca.

Ss: Coeficiente de aceleración espectral de respuesta horizontal para un período de vibración de 0.2 segundos en roca.

T_m: Período de vibración del modo de vibración *m* en segundos.

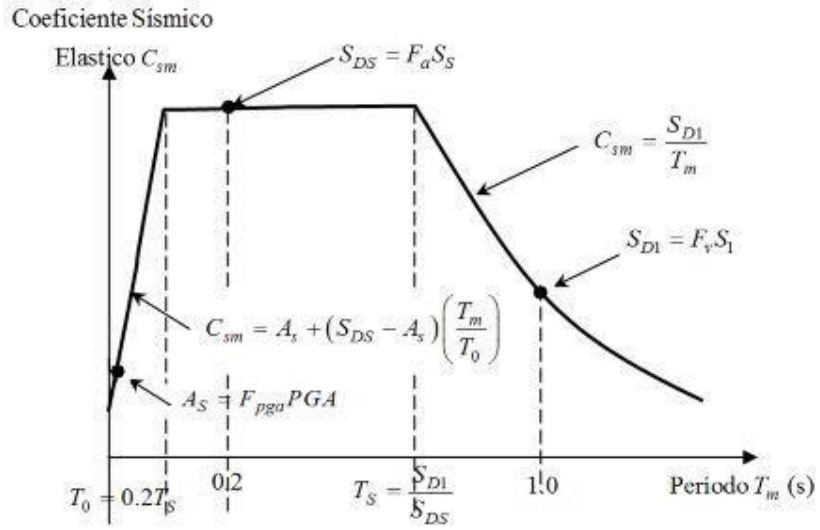
T_0: Período de vibración de referencia empleado para definir la forma espectral e igual a 0.2 segundos.

T_s: Período de vibración que define el punto en el cual el espectro de aceleraciones cambia de la zona donde es independiente del período a ser inversamente proporcional al período $=S_{D1}/S_{D2}$, en segundos.

S1: Coeficiente de aceleración espectral de respuesta hoizontal para un periodo de vibració de 1.0 segundos en roca.

C_{SM}: Coeficiente sísmico elástico de respuesta sísmica.

Imagen 18. *Espectro de Aceleraciones de Diseño para 5% de amortiguamiento.*



Fuente: CCP-14.

Cálculo de periodos:

Tabla 21 *Cálculo de Periodos Perfil Tipo D.*

Parámetros	Perfil D
Pga	0.20
Ss	0.50
S1	0.25
Fpga	1.40
Fa	1.40
Fv	1.90
SD1	0.475
SDS	0.70
As	0.28
Ts	0.68
T0	0.14
CSM (Tm≤T0)	0.33+3.09Tm
CSM (T0≤Tm≤TS)	0.70
CSM (Tm≥TS)	0.475/Tm

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

7.1.4. Zona de desempeño sísmico (3.10.6 CCP-14)

Todo puente debe ser asignado a una zona sísmica específica usando la Tabla 3.10.6-1 dispuesta en el CCP-14, la cual se asigna en función del valor de S_{D1}, de acuerdo a lo anterior el área de estudio se encuenta asignado a una Zona Sísmica 3.

Tabla 22. *Zonas de desempeño sísmico.*

Coeficiente de aceleración espectral S_{D1}	Zona de Desempeño Sísmico
$S_{D1} \leq 0.15$	1
$0.15 < S_{D1} \leq 0.30$	2
$0.30 < S_{D1} \leq 0.50$	3
$0.50 < S_{D1}$	4

Fuente: Tabla 3.10.6-1 CCP-14.

8. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA DISEÑO

Se realizó revisión de las propiedades geomecánicas obtenidas en las perforaciones realizadas (a partir de ensayos de laboratorio, correlación de ensayos SPT y criterio del geotecnista), encontrando que los materiales superficiales corresponden a suelos de relleno y bajo estos se encontrarían suelos residuales y materiales de la Formación Bogotá.

8.1. Definición propiedades del suelo

8.1.1. Correlación ensayo SPT

A partir del comportamiento de los suelos, y de acuerdo con la variación a profundidad del sondeo, se definió el perfil típico para correlacionar las propiedades mecánicas existentes, de acuerdo con los resultados de los sondeos se definirá las propiedades para el estrato de suelo de relleno, de suelo residual encontrado y de la roca blanda meteorizada.

Tabla 23. *Perfil Típico.*

Prof. (m)	N (golpes/pie)	N60	N160	Descripción
0.5	24	17	29	Suelos de relleno con N entre 0-30, de variada consistencia compuestos por arenas limosas con gravas y limos arenosos con fragmentos de arenisca; no apto para cimentación.
1.0	27	19	32	
1.5	20	14	24	
2.0	17	22	20	
2.5	20	14	21	

Prof. (m)	N (golpes/pie)	N60	N160	Descripción
3.0	RT	RT	RT	Suelos residuales Saprolito IB-IC -Deere & Patton; Suelo residual-roca completamente meteorizada VI-V -Dearman, de consistencia firme a muy firme, con N entre 12 y 32, compuestos por arenas arcillosas y arcillas limosas grises con manchas de oxidación ocres; medianamente aptos para cimentación.
3.5	RT	RT	RT	
4.0	RT	RT	RT	
4.5	12	10	11	
5.0	23	22	23	
5.5	21	20	20	
6.0	31	29	28	
6.5	32	30	28	
7.0	R	R	R	Suelos residuales Saprolito IB-IC -Deere & Patton; Suelo residual-roca completamente meteorizada VI-V -Dearman. de consistencia dura, con N mayores a 32, compuestos por arcillas limosas; aptos para cimentación.
7.5	RT	RT	RT	
8.0	RT	RT	RT	
8.5	RT	RT	RT	Transición saprolito roca, compuesto por areniscas gris amarillentas meteorizadas, intercaladas con arcillas grises (arcillolitas meteorizadas): Transición saprolito-roca IIA-Deere&Patton; Roca altamente meteorizada IV-Dearman.
9.0	RT	RT	RT	
9.5	RT	RT	RT	
10.0	RT	RT	RT	
10.5	RT	RT	RT	
11.0	RT	RT	RT	

Prof. (m)	N (golpes/pie)	N60	N160	Descripción
11.5	RT	RT	RT	Transición saprolito roca, compuesto por areniscas gris amarillentas meteorizadas, intercaladas con arcillas grises (arcillolitas meteorizadas): Transición saprolito-roca IIA-Deere&Patton; Roca altamente meteorizada IV-Dearman.
12.0	RT	RT	RT	
12.5	RT	RT	RT	
13.0	RT	RT	RT	

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Convenciones:

N (Golpes/pies) = N de campo

R = Rechazo

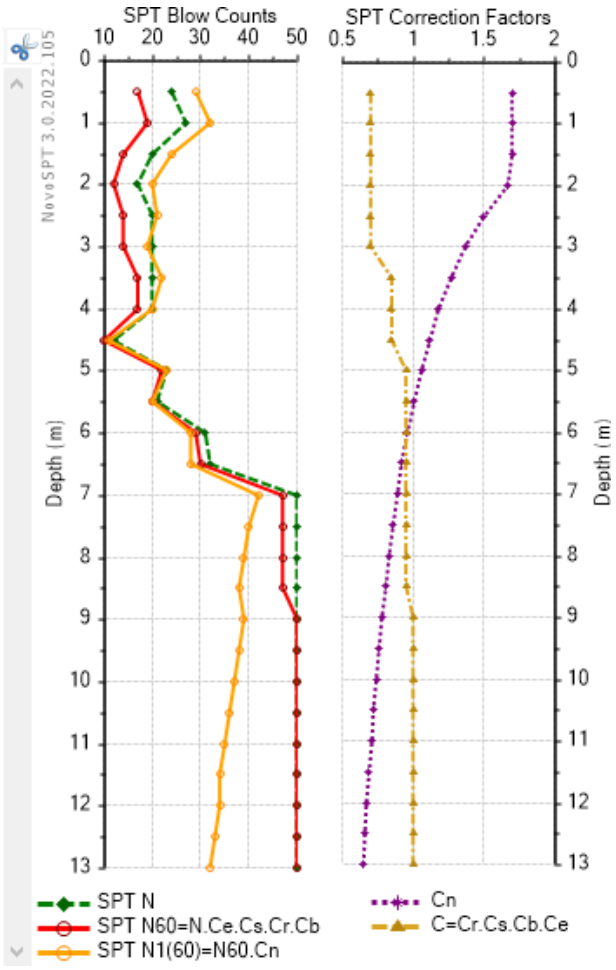
RT= Rotación

N60=N.C

N160= N60.CN

NOTA: los valores de N para el estrato de suelo comprendido entre los 3.0 y 4.0 metros fueron asumidos como N=20 teniendo en cuenta el valor de N a los 2.5 metros, estos valores de RT se asocian a fragmentos de roca provenientes de los rellenos del sitio y de los suelos residuales altamente meteorizados y no necesariamente corresponden con un estrato de mayor rigidez, por esta razón, vemos que a los 4.5 metros aparece un N de 12.

Imagen 19. *Correcciones al ensayo SPT-Sondeo Típico.*



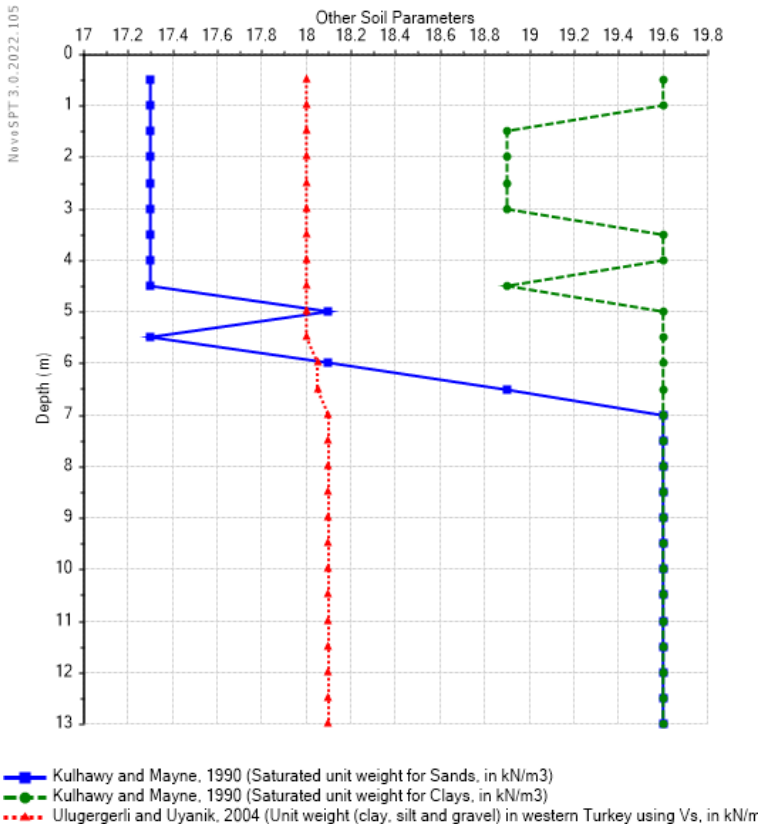
Fuente: NovoSPT licenciado por E.D. Ingeotecnia S.A.S

8.1.1.1. Peso Unitario

El cálculo de los pesos unitarios de los suelos se realizó utilizando los resultados de los ensayos de penetración estándar y las correlaciones propuestas por en el software NovoSPT para obtener una aproximación del valor de los pesos unitarios de los diferentes suelos encontrados,

utilizando las expresiones de Kulhawy and Mayne (1990) para suelos arenosos y arcillosos y Ulugergerli and Uyanik (2004) para arcillas, limos y gravas.

Imagen 20. Peso unitario correlacionado con el SPT-Perfil Típico.



Fuente: NovoSPT licenciado por E.D. Ingeotecnia S.A.S

De acuerdo con el análisis de los resultados de los ensayos SPT y teniendo en cuenta las anteriores correlaciones y las propiedades características de los suelos de la región, se determinaron los valores de peso unitario para los dos (2) estratos encontrados.

Tabla 24. *Valores de peso unitario para cada tipo de suelo.*

Tipo de material	Peso unitario (KN/m3)
Suelo tipo 1 (relleno)	18.16
Suelo tipo 2 (residual firme a muy firme (E1b))	18.38
Suelo tipo 3 (residual duro (E1b))	19.10
Suelo tipo 4 (Saprolito-Roca)	19.10

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

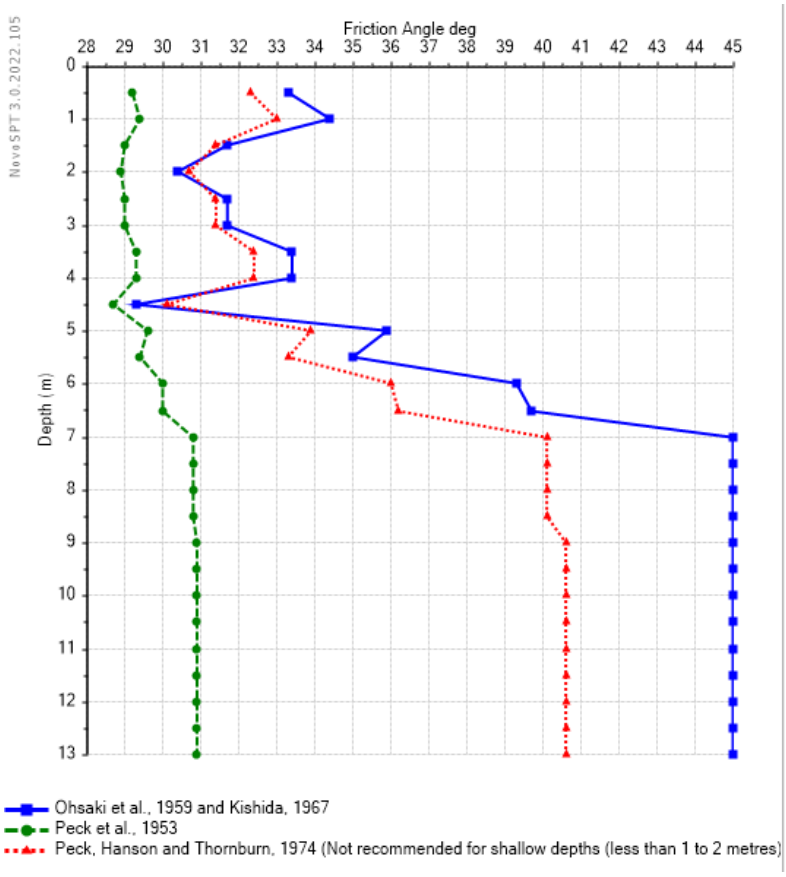
8.1.1.2. Angulo de fricción interna ϕ

Debido a las dificultades para medir el ángulo de fricción real del perfil de suelo en un laboratorio, el valor de ϕ' se puede estimar a partir del ensayo SPT.

Muchos investigadores han presentado correlaciones entre el ángulo de fricción efectiva y el SPT para suelos.

