PROYECTOS GEOTÉCNICOS & ESTRUCTURALES

ESTUDIOS DE SUELOS - DISEÑOS ESTRUCTURALES - CONSTRUCCIONES CIVILES

EJECUCIÓN CONTRATO No 860 del 27 de diciembre de 2019

OBJETO: REALIZAR ESTUDIO DE SUELOS PARA EL RESGUARDO INDÍGENA DE YACO MOLANO EN DONDE SE PLANEA EJECUTAR LA CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POR LA COPORACIÓN DANDO CUMPLIMIENTO A LAS METAS TRAZADAS POR LA ENTIDAD EN SU PLAN DE ACCIÓN INSTITUCIONAL, EN ZONA RURAL DE NATAGAIMA.

INFORME No 01

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL TOLIMA CORTOLIMA

TCT-1283-19

Versión 1

Bogotá D.C., Junio 24 de 2020

348 3718
geotecnia@tibocor.com
Bogotá D.C. – COLOMBIA

TABLA DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES 4
1.1. Introducción 4
2. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO 7
3. RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO Y DE CAMPO PARA LA SELECCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEOTÉCNICAS 8
3.1. Resultados de laboratorios 8
3.2. Resultados de los ensayos de penetración estándar (SPT). 10
3.3. Resultados de la línea de refracción sísmica 10
4. Análisis y diseño Geotécnico 11
4.1. Análisis del ensayo de penetración estándar (SPT) 11
4.2. Análisis de la línea de refracción sísmica (MASW) 11
4.3. Nivel Freático 12
4.4. Análisis del talud de excavación del tanque de almacenamiento 13
4.5. Capacidad portante 15
5. Recomendaciones y exigencias 16
6. BIBLIOGRAFÍA 17

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Localización resguardo indígena Yaco Molano. Fuente: GOOGLE EARTH……...5

Ilustración 2. Mapa geológico de la zona. Fuente: Servicio Geológico Colombiano 6

Ilustración 3. Mapa de localización de sondeos. Fuente: TIBOCOR……..……7

Ilustración 4. Resumen de Ensayos de laboratorio Fuente: TIBOCOR..... 9

Ilustración 5. Resultados velocidad de onda Vp Fuente: TIBOCOR. .....……10

Ilustración 6 Resultados velocidad de onda Vp Fuente: TIBOCOR 11

Ilustración 7. Velocidad de onda de compresión Vp y Velocidad de onda de corte Vs. Fuente: TIBOCOR..... 12

Ilustración 8.Resumen de línea sísmica. Fuente: TIBOCOR 12

Ilustración 9. Implantación de modelo en DCSLOPE sin carga de agua. Fuente: TIBOCOR 15

Ilustración 10. Implantación de modelo en DCSLOPE con carga de agua. Fuente: TIBOCOR……...14

Ilustración 11. Capacidad de soporte en condiciones no drenadas. Fuente: TIBOCOR……15

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas del reservorio – Yaco Molano. Fuente; TIBOCOR……..5

Tabla 2. Profundidades máximas de los sondeos. Fuente: TIBOCOR..... 7

Tabla 3. Ángulo de fricción escogido. Fuente: TIBOCOR……12

1. GENERALIDADES

1.1. Introducción

En el presente documento se presentan los resultados del estudio geotécnico para la construcción de un tanque de almacenamiento de agua para el resguardo indígena Yaco Molano, localizado en el municipio de Natagaima (Tolima).

En este informe se incluyen las generalidades del proyecto como su localización, alcance y condiciones geológicas y sísmicas de la zona. Enseguida se presentan la exploración geotécnica y geofísica del subsuelo con base en la información de los trabajos de campo, laboratorio y la experiencia de esta consultoría en el área de estudio; para así obtener los parámetros geotécnicos que serán usados en los análisis de estabilidad lateral, capacidad de soporte y cálculo del coeficiente de permeabilidad.

Finalmente se presentan las exigencias y recomendaciones que serán tenidas en cuenta para la construcción de la estructura de almacenamiento de agua.

Nota: La información contenida en este informe no puede ser empleada para condiciones diferentes a las evaluadas. En el momento que se involucren cambios al proyecto planteado inicialmente se deben revaluar las nuevas condiciones.

1.2. Descripción del proyecto

Se localiza en el municipio de Natagaima, en la vía Natagaima-Aipe, a 20 minutos del casco urbano.

La estructura existente es un vertedero de excesos del reservorio ubicado en los terrenos del resguardo.

