



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

ANEJO 2. CÁLCULO DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Estabilización de los taludes localizados entre los PK 21+500 y PK 22+000 de la carretera CV-580, en el término municipal de Bicorp (Valencia).

Presentado por

Alarcó Gálvez, Vicente

Para la obtención del

Grado en Ingeniería Civil

Curso: 2021/2022

Fecha: SEPTIEMBRE 2022

Tutor: Hidalgo Signes, Carlos

Cotutor: Garrido de la Torre, M^a Elvira



ÍNDICE

1	Descripción del software empleado.....	2
2	Proceso de análisis de la estabilidad del talud.....	2
3	Análisis de alternativas de estabilidad de taludes	9

1 Descripción del software empleado

En el presente Anejo se explicará detalladamente el procedimiento realizado para calcular los factores de seguridad de cada una de las alternativas propuestas. El software empleado determinar de manera aproximada la estabilidad del talud es el Slide 2.

Dicho programa es capaz de analizar la estabilidad de los taludes que se encuentran afectados por fenómenos de deslizamiento empleando varios métodos de equilibrio.

El Slide 2 permite introducir estudiar superficies con infiltraciones de agua tanto superficiales como subterráneas. No obstante, el programa está limitado a secciones en dos dimensiones.

2 Proceso de análisis de la estabilidad del talud

Para comenzar el análisis del talud es necesario realizar un perfil transversal de la sección a analizar. Para ello, se empleó un perfil transversal procedente del proyecto de Prodein, S.L. se puede apreciar en la siguiente figura:

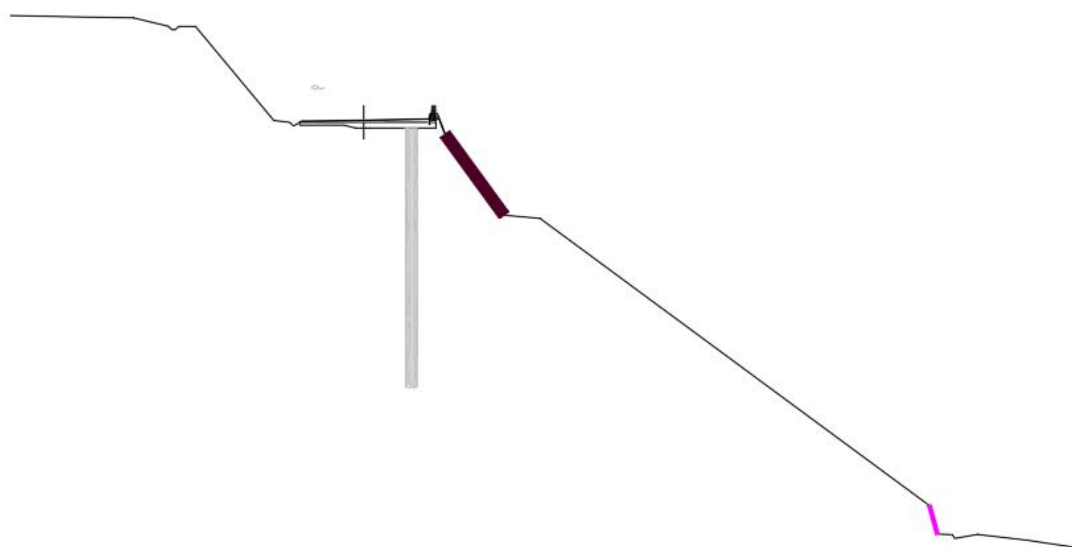


Figura 1: Sección transversal PK = 21+900. Fuente: Prodein, S.L.

Para completar la sección se tomó el resto del perfil mediante el software Qgis 3.22.5 mediante un complemento llamado Profile tool, este complemento combinado con una capa MDT (Modelo Digital del Terreno) permite realizar un perfil transversal del terreno. En el caso de este estudio se ha empleado un MDT02 para realizar un análisis del terreno lo más adecuado posible.