De acuerdo con nuestro criterio las correlaciones de Peck et al, 1953, Peck, Hanson and Thornburn 1974 y Ohsaki et al 1959 and Kishida a 1967 son las que mejor representan los parámetros típicos de los suelos de la región. Una correlación de este tipo es sólo aproximada. El ángulo de fricción real puede variar en ± 3º, o incluso más, respecto al valor dado por la curva.

Imagen 21. *Ángulo de fricción correlacionado con el SPT-Perfil Típico.*



Fuente: NovoSPT licenciado por E.D. Ingeotecnia S.A.S

De acuerdo con el análisis de los resultados de los ensayos SPT y teniendo en cuenta las anteriores correlaciones y las propiedades características de los suelos encontrados en la perforación, se tienen los siguientes valores de ángulo de fricción.

Tabla 25. *Valores de ángulo de fricción para cada tipo de suelo.*

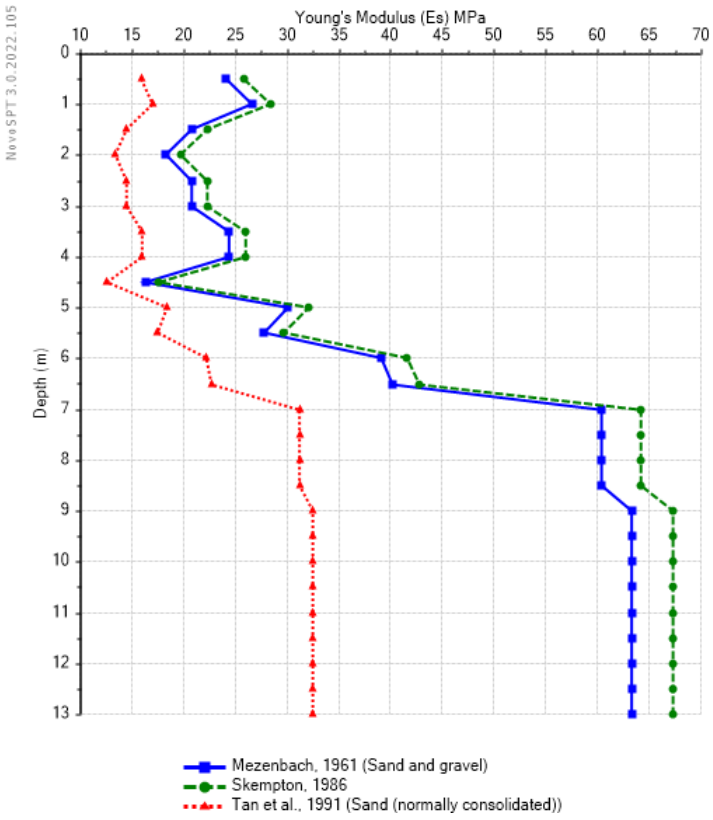
Tipo de material	Ángulo de fricción (°)
Suelo tipo 1 (relleno)	31.05
Suelo tipo 2 (residual firme a muy firme (E1b))	32.45
Suelo tipo 3 (residual duro (E1b))	38.63
Suelo tipo 4 (Saprolito-Roca)	38.81

Fuente: NovoSPT licenciado por E.D. Ingeotecnia S.A.S.

8.1.1.3. Módulo de elasticidad de los suelos

El cálculo de los módulos de elasticidad de los suelos se correlacionó utilizando los resultados de los ensayos de penetración estándar en el software NovoSPT para obtener el valor de los módulos de elasticidad de los diferentes suelos encontrados, utilizando las expresiones de Mezenbach, (1961) para suelos limo arenosos, Skempton para todo tipo de suelo y Tan et al (1991) para gravas y arenas.

Imagen 22. *Módulo de elasticidad correlacionado con el SPT-Perfil Típico*



Fuente: NovoSPT licenciado por E.D. Ingeotecnia S.A.S

De los resultados de las anteriores correlaciones, se obtienen los siguientes valores de módulo de elasticidad para los tipos de suelos identificados en las perforaciones.

Tabla 26. *Valores de módulo de elasticidad para cada tipo de suelo.*

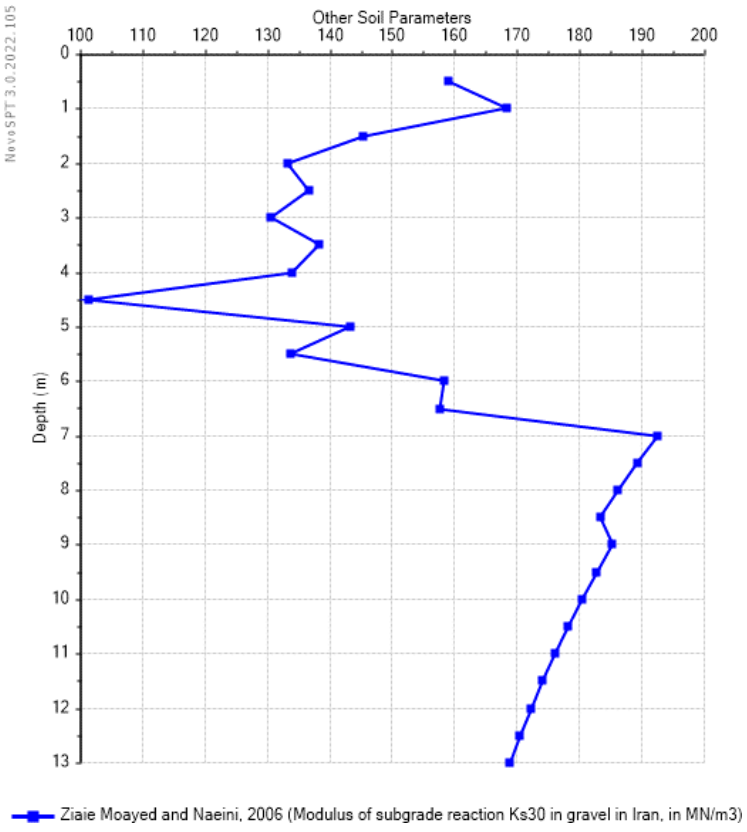
Tipo de material	E (MPa)
Suelo tipo 1 (relleno)	19.38
Suelo tipo 2 (residual firme a muy firme (E1b))	25.05
Suelo tipo 3 (residual duro (E1b))	47.70
Suelo tipo 4 (Saprolito-Roca)	54.12

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

8.1.1.4. Coeficiente de reacción del suelo o módulo de Balasto

El cálculo de los módulos de balasto de los suelos se correlacionó utilizando los resultados de los ensayos de penetración estándar en el software NovoSPT. El cálculo se realizó utilizando la expresión de Ziaie Moayed and Naeimi, (2006).

Imagen 23. *Coeficiente de reacción del suelo o módulo de balasto.*



Fuente: NovoSPT licenciado por E.D. Ingeotecnia S.A.S.

De los resultados de las anteriores correlaciones, se obtiene los siguientes valores de módulo de balasto para los diferentes tipos de suelo identificados en las exploraciones geotécnicas.

Tabla 27. *Valores de módulo de balasto para cada tipo de suelo.*

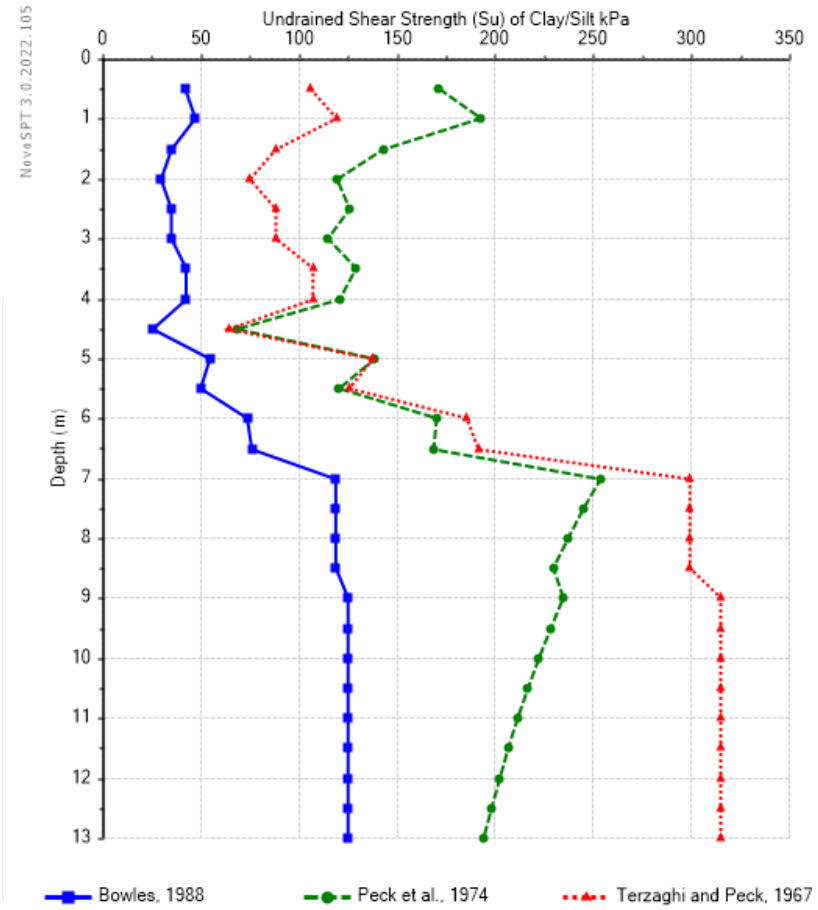
Tipo de material	Módulo de reacción del suelo (MN/m3)	Módulo de reacción del suelo (Kg/cm3)
Suelo tipo 1 (relleno)	148.46	14.84
Suelo tipo 2 (residual firme a muy firme (E1b))	137.11	13.71
Suelo tipo 3 (residual duro (E1b))	189.30	18.93
Suelo tipo 4 (Saprolito-Roca)	177.19	17.71

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

8.1.1.5. Resistencia al corte sin drenaje Su

El cálculo de la resistencia al corte sin drenaje de los suelos se correlacionó utilizando los resultados de los ensayos de penetración estándar en el software NovoSPT para obtener el valor de la resistencia al corte sin drenaje de los diferentes suelos encontrados, utilizando las expresiones de Meyerhof (1956), Peck et al. (1974) y Terzaghi and Peck, 1967.

Imagen 24. *Resistencia al corte sin drenaje correlacionado con el SPT-Perfil Típico.*



Fuente: NovoSPT licenciado por E.D. Ingeotecnia S.A.S

De los resultados de las anteriores correlaciones, se obtiene el siguiente valor de resistencia al corte sin drenaje para los tipos de suelo identificados en la perforación.

Tabla 28. *Valores de resistencia al corte sin drenaje Su para cada tipo de suelo.*

Tipo de material	Su (kN/m2)
Suelo tipo 1 (relleno)	-
Suelo tipo 2 (residual firme a muy firme (E1b))	101.56
Suelo tipo 3 (residual duro (E1b))	221.09
Suelo tipo 4 (Saprolito-Roca)	-

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

NOTA: Para el cálculo del Su por debajo de la punta del pilote se consideró que al rotar es debido a que el suelo da rechazo por lo mismo y según se indicó en la X JORNADAS GEOTÉCNICAS DE LA INGENIERIA COLOMBIANA - SCI -SCG – 1999, se puede considerar que cuando un suelo da rechazo el número de golpes es de alrededor de 50.

8.1.1.6. Propiedades de los suelos NovoSPT

De acuerdo con los resultados de correlación obtenidos, se escogieron los parámetros geotécnicos para los tipos de suelos encontrados según la correlación de Nspt con el software Novo SPT:

Tabla 29. *Propiedades de los suelos – Novo SPT.*

Tipo de suelo	Peso unitario (KN/m3)	Ángulo de fricción (°)	E (MPa)
Suelo tipo 1 (relleno)	18.16	31.05	19.38

Tipo de suelo	Peso unitario (KN/m3)	Ángulo de fricción (°)	E (MPa)
Suelo tipo 2 (residual firme a muy firme (E1b))	18.38	32.45	25.05
Suelo tipo 3 (residual duro (E1b))	19.10	38.63	47.70
Suelo tipo 4 (Saprolito-Roca)	19.10	38.81	54.12

Fuente: NovoSPT licenciado por E.D. Ingeotecnia S.A.S.

8.1.2. Valores seleccionados

Los parámetros geomecánicos de los suelos se definieron con base en los resultados obtenidos por correlación de Novo SPT, los ensayos de laboratorio y el criterio del geotecnista. Las propiedades de los suelos de acuerdo con los estratos identificados y sus respectivas características son las siguientes:

Tabla 30. *Propiedades finales de los suelos.*

Tipo de material	Peso unitario (KN/m3)	Angulo de fricción (°)	Cohesión (KN/m2)	Módulo de reacción del suelo (Kg/cm3)	E (MPa)	Su (kN/m2)
Suelo tipo 1 (relleno)	18.16 (1)	30.05 (1)	10.00 (3)	14.84 (1)	19.38 (1)	-
Suelo tipo 2 (residual firme a muy firme (E1b))	20.80 (2)	32.45 (1)	15.00 (3)	13.71 (1)	25.05 (1)	101.56 (1)
Suelo tipo 3 (residual duro (E1b))	21.10 (2)	38.63 (1)	15.00 (3)	18.93 (1)	47.70(1)	221.09 (1)
Suelo tipo 4 (Saprolito-Roca)	21.30 (2)	35.40 (2)	92.00 (2)	-	500.00 (3)	-

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

NOTA:

(1) Tomado a partir de correlación de Nspt con software Novo SPT.

(2) Tomado a partir de ensayos de laboratorio.

(3) Tomado de bibliografía y criterio de E.D. Ingeotecnia.

Para los coeficientes de presión de tierras se recomiendan las siguientes expresiones:

$$Ka = (\tan (45 - Ø/2)) ^2 \qquad Kp = (\tan (45+ Ø/2)) ^2$$

Tabla 31. *Coeficientes de presión de tierra.*

Tipo de material	Ka	Kp
Suelo tipo 1 (relleno)	0.332	3.006
Suelo tipo 2 (residual firme a muy firme (E1b))	0.301	3.315
Suelo tipo 3 (residual duro (E1b))	0.231	4.323
Suelo tipo 4 (Saprolito-Roca)	0.266	3.753

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

9. CÁLCULO DE CAPACIDAD DE SOPORTE

Teniendo en cuenta los materiales encontrados en la exploración geotécnica realizada, análisis de estudios previos y parámetros geomecánicos, se realiza el cálculo de capacidad de soporte del suelo de relleno, del suelo residual y de pilotes como sistema de cimentación del muro teniendo en cuenta los estados límites especificados en el capítulo 10 de la CCP-14.

9.1. **Análisis de resistencia**

Los análisis de resistencia se realizaron para la capacidad de carga de cada tipo de suelo y de la cimentación propuesta y para cada uno de los estados límites definidos en el Capítulo 10.5.2 a 10.5.4 de la CCP-14 (Estado límite de servicio, resistencia y evento extremo).