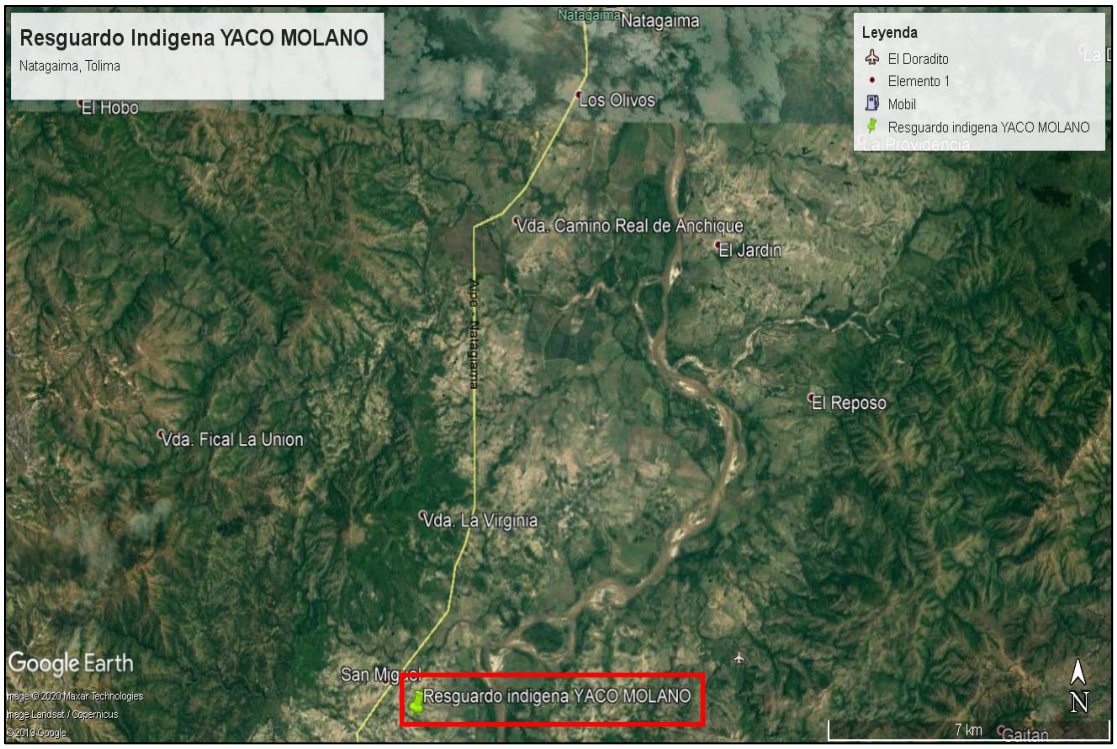


Ilustración 1 - Localización resguardo indígena Yaco Molano. Fuente: GOOGLE EARTH

El terreno seleccionado para la construcción del tanque de almacenamiento se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas

Coordenadas Norte	Coordenadas Oeste
3° 28’ 57.2” N	75° 08’ 39.9” W

Tabla 1. Coordenadas geográficas del reservorio – Yaco Molano. Fuente; TIBOCOR.

1.3. Geología

1.3.1. Geología general

Geológicamente el área se encuentra dentro de la subcuenca de Neiva, del Valle Superior del Magdalena; la unidad más antigua son las Rocas Sedimentarias de Monte Frio; encima, en forma concordante, aparecen las capas rojas de origen vocaruco de la Formación Saldaña del Triásico superior - Jurásico inferior, se trata de una secuencia vulcano-sedimentarla, constituida por capas rojas de tobas, aglomerados, derrames de lava, sedimentitas continentales y un cuerpo porfiritico andesitico asociado.

Los aglomerados están constituidos por cantos angulares y subangulares, con diámetro de varios centímetros y composición andesitica, traquiandesitica y riodacitica; la matriz es tobacea, de igual composici6n que los clastos;

generalmente son paquetes con estratificación de varios decímetros de espesor; se presentan de colores verde, gris verdoso y violáceo claro.

1.4.2. Geología local

Las Rocas Sedimentarias de Monte Frio, al suroeste de Natagaima (Tolima), representan el registro de un evento sedimentológico de origen marino con gran influencia volcánica del Jurásico inferior en el Valle Superior del Magdalena. La presencia de estracodos y conchostracos del Jurásico en las Rocas Sedimentarias de Monte Frio las ubican estratigráficamente por encima de la Formación Payande y del Miembro Chicala; sin embargo, no se descarta la posibilidad de que en esta sucesión pueda haber Incluidas partes de estas dos unidades.



