



Outlook

SOLICITUD DE CONMINACIÓN PARA CUMPLIMIENTO DE ÓRDENES JUDICIALES -SENTENCIAS E INCIDENTE DE DESACATO- AP 2013-00070

Desde CARDONA ARISTIZÁBAL & ASOCIADOS S.A.S. <carloscardona@alianzaabogados.co>

Fecha Vie 29/11/2024 14:53

Para Despacho 04 Tribunal Administrativo - Risaralda - Pereira <des04tadmper@cendoj.ramajudicial.gov.co>

CC defensajudicial@carder.gov.co <defensajudicial@carder.gov.co>; notificacionjudicial@balboa-risaralda.gov.co <notificacionjudicial@balboa-risaralda.gov.co>; despacho@balboa-risaralda.gov.co <despacho@balboa-risaralda.gov.co>; apoyoaccionespopulares@carder.gov.co <apoyoaccionespopulares@carder.gov.co>; catalina.ocampo@risaralda.gov.co <catalina.ocampo@risaralda.gov.co>; Alexander Loaiza <notificaciones.judiciales@risaralda.gov.co>; procjudadm37@procuraduria.gov.co <procjudadm37@procuraduria.gov.co>; hjortiz@procuraduria.gov.co <hjortiz@procuraduria.gov.co>; Secretaría General - Consejo De Estado <secgeneral@consejodeestado.gov.co>

 1 archivo adjunto (5 MB)

conminaciónalcumplimiento.pdf;

Buenas tardes, adjunto al presente mensaje el documento identificado en el asunto con el fin de que se dé cumplimiento inmediato a las órdenes judiciales impartidas.

--

Cordialmente,

CARLOS ALBERTO CARDONA ARISTIZÁBAL

Abogado

Doctor

LEONARDO RODRÍGUEZ ARANGO

Magistrado

Tribunal de lo Contencioso Administrativo de Risaralda

Página 1 de 4

Referencia:	Incidente de desacato
Actor:	LISÍMACO RAMÍREZ BENJUMEA
Accionados:	CARDER, DEPARTAMENTO DE RISARALDA y MUNICIPIO DE BALBOA
Radicación:	2013-070

Con el acostumbrado respeto ruego a su Despacho sancionar por desacato a los demandados quienes fueron encontrados como responsables de vulnerar los derechos colectivos al goce del espacio público, la utilización y defensa de los bienes de uso público y al derecho de seguridad y prevención de desastres previsibles técnicamente.

Como consecuencia, se les impuso una serie de obligaciones en sentencias de primera y segunda instancia que a la fecha no han cumplido. Por el contrario, al no haber realizado las obras ya conocidas ni cumplido los acuerdos a los que se llegó con mi representado y su hijo Arley Ramírez, paradójicamente, la vulneración a los derechos colectivos indicados persiste, a pesar de que han transcurrido once (11) años desde que se formuló la acción popular, y ayer se cumplieron seis (6) años desde que fue proferida la sentencia de segunda instancia por la Sección Primera de la Sala de lo Contencioso Administrativo del Consejo de Estado.

No es necesario una revisión minuciosa y detallada del expediente para darse cuenta de las múltiples y variadas maniobras dilatorias implementadas por los accionados para no dar cumplimiento a las órdenes impartidas dentro de los términos establecidos por la Judicatura.

La última de ellas no es más grotesca que las anteriores, puesto que al traslado del avalúo del predio Rey Sol ofrecido por el Departamento de Risaralda, el actor popular ofreció otro controvirtiéndolo, el cual fue debida y cuidadosamente sustentado con soportes documentales, normativa y acreditando la idoneidad del perito. No obstante, el Departamento, de manera lacónica e infundada, dice que dicho documento no se ajusta a la

normativa respectiva y que el RAA del perito evaluador no está actualizado, sin embargo, no aporta prueba de lo aducido.

Desde el pronunciamiento anterior, ni el Departamento ni ningún otro accionado ha presentado fórmulas para darle cumplimiento a las sentencias e incidente de desacato. No existe un cronograma o programa metodológico, tampoco se ha presentado al Despacho por parte de alguna de esas entidades el CDP que dé soporte o viabilidad a actividades previas al cumplimiento de las órdenes impartidas.

Página 2 de 4

A pesar de que mi representado siempre ha estado presto a apoyar a los accionados para que cumplan sus obligaciones dedicando tiempo a las múltiples reuniones que se programaron en su inmueble, recursos económicos para llevar a cabo estudios de tierra, obras civiles, disposición de escombros, compra de especies vegetales, avalúos, entre otros aspectos, con la esperanza de que se encuentre una solución rápida a la situación calamitosa, ahora lo invade el desconsuelo, pues la inacción lo perjudica directamente y de paso, sabe que está en vilo más allá de los derechos colectivos, los de la vida e integridad personal de la ciudadanía.

Aclaro que la situación descrita, afecta al actor popular de manera directa porque el peligro de un deslizamiento de tierra pone en riesgo la integridad de los ocupantes de la finca Rey Soy, al haber tenido que demoler su beneficiadero de café, su actividad económica sufrió varios reveses.

Por otro lado, debo resaltar que nos enfrentamos a un verdadero fenómeno de "La Niña" que puede agudizar la situación de peligro en el área a intervenir. Las copiosas lluvias son el preámbulo, pero según el IDEAM no obedecen a ese fenómeno climático, ya que el mismo ni siquiera ha empezado.

En resumen, acudo al honorable Despacho con el fin de que se conmine a los accionados al cumplimiento inmediato de las órdenes impartidas, pues han tenido tiempo más que suficiente -seis (6) años- para ser exacto, en el que pudieron planificar, reservar los recursos económicos y comenzar a ejecutar cualquiera de las alternativas de obra civil que ofreció Torres Ingeniería S.A.S., ante los alarmantes índices de inestabilidad del talud sobre el cual está construida la casa de la finca Rey Soy.

- PROPUESTA DE CUMPLIMIENTO

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, que el Departamento de Risaralda tiene reparos -infundados- sobre el precio comercial del área a intervenir y la construcción allí edificada, propongo que los actores realicen cualquiera de las dos obras que no contemplan la compra del inmueble y están bien definidas e identificadas en el estudio realizado por la sociedad Torres Ingeniería S.A.S., con ello los accionados tendrían que ejecutar el presupuesto que debieron reservar para el cumplimiento de las órdenes judiciales, de paso, cesaría la vulneración a los derechos fundamentales de mi representado puesto que con la ejecución de las obras ya podría vivir dignamente en su hogar ancestral sin temor a que la misma se derrumbe por el colapso del talud, no tendría que incurrir en más gastos, entre los que se destaca tener que comprar otro inmueble o construir una vivienda en otro lugar donde pueda vivir en compañía de su familia, y finalmente, podría continuar con su actividad económica de producción de café desde ese mismo lugar.

Las propuestas o alternativas recomendadas por dicha firma consultora se encuentran en el documento que adjunto a partir de la página 43 con la alternativa No. 1 que implica la compra del inmueble y el segmento del lote de terreno.

La alternativa número 2 consiste en los siguiente “*Construcción de una pantalla anclada con 3,0 metros de altura perimetral a la vivienda, con dos filas de anclajes activos, los cuales tendrán una longitud de 18 m y bulbo de 10 m, el espesor de la pantalla será de 30 cm, los anclajes estarán espaciados dos metros entre sí. En aquellas zonas de pendiente negativa es necesario mediante concreto nivelar la pendiente del terreno. Adicional, se recomienda la construcción de un muro en gaviones en el pie del talud con el fin de contener el corte de la vía, muro recubierto en concreto lanzado de espesor de 0,05 m con una longitud de 115 m y una altura de 3,0 m con una fila de drenes de penetración de 2” de longitud de 10 m separados cada 20 m. Con la necesidad de manejar las aguas lluvias y de escorrentía en la parte alta y media del talud se proyecta la construcción de zanjias de coronación en geomembrana HDPE de 40 mils o materiales similares, las cuales entregarán sus aguas en el drenaje perimetral al predio. Así*

mismo, se proyecta la construcción de una cuneta vial con el fin de recoger el flujo generado por los drenes y entregarlos a las alcantarillas correspondientes, recubrimiento del talud mediante pasto vetiver y mantenimiento de alcantarilla existente (Figura 22 y Figura 23)."

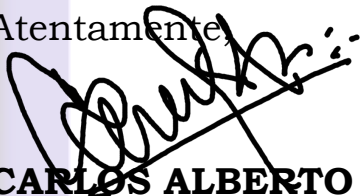
La alternativa 3 consistiría en lo siguiente "Perimetral a la vivienda, se recomienda la construcción de viga cabezal con una fila de anclajes separados cada 5 m cimentada con micropilotes de 0,30 m espaciados cada 1,20 m. Hacia la vía Cachipay – Balboa se mantienen las obras proyectadas en las alternativas anteriores correspondientes a la construcción de muro en gavión recubierto en concreto lanzado de espesor de 0,05 m cuya longitud es de 115 m con una fila de drenes de penetración de 2" de longitud de 10 m separados cada 20 m, cuneta vial de base de 0,8 m y altura de 0,20 m. En la parte intermedia y alta se recomienda la construcción de zanjas de coronación en geomembrana HDPE de 40 mils o materiales similares de altura de 0,2 m y base mayor de 0,5 m. Se incluyen obras complementarias como la revegetalización mediante pasto vetiver, y mantenimiento de las obras hidráulicas existentes (Figura 24 y Figura 25)."

Finalmente, la Judicatura podría hacer seguimiento a la ejecución de unas obras que ya están diseñadas y los accionados y sus interventores tendrían la obligación de presentar el avance de las mismas, de acuerdo al cronograma que previamente se presente al Despacho por su parte.

Con lo anterior cesaría la dilación injustificada del cumplimiento de las sentencias y la vulneración a los derechos colectivos.

Para el efecto aporto copia del estudio técnico indicado que contrasta con el aportado por el Departamento de Risaralda que de técnico no tiene nada según lo advertido por Torres Ingeniería S.A.S.

Atentamente,



CARLOS ALBERTO CARDONA ARISTIZÁBAL

C. C. No. 10.021.827 expedida en Pereira

T.P. No. 145.876 expedida C.S.J.

**REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS GEOTÉCNICOS PARA EL MANEJO DE AGUAS Y
ESTABILIDAD DE TALUD FINCA REY SOL, VEREDA LA QUIEBRA EN EL MUNICIPIO DE
BALBOA**

VOLUMEN III: DISEÑO DE LAS OBRAS

PRESENTADO POR:



SOLICITADO POR:



BUCARAMANGA, SEPTIEMBRE 2021

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. OBJETIVOS.....	6
2.1 OBJETIVO GENERAL	6
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
3. GENERALIDADES.....	7
3.1 LOCALIZACIÓN	7
3.2 ALCANCES	8
3.3 NORMATIVIDAD	8
4. ANTECEDENTES	14
5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	29
6. ÁNALISIS DE ESTABILIDAD.....	35
7. OBRAS PROPUESTAS	42
8. DISEÑO DE OBRAS	48
8.1 ALTERNATIVA No 1	48
8.2 ALTERNATIVA No 2	50
8.3 ALTERNATIVA No 3	57
8.3.1 Resistencia por punta.....	61
8.3.2 Resistencia nominal Grout to Ground Bond	62
8.3.3 Asentamientos	63
9 ANÁLISIS DE COSTOS DE ALTERNATIVAS.....	64
10 RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.....	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del municipio de Balboa, departamento de Risaralda.	7
Figura 2. Ubicación de área en estudio.	8
Figura 3. Combinaciones de carga y factores de carga.	10
Figura 4. Factores de carga para cargas permanentes, γ_p	11
Figura 5. Dimensiones del área del talud afectada por deslizamientos y vivienda.	18
Figura 6. Sitio de estudio.	29
Figura 7. Condiciones morfométricas actuales Finca Rey Sol.	30
Figura 8. Posición de la vivienda con respecto al movimiento en masa.	31
Figura 9. Análisis multitemporal del sitio de estudio.	32
Figura 10. Estado actual de la vivienda en la Finca Rey Sol.	33
Figura 11. Modelo 3D del área de estudio.	34
Figura 12. Modelo sin obras condiciones estáticas-Perfil 2.	35
Figura 13. Modelo sin obras condiciones pseudoestáticas-Perfil 2.	36
Figura 14. Modelo sin obras condiciones saturadas – Perfil 2.	36
Figura 15. Modelo sin obras condiciones estáticas-Perfil 3.	37
Figura 16. Modelo sin obras condiciones pseudoestáticas-Perfil 3.	37
Figura 17. Modelo sin obras condiciones saturadas – Perfil 3.	38
Figura 18. Modelo sin obras condiciones estáticas-Perfil 2.	40
Figura 19. Modelo sin obras condiciones pseudoestáticas-Perfil 2.	40
Figura 20. Modelo sin obras condiciones saturadas – Perfil 2.	41
Figura 21. Planta – Perfil Alternativa No 1.	43
Figura 22. Planta Alternativa No 2.	44
Figura 23. Perfil Alternativa No 2.	45
Figura 24. Esquema obras propuestas Alternativa No 3.	46
Figura 25. Perfil Alternativa No 3.	47
Figura 26. Modelo de estabilidad del muro patero en gaviones proyectado.	48
Figura 27. Modelo de estabilidad del muro patero en gaviones proyectado 3D.	49
Figura 28. Verificación de la estabilidad interna del muro en gaviones.	50
Figura 29. Modelo de obras alternativa 2 condiciones estáticas-Perfil 2.	51
Figura 30. Modelo de obras alternativa 2 condiciones pseudoestáticas-Perfil 2.	52
Figura 31. Modelo de obras alternativa 2 condiciones saturadas – Perfil 2.	52

Figura 32. Modelo de obras alternativa 3 estáticas-Perfil 2.	57
Figura 33. Modelo de obras alternativa 3 condiciones pseudoestáticas-Perfil 2.....	58
Figura 34. Modelo de obras alternativa 3 condiciones saturadas – Perfil 2.	58
Figura 35. Diagrama de interacción de Micropilotes D= 15” - 3 Barras No 5.	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Costo de obras de construcción e interventoría.	16
Tabla 2. Resultados de factores de seguridad en condiciones actuales, falla en el depósito. ...	38
Tabla 3. Resultados de factores de seguridad en condiciones actuales, falla en suelo residual.	39
Tabla 4. Resultados de factores de seguridad sin sobrecarga vivienda, Perfil 2.	41
Tabla 5. Resultados de factores de seguridad sin sobrecarga vivienda, Perfil 2.	53
Tabla 6. Dimensionamiento de los anclajes.	53
Tabla 7. Resultados de factores de seguridad sin sobrecarga vivienda, Perfil 2.	59
Tabla 8. Resultado de asentamientos elásticos por micropilote.	63
Tabla 9. Aproximación a los costos directos Alternativa 1.	64
Tabla 10. Aproximación a los costos directos Alternativa 2.	64
Tabla 11. Aproximación a los costos directos Alternativa 3.	64

1. INTRODUCCIÓN

En el municipio de Balboa, departamento de Risaralda, específicamente en la finca Rey Sol, ubicada en la vereda La Quiebra, se localiza un talud con evidencias de inestabilidades visibles mediante procesos erosivos y roturas en la superficie del suelo.

Para la intervención del mismo el Honorable Consejo de estado de Colombia, mediante sentencia del 15 de noviembre del 2018 con número de radicado 66001233300020130007002 dispone la necesidad de realizar estudios técnicos actualizados y especializados requeridos, previos a la contratación de las actividades de construcción de obras civiles, las cuales estarán encaminadas a dar solución definitiva a los problemas de erosión, socavación, y deslizamientos en la zona afectada.

Con el fin de cumplir lo dispuesto en la sentencia previamente mencionada, la Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER adelanta los estudios y diseños geotécnicos para el manejo de aguas y estabilidad en el talud finca Rey Sol, vereda La Quiebra en el municipio de Balboa siendo el contratista de la presente consultoría TORRES ING S.A.S.

Para el diseño de las obras de estabilización requeridas se hace necesario desarrollar la consultoría detallada, requiriendo la ejecución de un levantamiento topográfico en el área en análisis, estudio geológico y geotécnico detallado, así como la definición de alternativas de obras técnicamente viables y el diseño específico de la alternativa de obra seleccionada para la estabilización.

El siguiente documento corresponde al diseño de las obras proyectadas en el marco del proyecto “REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS GEOTÉCNICOS PARA EL MANEJO DE AGUAS Y ESTABILIDAD DE TALUD FINCA REY SOL, VEREDA LA QUIEBRA EN EL MUNICIPIO DE BALBOA”, en el cual se presenta el análisis de las conclusiones y recomendaciones emitidas en el estudio geológico y geotécnico, en base a esta se evalúa técnica, logística y económicamente la mejor alternativa a ejecutar, ejecutándose los diseños detallados, evaluación estructural y las verificaciones pertinentes establecidas en la normativa legal vigente, así mismo se realizan los planos de obras a detalle, presupuesto, programación, especificaciones técnicas y proceso constructivo a la alternativa, además de las conclusiones y recomendaciones.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el el diseño de las obras de estabilización en el sitio crítico en estudio localizado en la Finca Rey Sol, vereda La Quebra en el municipio de Balboa, departamento de Risaralda.

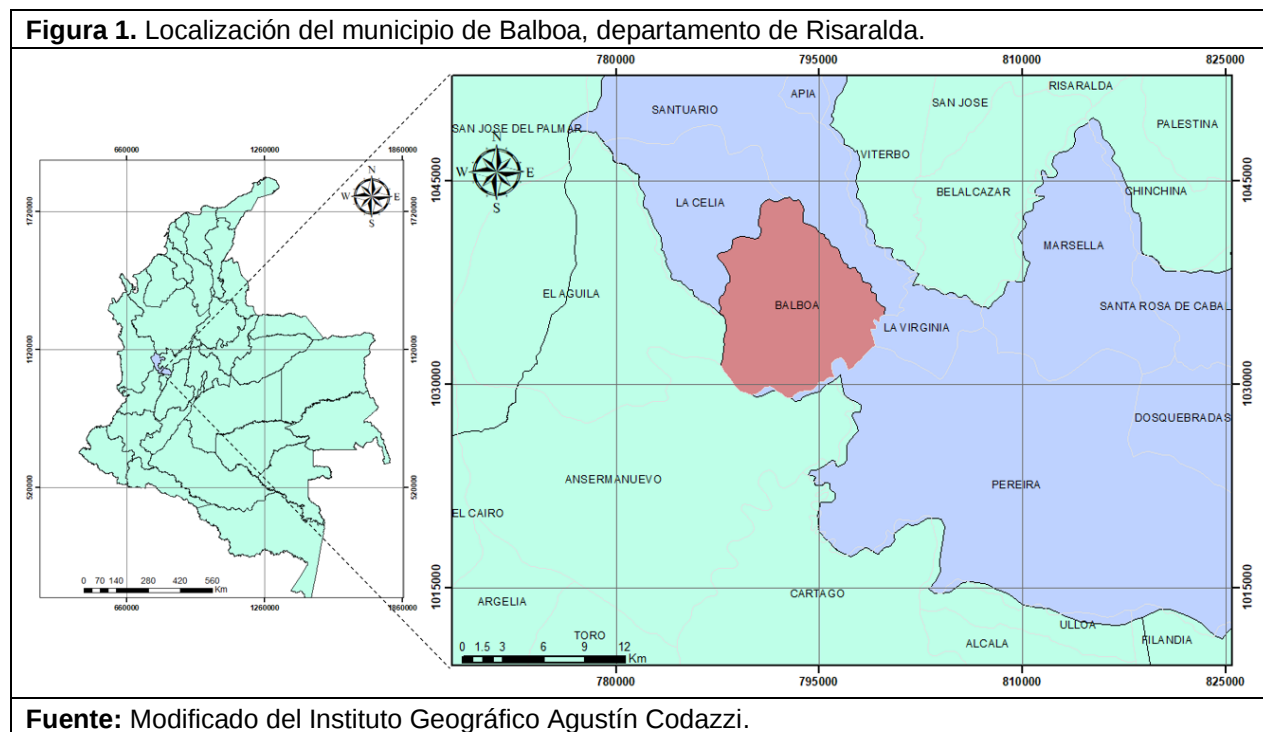
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Referenciar cartográficamente el área en estudio.
- Analizar las conclusiones y recomendaciones establecidas en el estudio geológico y geotécnico con el fin de identificar el tipo de obra requerida para la estabilización del talud en estudio.
- Realizar el diseño geotécnico, hidráulico y estructural detallado de la alternativa de estabilización definitiva cumpliendo los requerimientos establecidos en la normativa legal vigente.
- Realizar los planos de obras incluyendo, plantas, perfiles, secciones y detalles constructivos.
- Realizar el presupuesto detallado de la alternativa definitiva, elaborando las memorias de cantidades de obra y análisis de precios unitarios de acuerdo a las particularidades del proyecto.