De acuerdo con los requerimientos proyectados, se realizaron análisis para calcular la capacidad de soporte a nivel de suelo competente basados en las caracterización geotécnica realizada. Se presentan ábacos con las capacidades a compresión de pilotes para los diferentes estado límite, los cuales se realizan a partir de modelos con pilotes de diámetros de 0.60, 0.90 y 1.20 metros, con longitudes que varían desde 4.00 a 12.00 metros. Solamente se tiene en cuenta la longitud de empotramiento de los pilotes en el suelo residual despreciando la profundidad de relleno. Ademas, según CCP-14 10.8.3.5.1b la parte superior del pilote igual a 1.5 m no debe tomarse para la resistencia por fricción ni tampoco la distancia por encima de la punta igual a un diámetro del pilote.

Cada valor de capacidad calculada deberá ser afectado por un factor de resistencia según el estado límite analizado. Para el Estado Límite de Servicio (ELS) se tomará como 1.0 (Capítulo 10.5.5.1, CCP-14), para el Estado Límite de Evento Extremo (ELEE) el factor de resistencia será de 1.0, a excepción de resistencia a levantamiento el cual será de 0.8 (Capítulo 10.5.5.3, CCP-14).

Finalmente, para el Estado Límite de Resistencia (ELR) el factor dependerá del análisis a evaluar y el material de mayor influencia en la cimentación (Tabla 10.5.5.2.4-1 para pilotes perforados, CCP-14).

9.1.1. Analisis por medio del metodo Alpha CCP-14

Considerando los tipos de suelos encontrados durante la exploracion del sitio principalmente arcillosos tanto en la proyeccion del fuste como en la punta del mismo, esto teniendo los ensayos de clasificación del suelo realizados y conforme a lo expuesto en la CCP-14, el metodo empleado para el calculo de la capacidad admisible a compresion y traccion en pilotes es el metodo Alpha para resistencia a friccion y para resistencia por punta (CCP-14 10.8.3.5.1b y CCP-14 10.8.3.5.1c respectivamente).

Para la capacidad a compresion de los pilotes, especificamente su resistencia a friccion, esta se calcula definiendo en primer lugar un coeficiente de adhesión α, siendo este dependiente del rango en el que se encuentre el valor de Su/Pa como se preseta a continuación:

$$\alpha = 0.55 \; para \; \frac{S_u}{P_a} \leq 1.5$$

$$\alpha = 0.55 - 0.1(\frac{S_u}{P_a} - 1.5) \; para \; 1.5 \leq \frac{S_u}{P_a} \leq 2.5$$

Donde

S_u = Resistencia al corte sin drenaje (MPa)

α = Factor de adhesión (adim)

P_a = Presión atmosferica (=0.101 MPa).

Posteriormente, se procede a calcular la resistencia a friccion o fuste por parte de cada estrato empleando la siguiente ecuacion:

$$Q_s = q_s \cdot A_s$$

Donde

q_s = Resistencia axial nominal (Mpa) = αS_u .

A_s = Area lateral del pilote (mm²).

Siendo As calculada como el area superficial que trabaja a friccion en el pilote.

$$A_s = \pi \cdot D \cdot L$$

Donde

D = Diametro del pilote (mm).

L = Longitud del pilote que contribuye a la resistencia por friccion(mm), para su calculo se reduce el espesor del primer estrato en 1500 mm y del ultimo estrato en una vez el diametro del pilote.

La suma de los Q_s de cada uno de los estratos de suelo dan como resultado la resistencia por friccion del pilote, mientras que para el calculo de la resistencia por punta de los pilotes, considerando que por debajo de este se encuentran arcillas se considerara el metodo Alpha, especifico para este tipo de suelos, para ello se establece la resistencia nominal por punta (q_p), para el cual se calcula el N_C, determinado por la expresion.

$$N_C = 6 \cdot [1 + 0.2 \cdot (\frac{Z}{D})] \leq 9$$

Donde

D = Diametro del pilote (mm).

Z = Profundidad o longitud del pilote (mm)

Con el valor de N_C ya establecido, se procede a calcular q_p, el cual depende de N_C y S_u promedio para una profundiad de 2 veces el diametro por debajo de la punta del pilote y cuya expresion es.

$$q_p = N_C \cdot Su \leq 4.0$$

Donde

S_u = Resistencia al corte sin drenaje (Mpa).

Cabe resaltar que si $Su < 0.024\ Mpa$ se debera multiplicar el valor de N_C por 0.67. Para determinar la resistencia por punta Q_p se debe multiplar el area de la punta del pilote A_p por la resistencia nominal por punta q_p, quedando asi la siguiente expresion

$$Q_p = q_p \cdot A_p$$

De esta forma sumando la capacidad por fricción y punta se obtiene la resistencia total a compresion del elemento (Q_T), siendo esta de 458.49 kN en condición ELS, 193.40 kN en condición ELR y 458.49 kN en condición ELEE, el cual cuenta con un pilote de 4.0 m de longitud y 0.60 m de diametro.

Es importante resaltar que el estrato de suelo Tipo 4 (Saprolito-Roca) el cual se considera como un material de tipo IGM y que según CCP-14 existen metodologias diferentes a la Alpha y

Betha para el cálculo de capacidad por fricción, según CCP-14 10.8.3.5.5 se recomienda revisar los procedimientos descritos por O'Neill y Reese (1999) (ver Imagen *25* e Imagen *26*).

Imagen 25. *Resistencia por fricción en suelos IGM cohesivos - procedimiento O'Neill and Reese 1999.*

Sides in layer of cohesive IGM:

$$f_{max\,i} = \alpha \varphi q_{u\,i} \qquad (11.21)$$

α (not equal to the value of α for cohesive soils) is obtained from Figure 11.3 for the range of conditions shown on the figure. E_m is the Young's modulus of the IGM mass and q_u is the unconfined strength of the intact IGM. w_t is the settlement of the socket at which α is developed. E_m can be estimated from measured Young's moduli on intact cores, E_i, using Table B-5. Figure 11.13 is based upon the assumption that the angle of interface friction φ_{rc} is 30°. If evidence exists that φ_{rc} is significantly different than 30°, then α should be modified according to Equation (11.22).

Fuente: O'Neill and Reese (1999).

Se observa que según las recomendaciones de O'neill and Reese 1999, se requieren parámetros de módulo de elasticidad del material IGM y sobre todo el valor de qu del material intacto extraído de un núcleo de dicho material, teniendo en cuenta la ausencia de un ensayo de laboratorio para determinar este parámetro, se adoptará conservadoramente la resistencia por fricción del IGM como un suelo netamente cohesivo asumiendo un valor de Su igual al del estrato 3.

Imagen 26. *Resistencia por punta en suelos IGM cohesivos - procedimiento O'Neill and Reese 1999.*

Base Resistance for Compression Loading, q_{max}:

Base in cohesive soil (e. g., Layer 4 in Figure 10.4):

If s_u (design value) ≥ 96 kPa (1 tsf):and depth of base ≥ 3 B (of the base):

$$q_{max} = 9\, s_u$$

Fuente: O'Neill and Reese (1999).

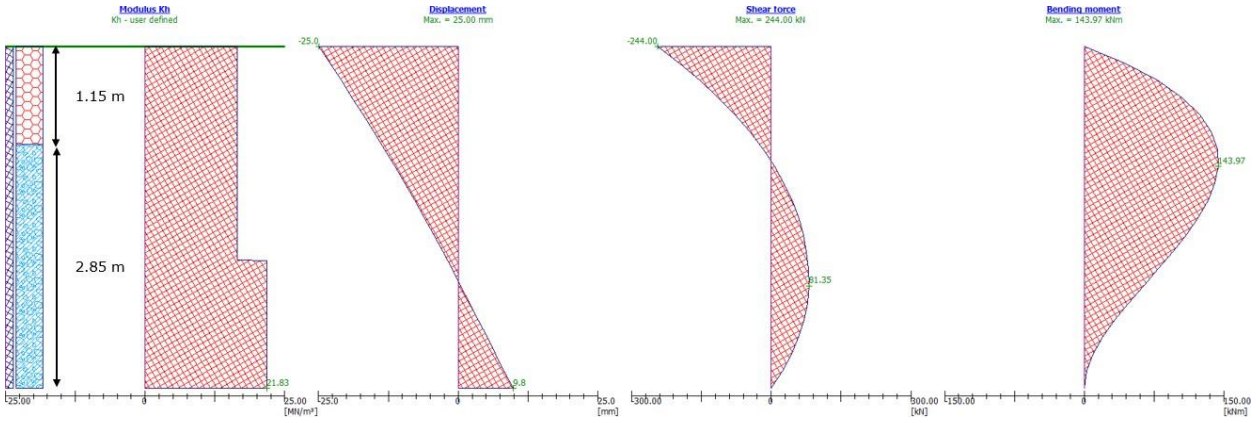
Para este caso se asumió conservadoramente un Su igual estrato 3 teniendo en cuenta que para el estrato 4 no se cuenta con laboratorios que permitan determinar este valor.

En lo que respecta al calculo de la resistencia a traccion del pilote, este se calcula como una fraccion del valor de la resistencia a friccion del pilote, en este caso se asumio este factor de resistencia como 0.35, según lo establecido en la CCP14 10.5.5.2.4-1. Para los parametros actuales del proyecto, considerando un pilote de 0.60 m de diametro y 4.0 m de longitud se obtuvo una resistencia a la traccion del pilote de 200.05 kN en condición ELS, 70.02 kN en condición ELR y 160.04 kN en condición ELEE.

$$Q_L = \beta \cdot q_S$$

Por ultimo, para el calculo de la carga que resiste lateralmente el pilote, se utilizo las curvas py, estas fueron obtenidas a traves de un software de modelación, en el cual ingresando los parametros de los diferentes estratos de suelo, el diametro del pilote y la longitud del mismo, el programa calcula las curvas correspondientes a deformacion, fuerza cortante y momento. Siendo la fuerza aplicada para una deformacion cercana a 2.5 cm, la que se considera como la resistencia lateral del pilote, para el caso de estudio de este informe la resistencia lateral del pilote es de 256.0 kN tanto para ELS, ELR y ELEE (considerando un pilote de 0.60 m de diametro y 4.0 m de longitud).

Imagen 27. *Curvas Py.*



Fuente: Software de modelación de pilotes.

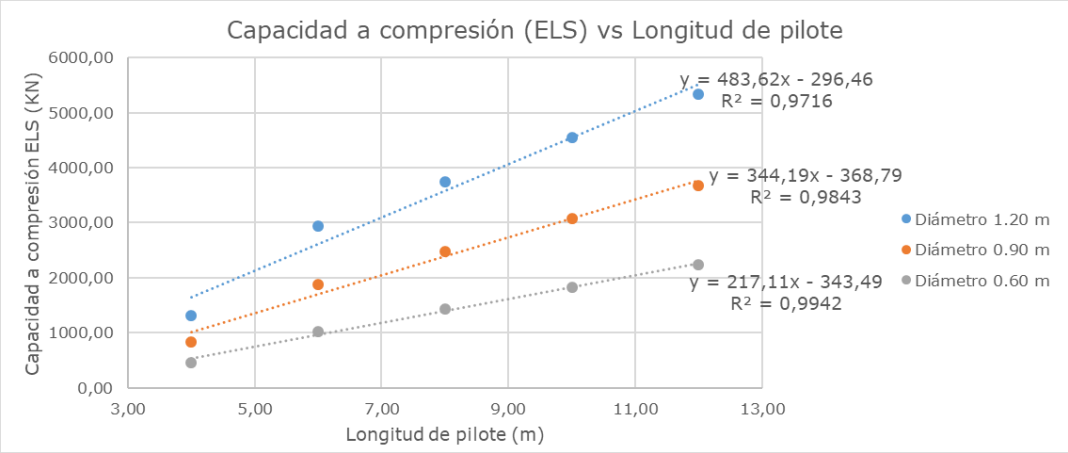
Cabe resaltar que toda la metodologia empleada junto con los calculos realizados se encuentran expuestos en el Anexo 7.

NOTA: Cabe resaltar que los materiales del sitio corresponden principalmente a una matriz de suelo con cierta cantidad de fragmentos de roca, lo cual puede aumentar de manera erronea su consistencia, por lo mismo se recomienda que el comportamiento no sea dado según su consistencia (numero de golpes), si no al comportamiento directo de la matriz

A continuación, se muestran los ábacos para calcular el valor de resistencia axial, levantamiento y horizontal para el pilote requerido según la CCP 14.

Compresión axial (Estado límite de servicio)

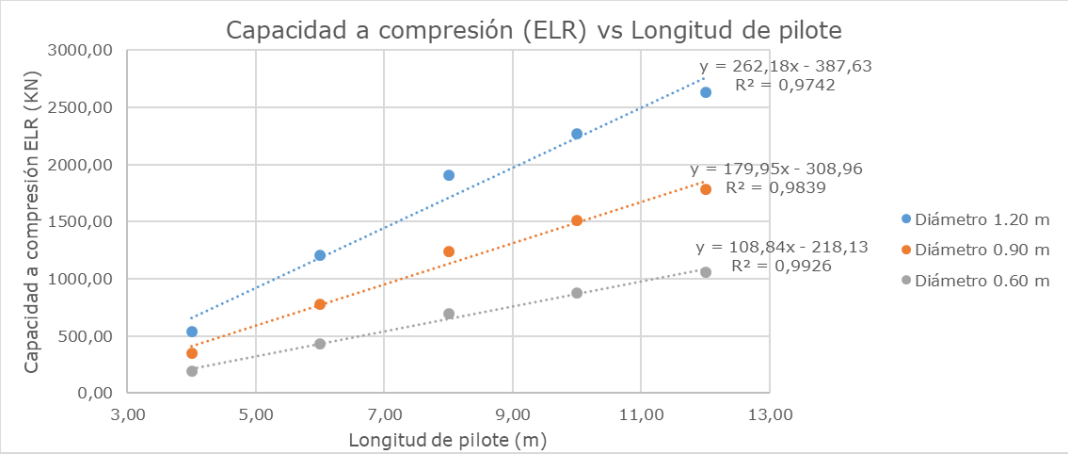
Imagen 28. *Ábaco de capacidad a la compresión de pilotes (ELS)*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Compresión axial (Estado límite de resistencia)

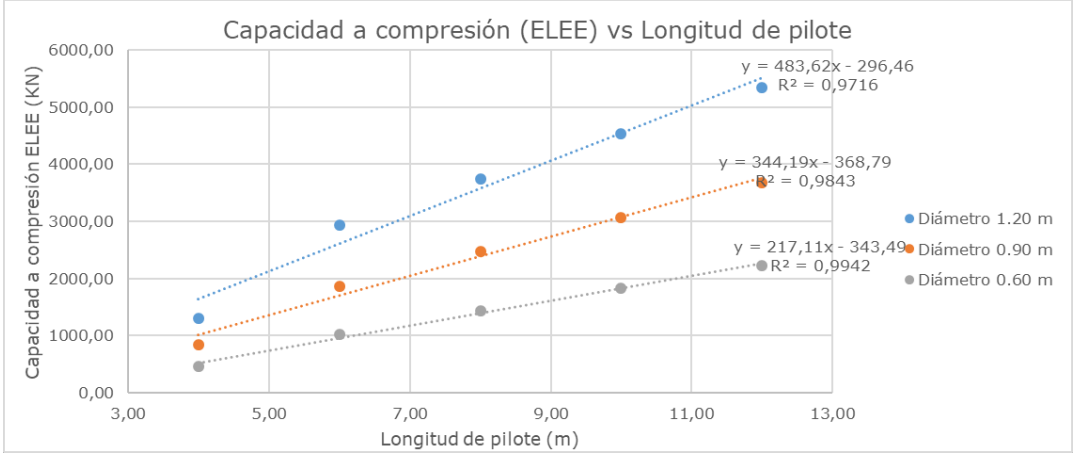
Imagen 29. *Ábaco de capacidad a la compresión de pilotes (ELR)*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Compresión axial (Estado límite de evento extremo)