Ilustración 2. Mapa geológico de la zona. Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

2. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Cumpliendo con las exigencias del NSR-10, se realizaron tres (3) exploraciones puntuales tipo apiques, alcanzando una profundidad máxima de 3.40 m. El método de excavación fue con herramientas manuales debido a la imposibilidad de avanzar con una herramienta tipo barreno manual, debido a la dureza del terreno superficialmente.

También se ejecutó un (1) ensayo de refracción sísmica con una longitud en superficie de 107 m y una profundidad de exploración de 30 m, que valida la dureza o resistencia de los estratos superficiales.

La exploración geotécnica alcanzó las siguientes profundidades:

Apique	Profundidad (m)
1	2.60
2	3.40
3	1.50

Tabla 2. Profundidades máximas de los sondeos. Fuente: TIBOCOR.

2.1 Localización de los sondeos

A continuación, se presenta un mapa con la localización detallada de los sondeos:

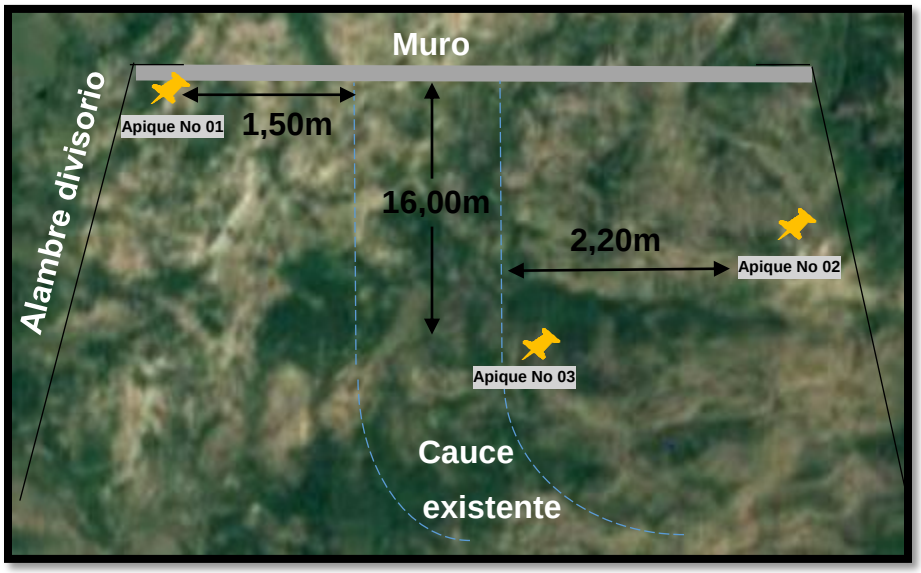


Ilustración 3. Mapa de localización de sondeos. Fuente: TIBOCOR.

3. RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO Y DE CAMPO PARA LA SELECCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEOTÉCNICAS

El muestreo proveniente de los apiques fue alterado. Por lo tanto, los ensayos de laboratorio realizados son solo de clasificación y no de resistencia.
Los parámetros geotécnicos de resistencia fueron calculados de los resultados del ensayo de penetración estándar y de la línea de refracción sísmica, siendo estos últimos una aproximación con rangos amplios.

3.1. Resultados de laboratorios

De acuerdo con la geología regional y local, los resultados de los ensayos de campo y laboratorio y de nuestra experiencia, determinamos que el suelo predominante en el proyecto es de origen sedimentario y es un LIMO arcilloso de baja plasticidad con sectores de roca ARCILLOLITA y/o LIMOLITAS y/o CALIZAS altamente meteorizada.

Profundidad (m)	Prof. (m)	Apique 1		Prof. (m)	Apique 2		Prof. (m)	Apique 3	
0									
0,2									
0,4									
0,6									
0,8									
1							1.00 - 1.20	w	18,04%
								LL	29,6
1,2								LP	21,1
								IP	8,5
								USCS	CL
1,4								AASHTO	A-1-b
1,6	2.00 - 2.60	w	14,11%						
		LL	41,5						
1,8		LP	30						
		IP	11,6						
2,0		USCS	ML						
		AASHTO	A-1-a						
2,2		γ_T (kN/m^3)	16,2						
2,4									
2,6									
2,8									
3				3.00 - 3.10	w	13,09%			
					LL	24,3			
3,2					LP	20,6			
					IP	3,7			
3,4					USCS	CL			
					AASHTO	A-2-4			
3,6					γ_T (kN/m^3)	23,3			
3,8									
4									

Ilustración 4. Resumen de Ensayos de laboratorio. Fuente: TIBOCOR.