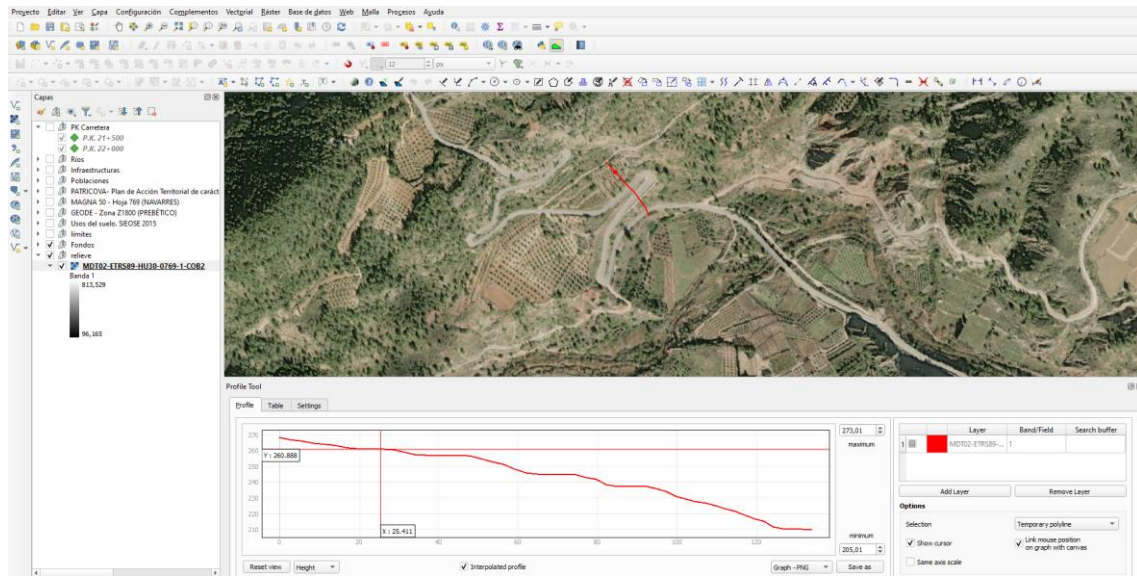


Figura 2: Perfil transversal mediante Qgis 3.22.5. Fuente: Propia.

Dicho software también permite seleccionando en un punto del mapa con el modelo de elevación del terreno activado conocer las cotas de distinto puntos del área de estudio junto con la herramienta de medición también es posible obtener un perfil del terreno a estudiar.

Una vez definida la sección transversal en AutoCad 2023, se importa al programa Slide 2. El programa no admite archivos .dwg, por tanto, es necesario guardarlo como .dxf.

Una vez importada la sección, es necesario configurar los parámetros principales de análisis. Para ello, se abre los siguientes diálogos: **Analysis** → **Project Settings**. Siguiendo los pasos descritos se abre el cuadro de dialogo mostrado a continuación:

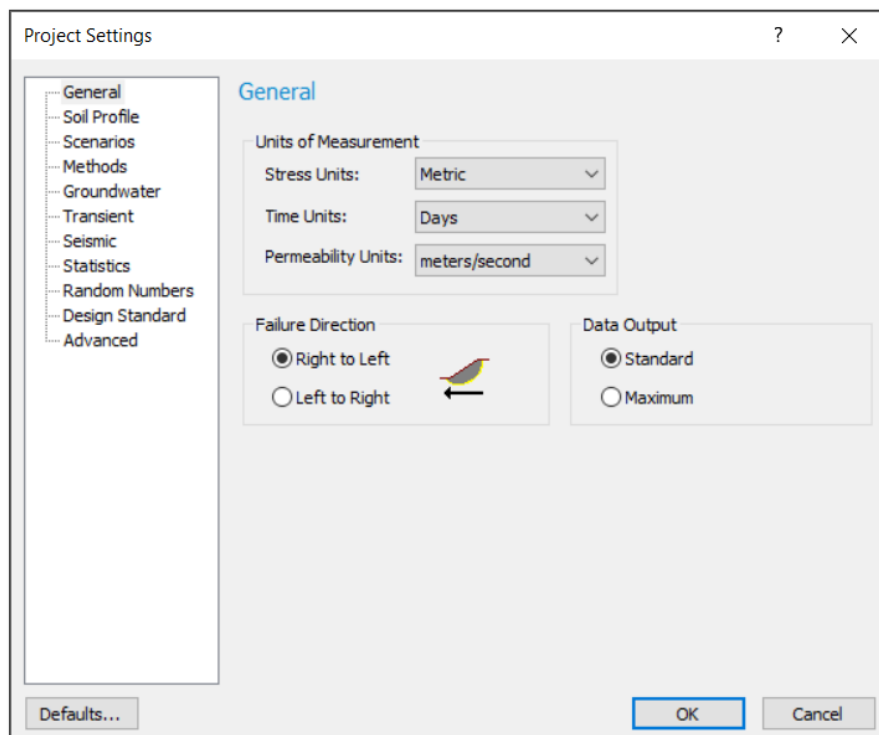


Figura 3: Configuración de proyecto. Fuente: Rocscience.



Tanto las Unidades de medida (Units of Measurement) y la Salida de Datos (Data Output) se mantienen como en la Figura 3. En cambio, en el presente proyecto se cambiará la dirección de deslizamiento de Izquierda a derecha (Left to Right).

Es la definición de las propiedades de los materiales existentes y de las medidas que se plantean disponer en las soluciones planteadas. Los pasos que seguir son seleccionar **Properties** → **Define Materials**. A continuación, se abre un cuadro de diálogo que dependiendo del tipo de fuerza seleccionado se definirán unas propiedades u otras.

Figura 4: Propiedades de Materiales. Fuente: Rocscience.

Los materiales definidos en el presente estudio son los siguientes:

Material	γ (kN/m ³)	γ . Sat (kN/m ³)	Strength Type	C' (kPa)	ϕ' (deg)	UCS (kPa)	GSI	mi	D
Arcillas versicolores	20	21	Mohr - Coulomb	20	29				
Relleno granular	18		Mohr - Coulomb	0	30				
Aglomerado Asfáltico	24	24,5	Mohr - Coulomb	100	35				



Muro escollera	24		Mohr - Coulomb	350	45				
Drill Drain	12		Infinite Strenght						
HA-25/B/30/Ila	24		Generalized Hoek-Brown			250.000	90	21	0.7

Tabla 1: Propiedades de Materiales. Fuente: Propia.

Así mismo, se define los tipos de soporte que se plantea como corrección de inestabilidad de taludes. En este caso, se emplea la pestaña de agregar un patrón de soporte seleccionando **Support → Add Support Pattern**.

El tipo de soporte establecido en el estudio de soluciones es el siguiente:

Support Name	Color	Type	Force Application	Out-Of-Plane Spacing (m)	Tensile Capacity (kN)	Plate Capacity (kN)	Shear Capacity (kN)	Compression Capacity(kN)	Bond Length (m)	Percent of Length (%)	Bond Strength (kN/m)	Material Dependent	Force Orientation
Anciajes		Grouted Tieback	Active (Method A)	1	2500	150	0	0	0	50	15	No	Parallel to Reinforcement

Tabla 2: Tipo de Soporte. Fuente: Propia.

Determinados los materiales y soporte se aplica las propiedades a los distintos materiales de la sección importada, seleccionando **Properties → Assign Properties**. Seguidamente se abrirá un cuadro de diálogo con los materiales definidos, y se aplicará las propiedades a su correspondiente elemento.

En las carreteras se ha dispuesto una carga distribuida en las carreteras de 20 kPa simulando el paso de vehículos, abriendo la pestaña **Loading → Add Distributed Load**.