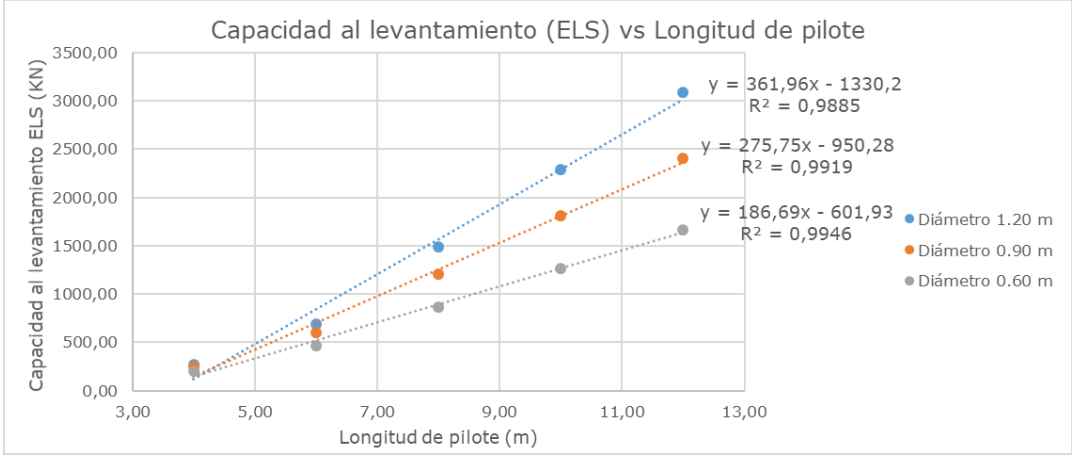
Imagen 30. *Ábaco de capacidad a la compresión de pilotes (ELEE)*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Levantamiento (Estado límite de servicio)

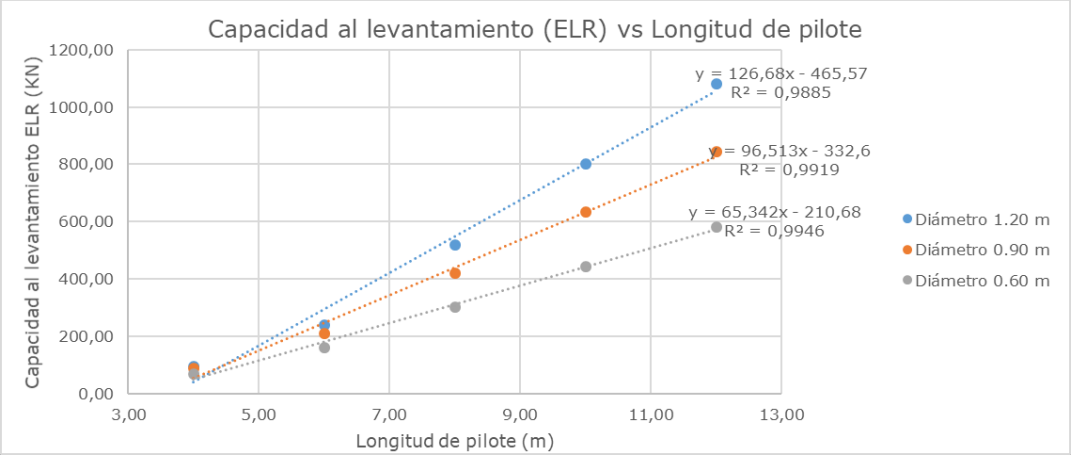
Imagen 31. *Ábaco de capacidad al levantamiento de pilotes (ELS)*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Levantamiento (Estado límite de resistencia)

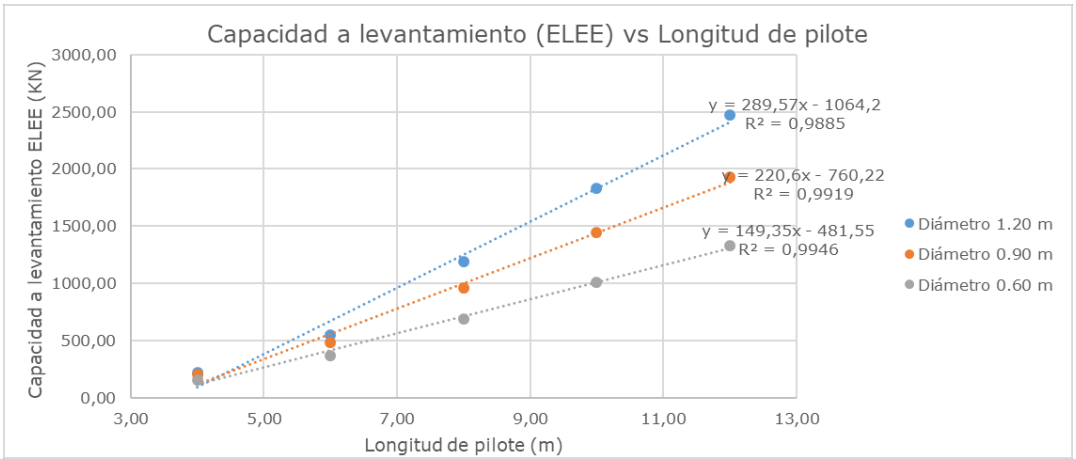
Imagen 32. *Ábaco de capacidad al levantamiento de pilotes (ELR)*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Levantamiento (Estado límite de evento extremo)

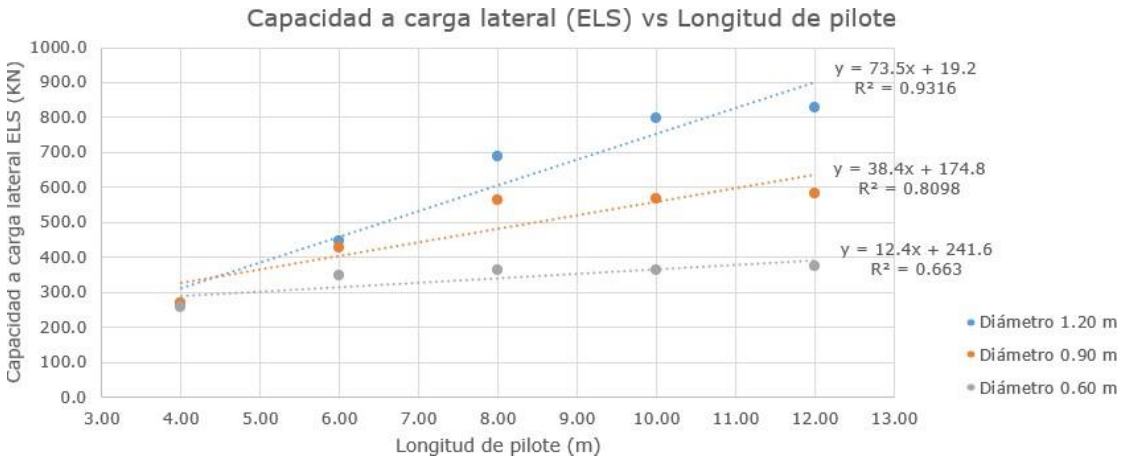
Imagen 33.. *Ábaco de capacidad al levantamiento de pilotes (ELEE)*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Carga lateral (Estado límite de servicio)

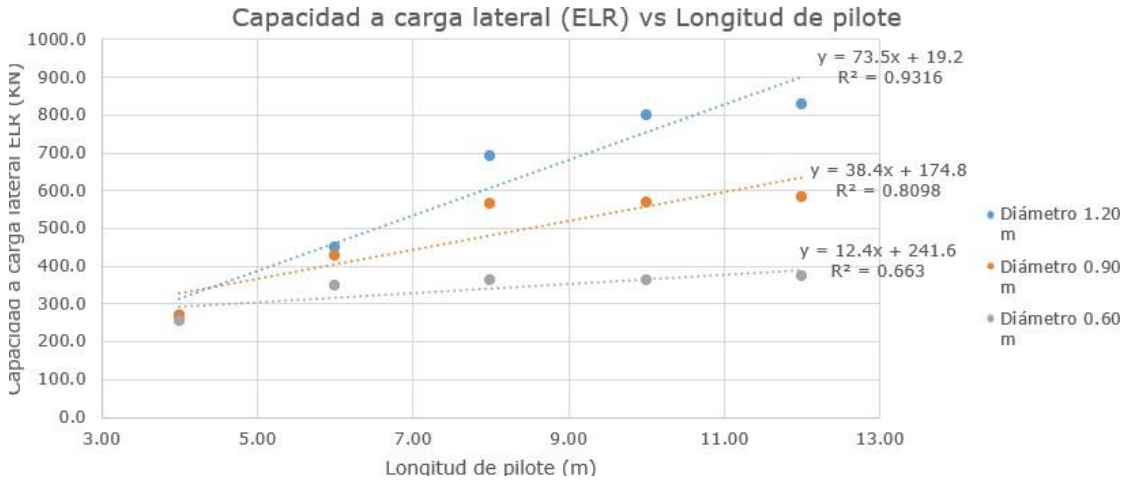
Imagen 34. *Ábaco de capacidad a la carga lateral de pilotes (ELS)*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Carga lateral (Estado límite de resistencia)

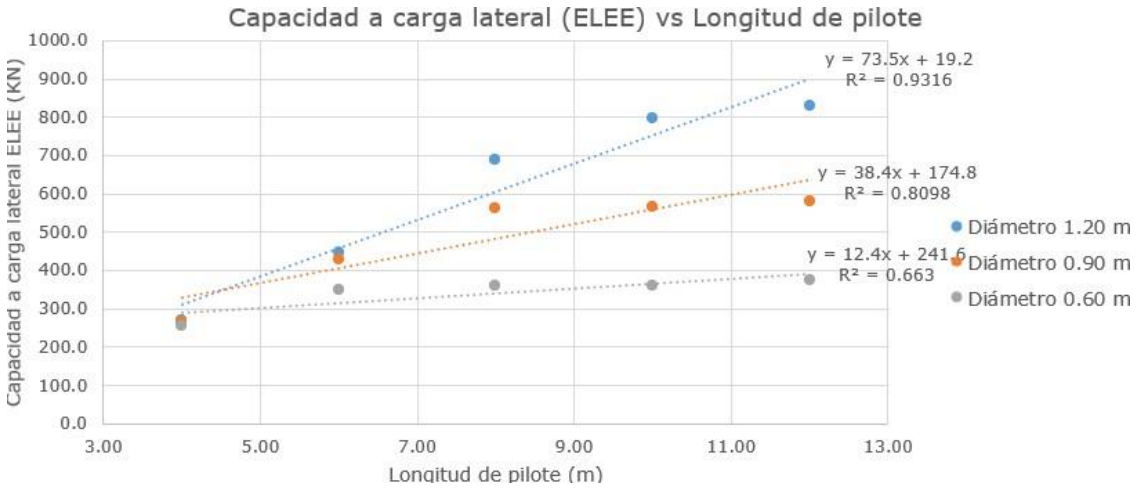
Imagen 35. *Ábaco de capacidad a la carga lateral de pilotes (ELR)*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Carga lateral (Estado límite de evento extremo)

Imagen 36. *Ábaco de capacidad a la carga lateral de pilotes (ELEE)*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

A continuación, se presentan las tablas con los valores con los cuales fueron alimentados los ábacos presentados anteriormente.

Tabla 32. *Capacidad de resistencia compresión axial de pilotes.*

Diámetro (m)	Longitud (m)	ELS (KN)	ELR (KN)	ELEE (KN)
1.20	4.00	1307.51	536.69	1307.51
	6.00	2935.81	1208.60	2935.81
	8.00	3737.80	1907.05	3737.80
	10.00	4539.78	2267.94	4539.78
	12.00	5341.76	2628.83	5341.76

Diámetro (m)	Longitud (m)	ELS (KN)	ELR (KN)	ELEE (KN)
0.90	4.00	834.18	346.31	834.18
	6.00	1870.13	778.27	1870.13
	8.00	2471.62	1238.81	2471.62
	10.00	3073.10	1509.48	3073.10
	12.00	3674.59	1780.15	3674.59
0.60	4.00	458.49	193.40	458.49
	6.00	1025.60	433.39	1025.60
	8.00	1426.59	698.23	1426.59
	10.00	1827.58	878.67	1827.58
	12.00	2228.57	1059.12	2228.57

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Tabla 33. *Capacidad de resistencia al levantamiento de pilotes.*

Diámetro (m)	Longitud (m)	ELS (KN)	ELR (KN)	ELEE (KN)
1.20	4.00	273.75	95.81	219.00
	6.00	685.39	239.89	548.31
	8.00	1487.37	520.58	1189.90
	10.00	2289.36	801.27	1831.49
	12.00	3091.34	1081.97	2473.07

Diámetro (m)	Longitud (m)	ELS (KN)	ELR (KN)	ELEE (KN)
0.90	4.00	252.70	88.44	202.16
	6.00	604.27	211.49	483.41
	8.00	1205.75	422.01	964.60
	10.00	1807.24	632.53	1445.79
	12.00	2408.73	843.05	1926.98
0.60	4.00	200.05	70.02	160.04
	6.00	462.99	162.05	370.39
	8.00	863.98	302.39	691.19
	10.00	1264.98	442.74	1011.98
	12.00	1665.97	583.09	1332.77

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Tabla 34. *Capacidad de resistencia geotécnica horizontal de pilotes.*

Diámetro (m)	Longitud (m)	ELS (KN)	ELR (KN)	ELEE (KN)
1.20	4.00	270.0	270.0	270.0
	6.00	448.0	448.0	448.0
	8.00	690.0	690.0	690.0
	10.00	798.0	798.0	798.0
	12.00	830.0	830.0	830.0

Diámetro (m)	Longitud (m)	ELS (KN)	ELR (KN)	ELEE (KN)
0.90	4.00	268.0	268.0	268.0
	6.00	428.0	428.0	428.0
	8.00	564.0	564.0	564.0
	10.00	568.0	568.0	568.0
	12.00	582.0	582.0	582.0
0.60	4.00	256.0	256.0	256.0
	6.00	350.0	350.0	350.0
	8.00	362.0	362.0	362.0
	10.00	362.0	362.0	362.0
	12.00	374.0	374.0	374.0

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

9.1.2. Cálculo de capacidad superficial de zapatas

A continuación, se presenta el cálculo de la capacidad de soporte para el estrato de suelo tipo 2 (residual firme a muy firme), esto según las recomendaciones presentadas en el CCP-14 C.10.6.3.