3.2. Resultados de los ensayos de penetración estándar (SPT).

APIQUE 1				
EXPLORACIÓN	Prof. (m)	Ensayo SPT		
AP-1	0.10 - 0.80	7	11	17
	0.90 - 1.10	8	14	25
	1.40 - 2.00	13	16	29
	2.20 - 2.60	11	33	RECHAZO

Fuente: TIBOCOR.

APIQUE 2				
EXPLORACIÓN	Pof. (m)	Ensayo SPT		
A - 2	0.30 - 1.00	7	11	14
	2.10 - 3.00	10	14	29
	3.00 - 3.40	16	35	RECHAZO

Fuente: TIBOCOR.

APIQUE 3				
EXPLORACIÓN	Pof. (m)	Ensayo SPT		
A - 3	0.30 - 0.40	13	15	27
	1.00 - 1.50	11	18	29

Fuente: TIBOCOR.

El registro completo de la exploración se presenta en el anexo 2.

3.3. Resultados de la línea de refracción sísmica

Partiendo de la experiencia de esta oficina en la zona se utilizó la metodología de refracción sísmica para obtener una tomografía de los estratos existentes desde la superficie hasta 30 m de profundidad, valiéndonos del aumento de la rigidez del suelo.

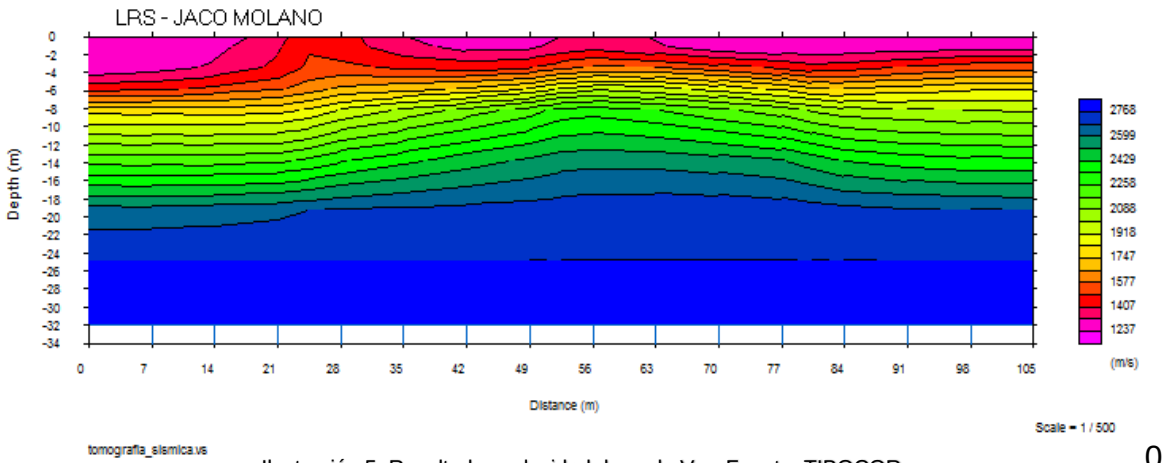


Ilustración 5. Resultados velocidad de onda V_p . Fuente: TIBOCOR.

4. ANÁLISIS Y DISEÑO GEOTÉCNICO

4.1. Análisis del ensayo de penetración estándar (SPT)

Se utilizaron varias metodologías para el análisis de este ensayo de campo, las cuales entregan el valor del ángulo de fricción efectivo para utilizarlo en la metodología de análisis geotécnico de Mohr-Coulomb.

		Peck	Hatanaka	PHT	Mayne	SHB	Escogido
Prof. (m)	**$(N_1)_{60}$**	**ϕ_f (°)**	**ϕ_f (°)**	**ϕ_f (°)**	**ϕ_f (°)**	**ϕ_f (°)**	**ϕ_f (°)**
0.00 - 2.15	19	32,8	39,4	32,6	37,1	31,8	**33,58**

Tabla 3. Ángulo de fricción escogido. Fuente: TIBOCOR.

4.2. Análisis de la línea de refracción sísmica (MASW)

Partiendo de los resultados de la velocidad de onda de compresión V_p y de su análisis con varias relaciones de Poisson para materiales geológicamente reconocidos, se obtuvo la velocidad de onda de corte V_s que se muestra a continuación.