3. GENERALIDADES

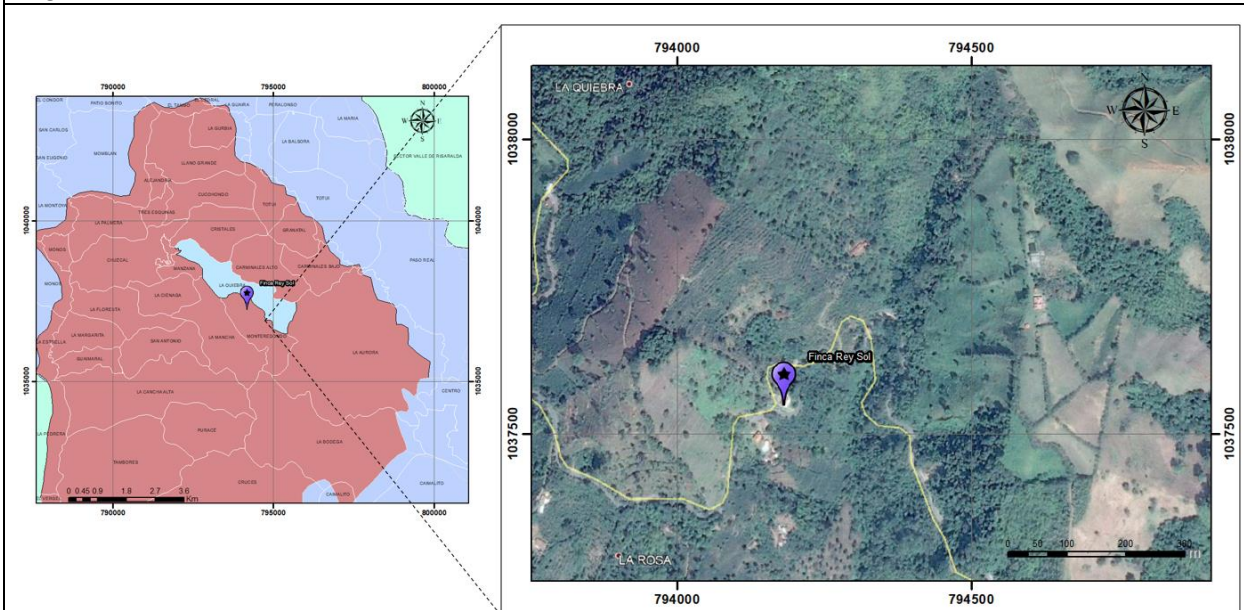
3.1 LOCALIZACIÓN

El proyecto se localiza en el municipio de Balboa ubicado en el departamento de Risaralda (Figura 1), a 49 kilómetros de la capital del departamento (Pereira) en la vertiente oriental de la cordillera occidental y sus laderas descienden hacia los ríos Cauca, Risaralda, Cañaveral, Monos y Totui. Geográficamente limita con los municipios de La Celia, Santuario, La Virginia, Pereira en el departamento de Risaralda y con los municipios de El Ágila y Asermanuevo en el departamento del Valle del Cauca, presenta una extensión superficial total de 120,5 km².



Específicamente el área en estudio se encuentra en la Finca Rey Sol ubicada en la vereda La Quiebra a 5,6 km del casco urbano del municipio de Balboa, en la coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste: 1126577 Este – 1037714 Norte (Figura 2).

Figura 2. Ubicación de área en estudio.



Fuente: Modificado del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

3.2 ALCANCES

El siguiente documento tiene como alcance presentar las actividades correspondientes al diseño de las obras de estabilización requeridas en el sitio crítico establecido en la finca Rey Sol, vereda la Quebra del municipio de Balboa, departamento de Risaralda; para el diseño de las obras, se realiza el análisis de la mejor alternativa teniendo en cuenta las recomendaciones establecidas en el estudio geológico geotécnico, a la cual se le realiza el diseño geotécnico, hidráulico y estructural detallado, así mismo, el presupuesto, programación, especificaciones técnicas y proceso constructivo de la alternativa definitiva, cumpliendo los lineamientos establecidos por la normativa legal vigente.

3.3 NORMATIVIDAD

El análisis y diseño fue realizado cumpliendo con la Normativa vigente para el diseño de estructuras NSR-10, Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes CCP-14.

El diseñador del muro ha escogido la alternativa que ofrece el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes-CCDSP14 en su Artículo 3.4 FACTORES DE CARGA Y COMBINACIONES, donde se especifica para la evaluación de la estabilidad general de rellenos contenidos, así como taludes de tierra con o sin cimentaciones superficiales o profundas se debe investigar en el estado límite de servicio basándose en las combinaciones de carga expuestas en el código.

- **COEFICIENTES DE COMBINACIÓN DE CARGAS**

En la Figura 3 y Figura 4 se presentan los factores de carga utilizados para el estado límite de servicio y el estado límite de resistencia.

Las combinaciones críticas son aquellas que incluyen sobrecarga o sismo, como son los grupos de Servicio I y Evento Extremo I, sin embargo, para el análisis se realizan todas las combinaciones establecidas en el código.

Teniendo en cuenta el CCP-14 para la evaluación de la resistencia de muros contra el deslizamiento se aplica la carga horizontal de suelo, en el caso de un muro de contención se multiplicaría por $\gamma_{pm\acute{a}x}$ (1.35) para una distribución de presión de suelo en reposo porque la fuerza resulta en una fuerza más crítica de deslizamiento en la base del muro.

Figura 3. Combinaciones de carga y factores de carga.

Estado límite de la combinación de carga	DC, DD, DW, EH, EV, ES, EL, PS, CR, SH	LL, IM, CE, BR, PL, LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	Use Uno de estos a la vez				
										EQ	BL	IC	CT	CV
Resistencia I (a menos que se indique)	γ_p	1,75	1,0	-	-	1,0	0,5/1,2	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia II	γ_p	1,35	1,0	-	-	1,0	0,5/1,2	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia III	γ_p	-	1,0	1,4	-	1,0	0,5/1,2	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia IV	γ_p	-	1,0	-	-	1,0	0,5/1,2	-	-	-	-	-	-	-
Resistencia V	γ_p	1,35	1,0	0,4	1,0	1,0	0,5/1,2	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Evento extremo I	γ_p	γ_{EQ}	1,0	-	-	1,0	-	-	-	1,0	-	-	-	-
Evento extremo II	γ_p	0,5	1,0	-	-	1,0	-	-	-	-	1,0	1,0	1,0	1,0
Servicio I	1,0	1,0	1,0	0,3	1,0	1,0	1,0/1,2	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio II	1,0	1,3	1,0	-	-	1,0	1,0/1,2	-	-	-	-	-	-	-
Servicio III	1,0	0,8	1,0	-	-	1,0	1,0/1,2	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio IV	1,0	-	1,0	0,7	-	1,0	1,0/1,2	-	1	-	-	-	-	-
Fatiga I- Sólo LL, IM&CE	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fatiga I II- Sólo LL, IM&CE	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: CCP-14 Tabla 3.4.1-1

Figura 4. Factores de carga para cargas permanentes, γ_p

Tipo de Carga, tipo de Cimentación, y Método para Calcular la fricción negativa		Factor de Carga	
		Máximo	Mínimo
DC: Sólo Resistencia IV		1,25	0,9
DC: Componentes y Accesorios		1,5	0,9
DD: Fricción negativa	Pilas, Método a Tomlinson	1,4	0,25
	Pilas, Método I	1,05	0,3
	Pozos perforados, Método O'Neil and Reese (1999)	1,25	0,35
DW: Superficie de rodadura e instalaciones		1,5	0,65
EH: Presión horizontal de suelo			
Activa		1,5	0,9
En reposo		1,35	0,9
AEP para muros anclados		1,35	N/A
EL: Tensiones residuales de construcción		1	1
EV: Presión vertical de suelo			
Estabilidad general		1	N/A
Muros de Contención y Estribos		1,35	1
Estructuras Rígidas Enterradas		1,3	0,9
Marcos Rígidos			
Estructuras Flexibles Enterradas			
Alc. Metálicas y Alc. Estructurales Corrugas Profundas		1,5	0,9
Alc. Termoplásticas		1,3	0,9
Todas las demás		1,95	0,9
ES: Sobrecarga de suelo		1,5	0,75

Fuente: CCP-14 Tabla 3.4.1-2

Es= Empuje sobrecarga

Eh=Empujes del suelo.

Ehw=Presion hidrostática

De acuerdo a la tabla anteriormente expuesta las combinaciones de carga para el estado límite de servicio corresponden a 1.0 en todos los casos, debido a esto el estado límite de servicio presenta la siguiente combinación de carga:

COMBINACIÓN DE CARGA CON VALORES MÁXIMOS

Empujes mediante la combinación por servicio (MÁXIMOS):

$$\Sigma H = 1.0 \text{ DC} + 1.0 \text{ ES} + 1.0 \text{ EH} + 1.0 \text{ EHW}$$

Empujes mediante la combinación por resistencia (MÁXIMOS):

En estado límite de resistencia se solicita emplear el γ_p máximo y mínimo, de acuerdo a la tabla 2, el γ_p para cada uno de los empujes corresponde a:

$$\text{DC} = 1.25$$

$$\text{ES} = 1.5$$

$$\text{EH reposo} = 1.35$$

$$\text{EHW} = 1.0$$

$$\text{EQ} = \text{Empuje dinámico}$$

De acuerdo a las combinaciones de carga anteriormente nombradas para el estado límite de resistencia se desarrolla de la siguiente manera:

$$\Sigma H = 1.25 \text{ DC} + 1.5 \text{ ES} + 1.35 \text{ EH} + 1 \text{ EHW}$$

Empujes y momentos de la combinación evento extremo I por metro de muro (MÁXIMOS):

$$\text{DC} = 1.25$$

$$\text{ES} = 1.5$$

$$\text{EH reposo} = 1.35$$

$$\text{EHW} = 1.0$$

$$EQ=1.0$$

$$\Delta ED=1.0$$

$$\text{Evento Extremo I: } 1.25 \text{ DC} + 1.5 \text{ ES} + 1.35 \text{ EH} + 1.0 \text{ EHW} + 1.0 \text{ EQ} + 1.0 \Delta ED$$

COMBINACIÓN DE CARGA CON VALORES MÍNIMOS PARA RESISTENCIA Y EVENTO EXTREMO

Empujes mediante la combinación por servicio (MÍNIMOS):

$$\Sigma H = 1.0 \text{ DC} + 1.0 \text{ ES} + 1.0 \text{ EH} + 1.0 \text{ EHW} \text{ (RESISTENCIA)}$$

Empujes mediante la combinación por resistencia (MÍNIMOS):

De acuerdo a la tabla anterior, la combinación de carga en condiciones mínimas para cada uno de los empujes analizados corresponde a:

$$DC=0.9$$

$$ES=0.75$$

$$EH \text{ reposo}=0.9$$

$$EHW=1.0$$

$$\Sigma H = 0.9 \text{ DC} + 0.75 \text{ ES} + 0.9 \text{ EH} + 1.0 \text{ EHW} \text{ (RESISTENCIA)}$$

4. ANTECEDENTES

Durante la ola invernal presentada en los años 2010 y 2011 se generó afectación en la estabilidad de la ladera en la Finca Rey Sol ubicada en el sector La Aurora en la vía que conduce de Cachipay con la cabecera municipal de Balboa, lo que ocasionó una serie de afectaciones en las construcciones existentes (fracturas en paredes y pisos), y presencia de grietas entre el área de protección de la vía y la vivienda.

Con la necesidad de tomar las acciones y medidas para mitigar el riesgo por movimientos en masa mediante la intervención de medidas que permitan reducir y prevenir su frecuencia, las diferentes entidades a nivel departamental y local, y personal contrato por el propietario del predio han llevado a cabo las respectivas visitas al sitio, los cuales se relacionan a continuación:

- Concepto técnico 0602 del 3 de marzo de 2011 realizado por Jaime Guzmán contratista de la Subdirección de Gestión Ambiental Territorial de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER, documento que relaciona la evaluación de tres sectores incluyéndose la Finca Rey Sol, donde se recomienda acciones de mitigación correspondiente a la construcción de zanjas de coronación con entrega de aguas en las obras hidráulicas de la vía y la protección de suelos en la corona del talud mediante la siembra de pastos. Adicional, recomiendan la remoción de material suelto acumulado en los últimos meses a través del perfilado de la ladera y siembra de pastos o maní forrajero, la evaluación estructural de la vivienda para determinar las condiciones de vulnerabilidad física y se establezcan acciones correctivas, monitoreo para la detección de cambios o evaluación de agrietamientos que puedan involucrar la ladera o generen afectación significativa de las viviendas, y en el lote de la Asociación San Vicente, se deberá evacuar y direccionar las aguas hacia los sistemas de manejo de aguas lluvias y residuales del sector, así mismo, la empresa prestadora del servicio público deberá evaluar el estado de las redes de alcantarillado, incluyendo el manejo de aguas lluvias.
- Informe actividades y/o obras para mitigar efectos ola invernal por Jose Arboleda (2011), Asesor de la Coordinación departamental de urgencias – emergencias y desastres, documento en el que se da a conocer la visita técnica al sector de estudio relacionando los antecedentes en el que se indica que el propietario del predio presenta en el derecho de petición que su vivienda es de estructura aporricada en concreto y se encuentra en

buenas condiciones ubicada sobre la corona del talud de la vía, que como consecuencia de las olas invernales se presentan procesos de erosión entre la vivienda y la vía que amenazan su casa, esta afectación no solo se ha generado en su vivienda sino que los usuarios de la vía Cachipay – Balboa se ven afectados por los derrumbes; que producto de las ampliaciones de la vía se modificaron las líneas de drenaje, principalmente los colectores de aguas residuales; que a pesar de que se han llevado a cabo diferentes visitas aún no se entregan soluciones efectivas a la problemática descrita, por lo que durante la visita realizada el 18 de octubre de 2011 se constató *1. Desplazamientos de la vivienda entra la vía existente y la estructura de la vivienda, 2. Fracturas en losa de concreto sobre el piso. Sótano de la vivienda, 3. Fracturas y desplazamientos de muros de mampostería sobre la vía. Silo de café, 4. Fracturas y grietas sobre el talud.*

Con relación al estado de los taludes fue realizada la inspección de la vivienda que permitiera establecer su estabilidad observándose daños en muros de mampostería y losas de piso en el sector del sótano y patios que se encuentran adyacentes al talud.

Que los efectos ocasionados por la ola invernal han desencadenado taludes con alturas críticas en suelos residuales, coluviones y roca base meteorizada siendo necesario las medidas de protección y estabilización para sostener el equilibrio del talud, el manejo inadecuado de las aguas de escorrentía superficial puesto que no han sido canalizadas de manera correcta, no se tienen condiciones de protección del talud como cobertura vegetal de baja altura, y que las construcciones que tienen no tienen la distancia mínima de aislamiento de la corona.

Por tanto, se recomienda las siguientes acciones que permitan reducir la vulnerabilidad de las construcciones:

- 1. Construcción de canal de recolección de aguas lluvias, paralelo al camino de acceso al talud superior de la finca, en una longitud de 70 metros, con caja de empalme y canal de entrega a la Quebrada Agualinda.*
- 2. Canal de recolección de aguas lluvias sobre la terraza superior de la vivienda, sumideros para recolección de aguas de patios y cubierta, conducirla por tubería PVC de 4" hasta la alcantarilla sobre la vía de acceso al predio.*
- 3. Cuneta de corona del talud, recolectar aguas lluvias de zonas impermeables. Las áreas que se encuentran descubiertas deberán ser impermeabilizadas (pavimento de patios).*

4. *Muro de pata del talud sobre la vía. En concreto reforzado de 1,0 metro de altura y 100 metros de longitud.*
5. *Recolectar las aguas residuales a una red central de manera tal, que se puedan conducir por el talud de manera segura hasta la Quebrada Agualinda.*
6. *Cubrimiento de la zona de taludes con biomantos y/o maní forrajero.*
7. *Sello de grietas en el talud.*

La ejecución de las obras mencionadas anteriormente deberán ejecutarse antes de la próxima ola invernal, su presupuesto estimado para la construcción e interventoría hasta diciembre de 2011 en millones se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Costo de obras de construcción e interventoría.	
DESCRIPCIÓN	MILLONES
Canal recolección talud superior, patios y terraza superior – 150 MI	15,0
Muro de pata de 100 metros de longitud	16,5
Redes de aguas residuales	2,5
Cubrimiento con biomantos y maní forrajero 800 m ²	12,0
Total costos e interventoría	65,0
Fuente: Arboleda, 2011.	

- Oficio R-9838 por parte de Sandra Patricia Jimenez Londoño, Subdirectora de Gestión Ambiental Territorial de la CARDER, dando respuesta al derecho de petición enviado a la Secretaria de Planeación Municipal de Balboa con copia a la CARDER, en el que se relaciona la visita realizada reflejada en el concepto técnico 0602 del 3 de marzo del 2011, allegado a la Secretaría de Planeación del municipio con copia a la coordinación administrativa del Comité Regional de Prevención y Atención de Desastres, además, se reitera el desarrollo de las intervenciones recomendadas en este concepto, que en su mayoría son de baja inversión, y el monitoreo para realizar el análisis de su evolución frente a la temporada de lluvias.
- Visita técnica 006D del día 7 de febrero de 2012 por el Ing. Victor Yesith Sanchez Lozano de la Secretaria de Planeación del municipio de Balboa para realizar valoración de las obras recomendadas posterior a la visita efectuada por la Coordinación departamental de urgencias – emergencia y desastres en la que se observó que se presentó una nueva

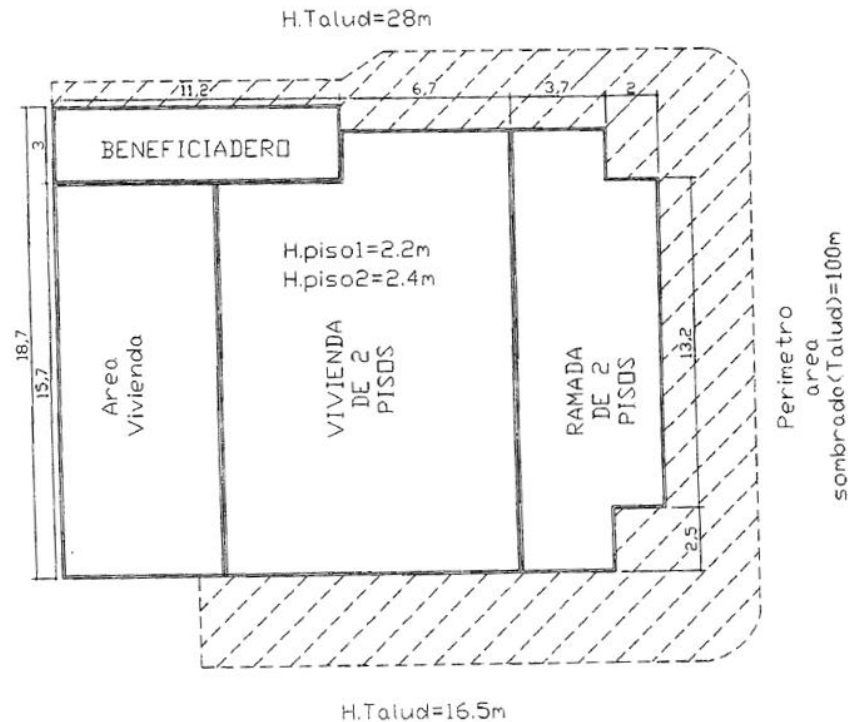
afectación en la parte posterior de la vivienda, sitio que no se encuentra incluido dentro de las obras valoradas en el informe, puesto que ocurrió con fecha posterior a la visita llevada a cabo, área que requiere tratamiento para evitar que continúe procesos de erosión, por lo que se recomienda requerir el apoyo a la Coordinación departamental de urgencias – emergencia y desastres para realizar una nueva visita a la zona afectada para así complementar las obras que ya se tienen proyectadas y mitigar los efectos producidos por la ola invernal evitando que pueda producir daños a la casa ubicada en la parte superior del talud.

- Visita técnica 15D el día 22 de marzo de 2012 por parte del personal de la Secretaria de Planeación del municipio de Balboa, el cuerpo de bomberos y la defensa civil municipal a partir de la cual se realiza el recorrido e inspección visual de la vivienda considerando que se presenta un nuevo deslizamiento de tierra en horas de la mañana que ocasionó el taponamiento de la vía observándose el desprendimiento de parte del talud margen derecha de la vivienda acumulado en el ánden del área del beneficiadero, y la presencia de grietas en la parte alta del talud que no alcanzó a desprenderse sin evidencias de grietas en muros de la vivienda.