Cada valor de capacidad calculada deberá ser afectado por un factor de resistencia según el estado límite analizado. Para el Estado Límite de Servicio (ELS) se tomará como 1.0 (Capítulo 10.5.5.1, CCP-14) y para el Estado Límite de Resistencia (ELR) se tomará un valor de 0.5 (Tabla 10.5.5.2, CCP-14).

10.6.3.1.1 — *General* — La capacidad de carga de las zapatas debe determinarse con base en el nivel freático más alto previsto para el sitio en que se ubica la zapata.

La capacidad de carga mayorada, q_R, en el estado límite de resistencia debe tomarse como:

$$q_R = \varphi_b q_n \qquad (10.6.3.1.1\text{-}1)$$

donde:

φ_b = factor de resistencia especificado en el articulo 10.5.5.2.2
q_n = capacidad de carga nominal (MPa)

donde:

c = cohesión, tomada como la resistencia al corte del suelo no drenado (MPa)
N_c = factor de capacidad carga especificado en la tabla 10.6.3.1.2a-1 para el término que corresponde a la cohesión (carga en suelo no drenado) (adim)
N_q = factor de capacidad carga especificado en la tabla 10.6.3.1.2a-1 para el término que corresponde a la sobrecarga (empotramiento) (carga en suelo drenado o no drenado) (adim)
N_γ = factor de capacidad carga especificado en la tabla 10.6.3.1.2a-1 para el término que corresponde al peso unitario (ancho de zapata) (carga en suelo drenado) (adim)
γ = peso unitario total (húmedo) del suelo por encima o por debajo de la profundidad de apoyo de la zapata (N/mm^3)
D_f = profundidad de empotramiento de la zapata (mm)
B = Ancho de la zapata (mm)
C_{wq},
$C_{w\gamma}$ = factores de corrección para tener en cuenta la ubicación del nivel freático especificados en la Tabla 10.6.3.1.2a-2 (adim)
s_c, s_γ,

Excepto lo indicado a continuación, la capacidad de carga nomnal de un estrato de suelo, en MPa, debe tomarse como:

$$q_n = cN_{cm} + \gamma D_f N_{qm} C_{wq} + 0.5\gamma B N_{\gamma m} C_{w\gamma} \qquad (10.6.3.1.2a\text{-}1)$$

en la cual:

$$N_{cm} = N_c s_c i_c \qquad (10.6.3.1.2a\text{-}2)$$

$$N_{qm} = N_q s_q d_q i_q \qquad (10.6.3.1.2a\text{-}3)$$

$$N_{\gamma m} = N_\gamma s_\gamma i_\gamma \qquad (10.6.3.1.2a\text{-}4)$$

s_q = factores de corrección de forma de la zapata, especificados en la Tabla 10.6.3.1.2a-3 (adim)
d_q = factor de corrección para tener en cuenta la resistencia al corte a lo largo de la superficie de falla que pasa a través de material no cohesivo por encima de la cota de elevación del punto de apoyo, especificado en la Tabla 10.6.3.1.2a-4 (adim)
i_c, i_γ, i_q = factores de inclinación de la carga determinados mediante las ecuaciones 10.6.3.1.2a-5 o 10.6.3.1.2a-6, y 10.6.3.1.2a-7 y 10.6.3.1.2a-8 (adim)

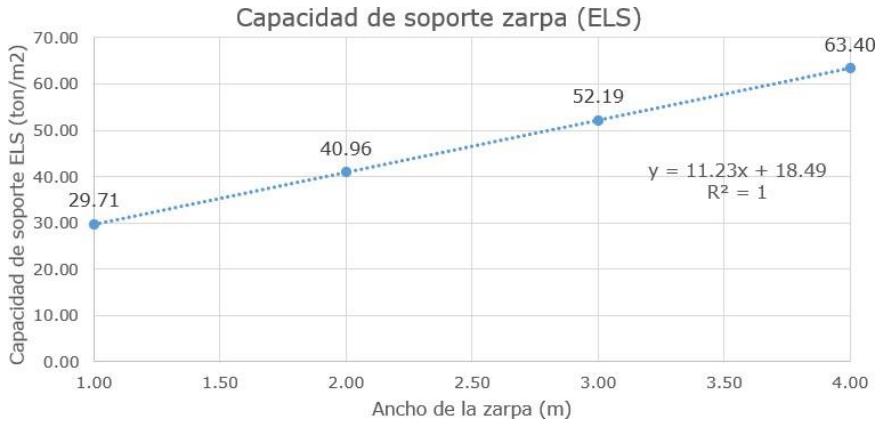
NOTA: en el Anexo 7, se presentan las memorias de cálculo para cada ancho de zarpa. Es importante resaltar que debido a que la zarpa del muro se considera como una zapata corrida, el largo L se propuso con una dimensión lo suficientemente grande como para tener este efecto de zapata corrida. Adicionalmente, se realizó el cálculo de la capacidad de soporte con un nivel de

desplante Df de cero metros, esto para tener en cuenta el efecto del desconfinamiento del suelo al realizar las recuperaciones para llegar al nivel de cimentación.

En caso de que se desee cimentar mediante recuperaciones, se recomienda evaluar el comportamiento a nivel estructural de las mismas, ya que se pueden generar efectos de flexión y corte en las recuperaciones, esto teniendo en cuenta que el muro se encuentra sobre una ladera y las superficies de falla de los modelos de estabilidad cortan estos elementos, por lo tanto, deberán evaluarse a nivel estructural. Para esta consultoría se recomienda el uso de pilotes, ya que estos cuentan con un mejor comportamiento a nivel geotécnico y estructural.

Capacidad de soporte sobre suelo tipo 2 (Estado límite de servicio)

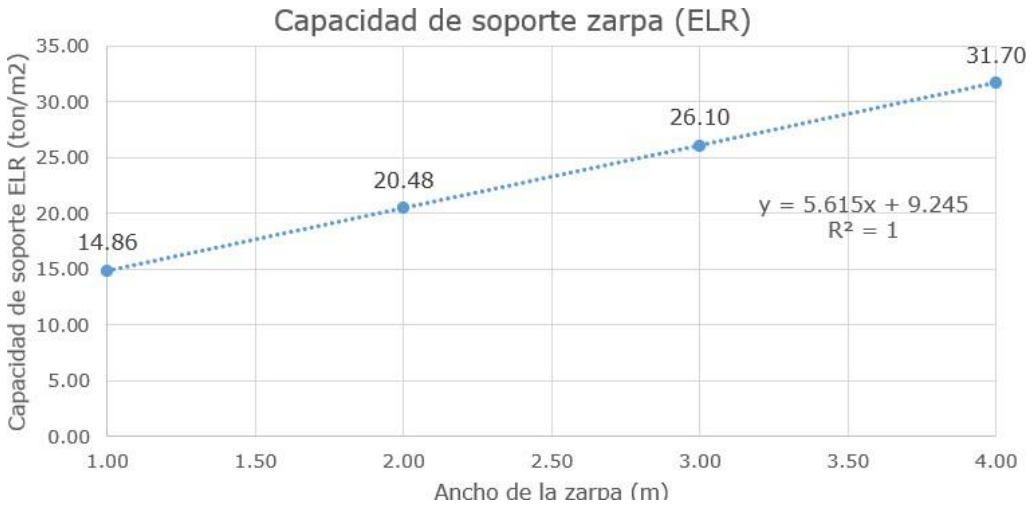
Imagen 37. *Ábaco de capacidad de soporte zarpa muro sobre suelo tipo 2 (ELS)*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Capacidad de soporte sobre suelo tipo 2 (Estado límite de resistencia)

Imagen 38. *Ábaco de capacidad de soporte zarpa muro sobre suelo tipo 2 (ELR)*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

9.1.3. Coeficiente de reacción vertical y horizontal (Kv, Kh)

El módulo de balasto vertical (Kv) es utilizado para estimar las deformaciones en los suelos producto de las cargas que transmite un elemento de cimentación al terreno sobre el que se apoya. Estas deformaciones son de tipo instantáneo, por lo que no se tienen en cuenta los asentamientos por consolidación de los terrenos cohesivos blandos o compresibles. El coeficiente Kv representa la rigidez del terreno y se comporta inversamente proporcional a los asentamientos permisibles.

Tabla 35. *Coeficiente vertical Kv para pilotes considerando resistencias a compresión por metodología CCP14.*

Diámetro (m)	Longitud (m)	Carga ELR (KN)	(Kv) (Tn/m)
1.20	4.00	536.69	2146.76
	6.00	1208.60	4834.38
	8.00	1907.05	7628.20
	10.00	2267.94	9071.77
	12.00	2628.83	10515.34
0.90	4.00	346.31	1385.23
	6.00	778.27	3113.06
	8.00	1238.81	4955.25
	10.00	1509.48	6037.93
	12.00	1780.15	7120.61
0.60	4.00	193.40	773.59
	6.00	433.39	1733.56
	8.00	698.23	2792.90
	10.00	878.67	3514.69
	12.00	1059.12	4236.47

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

El módulo de balasto horizontal (Kh) es utilizado para estimar la presión horizontal de tierras que se opone al movimiento de pantallas o pilotes. Este se basa según consideraciones del método de Vesic, calculada de la siguiente manera (Fuente: Vesic, A.S.: Design of Pile Foundations. National Cooperative Highway Research Program Synthesis 42, Transportation Research Board, Washington D.C., 1977).

Este cálculo puede ser empleado en cualquier tipo de suelo, sin distinguir entre suelos granulares y suelos finos, aun con los materiales recuperados en las exploraciones realizadas, se evidencian suelos compuestos principalmente por arenas, por lo tanto, el coeficiente horizontal se calcula así.

$$k_h = \frac{0.65}{d} \cdot \sqrt[12]{\frac{E_s}{E_p} \cdot \frac{d^4}{I_p}} \cdot \frac{E_s}{1 - v^2}$$

Donde

d = Diámetro del pilote (m).

E_s = Modulo de elasticidad del suelo (Mpa).

E_p = Modulo de elasticidad del pilote (Mpa).

I_p = Modulo de elasticidad del pilote (m4).

v = Modulo de Poisson.

A continuación, se muestra la tabla resumen de los coeficientes de reacción del suelo, calculados de acuerdo con su composición:

Tabla 36. *Coeficientes de reacción del suelo Kh.*

Material	E_s [MPa]	Prof. [m]	k_{h1}[ton/m^3]	k_{h2}[ton/m^3]	k_{h3}[ton/m^3]
Tipo 1	19.38	0.5	1653.25	1102.17	826.63
		1	1653.25	1102.17	826.63
		1.5	1653.25	1102.17	826.63
		2	1653.25	1102.17	826.63
		2.5	1653.25	1102.17	826.63
Tipo 2	25.05	3	2183.14	1455.42	1091.57
		3.5	2183.14	1455.42	1091.57
		4	2183.14	1455.42	1091.57
		4.5	2183.14	1455.42	1091.57
		5	2183.14	1455.42	1091.57
		5.5	2183.14	1455.42	1091.57
		6	2183.14	1455.42	1091.57
		6.5	2183.14	1455.42	1091.57
Tipo 3	47.70	7	4386.33	2924.22	2193.16
		7.5	4386.33	2924.22	2193.16
		8	4386.33	2924.22	2193.16
Tipo 4	500.00	8.5	55922.95	37281.97	27961.48
		9	55922.95	37281.97	27961.48
		9.5	55922.95	37281.97	27961.48
		10	55922.95	37281.97	27961.48
		10.5	55922.95	37281.97	27961.48
		11	55922.95	37281.97	27961.48
		11.5	55922.95	37281.97	27961.48
		12	55922.95	37281.97	27961.48
		13	55922.95	37281.97	27961.48

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

10. CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS

10.1. **Asentamientos elásticos**

El cálculo de asentamientos debido a cargas verticales tendrá 3 consideraciones: un asentamiento inmediato o elástico (s_{e_1}), el asentamiento debido a la carga por punta (s_{e_2}) y el asentamiento por fricción (s_{e_3}).

$$s_e = s_{e_1} + s_{e_2} + s_{e_3}$$

Para el cálculo del asentamiento elástico del pilote se utilizará la siguiente expresión

$$s_{e_1} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws}) \cdot L}{A_p \cdot E_p}$$

Donde

Q_{wp} = Carga soportada en la punta.

Q_{ws} = Carga soportada por fricción.

Ap = Área de la sección transversal del pilote.

L = Longitud del pilote.

Ep = Modulo de elasticidad del material del pilote.

ξ = Magnitud que depende de la naturaleza de la distribución de resistencias, este varía entre 0.50 y 0.67.

Adicionalmente se realizó el cálculo con el método semiempírico propuesto por Vesic, cuya formulación es.

$$s_{e_1} = \frac{L}{A_p \cdot Ep} \cdot (Q_T - 0{,}5 \cdot Q_{ws})$$

Donde

L = Longitud del pilote.

Ap = Área de la sección transversal del pilote.

Ep = Modulo de elasticidad del material del pilote.

Q_T = Carga total de servicio aplicada sobre el pilote.

Q_{ws} = Carga soportada por fricción.

En lo que respecta al cálculo del asentamiento de un pilote generado por la carga de la punta, se tienen las siguientes metodologías de calculo

$$S_{e2} = \frac{Q_{wp} \cdot D}{A_p \cdot E_S} \cdot (1 - \mu_s^2) \cdot I_{wp}$$

Donde

$Q_{\omega p}$ = Carga soportada en la punta.

D = Diámetro del pilote.

Ap = Área de la sección transversal del pilote.

E_S = Modulo de elasticidad en la punta del pilote.

μ_s = Modulo de Poisson del suelo.

I_{wp} = Factor de influencia asumido de 0.85.

La formulación propuesta por Vesic es la siguiente

$$S_{e_2} = \frac{Q_{wp} \cdot C_p}{D \cdot q_p}$$

Donde

Q_{wp} = Carga soportada en la punta.

C_p = Coeficiente empírico que depende del pilote y del tipo de suelo.

D = Diámetro del pilote.

q_p = Resistencia ultima de la punta del pilote.

Por último, se considera el asentamiento debido a la fricción del pilote como

$$S_{e_3} = \left(\frac{Q_{ws}}{P \cdot L}\right) \cdot \frac{D}{E_s} \cdot (1 - \mu_s^2) \cdot I_{ws}$$

Donde

Q_{ws} = Carga soportada por fricción.

P = Perímetro del pilote.

L = Longitud empotrada del pilote.

I_{ws} = Factor de influencia determinado por la expresión $I_{ws} = 2 + 0.35 \cdot \sqrt{\frac{L}{D}}$

Vesic también propuso una ecuación semiempírica para el cálculo de este asentamiento.

$$S_{e_3} = \frac{Q_{ws} \cdot C_s}{L \cdot q_p}$$

Donde

Q_{ws} = Carga soportada por fricción.

C_s = Constante empírica determinada por la expresión $C_s = (0.93 + 0.16 \cdot \sqrt{\frac{L}{D}}) \cdot C_p$

L = Longitud empotrada del pilote.

q_p = Resistencia ultima de la punta del pilote.