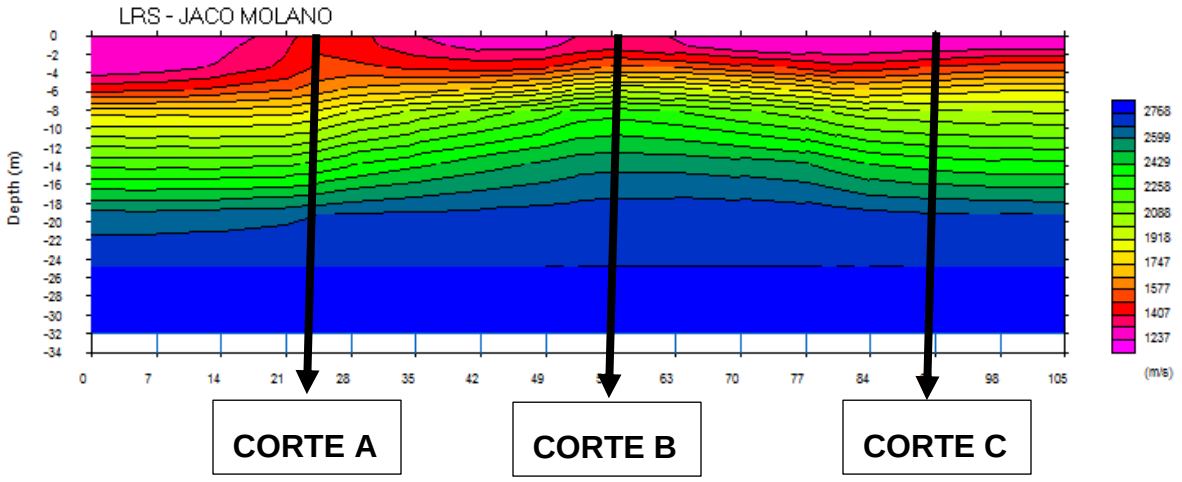


Ilustración 6. Resultados velocidad de onda Vp. Fuente: TIBOCOR.

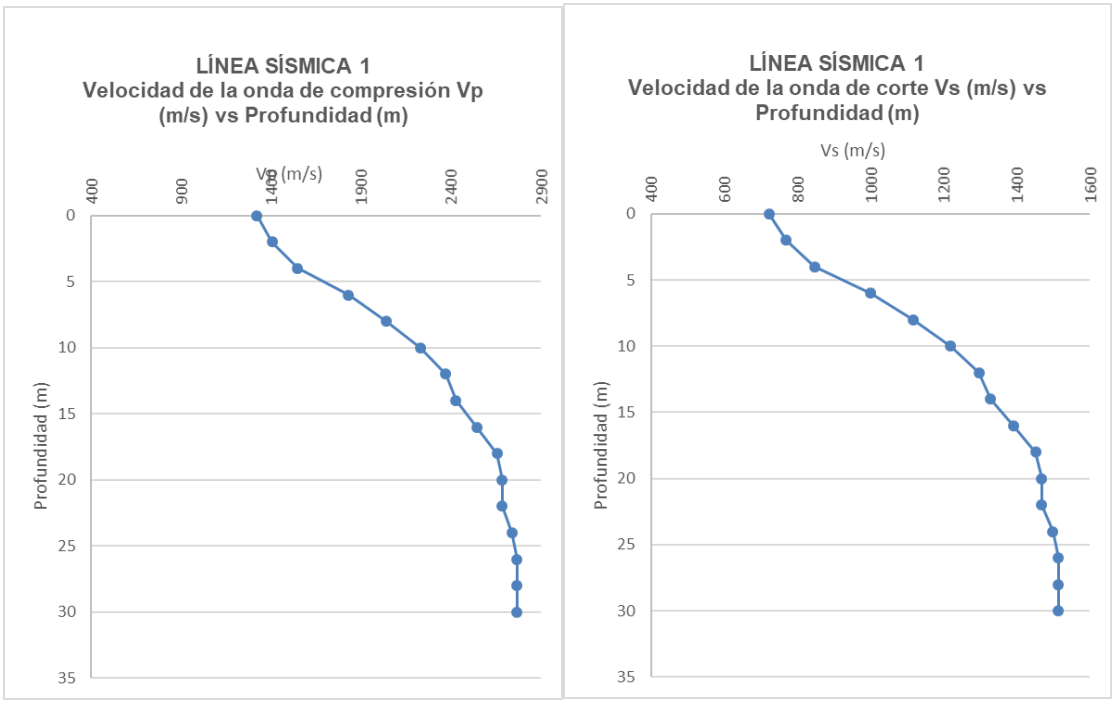


Ilustración 7. Velocidad de onda de compresión V_p y Velocidad de onda de corte V_s. Fuente: TIBOCOR.