Posteriormente se define las superficies de deslizamiento. El tipo de deslizamiento establecido es circular, se puede elegir el método de búsqueda de deslizamientos, en el caso de proyecto se ha seleccionado Auto Grid con un espaciado de cuadrícula x=20 e y=20. Para la configuración de superficies de deslizamiento se abrirá la pestaña de **Surface → Surface Options**.

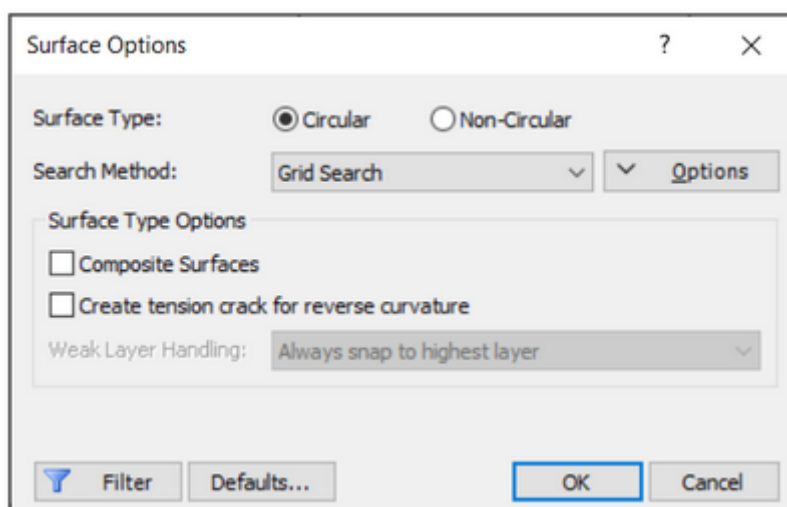


Figura 5: Opciones de deslizamiento. Fuente: Rocscience.

El resultado del procedimiento descrito es el representado en la Figura 6.

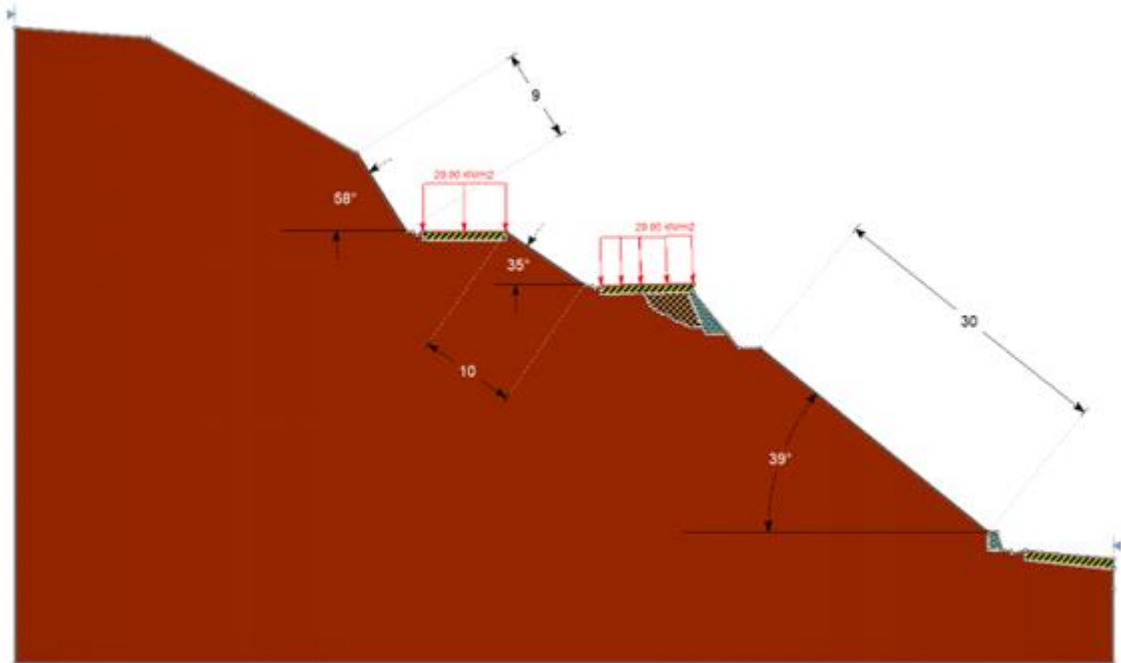


Figura 6: Sección tipo de estudio. Fuente: Propia.