Para este proyecto la formulación empleada para el cálculo del asentamiento fue la planteada en la metodología de Vesic, esto corresponde a lo propuesto en el "O'Neil Reese 1999, Drilled Shafts Construction Procedures and Design Methods" según el capítulo 10.8.2.2 de la CCP14.

Los resultados obtenidos por el método de Vesic se encuentra en la Tabla 37.

Tabla 37. *Resultados de asentamiento método de Vesic, con resistencia a compresión según metodología CCP14.*

Análisis	Asentamiento (cm)
Asentamiento elástico	0.0043
Asentamiento por punta	0.2280
Asentamiento por fricción o fuste	0.0200
Asentamiento total	0.2523

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

NOTA: Los asentamientos fueron estimados considerando la longitud y diámetro recomendada desde el área geotécnica para mantener estable la zona de estudio, por lo mismo, si es necesario conforme a las solicitaciones estructurales variar estos 2 parámetros será

indispensable recalcular los posibles asentamientos los cuales pueda llegar a presentar la estructura.

NOTA: Teniendo en cuenta la gran rigidez del estrato de arcilla y que bajo este se encuentra un suelo residual tipo saprolito, no se considera que los efectos por consolidación sean apreciables.

11. ESTABILIDAD GENERAL

Para los análisis de estabilidad se utilizó la información suministrada por el cliente, la cual consta de topografía y diseño geométrico. Adicionalmente, los resultados de sondeo, línea sísmica y ensayos de laboratorio realizados de las muestras recuperadas.

Modelo y Software Utilizado

Para el análisis del modelo geotécnico se utilizó el software que utiliza la teoría de equilibrio límite (Slide) para obtener los factores de seguridad al deslizamiento de los taludes.

Métodos de análisis

"Los métodos de análisis de estabilidad y cálculo de los F.S, en métodos precisos (rigurosos) y en los aproximados; el método de las dovelas de Spencer es uno de los métodos considerado como preciso ya que permite realizar más iteraciones y dividir en dovelas más pequeñas para una mayor convergencia en su análisis para geometrías más complejas comparado con otros como Fellenius, Bishop y Jambu. Este método es el más reciente de los más usados, el cual fue propuesto en 1967" (Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos a laderas naturales; Sanhueza, C.; Rodriguez, L., 2013). Es decir, la idealización del método de Spencer en nuestro criterio es el más completo y el que genera las condiciones de estabilidad más críticas.

Aunque el programa permite trabajar con diferentes métodos de análisis, para objeto del presente estudio se trabajó por el método de Spencer.

Geometría y estratigrafía

El modelo geotécnico se trabajó con los tipos de material de suelo identificados en la exploración. De acuerdo con lo anterior, se definió un perfil de análisis para el sitio de estudio consistente en la siguiente estratigrafía. La cual corresponde con el modelo geológico-geotécnico presentado en la Imagen 40.

- Relleno antrópico
- Suelos residuales firmes a muy firmes de la Formación Bogotá (E1B)
- Suelos residuales duros de la Formación Bogotá (E1B)
- Transición saprolito – roca

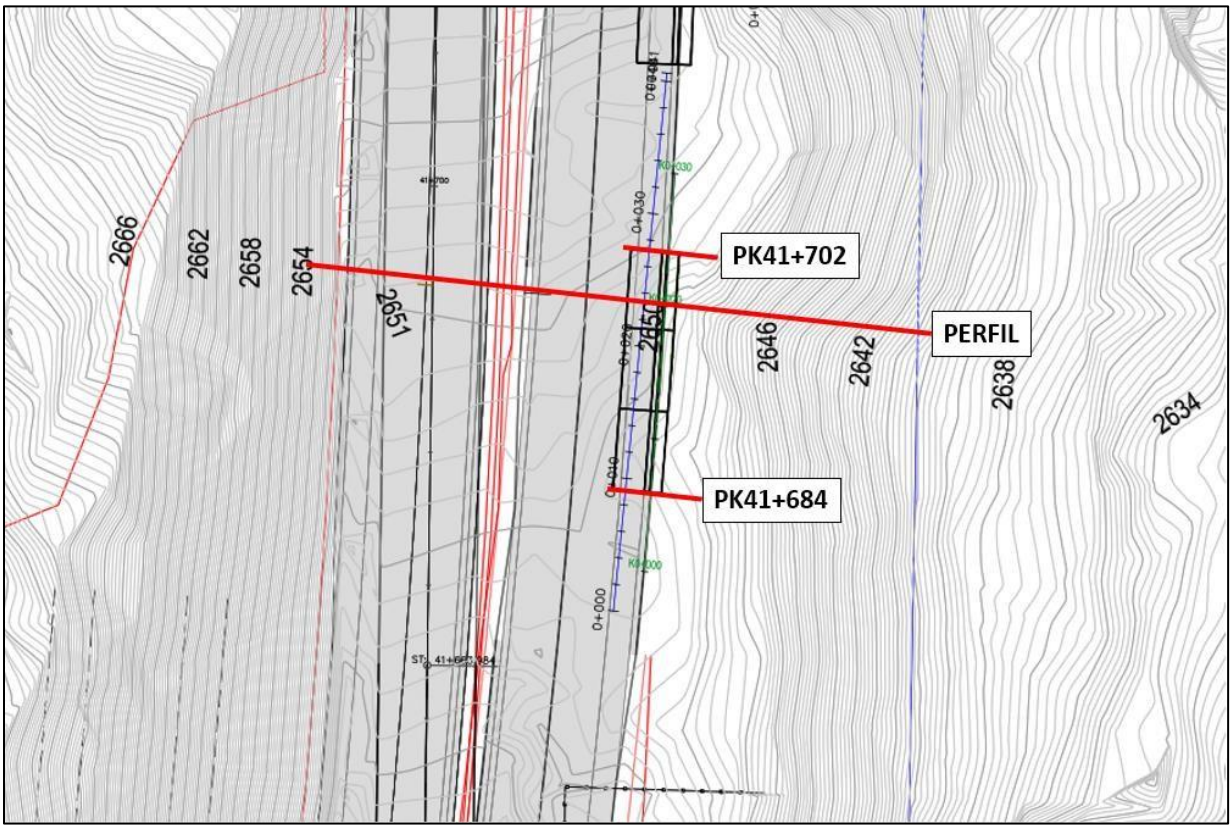
Escenario de análisis

La geometría corresponde al perfil de análisis requerido según los niveles de terreno actual y el diseño geométrico establecido. De acuerdo con lo anterior, se definió un (1) perfiles de análisis, en el cual se requiere la construcción de una obra de contención y conformación de relleno para la vía proyectada.

Para esta conformación se proponen una (1) alternativa, la cual consiste en un muro en concreto reforzado apoyado sobre pilotes (sus dimensiones se deben definir de acuerdo a los requerimientos y los ábacos presentados) unidos por una viga cabezal.

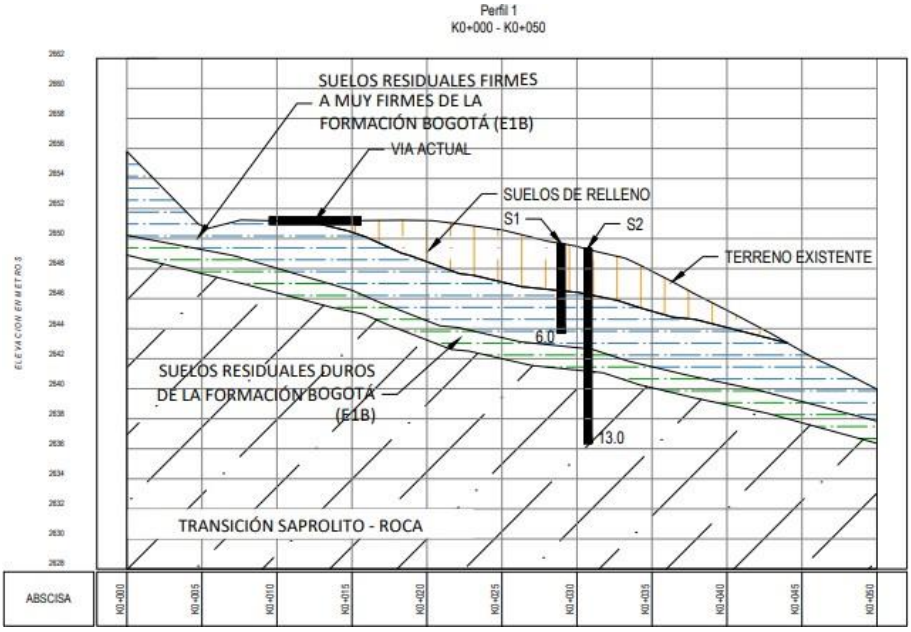
El perfil seleccionado se muestra en la siguiente imagen:

Imagen 39. *Planta perfil de análisis.*



Fuente: Diseño geométrico con modificaciones propias.

Imagen 40. *Modelo geológico geotécnico Perfil 1 K41+694.*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

Propiedades del suelo

Se utilizaron los parámetros de resistencia del suelo obtenidos mediante correlaciones, ensayos de laboratorio y criterio del geotecnista, los cuales se encuentran consignados en la Tabla 30.

11.1. Valores de Kh y Kv para diseño sísmico

El coeficiente sísmico de aceleración horizontal (kh) para el cálculo de las presiones y las fuerzas sísmicas laterales del suelo debe determinarse con base en el PGA, en la superficie del terreno (es decir kho= FpgaPGA=As, donde Kho es el coeficiente sísmico de aceleración horizontal suponiendo que no ocurre ningún desplazamiento del muro).

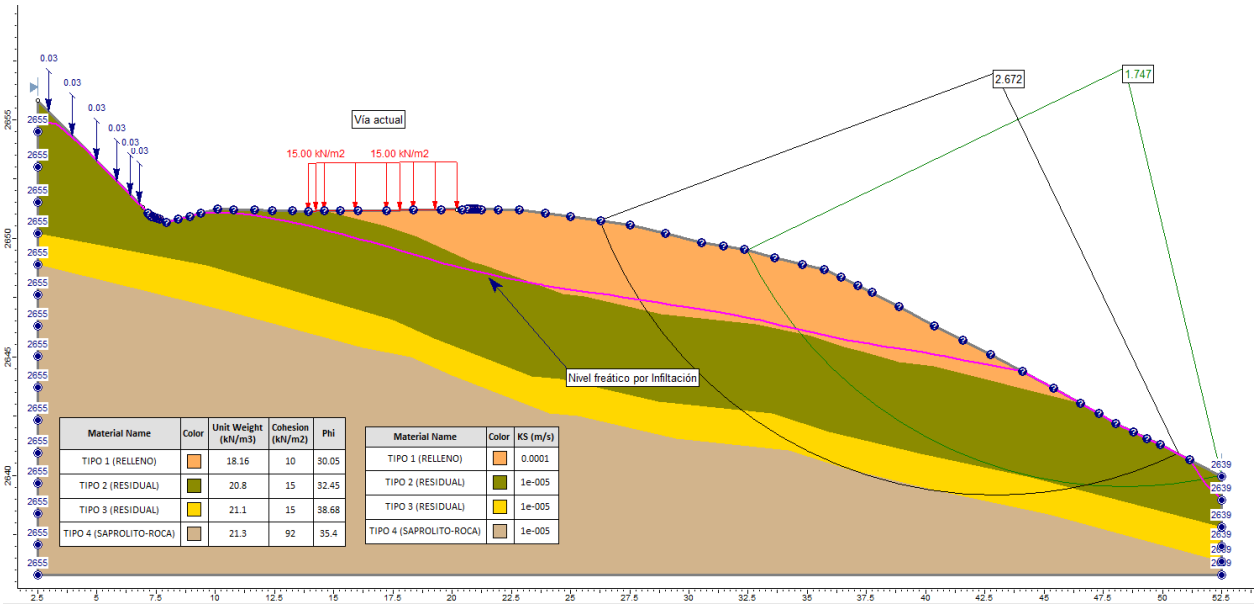
$$k_{ho} = F_{pga}PGA = 1.4 * 0.20 = 0.28$$

El coeficiente de aceleración sísmica vertical K_V se tomará como 50% del valor horizontal, teniendo un coeficiente de 0.14.

11.2. **Análisis de estabilidad**

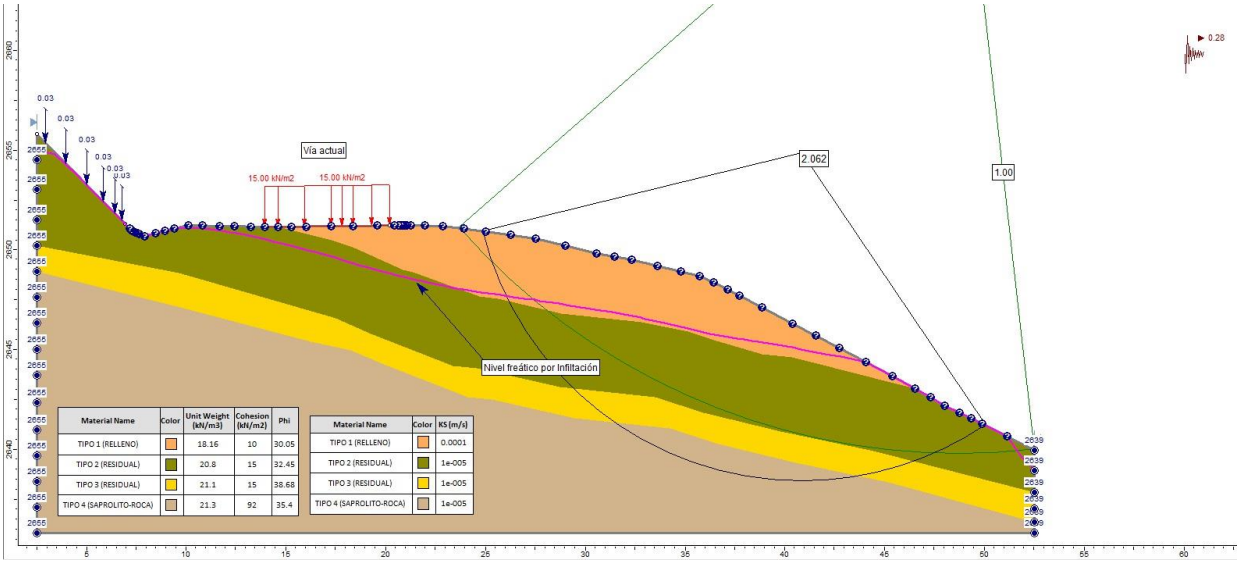
A continuación, se muestran los análisis realizados por estabilidad general (Equilibrio límite) para establecer la estabilidad general del talud temporal y la obra propuesta en condición estática y dinámica. Se incluyen los pilotes del menor diámetro y longitud propuestos en los ábacos, los cuales se deben precisar en el diseño a detalle.