RESUMEN LÍNEA SÍSMICA

CASO	m/s
V_s por promedio de d_i y μ	1199,71
V_s por promedio de V_s y μ	1208,77
TIPO DE PERFIL DEL SUELO NSR-10	**B**

Ilustración 8.Resumen de línea sísmica. Fuente: TIBOCOR.

También del análisis de esta línea de refracción sísmica se deduce que en el sector no debe haber alguna anomalía en el subsuelo hasta 30 m de profundidad, del tipo de vacíos o inclusiones en los depósitos de suelo.

4.3. Nivel Freático

A continuación, se observa un cuadro que describe la profundidad del nivel freático en registrado en cada exploración.

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO (m)	FECHA DE EXPLORACIÓN
1	NO REGISTRÓ	12/02/2020
2	NO REGISTRÓ	12/02/2020
3	NO REGISTRÓ	12/02/2020

Tabla 4-1 Nivel freático registrado .Fuente: TIBOCOR.

Los niveles de las aguas freáticas, serán variables dependiendo de la época del año. Las excavaciones deberán ejecutarse teniendo en cuenta esta condición. La cota del nivel freático registrada durante las exploraciones sólo es un indicativo de las condiciones del suelo durante la ejecución de estas.

4.4. Análisis del talud de excavación del tanque de almacenamiento

Utilizando el modelo geotécnico de Mohr-Coulomb para un suelo puramente friccionante con valores de ángulo de fricción obtenido de la línea sísmica y del ensayo de penetración estándar, se procedió a recrear en el software de estabilidad de laderas DC SLOPE la situación de excavación del tanque de almacenamiento con un talud con un ángulo de inclinación con la horizontal de 60°, un chaflán a 35° y una sobrecarga en el escarpe superior de 150 Kg/m^2. Se modelaron dos casos diferentes. Uno en condiciones críticas, es decir, sin el peso y el empuje lateral del agua contenida y otro con el peso del agua contenida a una lámina de 4m de altura generando así una sobrecarga de 40 KN/m^2.

El resultado de estos ejercicios es que para el círculo de falla más crítico sin carga de agua se obtiene una relación de uso de 76% y para el círculo de falla más crítico con carga de agua se obtiene una relación de uso de 75%, indicando entonces que el talud se puede construir.

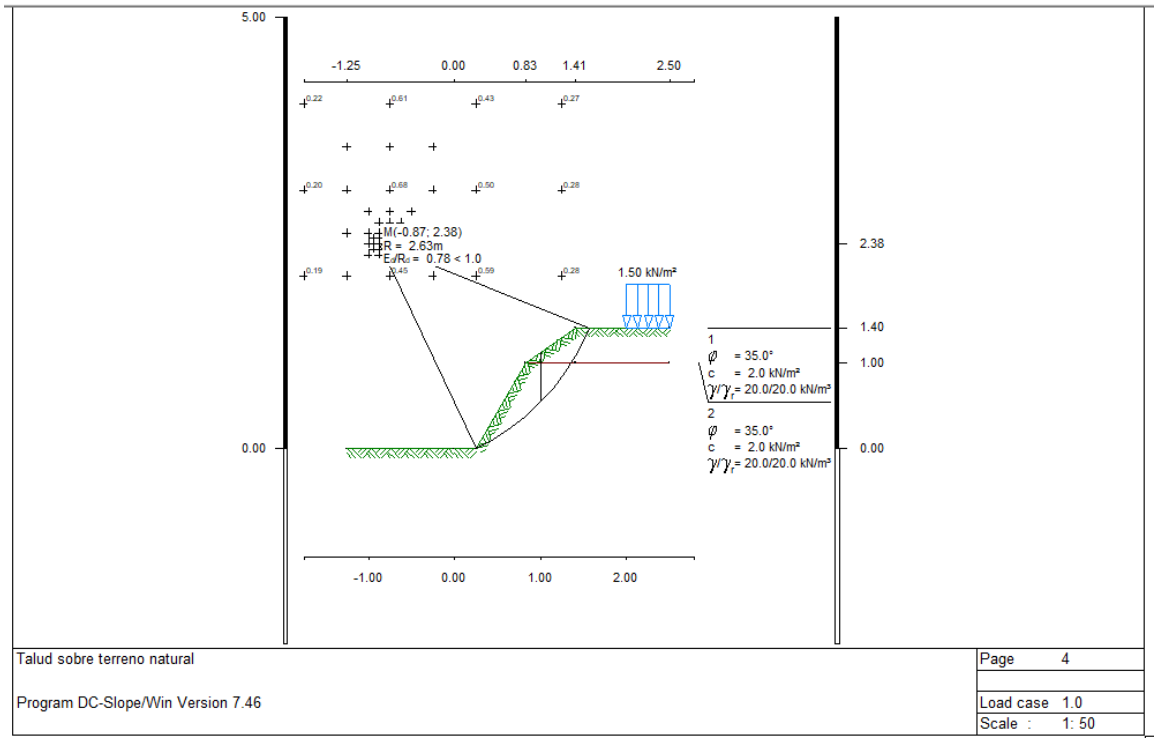


Ilustración 9. Implantación de modelo en DCSLOPE sin carga de agua. Fuente: TIBOCOR.