Se presenta como recomendación solicitar el apoyo a la Coordinación departamental de urgencias – emergencia y desastres para que lleven a cabo una nueva visita al sitio de afectación con el objetivo de valorar el tipo de obras requeridas para la estabilización del talud o si por lo contrario sea necesario la reubicación de la vivienda. Adicional, que los habitantes de la vivienda realicen monitoreo y dar aviso ante cualquier eventualidad a la Administración Municipal o cuerpo de bomberos para la toma de acciones oportunas; y la toma de las primeras medidas correspondientes a la instalación de plásticos en el talud afectado evitando así sobresturación del terreno, no obstante, se clara que es necesario que el dueño de la vivienda realice el manejo adecuado de las aguas del beneficiadero, puesto que estas drenan hacia el talud debido a que la tubería se rompió por el deslizamiento.

- Visita técnica 16D el día 23 de marzo de 2012 por parte del Ing. Victor Yesith Sanchez Lozano de la Secretaria de Planeación del municipio de Balboa mediante la cual se realiza la valoración de la vivienda localizada dentro del predio de estudio, tomándose las respectivas medidas del área de esta vivienda así como el área del talud donde se han presentado los deslizamientos, tal como se presenta en la Figura 5.

Figura 5. Dimensiones del área del talud afectada por deslizamientos y vivienda.



Fuente: Informe visita técnica 16D.

- Concepto técnico de la visita realizada el día 26 de marzo de 2012 a la Finca Rey Sol por Juan Carlos Correa de la Gobernación de Risaralda, a partir del cual indica que el deslizamiento es de gran magnitud en un sector que colinda con la vía principal hacia Balboa, generando pérdida de la cobertura vegetal y especies de plantas que permitan sostener y amarrar el suelo desprotegido de la ladera, donde la superficie de ruptura se encuentra a 0,40 m de los cimientos de la vivienda, por lo que se encuentra en riesgo su estabilidad, esto teniendo en cuenta que se han tomado medidas de mitigación preventivas como la instalación de plásticos a lo largo de la ladera afectada, siendo probable que durante la ola invernal se presente arrastre y desestabilización del talud conllevando así a una falla total de la construcción, estando las cinco personas que habitan la casa en riesgo permanente, recomendándose como (...) *medida preventiva el desalojo de la vivienda, mientras se realizan las obras complementarias sobre el talud que ayuden a controlar la pérdida de material.*

- Oficio No 0013-4862 del 30 de marzo de 2012 dirigido por Ana María Arcila (Directora Técnica de la Gobernación de Risaralda) al Municipio de Balboa donde se allega el informe de la visita técnica realiza por el Ing. Juan Carlos Correa funcionario de la Secretaria de Infraestructura.
- Resolución No 173 del 4 de abril de 2012, la Administración Municipal ordena el desalojo de los habitantes de la Finca Rey Sol.
- Concepto técnico 0864 del 19 de abril de 2012 realizado por Jaime Guzmán contratista de la Subdirección de Gestión Ambiental Territorial de la CARDER, en el que señala que hacia la parte superior del talud es donde se presenta el proceso de inestabilidad, siendo su conformación el resultado del corte requerido para el desarrollo de la parte interna de la curva del sector, y no corresponde a la pendiente natural del terreno.

Corresponde a un talud conformado por suelos residuales de la Formación Barroso, heterogéneos, hacia la base se encuentran fragmentos de roca en una matriz de carácter arcillosa de color rojiza, y hacia el tope predominan los materiales arcillosos, materiales que son susceptibles a procesos de inestabilidad, y que se intensifican en condiciones de intervención y manejo inadecuados.

El sitio presenta altas pendientes y con altura superior a 10 metros, las construcciones se localizan en cercanías a la cresta del talud, siendo notorio la ausencia de obras de control de aguas lluvias desfavoreciendo las condiciones de estabilidad relacionadas en el concepto 0602 del 3 de marzo de 2011.

Se incluye en este documento el reconocimiento de la zona por parte de otras entidades a nivel regional y local, los cuales se describen a continuación:

- ✓ Visita realizada el día 18 de octubre de 2011 por la Gobernación de Risaralda con radicado al CREPAD de fecha del 23 de diciembre de 2011 donde se identifican las afectaciones al predio que consiste en fracturas en la losa del concreto sobre el piso en el sótano de la vivienda, y fracturas y desplazamientos de muros sobre la vía en el silo de café.
- ✓ Visita llevada a cabo el 26 de marzo de 2012 por la Secretaría Departamental de Infraestructura, y radicada a la Administración Municipal con fecha del 30 de marzo, indicándose que la proximidad de la superficie de ruptura actual del deslizamiento a la cimentación de la estructura existente, que actúa como agente

casual por sobrecarga, resaltando la tendencia progresiva del proceso y las implicaciones del riesgo para el previo, recomendándose el desalojo preventivo.

Concluyéndose en este documento que el proceso de inestabilidad del talud guarda relación de casualidad con la verticalidad del talud derivado de los cortes realizados para el trazo de la vía Cachipay – Balboa y de las adecuaciones y modificaciones en ese tramo; que el predio Rey Sol no cuenta con los sistemas adecuados para el manejo de aguas lluvias perimetral a sus construcciones que incluya los canales de recolección y estructuras de entrega hacia la parte baja del talud, aguas que no se encuentran controladas y generan saturación, erosión laminar y concentrada en los suelos expuestos en superficie; las fuertes precipitaciones se convierten en detonantes por saturación, lavado y pérdida de soporte de bloques de suelos expuestos, y que se incrementan por el mal manejo de aguas lluvias; el tipo de suelos que se encuentran en la zona que al ser altamente heterogéneos en su nivel de alteración y sus parámetros físicos, son propensos a la ocurrencia de procesos de desestabilización que se potencian al realizarse intervenciones inadecuadas como cortes verticales y desprotección de la cobertura vegetal; y la ubicación del predio en proximidad a la cresta del talud estableciéndose sobrecargas que generan detrimento de sus condiciones de estabilidad. Estos aspectos mencionados anteriormente y las irregularidades geométricas presentes en el talud, determinan el avance progresivo del deslizamiento, y al resaltarse esta condición, se define el incremento del riesgo sobre los elementos expuestos (vía, construcciones y personas), acordes a la recomendación de desalojo preventivo.

- Oficio de radicado R-2633 de abril 20 de 2012 remitido por Julio Gómez (Subdirector de Gestión Ambiental Territorial de la CARDER), en el cual se anexa el concepto técnico 0864 dando respuesta al trámite de Notificación de Admisión de Acción de Tutela en el Predio Rey Sol. Considerándose que se ha presentado un avance del problema se emiten las respectivas recomendaciones para su intervención.
- Oficio de radicado No 0013-6477 del 26 de abril de 2012, la Secretaría de Infraestructura del Departamento de Risaralda informa que está en proceso de programación la visita técnica a realizar por parte de la CREPAD y funcionarios de la CARDER para la toma de acciones en el sitio de estudio.

- Oficio 100 PL 14-187 del 15 de mayo de 2012, el Secretario de Planeación Municipal realiza la entrega de conceptos visitas de la CARDER y Gobernación de Risaralda al propietario de la vivienda, anexando oficio 0013-6477 de la Secretaria de Infraestructura del departamento, y el oficio R-2633 de la CARDER.
- Oficio de radicado R-3955 de mayo 22 de 2012 remitido por Julio Gómez (Subdirector de Gestión Ambiental Territorial de la CARDER) en donde reiteran la importancia para que la Administración Municipal lidere la gestión y articulación interinstitucional en la ejecución de acciones que permitan la prevención y reducción del riesgo en el Predio Rey Sol considerando las funciones y competencias de las diferentes entidades. Se reitera las recomendaciones dadas a través del concepto técnico No 0864 de abril 19 de 2012, específicamente en la condición de desalojo preventivo para la vivienda y de las intervenciones requeridas en el talud afectado resaltando la importancia de incluir el tema vial con énfasis en las acciones que se requieran.
- Sentencia No 66001-23-31-000-2012-00147-01 del Consejo de Estado – Sala Contenciosa Administrativa del 28 de junio de 2012, dentro de la providencia impugnada indican que a pesar de que mediante la Resolución No 173 de 4 de abril de 2012, el municipio de Balboa ordena la reubicación de los habitantes del inmueble, la parte actora a través de escrito adicional a la acción de tutela señala que (...) *esta reubicación fue de carácter temporal circunstancia que los obligó a regresar a la construcción.*
Es por medio que de esta sentencia que se ordena al Alcalde del Municipio de Balboa reubicar al demandante y sus hijas en un algún albergue temporal, y realizar la respectiva inscripción en el Registro Único de Damnificados por Emergencia Invernal en caso de que no se encuentren inscritas en el grupo familiar, (...) *para que se puedan beneficiar de las ayudas tendientes a la atención y reubicación hasta tanto se dispongan de las obras necesarias para mitigar los daños de la vivienda.*
- Mediante acción popular con radicado No 2013-070 se da a conocer las gestiones realizadas por el propietario del predio de acuerdo a las recomendaciones presentadas en los conceptos técnicos con fechas entre el 2011 a 2013 tanto en la construcción de obras civiles como siembra de especies vegetales aclarando que no se contó con el acompañamiento técnico ni su gestión por parte de la CARDER, Departamento de Risaralda y el Municipio de Balboa.

Entre las obras ejecutadas se encuentra la demolición de la estructura más próxima al talud que incluye la estructura de dos plantas que eran utilizadas como bodega de café, insumos para la siembra y herramientas; cubrimiento de la corona del talud y zonas contiguas a la vivienda que producto de la demolición quedaron descubiertas construyéndose una placa de concreto que funciona como patio con rejillas y tuberías para la recolección de aguas lluvias; siembra de maní forrajero y guaduilla sobre la pared del talud aclarándose que por la misma dinámica erosiva no se permite que el maní forrajero se extienda; demolición del beneficiario de café con avance superior al 50 % con el desmonte del segundo piso y se inicia el del primer piso; y canalización de aguas lluvias de la vivienda principal.

- Concepto técnico 1424 del 18 de junio de 2013 realizado por Jose William Velez de la Subdirección de Gestión Ambiental Territorial de la CARDER mediante el cual se presenta la visita técnica de campo concluyéndose que el deterioro del sector se debe por afectaciones antrópicas que se encuentran relacionadas con el manejo inadecuado de aguas y construcción de infraestructura sin dar cumplimiento a las especificaciones sismo resistentes; que bajo los parámetros actuales que se evidencian de la zona se tienen condiciones generales de estabilidad; que (...) *con el fin de garantizar la estabilidad general de la zona se deberán implementar acciones de demolición de la estructura y reconfiguración de la ladera, que permita las condiciones de equilibrio. 4. La ejecución de obras, como muro en gaviones y/o concreto, son bastante pesadas y no garantizan su adecuada estabilidad. 5. Los análisis de estabilidad en los materiales encontrados (lutitas), no se conocen parámetros mecánicos, por lo tanto su modelación es aproximada.* Adicional, recomiendan (...) *1. Realizar la demolición de la infraestructura de la casa, que genera vulnerabilidad (más cercana). 2. La estabilidad del área esta demostrada, lo que se requiere es la ejecución de acciones que controlen y mitiguen los factores de inestabilidad (concentración de aguas e inadecuado manejo). 3. De acuerdo con los conceptos emitidos y acogidos por el Tribunal, el desastre técnicamente previsto, es evidente en la manera que no se ejecutan acciones de adecuado manejo de las aguas y se demuelan las estructuras más cercanas a la cárcava existente. La ejecución de muros, pantallas no garantizan la estabilidad general de la zona.*
- Setencia del 9 de agosto del 2017 del Tribunal de lo Contencioso Administrativo de Risaralda – Sala Tercera de Decisión con referencia a la acción popular con radicado No

6601-23-33-000-2013-00070-00 ordena a la CARDER realizar el acompañamiento técnico y ambiental en adopción de la solución al problema en el Predio Rey Sol, (...) *realizando los estudios respectivos para concretar las acciones y obras que se deban realizar para la solución definitiva a la problemática en estudio, así como ejercer las funciones de vigilancia y control, además de imponer las medidas administrativas a que haya lugar, para qué se cumpla con las labores respectivas.*

Adicionalmente, ordena al municipio de Balboa y al departamento de Risaralda llevar a cabo dentro de las competencias legales y constitucionales en un término máximo de diez meses a partir de la ejecutoria de esta sentencia, sin aún no se han realizado, (...) *las obras que sean conducentes para dar solución definitiva a los problemas de erosión, socavación, deslizamientos en la zona afectada, carencia de canalización de aguas lluvias y de escorrentía, carencia de construcciones para la estabilización del talud y demás que se presentan en el sector de la vereda La Quebra en la vía que comunica a los municipios de Balboa, La Celia y la Virginia, siguiendo las recomendaciones dadas en los conceptos técnicos realizados por la CARDER, departamento de Risaralda y el municipio de Balboa, y demás estudios técnicos actualizados y especializados que se realicen al momento de la contratación.*

(....) 8. *Se designa al Director de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER), al Gobernador de Risaralda, al Alcalde del municipio de Balboa, y al actor popular, para que conformen físicamente el Comité de Verificación del cumplimiento de la presente sentencia, cuyo coordinador para la convocatoria y demás menesteres será el alcalde municipal; quienes rendirán en el término de dieciocho (18) meses, contados desde la ejecutoria de la sentencia, un informe único detallado e ilustrado sobre las soluciones adoptadas en pro del cumplimiento efectivo de esta providencia. Del mismo modo, integrará el Comité, el señor Procurador Judicial II en Asuntos Administrativos No 38, doctor Leonardo Rodríguez Arango, o quien haga sus veces, y esta Corporación Judicial, con el objeto de que una vez allegado al expediente el informe anterior, se efectúe sobre dicho escrito un pronunciamiento formal y legal acerca del cumplimiento de la decisión judicial que nos ocupa, previo al análisis de validez, veracidad y solidez de la información allí consignada.*

- Sentencia con radicado No 66001233300020130007002 del 19 de noviembre de 2018 del Consejo de Estado – Sala de lo Contencioso Administrativo – Sección Primera, por el cual

se resuelve modificar la parte resolutive de la sentencia proferida el 9 de agosto de 2017 por el Tribunal Administrativo de Risaralda, ordenando (...) *al municipio de Balboa que, con el acompañamiento, asesoría y asistencia técnica, administrativa y financiera del Departamento de Risaralda, elabore, ejecute y financie en el término máximo de diez (10) meses, si aún no se han hecho, las obras que sean conducentes para dar solución definitiva a los problemas de erosión, socavación, deslizamientos en la zona afectada, carencia de canalización de aguas lluvias y de escorrentía, carencia de construcciones para la estabilización del talud y demás que se presentan en el sector de la vereda La Quebra en la vía que comunica a los municipios de Balboa, La Celia y la Virginia, siguiendo las recomendaciones dadas en los conceptos técnicos realizados por la Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER, el Departamento de Risaralda y el Municipio de Balboa, y demás estudios técnicos actualizados y especializados que se realicen al momento de la contratación.*

Adicional, se ordena (...) *al Municipio de Balboa que ejerza sus funciones policivas en materia urbanística, en aras de asegurar el cumplimiento de las licencias urbanísticas y de las normas contenidas en el Plan de Ordenamiento Territorial, en defensa tanto del orden jurídico del ambiente y del patrimonio y espacios públicos, como de los intereses colectivos a hacer efectiva la prevención de un desastre técnicamente previsto e impedir que se continúen construyendo predios sin las especificaciones de sismo-resistencia requeridas para la zona; se exhorta a la comunidad de la vereda La Quebra en la vía que comunica a los municipios de Balboa, La Celia y La Virginia para que se ejecuten las conductas que contribuyan al cuidado ambiental, cumpliendo con las especificaciones sismo – resistentes en la construcción de infraestructuras que se ubiquen sobre taludes de tierra, así como la adecuación de los mismos a correctos sistemas de manejo aguas lluvias, teniendo en cuenta que virtud del artículo 2 de la Ley 1523 la comunidad también es responsable de la gestión del riesgo; y ordenar al propietario de la Finca Rey Sol adelantar las medidas recomendadas para el manejo de aguas lluvias por la CARDER dentro del predio.*

- Acta de visita No 31275 del 2 de marzo de 2020 por la CARDER con el objetivo de dar seguimiento a la acción popular con Radicado 2013-00070, en la cual se realiza la verificación de lo acordado en el Acta No 006 del 10 de diciembre de 2019 requiriéndose tramitar permisos de vertimiento, conexión de la tubería hasta el drenaje, realizar

mantenimientos en la transversal que recibe las aguas de la finca, y la recuperación mediante limpieza de la transversal localizada en la ladera interior de la vía donde se encuentra ubicada la poseta, (...) *una vez finalizadas las actividades de limpieza por parte del departamento y/o municipio se deberá realizar la limpieza manual posterior a las lluvias.*

En cuanto a las obras de mitigación, mencionan la necesidad de ejecutar un levantamiento topográfico para detallar las acciones de configuración del talud con personal de la CARDER y/o Secretaria de Infraestructura de Infraestructura Departamental con apoyo de geólogos de la CARDER, información que servirá como base para adelantar (...) *en detalle las labores de conformación u obras mecánicas de mitigación las cuales serán realizadas por el municipio con base en el concepto técnico rendido por CARDER.* La Secretaria de Infraestructura Departamental (...) iniciará los trámites para la contratación de los estudios requeridos para la estabilidad del talud interior, los cuales determinarán la necesidad o no de realizar obras complementarias a las otras biomecánicas.

Para las obras biomecánicas, (...) *la CARDER aportará el material vegetal, el departamento y/o municipio aportarán los materiales de construcción requerido conforme el concepto técnico CARDER, y el municipio de Balboa aportará la mano de obra requerida. Dichas actividades serán coordinadas por personal técnico de la Alcaldía de Balboa y apoyo técnico de la CARDER en el aspecto forestal y geología. La oficina verde de la CARDER brindará asesoría al accionante para los trámites de concesión de aguas y permiso de vertimientos, y ocupación de cauce para la entrega de las aguas.*

- Informe de seguimiento y visita técnica realizado por Morrison Lam (2021) esto con el objetivo de evidenciar el cumplimiento de los compromisos adquiridos en el acta de la visita CARDER No 31275 del 2 de marzo de 2020 por parte de la CARDER, Departamento de Risaralda y el Municipio de Balboa con respecto a las obras de mitigación a ejecutarse en la Finca Rey Sol.

Con la visita se corroboró el cumplimiento de los conceptos y las recomendaciones técnicas dadas al propietario del predio adelantándose el manejo de las aguas lluvias de la vivienda y las aguas de escorrentía en la corona del talud drenando sus aguas hasta el cauce localizado en cercanías al predio, también se llevaron a cabo actividades correspondientes al retiro de la guadilla sembrada a media ladera, demolición de

beneficiadero ubicado hacia la corona del talud, y retiro de cultivos transitorios y permanentes, quedando algunos cultivos de pancoger.

La CARDER y Gobernación de Risaralda adquirieron el compromiso de realizar visita de campo con comisión de topógrafos y geólogos para el día 13 de marzo de 2020, esto con la necesidad de obtener elementos suficientes para planear las obras biomecánicas de mitigación propuestas y que serían desarrolladas por el municipio de Balboa, pero a la fecha de la visita realizada por el Ing Morrinson Lam el día 18 de mayo de 2021 no se han llevado a cabo el inicio de estas obras, solo se cuenta con un plano topográfico con información insuficiente para la caracterización de la conformación del talud.

Adicional a lo anterior, no se cuenta con los estudios topográficos ni geotécnicos detallados del talud (...) *que permitan planear, diseñar y ejecutar las obras de mitigación que brinden una solución definitiva a la problemática presentada en el predio Finca Rey Sol, ya que las obras biomecánicas propuestas pueden ser solución a corto o mediano plazo, de allí la necesidad de hacer el análisis detallado del talud.*

- Concepto técnico del 11 de mayo de 2021 por Gustavo Cardona Aguirre, Asesor ambiental de la Secretaria de Infraestructura de la Gobernación de Risaralda, documento que señala que la zona se caracteriza por presentar una ladera de fuerte pendiente en una curva cerrada de altura de 30 metros que hacia la corona del talud se encuentra una vivienda, así mismo, sobre las laderas se observan antiguas cicatrices de deslizamientos en la base de la ladera. Su cubierta vegetal es de pastos, algunos árboles de mediano y alto porte y un cultivo de papaya sobre la parte media de altura promedio entre 3 m a 5 m, y la evidencia de presencia de tocones de guadilla cortados recientemente.

En este concepto se concluye que no hay evidencias de evento alguno visible que determine que el movimiento en masa se encuentre activo, se tiene mal manejo de la ladera con la presencia de plantas de papaya de raíces poco profundas y que poco aportan en las condiciones de estabilidad, no se justifica la erradicación de la guadilla sembrada en la base y parte media del talud puesto que permite retener los suelos debió a las características propias de esta vegetación. Se recomienda complementar la protección de suelos con siembra de pastos vetiver, siendo su característica principal la formación de raíces de hasta 5 m.