Imagen 41. *Análisis de estabilidad estático, estado actual.*



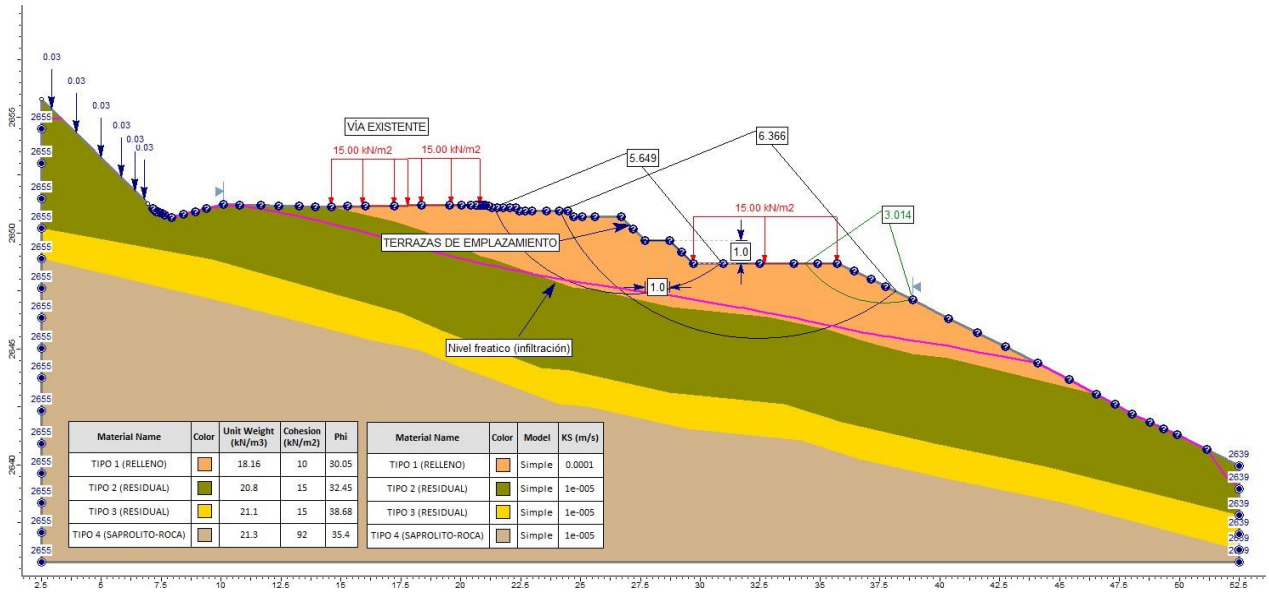
Fuente: Software equilibrio límite.

Imagen 42. *Análisis de estabilidad dinámico, estado actual.*



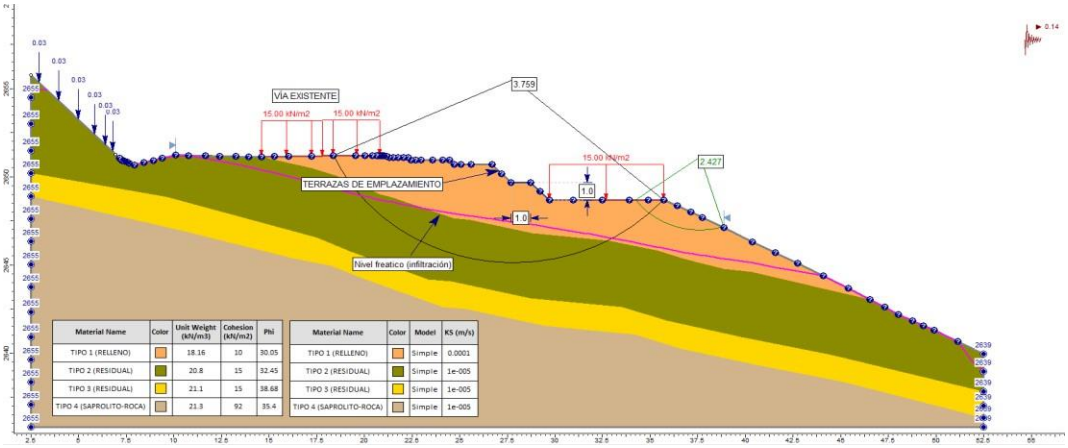
Fuente: Software equilibrio límite.

Imagen 43. *Análisis de estabilidad estático, talud temporal.*



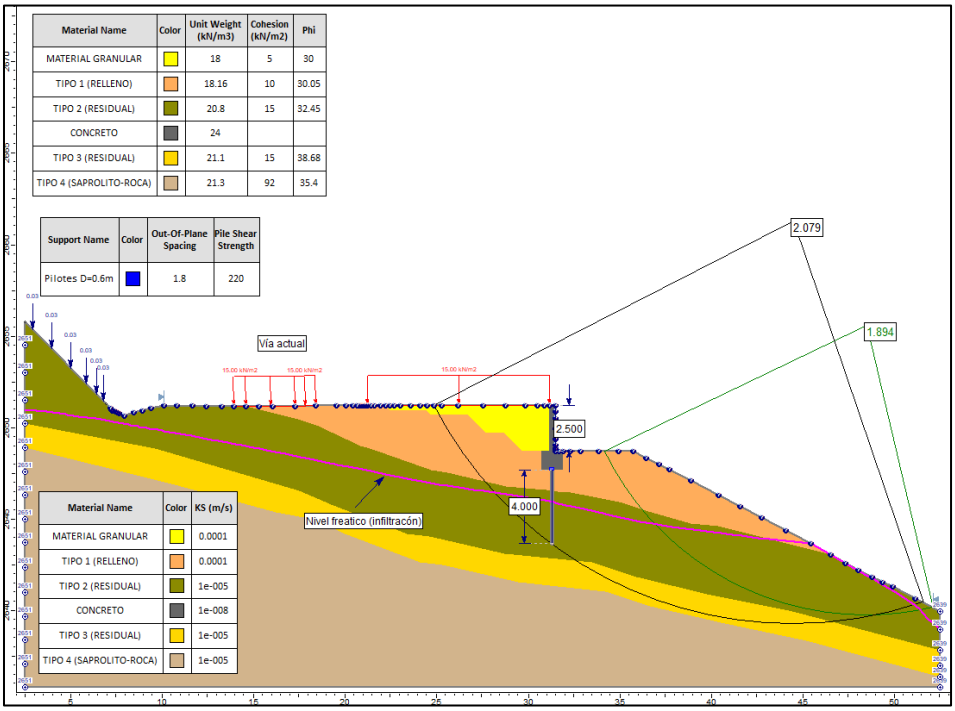
Fuente: Software equilibrio límite.

Imagen 44. *Análisis de estabilidad dinámico, temporal.*



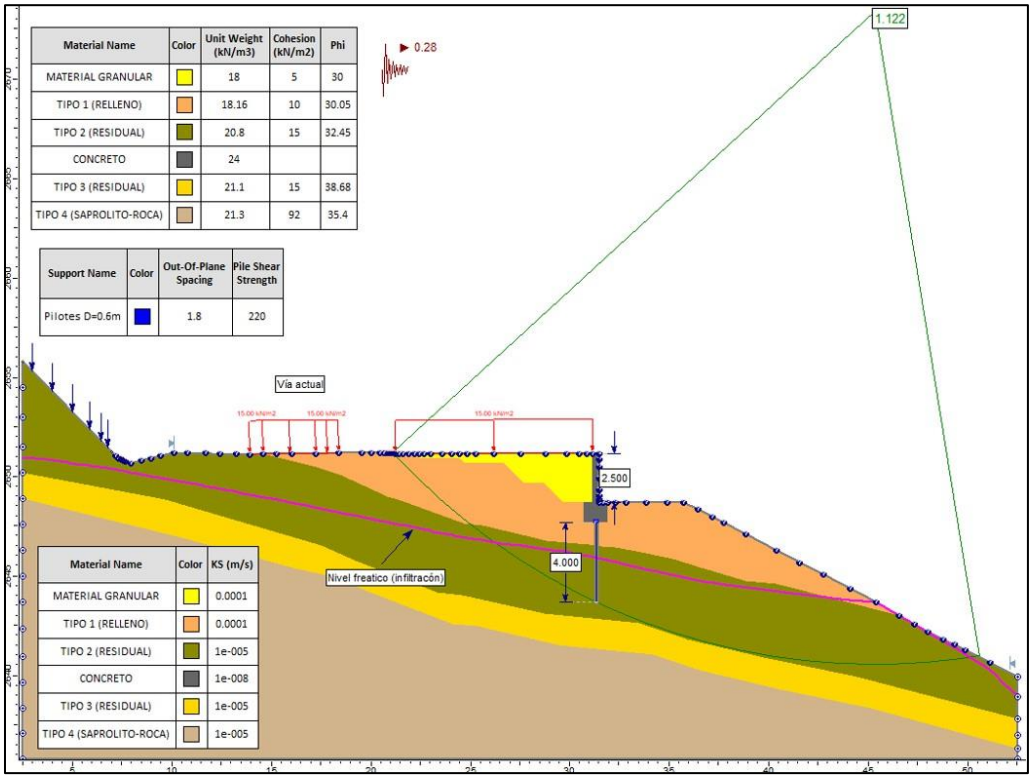
Fuente: Software equilibrio límite.

Imagen 45. *Análisis de estabilidad estático, muro en concreto H=2.50m.*



Fuente: Software equilibrio límite.

Imagen 46. *Análisis de estabilidad dinámico, muro en concreto H=2.50m.*



Fuente: Software equilibrio límite.

NOTA: Para el análisis de estabilidad global de la zona de estudio, tanto para el escenario estático como el dinámico, el agua presente en el terreno se toma como la infiltración de aguas lluvias, esto tomado gracias a la información recolectada mediante las estaciones del IDEAM de la zona (Estación Guanquica, 21201180), y la permeabilidad teórica de los diferentes materiales (Robertson, (2010) "Estimating in-situ Soil Permeability from CPT & CPTu") para cada uno de los modelos, dado que no se halló nivel freático en los sondeos, y se considera que es la forma más adecuada para tener en cuenta el agua en los análisis realizados.

NOTA: Para la modelación del cortante del pilote solamente se contempló el cortante que aporta el concreto del mismo, ya que no se cuenta con un diseño estructural con el que se pueda agregar el aporte a cortante del refuerzo, sin embargo, la estabilidad general del sistema cumple sin incluir dicho aporte.

Tabla 38. *Resultados análisis de estabilidad.*

Análisis	F.S. Spencer
Análisis estático, estado actual	1.747
Análisis dinámico, KH=0.28g estado actual	1.000
Análisis estático, talud temporal de excavación	3.014
Análisis dinámico, talud temporal de excavación 50% KH=0.14g	2.427
Análisis estático con obras, muro en concreto H=2.50m	1.894
Análisis dinámico con obras, KH=0.28g, muro en concreto H=2.50m	1.122

Fuente: Resultados de Equilibrio límite.

Los resultados de los análisis realizados muestran que el factor de seguridad para las condiciones estáticas y dinámicas están por encima de los mínimos establecidos en la NSR-10 Titulo H, en la cual se estipula que los factores de seguridad en condición temporal o de corta duración debe ser mínimo 1.30 en condición estática y 1.00 en condición dinámica, y para condición permanente o de larga duración debe ser mínimo de 1.50 en condición estática y 1.05 condición dinámica de acuerdo con la tabla H.6.9-1 NSR-10.

Tabla 39. *Factores de seguridad indirectos mínimos (Tabla H.6.9-1 NSR-10).*

Condición	Construcción	Estático	Sismo	Seudo estático
Deslizamiento	1.60	1.60	Diseño	1.05
Volcamiento: el que resulte más crítico de				
Momento Resistente/ Momento Actuante	≥ 3.00	≥ 3.00	Diseño	≥ 2.00
Excentricidad en el sentido del momento (e/B)	≤ 1/6	≤ 1/6	Diseño	≤ 1/4
Capacidad portante	Iguales a los de la Tabla H.4.1			
Estabilidad Intrínseca materiales térreos (reforzados o no)	Iguales a los de la Tabla H.2.1			
Estabilidad Intrínseca materiales manufacturados	Según material (Concreto-Titulo C; Madera-Título G; etc.)			
Estabilidad general del sistema:				
Permanente o de Larga duración (> 6 meses)	1.20	1.50	Diseño	1.05
Temporal o de Corta duración (< 6 meses)	1.20	1.30	50% de Diseño	1.00
Laderas adyacentes (Zona de influencia > 2.5H)	1.20	1.50	Diseño	1.05

Fuente: NSR-10.

La estabilidad global cumple con lo contemplado en el CCP-14, Capitulo 11.6.2.3 Estabilidad global, el cual pide evaluar la estabilidad global del sitio con la combinación de cargas correspondiente al Estado Límite de Servicio I y adoptando el factor de resistencia adecuado, según la norma, para el sitio de estudio se tiene que el factor de resistencia será Φ=0.65. Dentro de los comentarios se menciona que, "*los programas para análisis de estabilidad de taludes disponibles producen un factor de seguridad único, FS. Los factores de resistencia especificados son esencialmente el inverso del FS que debe fijarse como objetivo en el programa de estabilidad de taludes*", teniendo así que:

$$F.S. \geq \frac{1}{\Phi} = \frac{1}{0.65} = 1.54$$

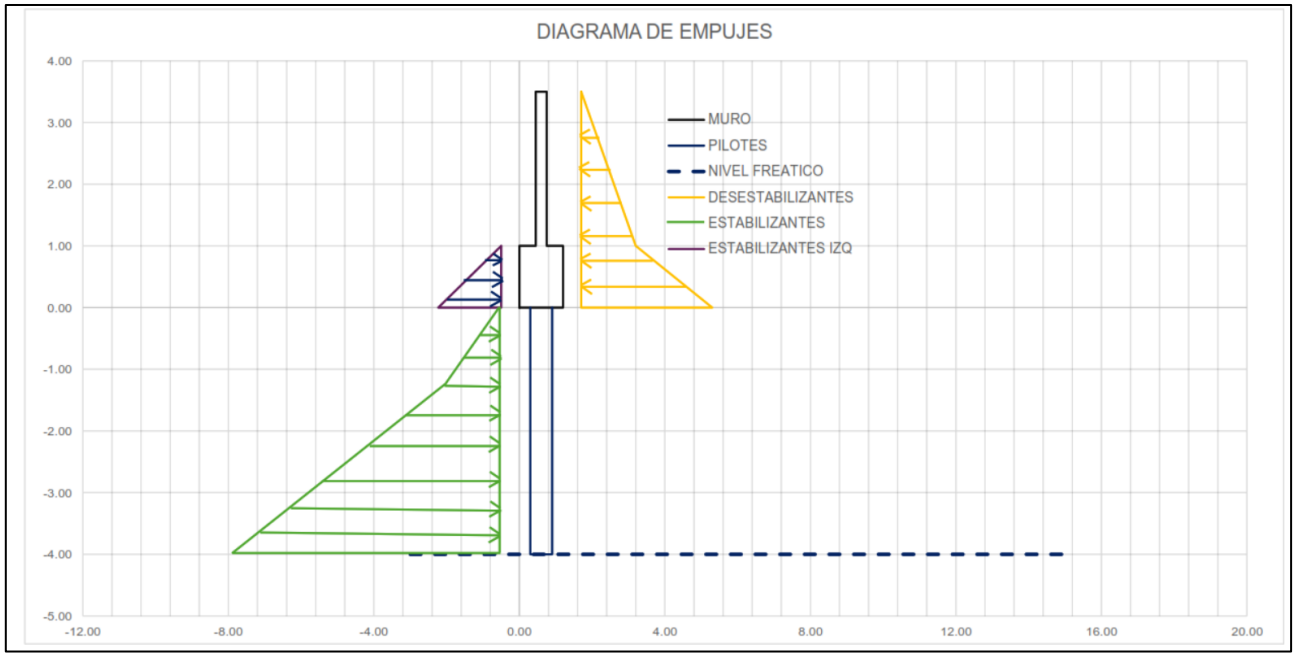
Lo anterior corresponde a un análisis de estabilidad estático. Para el análisis de estabilidad dinámico se tiene en cuenta lo mencionado en el capítulo 11.5.8 donde se menciona que para estabilidad global donde se incluya la aceleración dinámica se debe usar un factor de resistencia de 0.9 (Estado límite de Evento Extremo) dando como resultado un valor de F.S de 1.11.