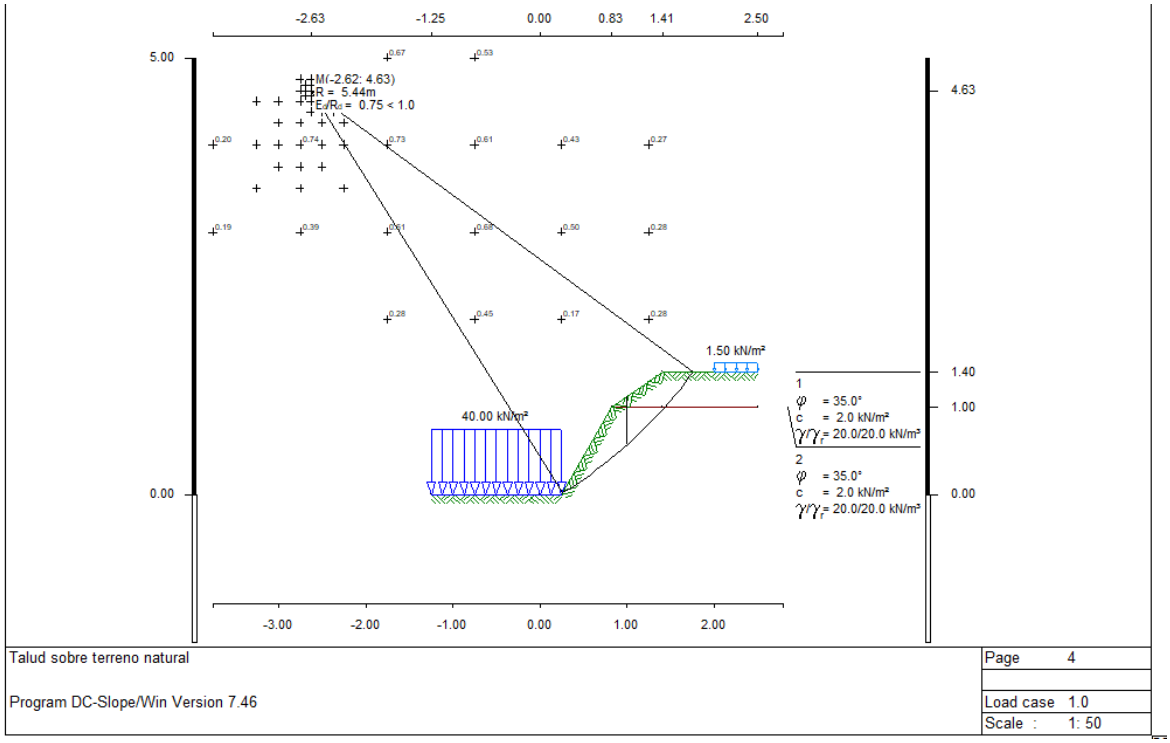


Ilustración 10. Implantación de modelo en DCSLOPE con carga de agua. Fuente: TIBOCOR.

4.5. Capacidad portante

A continuación, se muestra los resultados de la capacidad de soporte para distintos anchos de cimiento a una profundidad de un (1) metro.

Los altos valores de esfuerzos resistentes del suelo existente con un factor de seguridad indirecto de 3.0, indican que un reservorio con una lámina de agua de hasta 4 o 5 metros de altura tendrá un comportamiento aceptable.