Lo anterior, se recomienda sin generar detrimento de las medidas de obra ingenieril que deberán proyectarse para la estabilización del talud, y deberán complementarse el diseño de obras adicionales para el manejo de las aguas superficiales.

A tener en cuenta, (...) *si bien el propietario puede exigir que se actué sobre el fenómeno que en teoría le atañe y lo perjudica, también debe tener responsabilidad sobre el mantenimiento y manejo del talud y eso implica el cuidado de la cobertura vegetal y el evitar el uso de prácticas agrícolas no recomendadas (...).*

- Concepto técnico del 11 de mayo de 2021 realizado por Álvaro Emigdio Mora Galvis, Geólogo Especialista en Geotecnia de la Secretaria de Infraestructura de la Gobernación de Risaralda, en el cual se concluye que la inestabilidad del talud se da por la contribución de diversos factores como banqueo a media ladera para adecuación y construcción de vivienda, manejo deficiente de aguas provenientes del lavado del café hacia la ladera, y la ampliación de la vía; la disposición favorable del propietario acatando las recomendaciones de manejo preventivo para la reubicación del tanque de lavado del café, y la conducción de aguas mediante tuberías del techo y la vivienda; la evidencia de material rocoso que a pesar del avanzado estado de meteorización es de mayor resistencia con respecto al material de suelo; y el uso del suelo donde los propietarios deberán involucrarse en el tema del manejo ambiental sostenible de sus predios para evitar contratiempos y complicaciones.

También, se recomienda como medida de mitigación del riesgo bajo, la construcción de trincho con parales de guadua dobles hacia la base del talud que permita la reconfiguración de los materiales sueltos, manteniendo una geometría que sea acorde a la original del terreno, rellenando aquellos sectores donde se presenten concavidades por desprendimientos; posterior a la anterior conformación, implantar vegetación de tipo vetiver que por su crecimiento rápido y sistema de raíces profundas favorecerá las condiciones de estabilidad a futuro; erradicación de tres o cuatro árboles que por su posición a media ladera podrían generar incertidumbre sobre la estabilidad geotécnica futura; y la Secretaria de infraestructura del Departamento de Risaralda estará al pendiente para prestar la asesoría necesaria a la Administración Municipal en la ejecución de estas actividades.

Considerando los estudios previos del predio Finca Rey Sol esta zona presenta amenaza por movimientos en masa que han generado afectaciones en la vivienda y obstaculización del paso de la vía Cachipay – Balboa, que con la necesidad de dar cumplimiento a la Setencia No 66001233300020130007002 se plantea la ejecución de estudios a técnicos actualizados y especializados requeridos antes de realizar la construcción de obras civiles encaminar a mitigar y reducir el riesgo por erosión, socavación y movimientos en masa que se presentan en el sector de estudio.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La Finca Rey Sol se localiza en el Sector La Aurora, área rural del municipio de Balboa, sobre la ladera interna de la vía principal que conduce de Cachipay con la cabecera municipal de Balboa. Hacia la corona del talud, se encuentra una vivienda de dos niveles de dimensiones aproximadas de ancho de 9,5 metros y de longitud de 20,5 metros (Figura 6).

Figura 6. Sitio de estudio.



Fuente: Consultor.

La topografía de la zona es escarpada a muy escarpada con diferencia de altura de alrededor de 15 metros entre la vía y el nivel de la vivienda. En general, la vivienda es el único sector que presenta pendientes suaves, la expresión geomorfológica corresponde a la ejecución de corte hacia el costado interno, lo que se puede verificar con el terraceo realizado hacia el costado posterior de la vivienda (Figura 7).

Figura 7. Condiciones morfométricas actuales Finca Rey Sol.



Fuente: Consultor.

De acuerdo con información suministrada durante el proceso judicial que se adelanta, la fecha de construcción de la vivienda es de aproximadamente 45 años. En la actualidad se ubica sobre la corona del talud a aproximadamente 4,0 metros y sobre la superficie de ruptura del deslizamiento quedando al descubierto la cimentación de la estructura, tal como se puede evidenciar en la Figura 8.

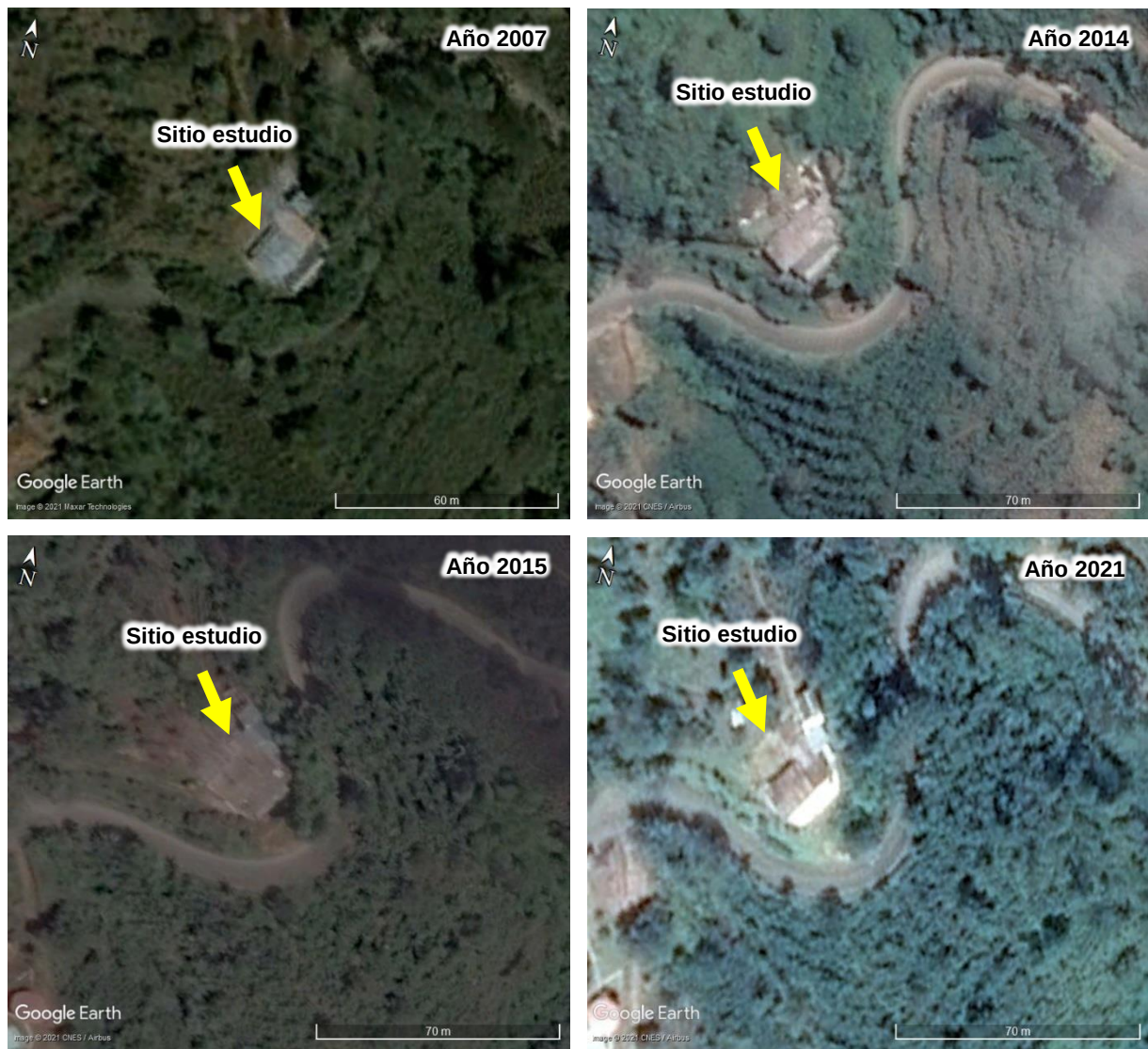
Figura 8. Posición de la vivienda con respecto al movimiento en masa.



Fuente: Consultor.

Con el análisis temporal a partir de imágenes satelitales de Google Earth se refleja los cambios en las condiciones de estabilidad del talud, específicamente asociados a la pérdida de cobertura vegetal y a la ocurrencia de movimientos en masa que han afectado esta zona. Hacia el año 2007, se presenta protección del talud por la presencia de vegetación principalmente arbustiva, ya en el año 2014 y 2017 se observan áreas con suelo descubierto en la base del talud que ante la ocurrencia de fuertes lluvias, podrían favorecer la generación de movimientos en masa. En la actualidad si bien se conservan algunos arbustos o árboles de papaya, se tienen zonas sin cobertura vegetal o pastos (Figura 9).

Figura 9. Análisis multitemporal del sitio de estudio.



Fuente: Consultor.

Considerando que la vivienda se localiza en cercanías al talud, el propietario del predio ha tomado medidas preventivas de acuerdo a las recomendaciones dadas por los diferentes entes correspondientes, llevando a cabo la demolición y abandono de parte de la estructura de la vivienda que correspondía a la zona de beneficiadero (Figura 10). Solo presenta una grieta en la placa de la infraestructura, y las redes de servicios se encuentran expuestas tanto en el talud afectado como en la fachada de la vivienda.

Figura 10. Estado actual de la vivienda en la Finca Rey Sol.



Fuente: Consultor.

Posterior al evento presentado durante la ola invernal del 2010, el fenómeno de remoción en masa ha estado activo, con presencia actual de superficies de ruptura generando condición

amenazante para la infraestructura y la población. Se tienen evidencias de reptación de la vegetación arbustiva.

A continuación, se presenta el modelo 3D del área de estudio donde se observan las condiciones de estabilidad de la ladera y los cambios se presentan en la cobertura vegetal.

Figura 11. Modelo 3D del área de estudio.



Fuente: Consultor.

6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

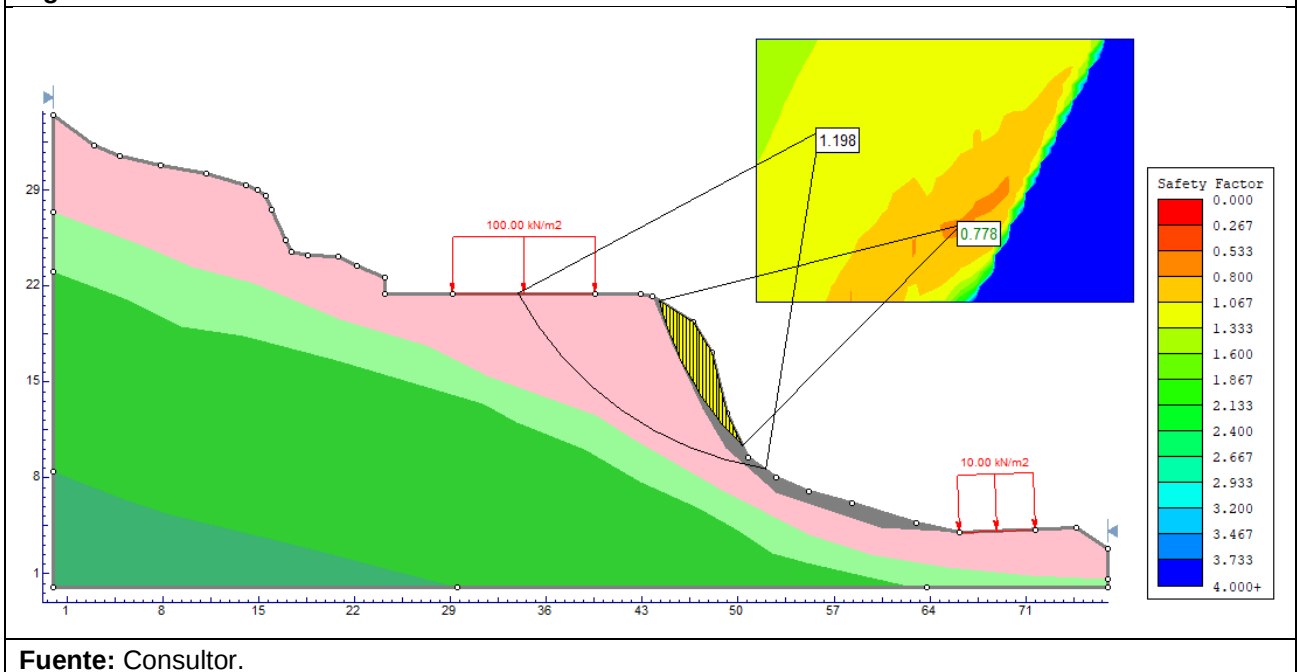
Con el fin de evaluar la estabilidad actual del talud se desarrolla el análisis a través de la metodología de equilibrio límite empleando el software Slide de la firma Rocscience, análisis realizado mediante el factor de seguridad.

Teniendo en cuenta la NSR-10, se establece que el factor de seguridad es aceptable cuando se encuentra sobre las siguientes magnitudes: mayor o igual a 1,5 en condiciones estáticas, mayor o igual a 1,2 en condiciones pseudoestáticas y mayor o igual a 1,05 en condiciones saturadas.

La estabilidad de los taludes se clasifica de acuerdo con factor de seguridad calculado, este cálculo se desarrolló con las teorías propuestas por Fellenius, Bishop, Janbú y Morgenstern-Price.

A continuación, se presenta el análisis en cada uno de los escenarios de estudio (estático, pseudoestático y saturado) en las condiciones actuales.

Figura 12. Modelo sin obras condiciones estáticas-Perfil 2



Fuente: Consultor.

Figura 13. Modelo sin obras condiciones pseudoestáticas-Perfil 2

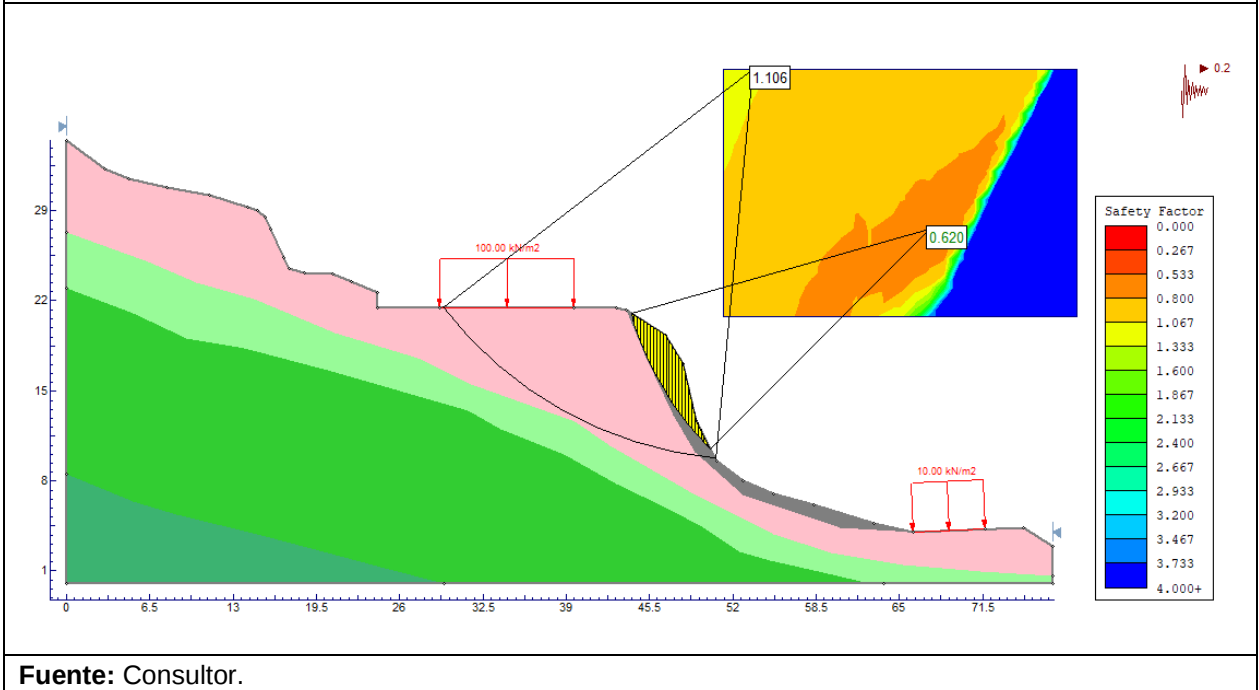


Figura 14. Modelo sin obras condiciones saturadas – Perfil 2

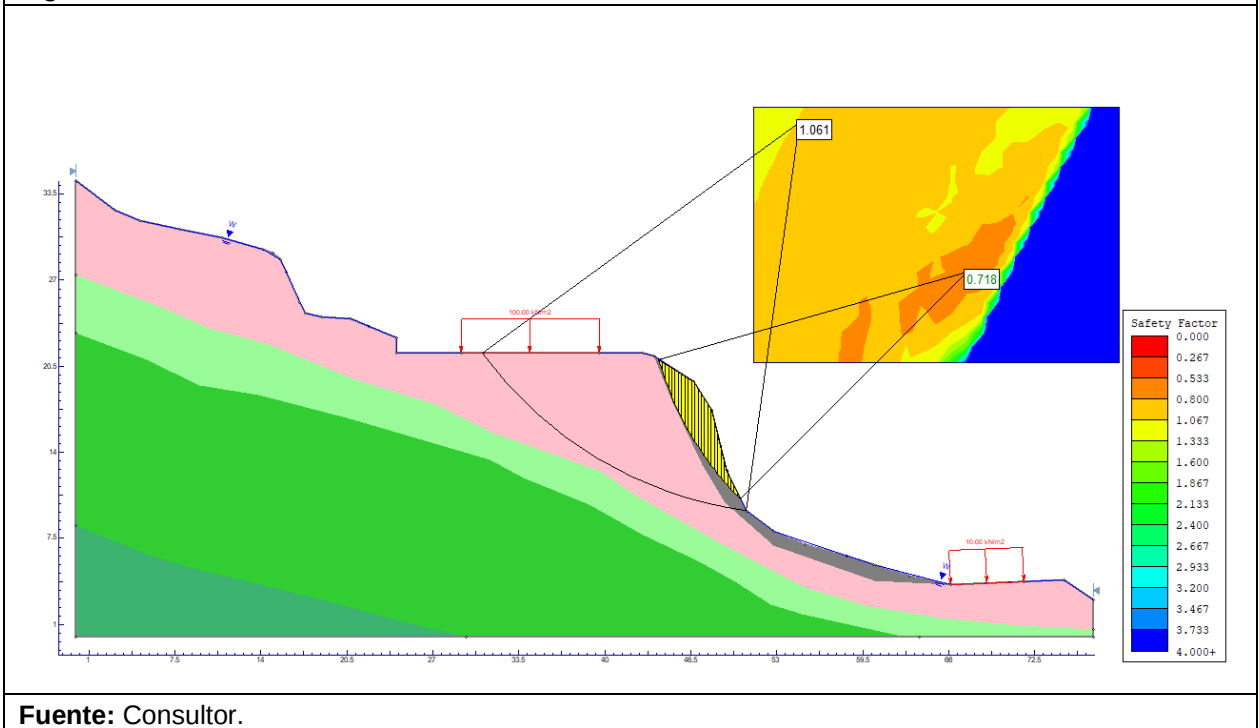


Figura 15. Modelo sin obras condiciones estáticas-Perfil 3.