La contención del talud es soportada por el muro propuesto, considerando que la línea de falla del sitio crítico analizado no alcanza a influir en los pilotes. Los pilotes son requeridos principalmente como sistema de cimentación, teniendo en cuenta la baja capacidad de los materiales encontrados.

11.3. **Análisis de deslizamiento y volcamiento**

Considerando la estructura actual del muro de contención propuesta, las propiedades de los suelos, el diámetro y la longitud del pilote, se realizó el cálculo de la estabilidad interna del muro, contemplando las fuerzas y momentos estabilizantes y desestabilizantes presentados en la **Imagen 47.**

Imagen 47. *Fuerzas actuantes sobre el muro de contención.*



Fuente: Software equilibrio límite.

Realizando los cálculos presentados en el Anexo 7, se obtuvieron los F.S. expuestos en la Imagen 48, los cuales satisfacen los requerimientos presentados en la tabla H.6.9-1 de la NSR10.

Imagen 48. *Factores de seguridad para deslizamiento y volcamiento.*

Análisis	F.S.
Volcamiento estático	9.62
Volcamiento dinámico	7.12
Deslizamiento estático	3.39
Deslizamiento dinámico	2.07

Fuente: Resultados de Equilibrio límite.

12. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

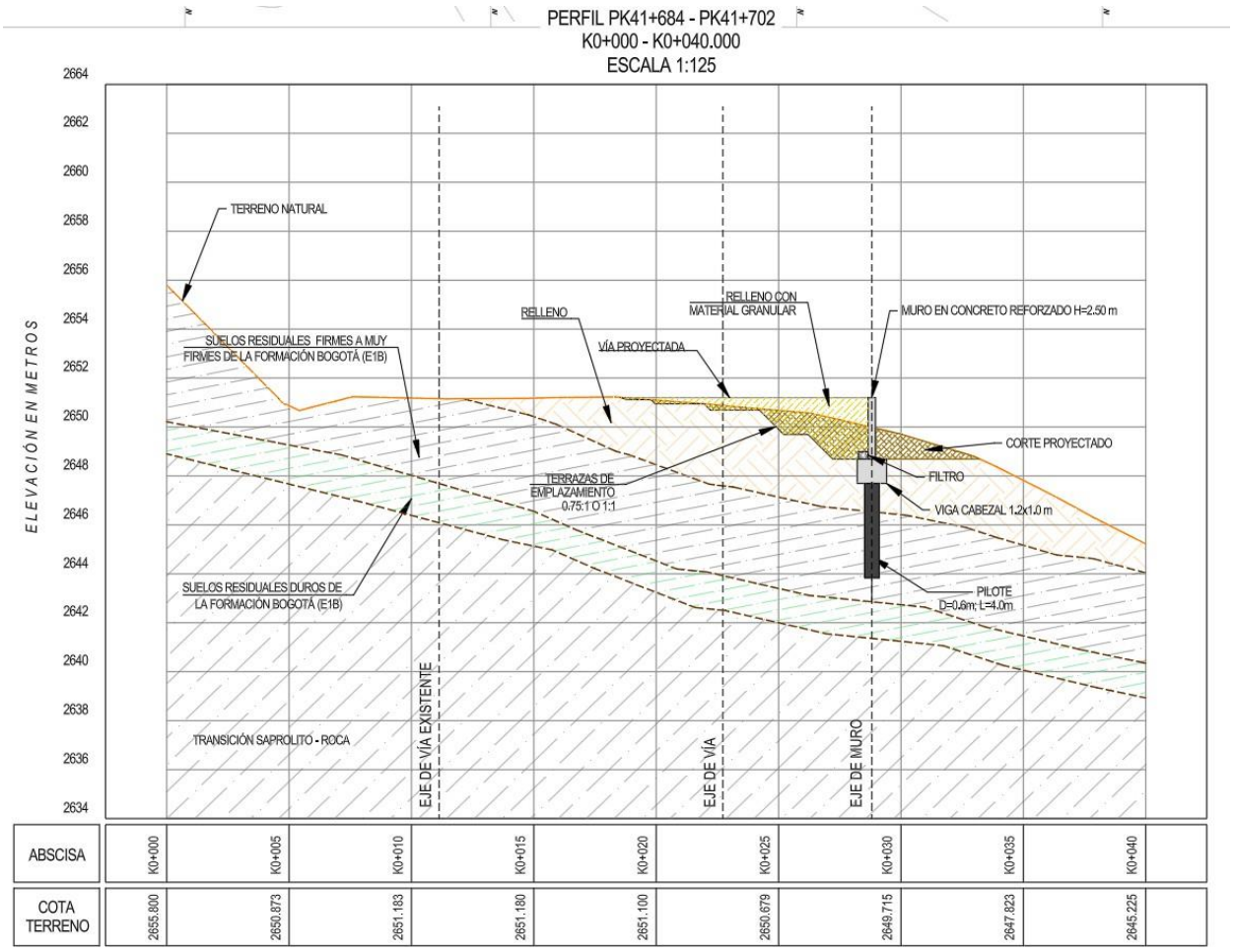
Con el fin de poder conformar la vía proyectada en esta zona, se propone la construcción de la siguiente obra de contención:

12.1. **Alternativa de solución**

Se propone la construcción de un muro de contención en concreto reforzado de 2.50 – 2.60 m de altura, el cual estará apoyado sobre una fila de pilotes de diámetro y longitud requerida, con el fin de cimentar sobre suelo competente (suelo residual), los cuales estarán unidos por una viga cabezal en concreto reforzado. La ventaja de esta alternativa es que mejora la condición de estabilidad del muro al volcamiento, deslizamiento y da mayor capacidad de soporte. Esta propuesta se considera como la más viable considerando el alto espesor de los suelos no aptos para cimentación que se tienen de forma superficial en el sitio de estudio, lo cual hace indispensable el uso de cimentaciones profundas las cuales transmitan los esfuerzos y empotren el muro impidiendo así futuros problemas de estabilidad.

Adicionalmente, se recomienda la construcción de un filtro en el fondo de la excavación.

Imagen 49. *Perfil de obras.*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

NOTA: Las dimensiones de las obras propuestas se dan por experiencia en proyectos similares. Se deberán validar con el ingeniero estructural o el ingeniero geotecnista a partir de un diseño detallado de las obras requeridas.

Las otras obras de contención que podrían aplicar para este caso corresponden a un muro en tierra armada o un muro de contención tipo cantiléver, sin embargo, si no se retira el volumen considerable de material de relleno existente, estos quedarían apoyados sobre suelo no apto para soportar dichas obras, lo cual no se considera viable técnicamente, ya que se requiere que la obra quede apoyada sobre material competente, por lo cual, solamente se propone la alternativa presentada en este capítulo.

12.2. **Proceso constructivo**

A continuación, se presenta una descripción constructiva de la obra propuesta:

1. Retirar parte del relleno antrópico existente generando terrazas de emplazamiento.
2. Nivelar el terreno y compactar a nivel de la construcción de la viga cabezal.
3. Construir los pilotes recomendados.
4. Construir la viga cabezal en concreto reforzado.
5. Construir muro de contención en concreto reforzado y lloraderos según recomendaciones del ingeniero estructural.
6. Construir subdrenaje en el fondo de la excavación.
7. Las capas de material de relleno en el trasdós del muro deben ser dispuestas con espesores de 25 cm, luego deben ser compactadas con al menor un 95 del Proctor modificado, hasta llegar a la cota requerida.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. **Estabilidad general del tramo de análisis**

Los resultados de la exploración geotécnica ejecutada muestran la presencia de un material de relleno hasta una profundidad de 4.50 m, el cual puede ser susceptible a fenómenos de inestabilidad. Adicionalmente, se requiere de una obra de contención que permita retener el terraplén desarrollado por la estructura de pavimento en este sitio, por tal razón se propone una obra de contención compuesta (muro, viga cabezal y pilote) que confine y limite los posibles deslizamientos o desplazamientos de la banca de la vía en este sector.

Las condiciones del terreno son aptas para la construcción de la obra y no se deben esperar problemas geotécnicos, siempre y cuando se tengan en cuenta todas las recomendaciones dadas en el presente documento y contemplados en el diseño estructural de la obra de contención.

13.2. **Recomendaciones para la cimentación y profundidad del suelo competente**

Para la cimentación del muro se recomienda construir pilotes del diámetro y longitud requerida según la capacidad presentada en los ábacos, de tal modo que estos se encuentren embebidos en el suelo competente (suelo residual), estos pilotes se encontrarán separados 3 veces el diámetro entre ejes y tendrán interacción como un solo elemento para disminuir la probabilidad de volcamiento y deslizamiento que se puede presentar en un muro de esta altura, el uso de los pilotes en la cimentación se propone con el fin de no recurrir a la construcción de zarpas debido a los posibles problemas de asentamiento que presentaría el suelo de relleno, además el tamaño y uso del pilote como cimentación se debe decidir contemplando el diseño estructural propuesto y sus requerimientos.

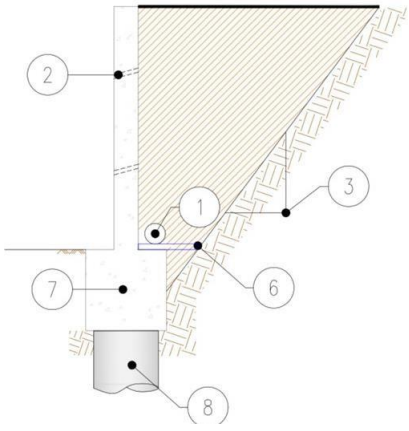
Como se mencionó anteriormente, para la construcción de los pilotes se deberá excavar hasta el nivel de la viga cabezal, la profundidad mínima recomendada a la cual debe llegar el pilote por debajo del nivel del talud es de 4.0m con el fin de que este se apoye sobre el suelo competente (suelo residual).

13.3. **Recomendaciones para la construcción de la obra**

Para la impermeabilización del muro se recomienda utilizar geodren planar o equivalente y manguera ranurada de 100 mm (4") de diámetro.

Se deben tener en cuenta todas las recomendaciones dadas por el ingeniero estructural.

Imagen 50. *Esquema sección tipo.*



Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.S.

1. Manguera ranurada de 100 mm (4") de diámetro pendiente longitudinal mínima 0,5%

2. Tubos perforados de drenaje o lloraderos de 60 mm (2") de diámetro con separación horizontal y vertical de 1.5m.

3. La pendiente de tendido del talud puede variar de 0.75:1 a 1:1 en función del espacio que se disponga para realizar el tendido.

4. El material de relleno a trasdós, deberá ser compactado en capas no mayores a 0.25m y deberá cumplir con una densidad mínima del 95% del ensayo proctor modificado.

6. El sistema de drenaje del trasdós de los muros debe desaguar hacia un pozo drenante. El constructor debe prever dichos sitios de drenaje, así como la capacidad y ubicación de los mismos a fin de garantizar que no se produzca acumulación de agua en el trasdós de los muros y que el sistema pueda mantenerse en el tiempo.

7. Viga Cabezal.

8. Pilote

La construcción del talud de corte se realizará según la recomendación del especialista en geotecnia, considerando que este talud variará entre 0.75:1 y 1:1.

El material de relleno debe ser supervisado por el ing. Geotecnista y la compactación del relleno del muro debe hacerse con precaución, ya que la compactación intensa puede provocar un incremento sustancial del empuje lateral del muro, los métodos de compactación deben ser aprobados por el ing. Geotecnista.

El sistema de drenaje deberá ser avalado por el especialista hidráulico y ajustado al proveedor final.

13.4. **Recomendaciones generales**

A partir de los análisis de los suelos especiales, se puede observar que los suelos presentes en la zona de estudio no presentan ninguna condición especial como colapsividad, dispersividad o licuación, por ende, no se deberán realizar grandes movimientos de tierras ni obras de mejoramiento del suelo, a parte de las recomendadas en este informe.

El manejo de las excavaciones para las vigas cabezales y taludes temporales, se realizarán por módulos de 7.20 m de longitud, de acuerdo con la localización de cada uno de ellos.

Durante la construcción de las diferentes estructuras que componen el proyecto se deberán construir obras de control de escorrentía superficial y subsuperficial temporales para evitar problemas de estabilidad durante este proceso. Así mismo, en los lugares en donde se evidencie empozamiento de agua, se tendrá que extraer el agua por medio de motobombas, y las paredes de las excavaciones se deberán cubrir con materiales impermeables que eviten la caída directa de agua y absorción de esta en el suelo.

Para cada una de las estructuras que hagan parte del proyecto, se deberán tener en cuenta las obras de manejo y control de agua de escorrentía, tanto superficial como subterránea para reducir el fenómeno de erosión e infiltración que puedan afectar las estructuras a lo largo del tiempo, generando inestabilidad en estas.

No deben esperarse dificultades geotécnicas, bajo las consideraciones y recomendaciones presentadas en el estudio, sin embargo, se debe consultar con el ingeniero geotecnista cualquier cambio que se realice al proyecto, en cuanto a su nivel de cimentación y manejo de excavaciones.

Para diseño sísmico se recomienda trabajar con un perfil de suelo tipo D (Anexo 4).

En lo que respecta las especificaciones para desarrollar cada una de las obras propuestas, estas están contempladas en la Tabla 40.

Tabla 40. *Especificaciones técnicas de construcción.*

Ítem	Norma	Unidad
1	ART- 630-13	Concreto estructural
2	ART. 640-13	Acero de refuerzo
3	ART. 610-13	Relleno para estructuras
4	ART. 621-13	Pilotes preexcavados
5	ART. 234-13	Conformes de taludes existentes

Fuente: E.D Ingeotecnia S.A.S.

Es muy importante la supervisión técnica de la obra durante la construcción, por parte de un ingeniero geotecnista, facultado según la ley 400 de la NSR-10, conforme lo define el Título I.

14. CANTIDADES DE OBRA

A continuación, se presenta la tabla de cantidades aproximadas de la obra propuesta.

Tabla 41. *Cantidades aproximadas.*

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Concreto (Muro, viga cabezal y pilotes)	m3	46.94
2	Relleno con material granular	m3	185.00
3	Filtro	m	18.00

Fuente: E.D Ingeotecnia S.A.S.

NOTA: Las cantidades que se presentan son aproximadas, se deben precisar en los diseños definitivos.