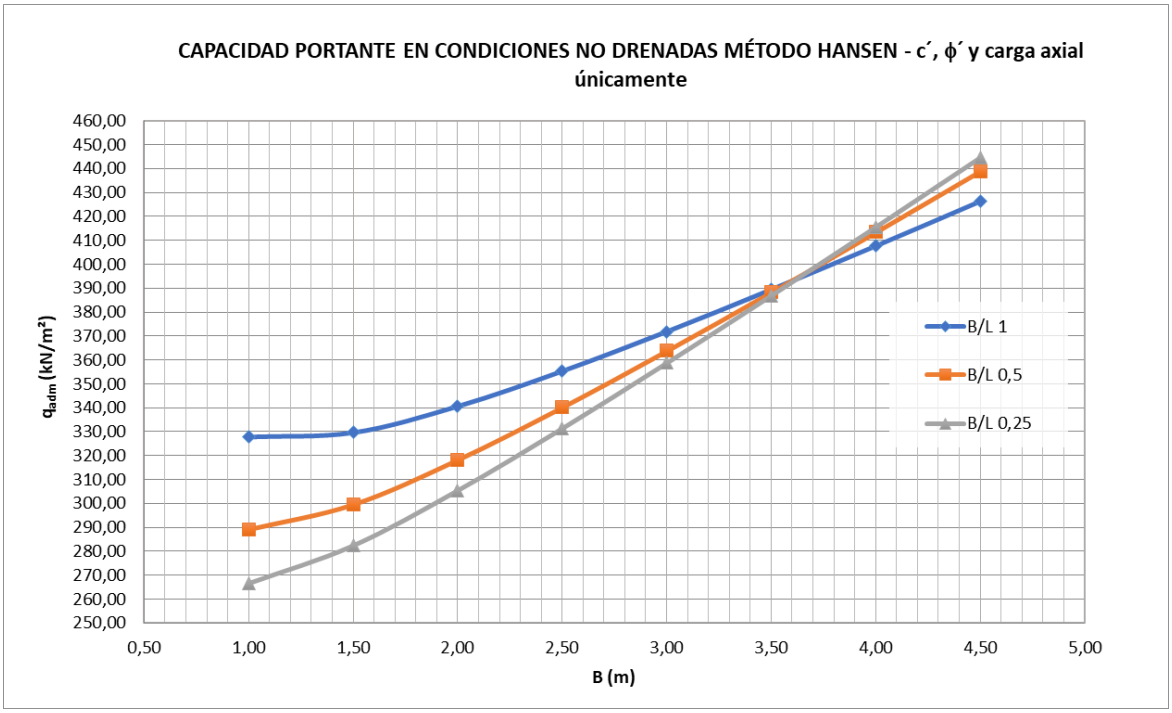


Ilustración 11. Capacidad de soporte en condiciones no drenadas. Fuente: TIBOCOR.

5. RECOMENDACIONES Y EXIGENCIAS

- Por la topografía plana, la geología local, el tipo de suelo y la alta capacidad de soporte, el Tanque de almacenamiento de agua puede ser construido en el sitio destinado para ello.
- La capacidad de soporte del fondo del Tanque de almacenamiento será más que suficiente para soportar la carga generada por la lámina de agua.
- El talud de excavación a 60° con el uso del chaflán a 35° de la pared del Tanque de almacenamiento es estable y seguro de construir.
- Esta estructura hidráulica estará sometida a diferentes tipos de erosión, como la erosión por viento, por gotas de lluvia, erosión interna, por oleaje, por lo que el diseñador hidráulico o ambiental las deberá tener en cuenta.
- Cuando los taludes queden expuestos al medio ambiente por diversas condiciones, tales como un intenso verano, se pueden producir desprendimientos de material de los taludes, que generarán acumulaciones en los vértices inferiores de material, disminuyendo notablemente la capacidad de almacenamiento.
- Para el control de la erosión de las paredes y del fondo se pueden utilizar múltiples materiales tales como geosintéticos (geomembranas y geotextiles), mantos sintéticos, tejidos orgánicos (fique, fibra de madera), enrocados, vegetación (pastos, hierbas y árboles) y suelos orgánicos.

6. BIBLIOGRAFÍA

Corporación autónoma regional de risaralda - CARDER. (2002). Resúmen ejecutivo.

Das, B. M. (2006). *Principio de Ingeniería de Cimentaciones, 5a. ed.* Thomson Editores.

INGEOMINAS. (2010).

J.E.Bowles. (1997). *Foundation Analysis and Design , 5a ed.*

Murthy, V. (s.f.). *Geothecnical Engineering: Principles and Practices of Soil Mechanics and Foundation Engineering.*

Rodriguez, J. B.-R. (2002). *Mecánica de suelos. .* MÉXICO-España-Venezuela-Colombia : LIMUSA NORIEGA EDITORES.

Foti, Sebastiano - Surface Wave Methods for Near-Surface site characterization (2015)

Suárez, Jaime - Control de erosión en zonas tropicales (2001) - Librería UIS.

Alcaldía municipal de Natagaima - Agenda ambiental del municipio de Natagaima.