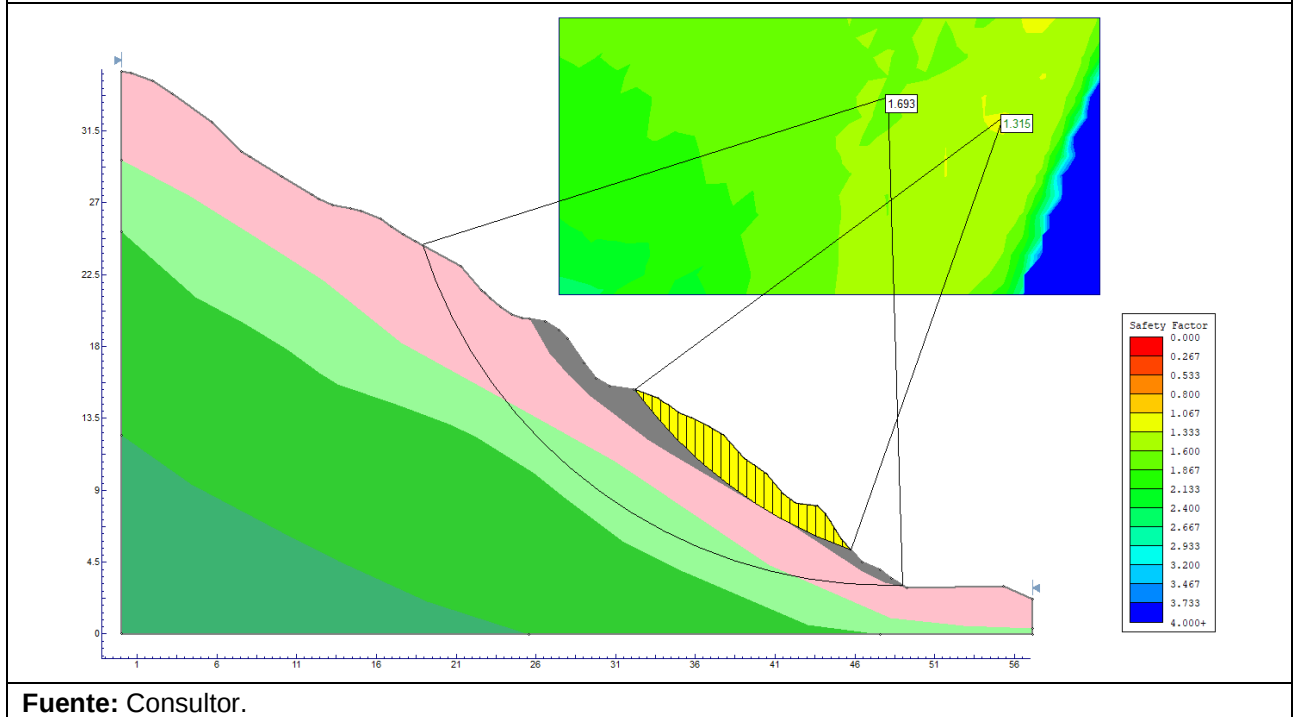


Figura 16. Modelo sin obras condiciones pseudoestáticas-Perfil 3.

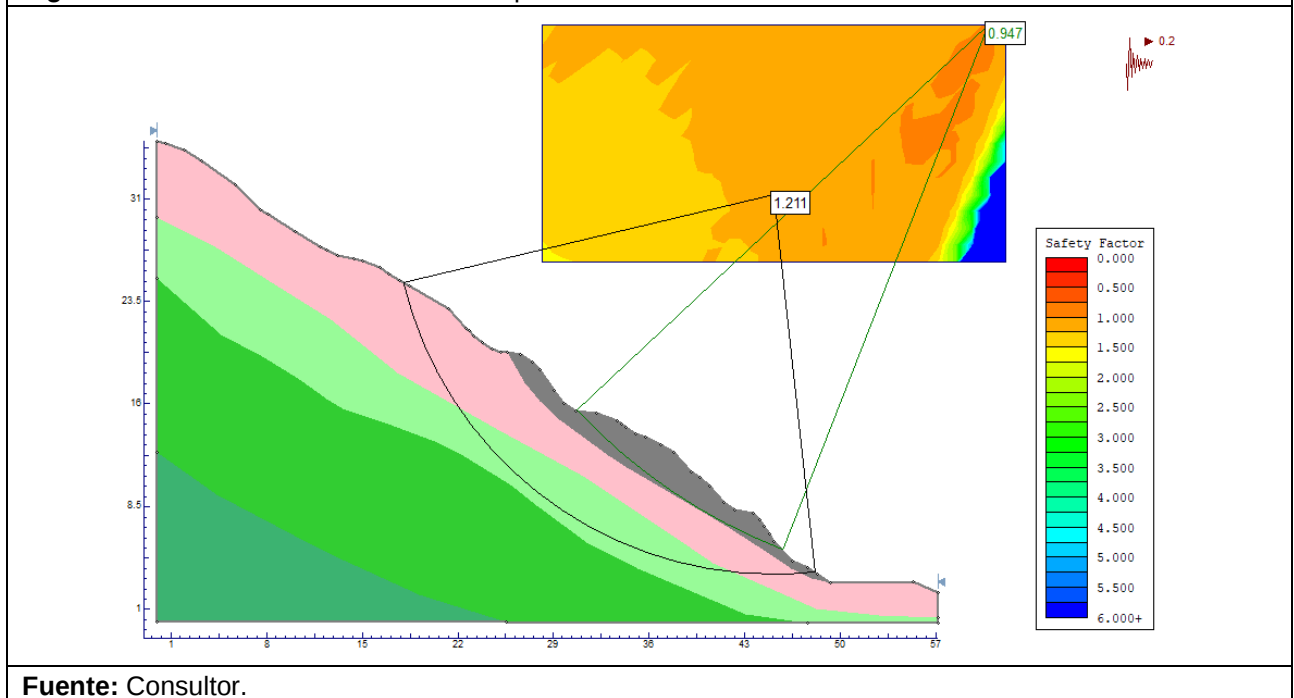
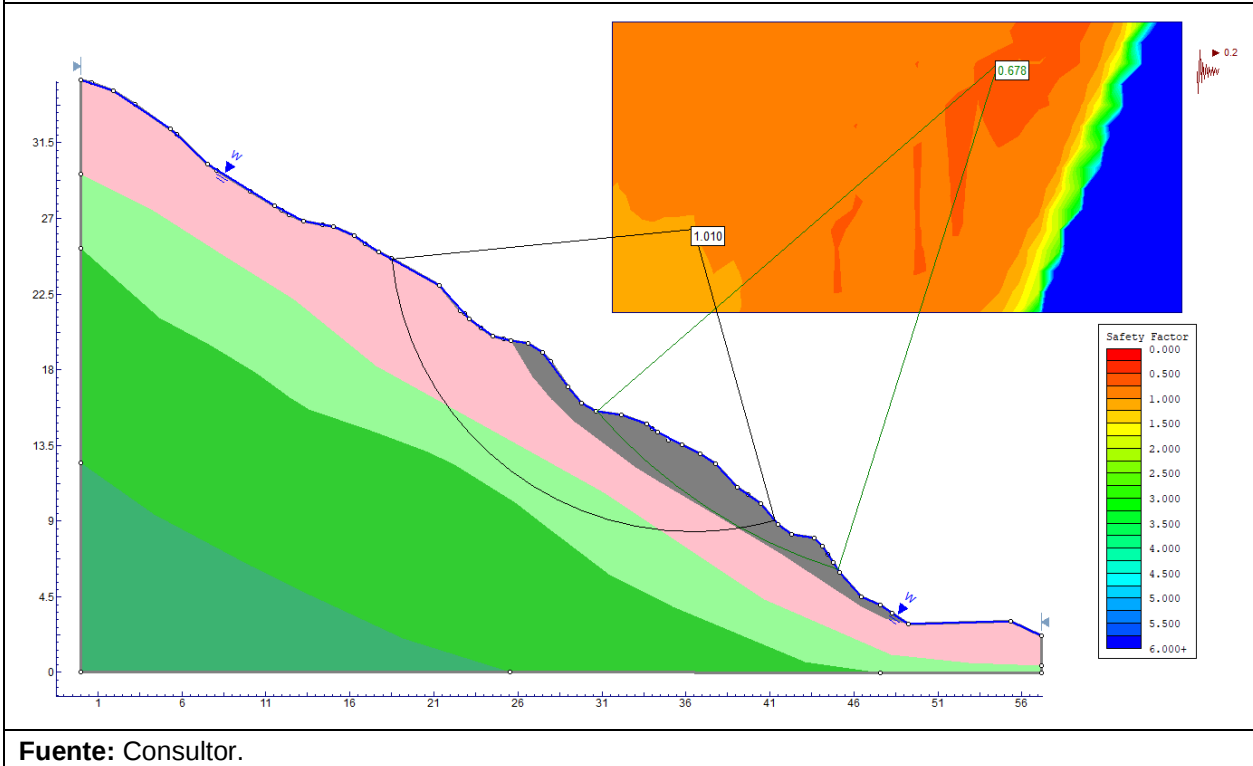


Figura 17. Modelo sin obras condiciones saturadas – Perfil 3.



Los resultados de los factores de seguridad en el modelo matemático en condiciones actuales se presentan en la Tabla 2 y Tabla 3.

Tabla 2. Resultados de factores de seguridad en condiciones actuales, falla en el depósito.

Perfil/Esenario	Perfil 2			Perfil 3		
Método	Estático	Pseudoestático	Saturado	Estático	Pseudoestático	Saturado
Ordinary	0,778	0,620	0,718	1,315	0,947	0,678
Spencer	0,778	0,620	0,525	1,328	0,954	0,554
M-G	0,780	0,617	0,525	1,327	0,950	0,555
Janbu	0,786	0,616	0,517	1,311	0,939	0,538
Bishop	0,758	0,620	0,529	1,327	0,955	0,556

Fuente: Consultor.

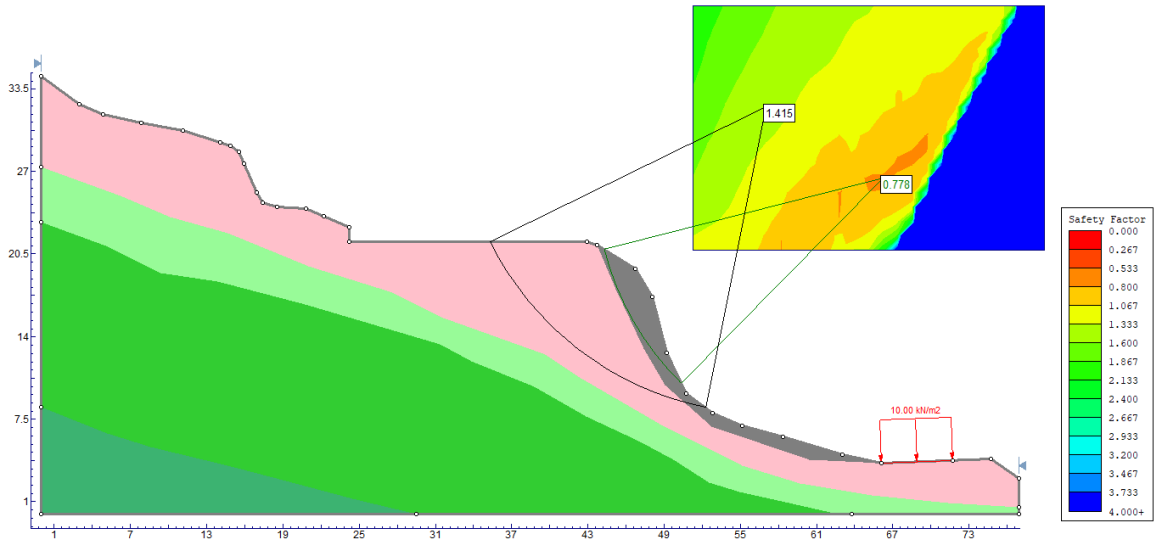
Tabla 3. Resultados de factores de seguridad en condiciones actuales, falla en suelo residual.						
Perfil/Escenario	Perfil 2			Perfil 3		
Método	Estático	Pseudoestático	Saturado	Estático	Pseudoestático	Saturado
Ordinary	1,198	1,106	1,061	1,693	1,211	1,010
Spencer	1,250	1,145	1,001	1,765	1,288	0,940
M-G	1,253	1,146	1,004	1,759	1,287	0,939
Janbu	1,180	1,072	0,960	1,665	1,167	0,773
Bishop	1,255	1,146	1,001	1,699	1,288	0,918
Fuente: Consultor.						

De acuerdo con los resultados del análisis de estabilidad, se puede observar que en condiciones actuales los factores de seguridad son inferiores a los mínimos establecidos de acuerdo con el NSR-10 y las normas vigentes, proyectándose la construcción de obras que permitan su estabilización.

Teniendo en cuenta los resultados previamente presentados se identifica que en el caso del perfil 2 se presentan factores de seguridad por debajo de los tolerables para los tres escenarios analizados, mientras que para el perfil 3 se identifican factores de seguridad por debajo de los tolerables en condiciones saturadas.

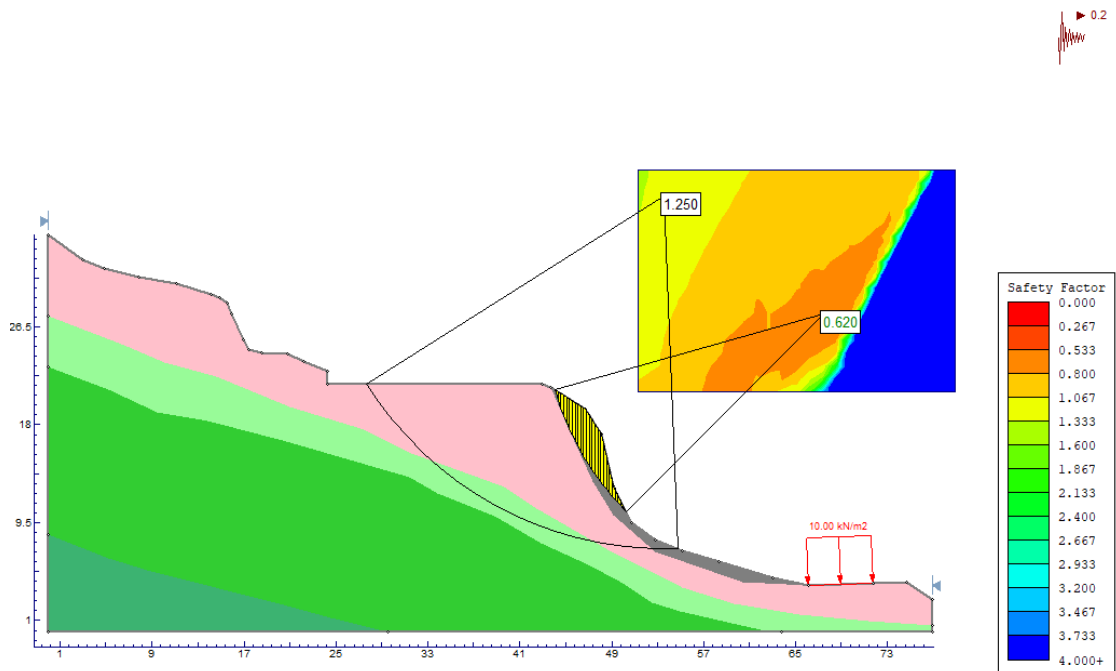
Con el fin de evaluar la insidencia que presenta la sobrecarga de la vivienda en el perfil 2, se realiza el análisis de estabilidad sin considerar la sobrecarga de la vivienda, el cual se presenta desde la Figura 18 a Figura 20.

Figura 18. Modelo sin obras condiciones estáticas-Perfil 2.



Fuente: Consultor.

Figura 19. Modelo sin obras condiciones pseudoestáticas-Perfil 2.



Fuente: Consultor.

Figura 20. Modelo sin obras condiciones saturadas – Perfil 2.

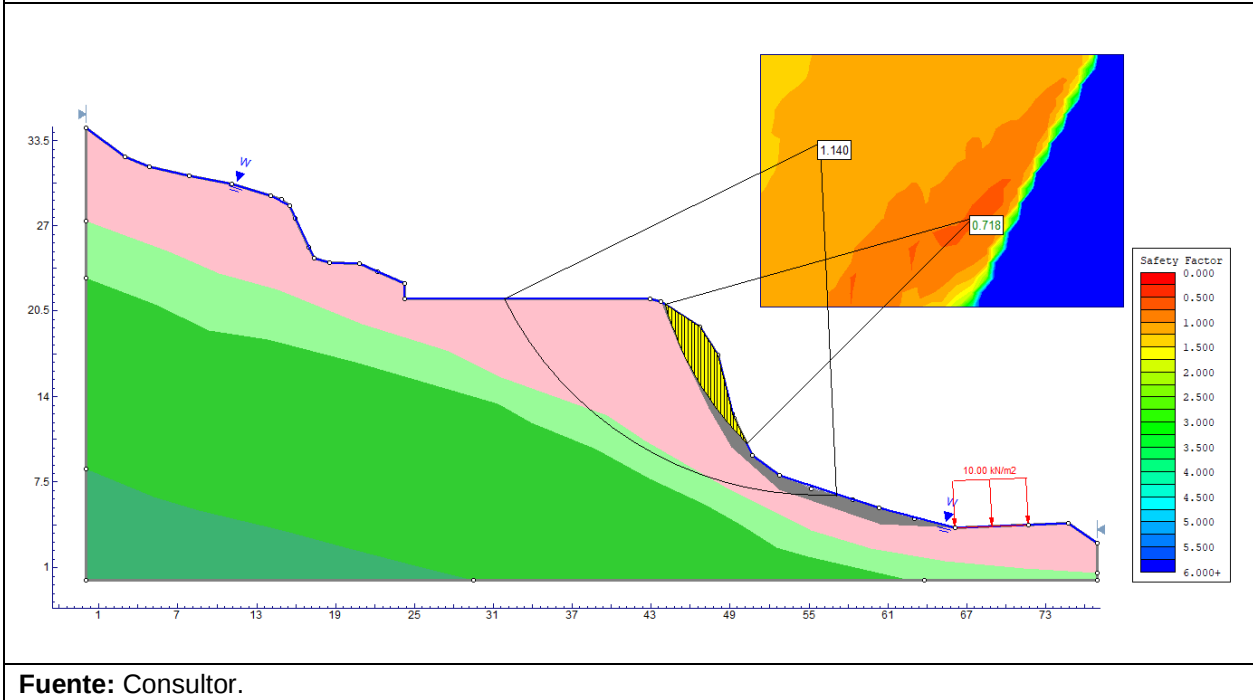


Tabla 4. Resultados de factores de seguridad sin sobrecarga vivienda, Perfil 2.

Perfil/Escenario	Falla en el depósito coluvial			Falla en el suelo residual		
	Estático	Pseudoestático	Saturado	Estático	Pseudoestático	Saturado
Ordinary	0,778	0,620	0,718	1,447	1,250	1,140
Spencer	0,778	0,620	0,525	1,463	1,295	0,984
M-G	0,780	0,617	0,525	1,465	1,285	0,981
Janbu	0,786	0,616	0,517	1,448	1,190	0,948
Bishop	0,758	0,620	0,529	1,462	1,283	0,983

Fuente: Consultor.

7. OBRAS PROPUESTAS

Considerando los antecedentes del sector de estudio, y los resultados obtenidos a partir del análisis geotécnico, se identifica que la infraestructura presente se encuentra vulnerable ante la ocurrencia de un movimiento en masa.

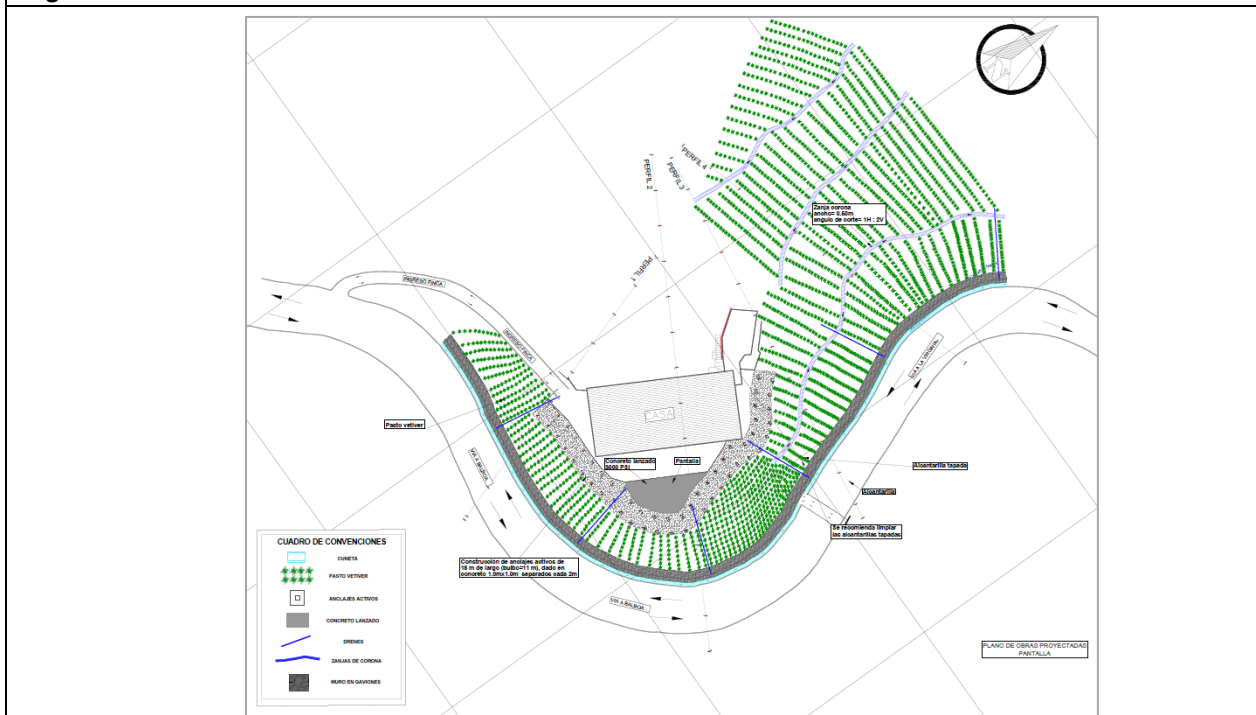
Por lo tanto, se proyectan las obras requeridas para controlar estos procesos deben estar encaminados a proteger la corona del talud, sitio donde se ubica la vivienda y el corredor vial Cachipay – Balboa planteándose las siguientes alternativas de obras.

ALTERNATIVA No 1: Se propone la demolición de la vivienda requiriéndose la respectiva gestión predial para su compra y reubicación.

Se proyectan obras adicionales correspondientes a la protección y manejo de aguas lluvias, entre las que se encuentra la revegetalización mediante pasto vetiver, construcción de muro en gavión recubierto en concreto lanzado de espesor de 0,05 m de longitud de 115 m con una fila de drenes de penetración de 2" hacia la base del talud de longitud de 10 m separados cada 20 m, cuneta de base de 0,8 m y altura de 0,20 m, y zanjas de coronación de forma trapezoidal de altura de 0,2 m y base mayor de 0,5 m en geomembrana HDPE de 40 mils o materiales similares que descolan en el drenaje innominado localizado en cercanías al predio de estudio. Igualmente, se incluye el mantenimiento de las obras hidráulicas existentes (Figura 21).

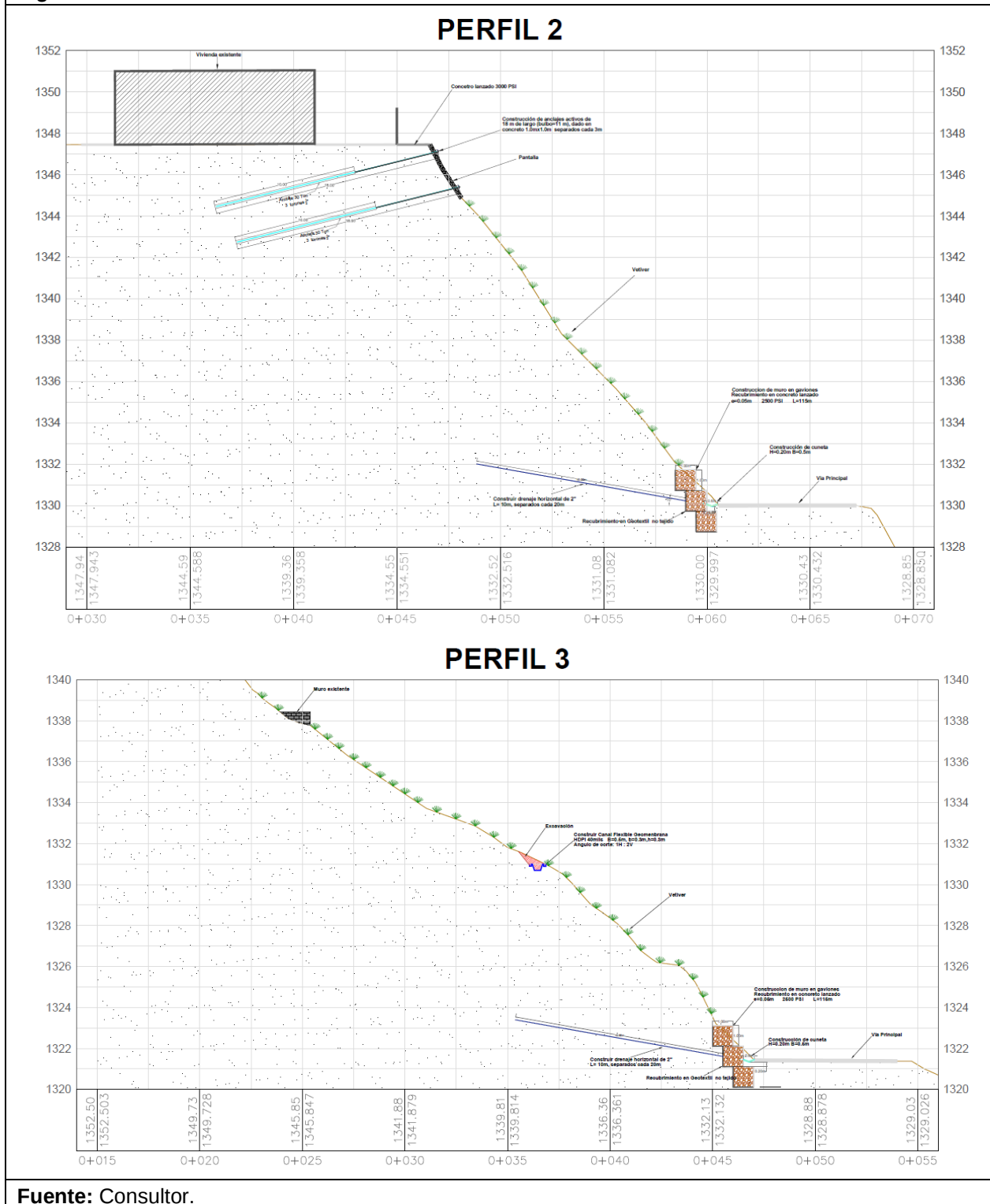
ALTERNATIVA 2: Construcción de una pantalla anclada con 3,0 metros de altura perimetral a la vivienda, con dos filas de anclajes activos, los cuales tendrán una longitud de 18 m y bulbo de 10 m, el espesor de la pantalla será de 30 cm, los anclajes estarán espaciados dos metros entre sí. En aquellas zonas de pendiente negativa es necesario mediante concreto nivelar la pendiente del terreno. Adicional, se recomienda la construcción de un muro en gaviones en el pie del talud con el fin de contener el corte de la vía, muro recubierto en concreto lanzado de espesor de 0,05 m con una longitud de 115 m y una altura de 3,0 m con una fila de drenes de penetración de 2" de longitud de 10 m separados cada 20 m. Con la necesidad de manejar las aguas lluvias y de escorrentía en la parte alta y media del talud se proyecta la construcción de zanjas de coronación en geomembrana HDPE de 40 mils o materiales similares, las cuales entregarán sus aguas en el drenaje perimetral al predio. Así mismo, se proyecta la construcción de una cuneta vial con el fin de recoger el flujo generado por los drenes y entregarlos a las alcantarillas correspondientes, recubrimiento del talud mediante pasto vetiver y mantenimiento de alcantarilla existente (Figura 22 y Figura 23).

Figura 22. Planta Alternativa No 2.



Fuente: Consultor.

Figura 23. Perfil Alternativa No 2.



ALTERNATIVA 3: Perimetral a la vivienda, se recomienda la construcción de viga cabezal con una fila de anclajes separados cada 5 m cimentada con micropilotes de 0,30 m espaciados cada 1,20 m. Hacia la vía Cachipay – Balboa se mantienen las obras proyectadas en las alternativas anteriores correspondientes a la construcción de muro en gavión recubierto en concreto lanzado de espesor de 0,05 m cuya longitud es de 115 m con una fila de drenes de penetración de 2" de longitud de 10 m separados cada 20 m, cuneta vial de base de 0,8 m y altura de 0,20 m. En la parte intermedia y alta se recomienda la construcción de zanjas de coronación en geomembrana HDPE de 40 mils o materiales similares de altura de 0,2 m y base mayor de 0,5 m. Se incluyen obras complementarias como la revegetalización mediante pasto vetiver, y mantenimiento de las obras hidráulicas existentes (Figura 24 y Figura 25).

Figura 24. Esquema obras propuestas Alternativa No 3.

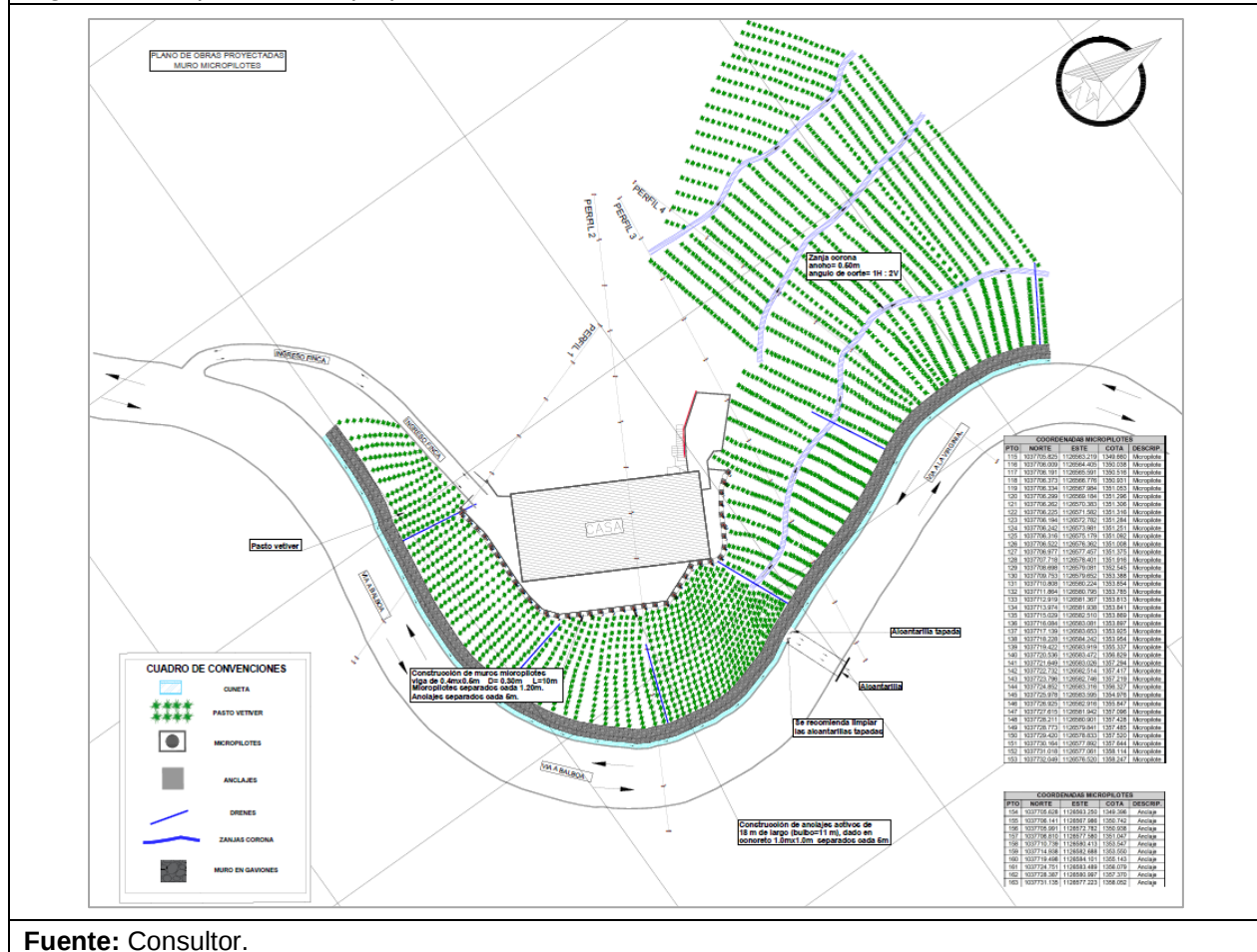
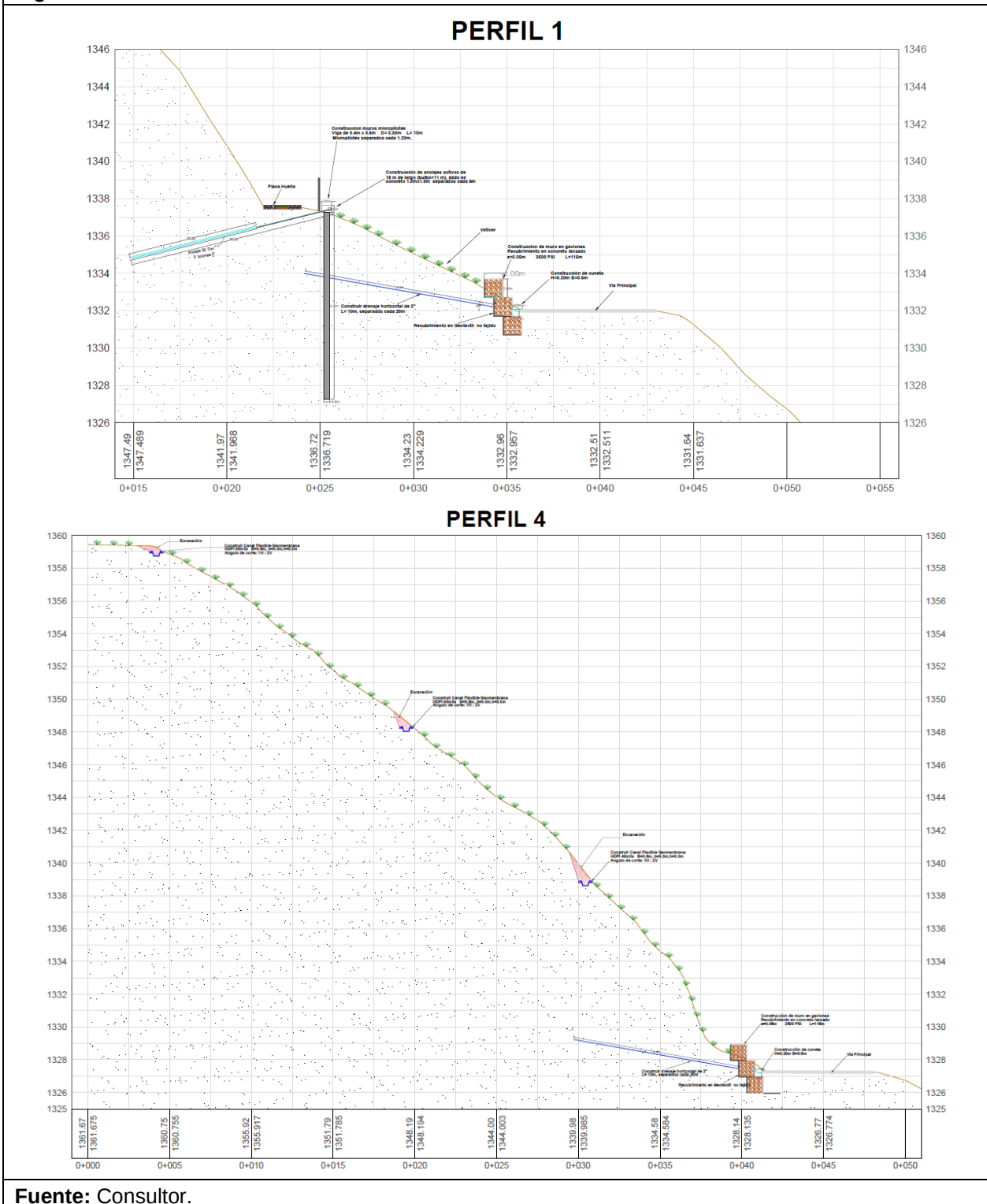


Figura 25. Perfil Alternativa No 3.

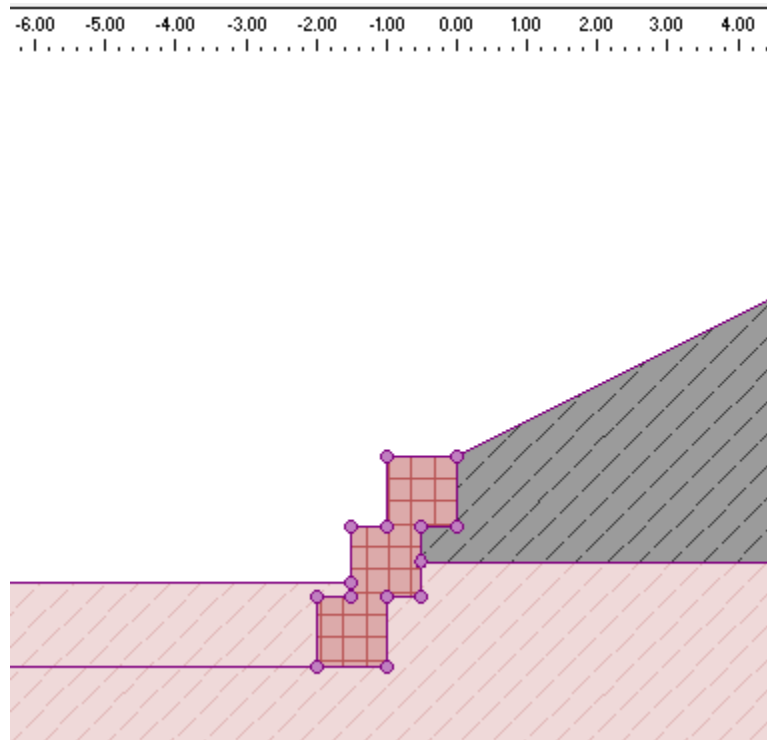


8. DISEÑO DE OBRAS

8.1 ALTERNATIVA No 1

Construcción de muro en gaviones con altura de 3,0 m y base de 1,0 m recubierto por concreto de 5 cm de espesor. A continuación, se presenta el análisis de estabilidad global del mismo empleando el software GAVIÓN de la firma GEO5.

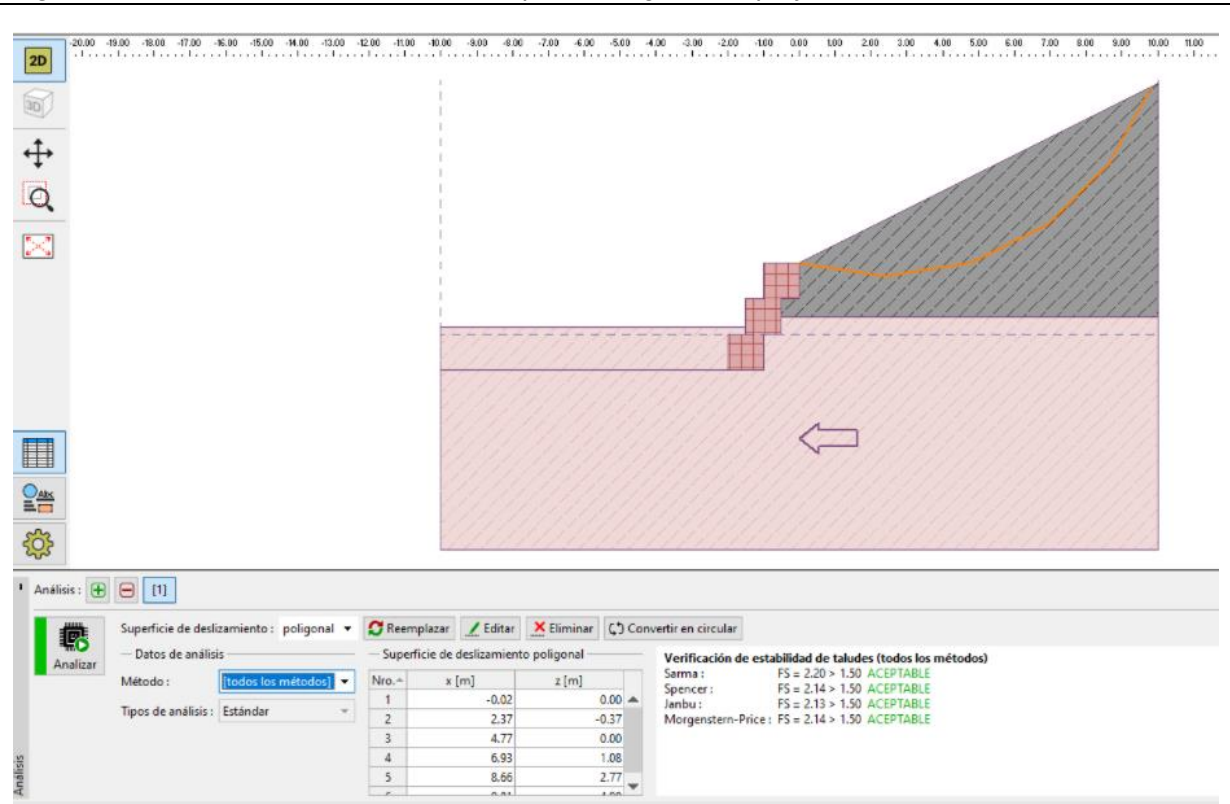
Figura 26. Modelo de estabilidad del muro patero en gaviones proyectado.



Fuente: Consultor.

A continuación, se presenta el resultado del análisis de estabilidad Global del Muro Proyectado, en el que presenta un resultado satisfactorio en cuanto al factor de seguridad evaluado en la estabilidad global del mismo.

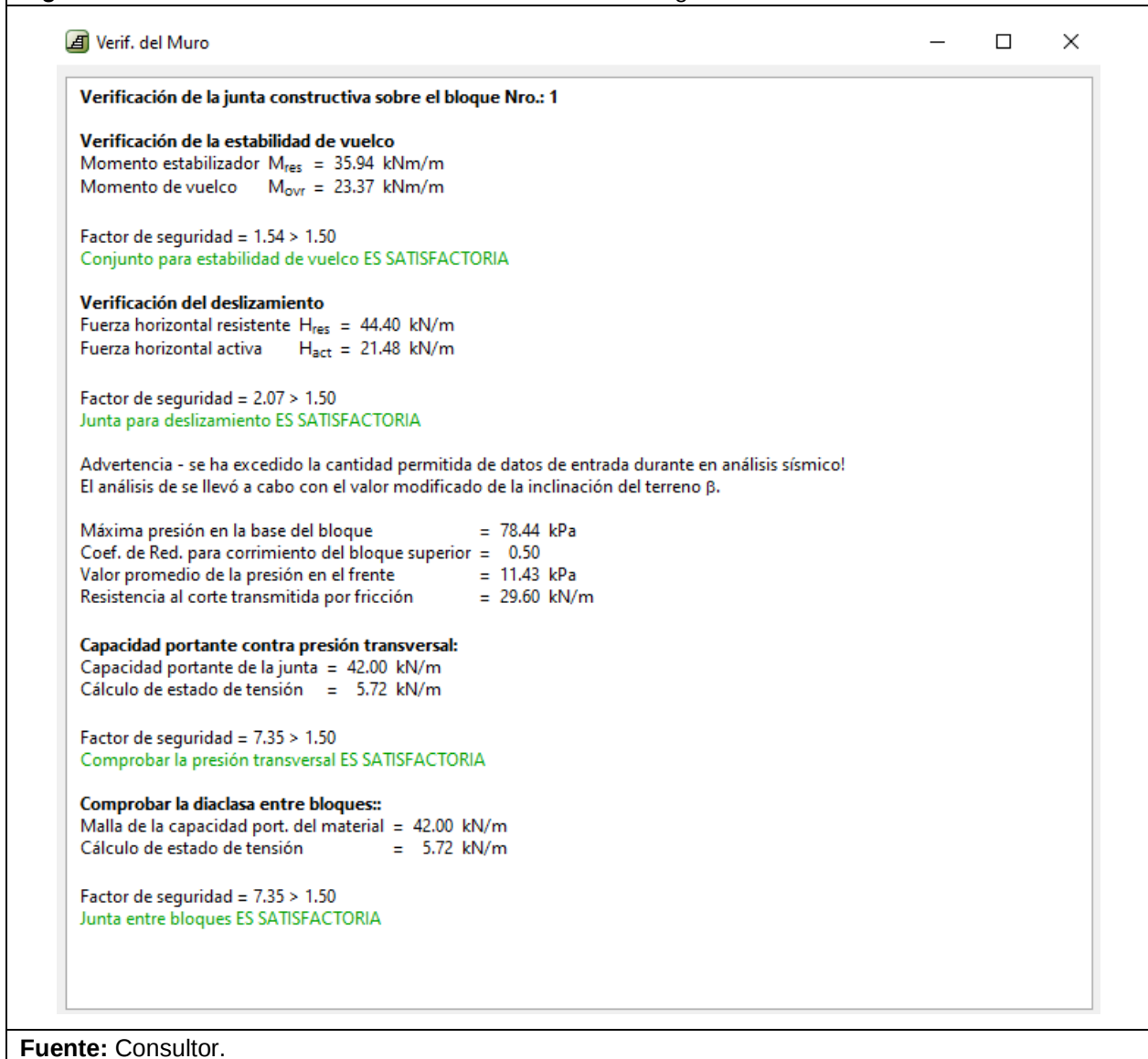
Figura 27. Modelo de estabilidad del muro patero en gaviones proyectado 3D.



Fuente: Consultor.

Así mismo se evalúa la estabilidad interna compuesta por estabilidad al deslizamiento y estabilidad al volteo, a continuación, se presenta el resultado de esta evaluación.

Figura 28. Verificación de la estabilidad interna del muro en gaviones.



8.2 ALTERNATIVA No 2

A continuación se presentan los modelos de estabilidad incluyendo las obras proyectadas para la alternativa No 2, donde se evidencia que al incluir las obras proyectadas se cumplen los criterios de estabilidad requeridos para garantizar la estabilidad del talud, para esto se realiza el modelo en el perfil 2.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GLOBAL

A continuación se presenta la verificación de la estabilidad Global del talud con la inclusión de las obras proyectadas, aumentando la magnitud de los factores de seguridad a los tolerables por el SGC, 2016, para considerar que un talud cumple con las condiciones de estabilidad el factor de seguridad del mismo en condiciones estáticas debe ser mayor o igual a 1.5, para factores condiciones pseudoestáticas el factor de seguridad debe ser mayor o igual a 1.2 y en condiciones saturadas el factor de seguridad debe ser mayor o igual a 1.0, a continuación se presentan las modelaciones con obras junto con el resultado de las mismas.

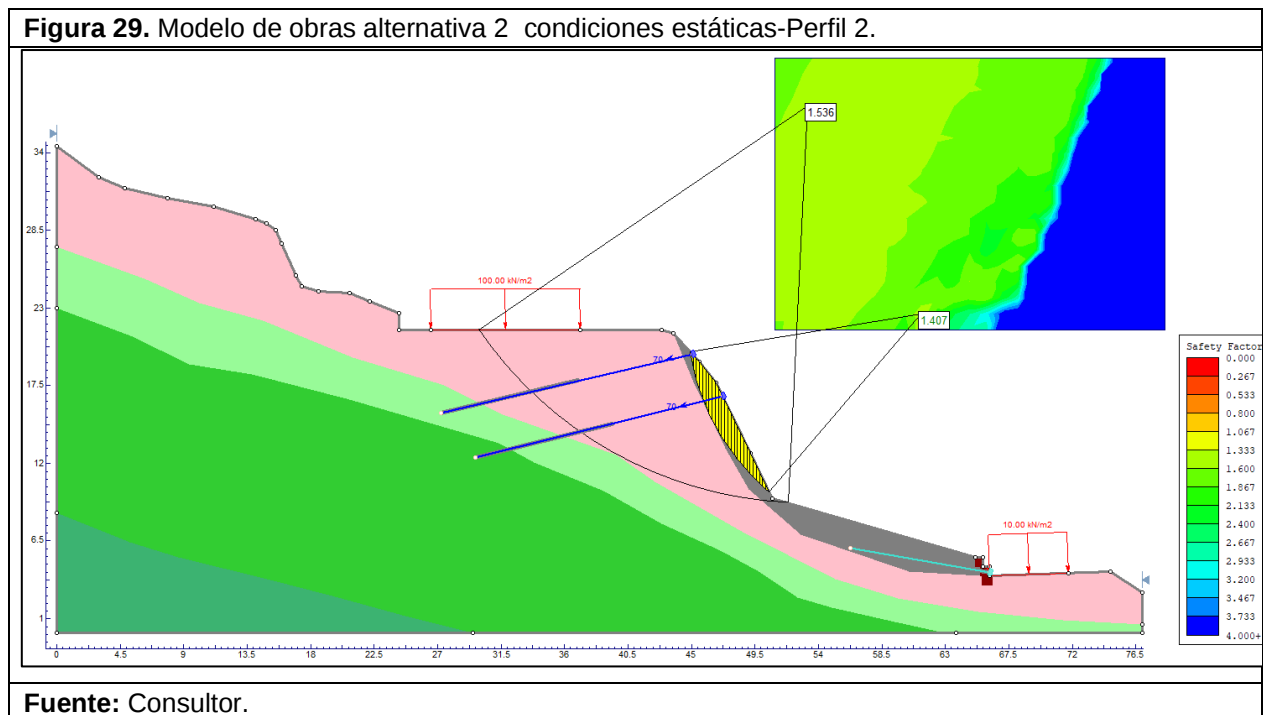
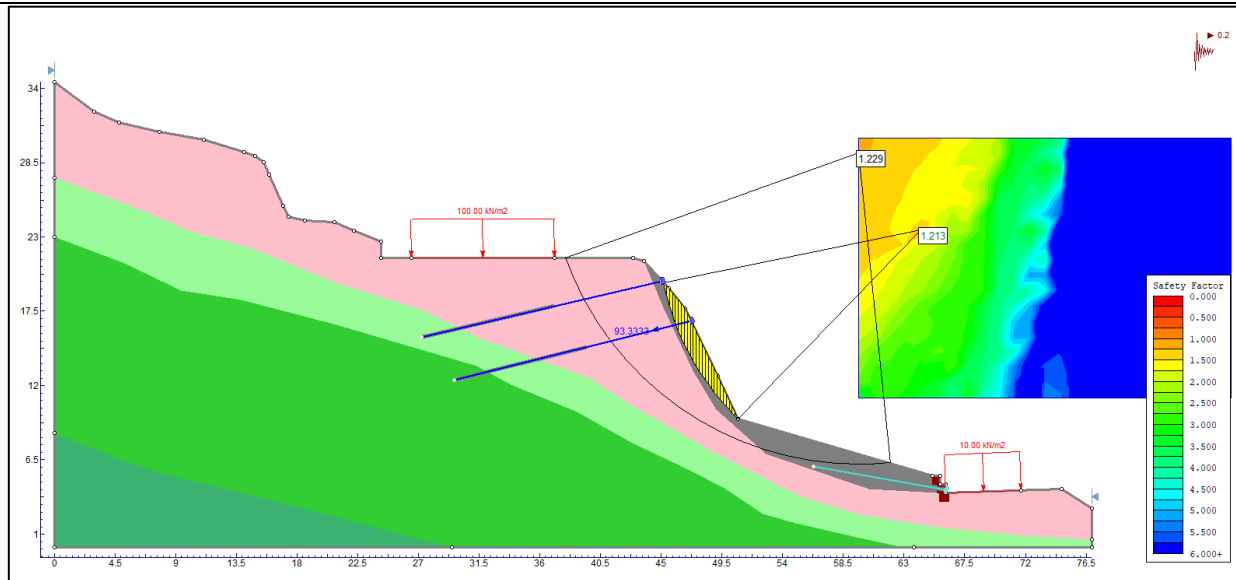
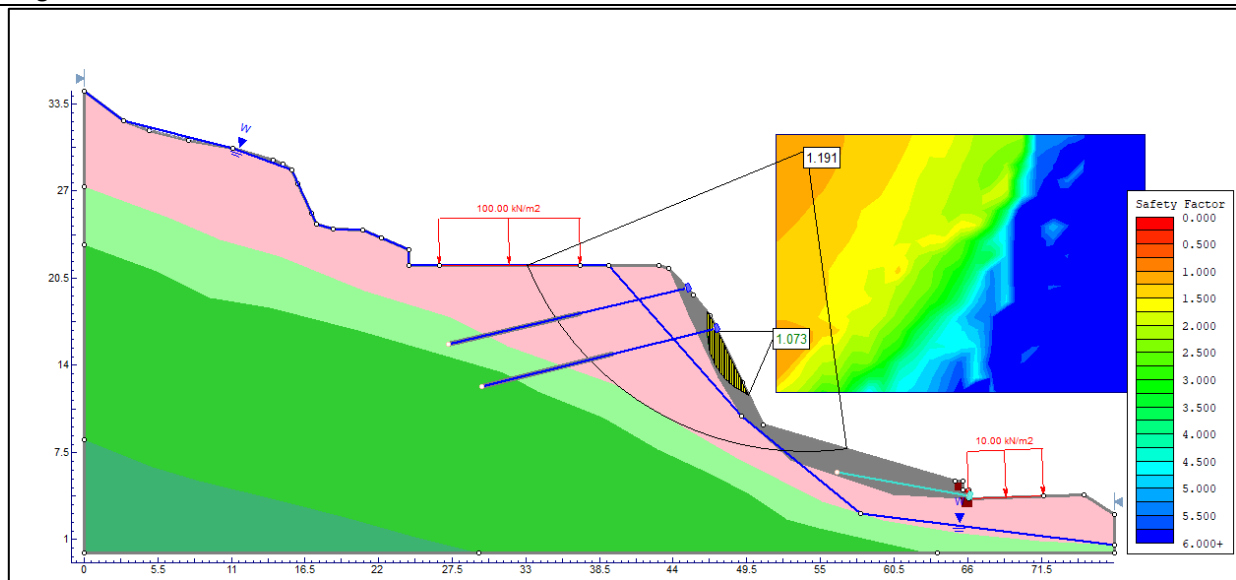


Figura 30. Modelo de obras alternativa 2 condiciones pseudoestáticas-Perfil 2.



Fuente: Consultor.

Figura 31. Modelo de obras alternativa 2 condiciones saturadas – Perfil 2.



Fuente: Consultor.

Tabla 5. Resultados de factores de seguridad sin sobrecarga vivienda, Perfil 2.						
Perfil/Escenario	Falla en el depósito coluvial			Falla en el suelo residual		
Método	Estático	Pseudoestático	Saturado	Estático	Pseudoestático	Saturado
Ordinary	1.407	1.213	1.073	1.536	1.229	1.191
Spencer	1.459	1.195	1.092	1.597	1.263	1.123
M-G	1.421	1.231	1.091	1.590	1.252	1.124
Janbu	1.507	1.281	1.085	1.513	1.291	1.111
Bishop	1.501	1.230	1.070	1.593	1.257	1.125
Fuente: Consultor.						

Como se evidencia, en los modelos de estabilidad realizados al incluir los anclajes propuestos en la alternativa No 1 correspondientes a anclajes con longitud de 18 metros y tensión de 30 Ton, los factores de seguridad cumplen satisfactoriamente con los límites establecidos por el SGC, 2016.

VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LOS ANCLAJES

Los anclajes se proyectan con un ángulo de 15° y los cuales presentan una longitud total de 18 metros y longitud de bulbo igual a 10 metros. El resumen de la geometría del anclaje se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Dimensionamiento de los anclajes.	
FILA ANCLAJE	T1
Longitud del Bulbo de Selle (m)	10,0
Longitud del Cuerpo de Anclaje (m)	8,0
Diámetro del Bulbo de Selle (m)	0,15
Inclinación (°)	15,0
Tensión (Ton)	30,0
Separación horizontal (m)	2,0
Fuente: Consultor.	

- **EQUILIBRIO DEL ANCLAJE:**

Chequeos a realizar:

- ✓ Mayoración de cargas
- ✓ Comprobación de la tensión admisible del acero

- ✓ Comprobación del deslizamiento del tirante en la lechada dentro del bulbo.
- ✓ Comprobación de la seguridad frente al arrancamiento del bulbo.
- Mayoración de las cargas actuantes

$$P_{ND} = F_1 \cdot P_N$$

Siendo

PN: Carga nominal del anclaje, se toma del modelo de estabilidad y es de 30 Ton.

F1: coeficiente de mayoración. Para anclajes permanentes se asume un valor de 1,5

$$P_{ND} = 30 \times 1.5 = 45 \text{ Ton} = 450 \text{ KN}$$

Para la Comprobación de la tensión admisible del acero del tirante se minora la tensión admisible en el tirante de forma que se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

Para anclajes permanentes tendrá un coeficiente de 1,3

$$P_{Nd} / A_t \leq f_{pk} / 1.30$$

$$P_{Nd} / A_t \leq f_{yk} / 1.15$$

Siendo:

P_{Nd} = carga nominal mayorada de cada anclaje

A_t = sección del tirante (3 torones de 1/2 c/u)

f_{pk} = límite de rotura del acero del tirante (Según catálogo)

f_{yk} = Limite elástico del acero del tirante (Según catálogo)

$$A_t = 3 \text{ torones} \cdot (\text{Área torón de } \frac{1}{2}'') = 3 \cdot (117.86 \text{ mm}^2)$$

$$A_t = 353.58 \text{ mm}^2$$

$$PND = 450000 \text{ N}$$

$$450000 / 353.58 \leq 1910 \text{ Mpa} / 1.30$$

$$1272.696 \leq 1469.2 \text{ OK.}$$

Comprobación del deslizamiento del tirante en la lechada, dentro del bulbo.

$$P_{Nd} / (L_b \cdot p_T) \leq \tau_{lim} / 1.2$$

Con:

$$\tau_{lim} = 6.9(f_{ck}/22.5)^{2/3} = 6.9\left(\frac{21}{22.5}\right)^{2/3} = 6.58 \text{ MPa}$$

Siendo:

$$P_{Nd} = \text{carga nominal mayorada de cada anclaje} = 450000 \text{ N}$$

$$p_T = \text{Perímetro nominal del tirante} = 2\sqrt{\pi A_T} = 66.66 \text{ mm}$$

$$A_T = \text{Sección del tirante} = 353.58 \text{ mm}^2$$

$$L_b = \text{Longitud de cálculo del bulbo} = 10 \text{ m}$$

$$\tau_{lim} = \text{Adherencia límite entre el tirante y la lechada expresada en MPa.}$$

$$f_{ck} = \text{Resistencia característica (rotura a compresión a 28 días) de la lechada expresada en MPa.}$$

$$\frac{450000 \text{ N}}{10000 \text{ mm} \times 66.6 \text{ mm}} \leq \left(\frac{6.58 \text{ Mpa}}{1.2} \right)$$

$$0.52 \leq 5.48 \text{ OK.}$$

Para la comprobación de la seguridad frente al arrancamiento del bulbo se minora la adherencia límite del terreno que rodea al bulbo del anclaje para obtener la adherencia admisible a_{adm}

$$P_{Nd} / (\pi \cdot D_N \cdot L_b) \leq a_{adm}$$

Siendo: P_{Nd} : Carga nominal mayorada de cada anclaje

D_N : Diámetro nominal del bulbo. (4 Pulg = 101.6 mm)

L_b : Longitud de cálculo del bulbo

a_{adm} =adherencia admisible frente al deslizamiento o arrancamiento del terreno que rodea al bulbo.

El valor de la adherencia admisible puede ser calculado utilizando correlaciones empíricas,

$$a_{adm} = a_{Lim} / F3$$

Siendo a_{Lim} = Adherencia límite obtenida aplicando métodos empíricos

Para determinar la adherencia límite se analiza el tipo de lechada diseñada, así como el tipo de material donde se adherirá el bulbo, de acuerdo a la exploración geotécnica, el bulbo será adherido a la roca de la Formación Barroso.

Adherencia límite en roca (GM ≤ III)	
Tipo de roca	Adherencia (MPa)
Granitos, basalto, calizas	1,0 - 5,0
Areniscas, esquistos, pizarras	0,7 - 2,5

Para el diseño se emplea una adherencia límite correspondiente a 1,0 teniendo en cuenta la descripción de la roca.

F3= Coeficiente indicado dependiendo del tipo de anclaje; Provisional F3=1.45 y permanente F3= 1.65

$$a_{adm} = \frac{1.0}{1.65} = 0.6$$

$$P_{Nd} / (\pi \cdot D_N \cdot L_b) \leq a_{adm}$$

$$a_{adm} = \frac{450000N}{\pi * 101.6mm * 10000mm} = 0.108 \text{ Mpa}$$

$$0.108 \text{ Mpa} \leq 0.6 \quad Ok$$

El análisis para el muro en gavión proyectado hacia la base del talud es el mismo que se presenta en el Numeral 8.1 Alternativa No 1.

8.3 ALTERNATIVA No 3

La alternativa tres corresponde a la construcción de micropilotes con diámetro de 30 cm y espaciamiento de 1.2 m entre sí. A continuación se presentan los resultados de análisis de estabilidad global incluyendo las obras planteadas en la alternativa 3.

Figura 32. Modelo de obras alternativa 3 estáticas-Perfil 2.

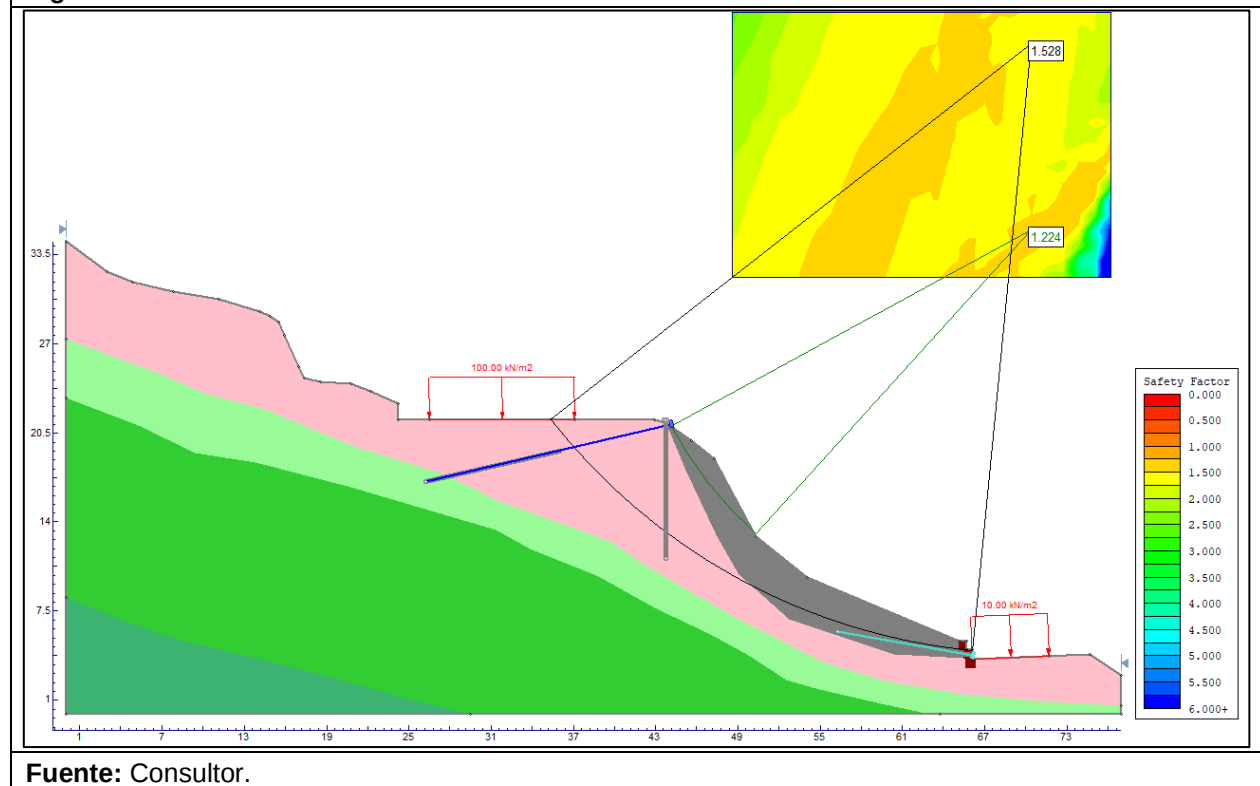
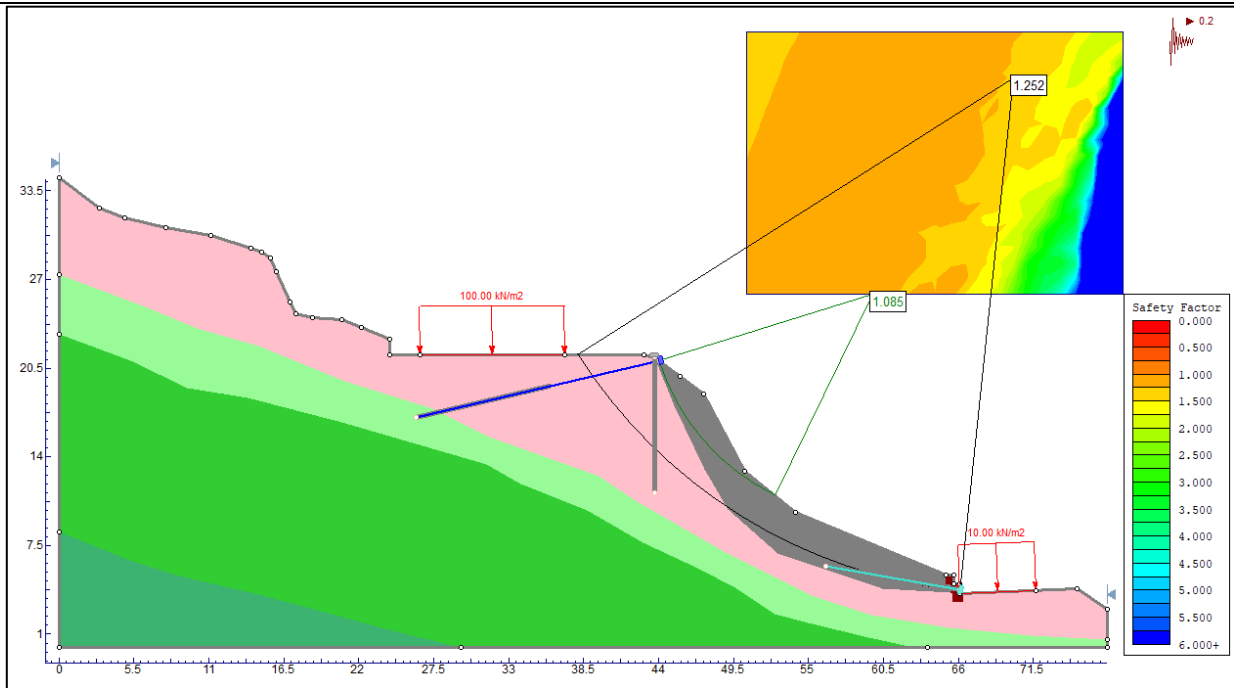
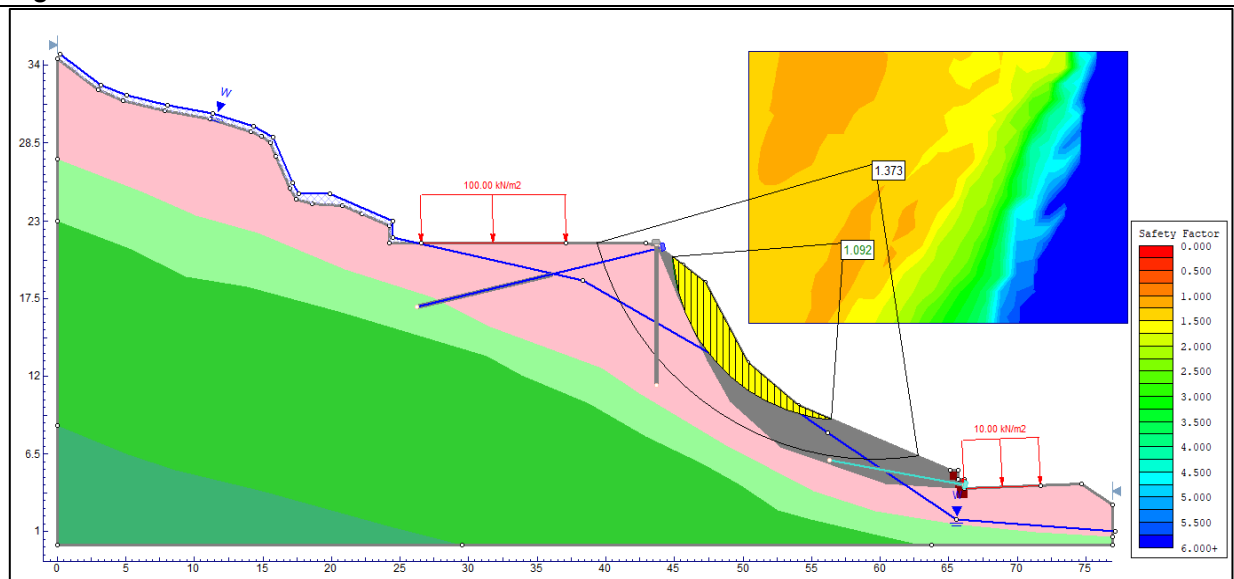


Figura 33. Modelo de obras alternativa 3 condiciones pseudoestáticas-Perfil 2.



Fuente: Consultor.

Figura 34. Modelo de obras alternativa 3 condiciones saturadas – Perfil 2.



Fuente: Consultor.

Tabla 7. Resultados de factores de seguridad sin sobrecarga vivienda, Perfil 2.

Perfil/Escenario	Falla en el depósito coluvial			Falla en el suelo residual		
	Estático	Pseudoestático	Saturado	Estático	Pseudoestático	Saturado
Ordinary	1.224	1.085	1.092	1.528	1.252	1.373
Spencer	1.228	1.134	1.116	1.554	1.282	1.395
M-G	1.224	1.100	1.115	1.545	1.262	1.393
Janbu	1.229	1.062	1.061	1.525	1.240	1.286
Bishop	1.222	1.106	1.116	1.555	1.269	1.305

Fuente: Consultor.

- **DISEÑO MICRO- PILOTES ϕ 15" (30 CM)**

Se establece el cálculo del refuerzo con los procedimientos del CCDSP-14

MATERIALES

Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

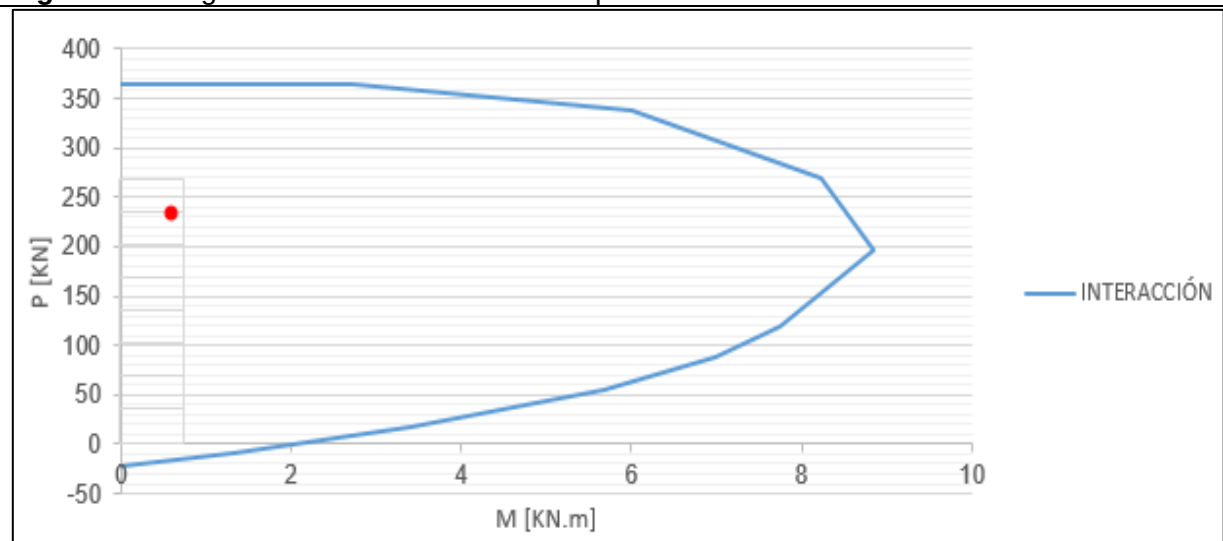
Acero $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

Diámetro del Pilote $D = 0.30 \text{ m}$

Recubrimiento Mínimo a la Barra $d = 7.5 \text{ cm}$

Diámetro del Núcleo del Pilote $= 0.225 \text{ cm}$

Figura 35. Diagrama de interacción de Micropilotes $D = 15''$ - 3 Barras No 5.



Fuente: Consultor

DISEÑO DE LA VIGA CABEZAL 0.4m x 0.6m

Inicialmente se desarrolla verificación por cortante

$$d = 60 - 7.5 = 52.5 \text{ cm} = 20.67 \text{ in}$$

$$b = 100 = 39.37 \text{ in}$$

$$V_u = 309.2 \text{ KN} = 69.5 \text{ Kip}$$

$$F'_c = 3 \text{ Ksi}$$

$$v_u = V_u / (\phi b d)$$

$$v_u = 69.5 / (1 * 39.37 * 20.67) = \mathbf{0.085 \text{ Ksi}}$$

El esfuerzo admisible del concreto es=

$$V_c = 0.0316 * \beta * \sqrt{f'_c} = 0.0316 * 2 * \sqrt{3} = \mathbf{0.109 \text{ Ksi}}$$

$$0.109 \text{ Ksi} > 0.085 \text{ Ksi}$$

La sección es suficiente

REFUERZO A FLEXIÓN DE LA VIGA CABEZAL

Para un momento igual a 13.4 Ton (superior)

$$p = \frac{1 - \sqrt{1 - 4 * \left(0.59 * \frac{4200}{210}\right) * \left(\frac{1340000}{0.9 * 40 * 60^2 * 4200}\right)}}{2 * \left(0.59 * \frac{4200}{210}\right)}$$

$$\mathbf{p = 0.00131 \text{ APROXIMADO A CUANTIA MÍNIMA}}$$

$$A_s = 0.0033 * 100 * 52.5 = 17.33 \text{ cm}^2.$$

Se dispondrá acero #8 @ 20 cm

Teniendo en cuenta que se proyecta la construcción de micropilotes se realiza la estimación de la capacidad de soporte teniendo en cuenta el Título 10.8.3.5 del Código CCP-14 del INVIAS, a partir de la sumatoria de la resistencia por punta y la resistencia por fricción.

$$R_r = \phi R_n = \phi_p R_p + \phi_s R_s$$

En el cual:

$$R_p = Q_p \cdot A_p$$

$$R_s = Q_s \cdot A_s$$

Donde:

R_p = Resistencia de punta nominal del eje (kips).

R_s = Resistencia por fricción de los Caisson (kips).

ϕ_p = Factor de resistencia por punta según la Tabla 10.5.5.2-1.

ϕ_s = Factor de resistencia nominal por fricción según la Tabla 10.5.5.2-1.

Q_p = Unidad de resistencia de punta (ksf).

Q_s = Unidad de resistencia lateral (ksf).

A_p = Área de la punta del eje (ft²).

A_s = Área of ground to ground bond surface (ft²).

8.3.1 Resistencia por punta

La resistencia por punta se calcula de acuerdo con el Título 10.8.3.5 del Código CCP-2014 del INVIAS, mediante la siguiente ecuación:

$$q_p = \left[\sqrt{s} + \sqrt{(m\sqrt{s} + s)} \right] q_u \quad (10.8.3.5.4c-2)$$

Donde:

s, m = Parámetros de masa de roca fracturada y se especifican en la Tabla 10.4.6.4-4

q_u = Resistencia a compresión simple de la roca (ksf)

Para la evaluación de los parámetros de las rocas de la Formación Barroso se emplea el resultado obtenido en campo para la resistencia a la compresión de las rocas.

$$q_u = 33,3 \text{ MPa}$$

realizando los cálculos

$$q_p = 215,21 \text{ Ton/m}^2,$$

Aplicando el factor de resistencia de 0,50 (Tabla 10.5.5.2.-1 CCP-14)

$$R_r = \Phi R_m$$

$$R_r = 7,61 \text{ Ton}$$

8.3.2 Resistencia nominal Grout to Ground Bond

$$R_s = \pi * d_b * \alpha_b * L_b$$

Donde:

d_b = Diámetro del orificio de perforación del micropilote a través de la longitud del vínculo (ft).

α_b = Nóminal micropile grot to ground bond strenth (ksf).

L_b = Longitud del micropilote (ft).

De acuerdo a la ecuación anterior, se estima:

$$Q_p = 342,89 \text{ Ton/m}^2,$$

Aplicando el factor de resistencia de 0,50 (Tabla 10.5.5.2.-1 CCP-14)

$$R_s = \Phi R_2$$

$$R_s = 12,12 \text{ Ton}$$

La capacidad de cada micropilote correspondería a:

$$R = 7,61 \text{ Ton} + 12,12 \text{ Ton}$$

$$R = 19,73 \text{ Ton}$$

8.3.3 Asentamientos

Aplicando los valores presentados en la caracterización del macizo rocoso el asentamiento esperado del micropilote es:

Tabla 8. Resultado de asentamientos elásticos por micropilote.		
ρ (máx)	5,43	mm
ρ (servicio)	0,21	mm
ρ (resistencia)	0,45	mm
ρ (ev. extremo)	1,55	mm
Fuente: Consultor.		

De acuerdo al resultado anterior para la cimentación empotrada en el macizo rocoso, la capacidad de carga con un factor de resistencia igual a 0,50 corresponde a 129,41 Ton por micropilote y cada uno presentará asentamientos elásticos máximos de 5,43 mm.

9 ANÁLISIS DE COSTOS DE ALTERNATIVAS

Con el fin de evaluar la viabilidad de las alternativas proyectadas se realiza un análisis preliminar de los costos directos asociados a cada una de ellas.

Tabla 9. Aproximación a los costos directos Alternativa 1.		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	VALOR PARCIAL
1	Preliminares	\$ 126.801.788,02
2	Movimientos de tierra	\$ 30.452.907,50
3	Obras de control y estabilización	\$ 242.350.979,61
4	Transportes	\$ 80.211.219,27
5	Otros (Gestión predial)	\$ 289.391.689,83
COSTOS DIRECTOS ALTERNATIVA 1		\$ 769.208.584,23
Fuente: Consultor.		

Tabla 10. Aproximación a los costos directos Alternativa 2.		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	VALOR PARCIAL
1	Preliminares	\$ 29.080.166,03
2	Movimientos de tierra	\$ 30.452.907,50
3	Obras de control y estabilización	\$ 830.722.703,51
4	Transportes	\$ 47.193.850,19
COSTOS DIRECTOS ALTERNATIVA 2		\$ 937.449.627,23
Fuente: Consultor.		

Tabla 11. Aproximación a los costos directos Alternativa 3.		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	VALOR PARCIAL
1	Preliminares	\$ 28.384.606,06
2	Movimientos de tierra	\$ 30.572.389,45
3	Obras de control y estabilización	\$ 591.916.051,80
4	Transportes	\$ 47.506.638,42
COSTOS DIRECTOS ALTERNATIVA 3		\$ 698.379.685,73
Fuente: Consultor.		

10 RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los antecedentes del sector y los resultados obtenidos a partir del análisis geotécnico, se identifica que la infraestructura presente se encuentra vulnerable ante la ocurrencia de un movimiento en masa, por lo que se plantean tres alternativas encaminadas a proteger la corona del talud, sitio donde se ubica la vivienda y el corredor vial Cachipay – Balboa.

La Alternativa No 1 corresponde a la demolición de la vivienda y su respectiva gestión predial para su compra y reubicación; obras adicionales para la protección y manejo de aguas lluvias, entre las que se encuentra la revegetalización mediante pasto vetiver, construcción de muro en gavión recubierto en concreto lanzado de espesor de 0,05 m de longitud de 115 m con una fila de drenes de penetración de 2", cuneta de base de 0,8 m y altura de 0,20 m, y zanjas de coronación de forma trapezoidal de altura de 0,2 m y base mayor de 0,5 m en geomembrana HDPE de 40 mils o materiales similares que descolan en el drenaje innominado localizado en cercanías al predio de estudio. Igualmente, se incluye el mantenimiento de las obras hidráulicas existentes.

La Alternativa No 2 plantea la construcción de una pantalla anclada con 3,0 metros de altura perimetral a la vivienda, con dos filas de anclajes activos. En aquellas zonas de pendiente negativa es necesario mediante concreto nivelar la pendiente del terreno. Adicional, se recomienda la construcción de un muro en gaviones en el pie del talud con una fila de drenes de penetración de 2" de longitud de 10 m. Con la necesidad de manejar las aguas lluvias y de esorrentía en la parte alta y media del talud se proyecta la construcción de zanjas de coronación en geomembrana HDPE de 40 mils o materiales similares, las cuales entregarán sus aguas en el drenaje perimetral al predio. Así mismo, se proyecta la construcción de una cuneta vial con el fin de recoger el flujo generado por los drenes y entregarlos a las alcantarillas correspondientes, recubrimiento del talud mediante pasto vetiver y mantenimiento de alcantarilla existente

En la Alternativa No 3 se recomienda perimetral a la vivienda, la construcción de viga cabezal con una fila de anclajes cimentada con micropilotes de 0,30 m espaciados cada 1,20 m. Hacia la vía Cachipay – Balboa se mantienen las obras proyectadas en las alternativas anteriores correspondientes a la construcción de muro en gavión recubierto en concreto lanzado de espesor de 0,05 m con una fila de drenes de penetración de 2", cuneta vial de base de 0,8 m y altura de

0,20 m. En la parte intermedia y alta se recomienda la construcción de zanjas de coronación en geomembrana HDPE de 40 mils o materiales similares de altura de 0,2 m y base mayor de 0,5 m. Se incluyen obras complementarias como la revegetalización mediante pasto vetiver, y mantenimiento de las obras hidráulicas existentes

Se recomienda que durante el proceso constructivo se realicen inicialmente las obras sobre la zona alta y media del talud (zanjas de coronación y obras recomendadas para la mitigación del riesgo de la vivienda), para posteriormente ejecutar el muro en gavión junto con los drenes de penetración y cuneta vial. Al finalizar se ejecutará la empradización en la zona con el pasto vetiver.

De acuerdo a la verificación de la estabilidad interna del muro en gavión, este cumple con las solicitudes establecidas por las cargas del suelo y peso propio del mismo.

Verificando el equilibrio de los anclajes propuestos así como la adherencia del mismo, se identifica que este cumple con las especificaciones y solucitaciones de CCP-14.

Todos los análisis y propuestas expuestas en el presente informe se basan en las propuestas y diseños geotécnicos evaluados en el volumen de exploración geotécnica.

Los empujes de suelo se calcularon por la teoría expuesta por Coulumb para empujes sobre la estructura.

Todas las obras presentadas se realizan teniendo en cuenta las metodologías y especificaciones establecidas en la NSR-10 y CCP-2014.