Previamente a la ejecución de la simulación se determinan los métodos de análisis de equilibrio límite. Para ello, se selecciona la pestaña de **Analysis → Project Settings → Methods**, se abrirá un cuadro de diálogo donde se establece para la simulación dos métodos, Bishop simplified y Janbu simplified.

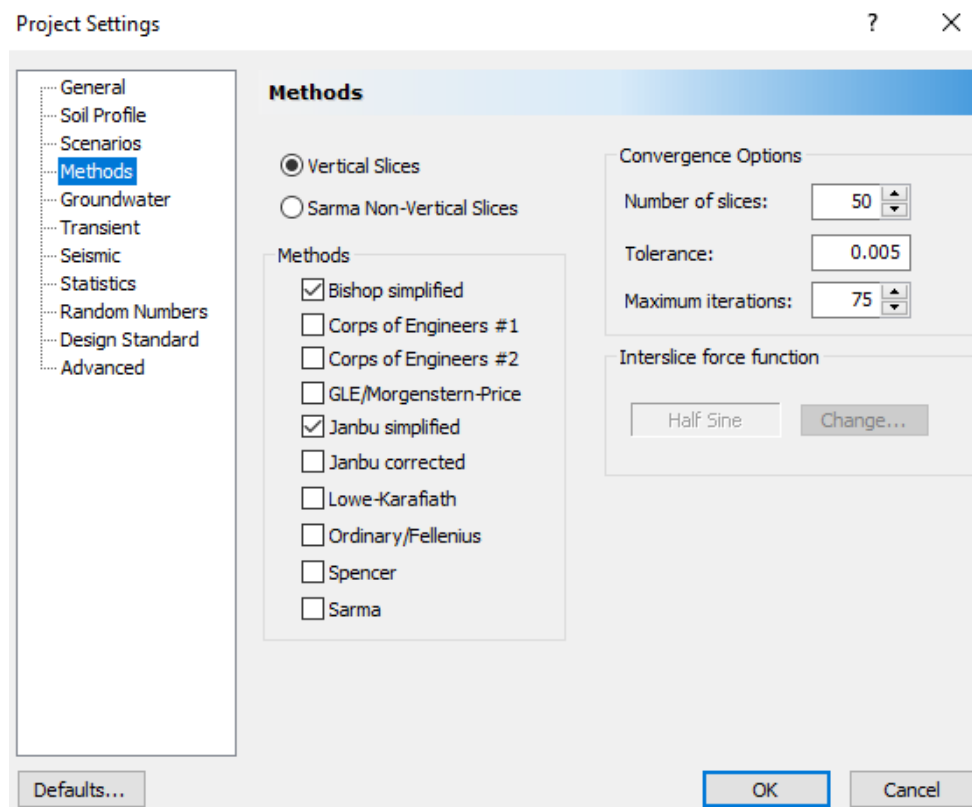


Figura 7: Métodos de análisis de equilibrio límite. Fuente: Rocscience.

En primer lugar, el método Bishop simplificado analiza la estabilidad del talud teniendo en cuenta el efecto de las fuerzas entre dovelas, tomando una rotura circular. El segundo método, más restrictivo, se llama Janbu simplificado consiste que las fuerzas entre dovelas son solo horizontales, por tanto, no es necesario que la rotura sea circular.

Finalmente se procede al análisis de la sección mediante dos enfoques, con sección seca o con sección con terreno saturado. Para proceder a la simulación se seleccionará la pestaña de **Analysis → Compute**. El software guardará el proyecto mostrando los resultados del análisis.

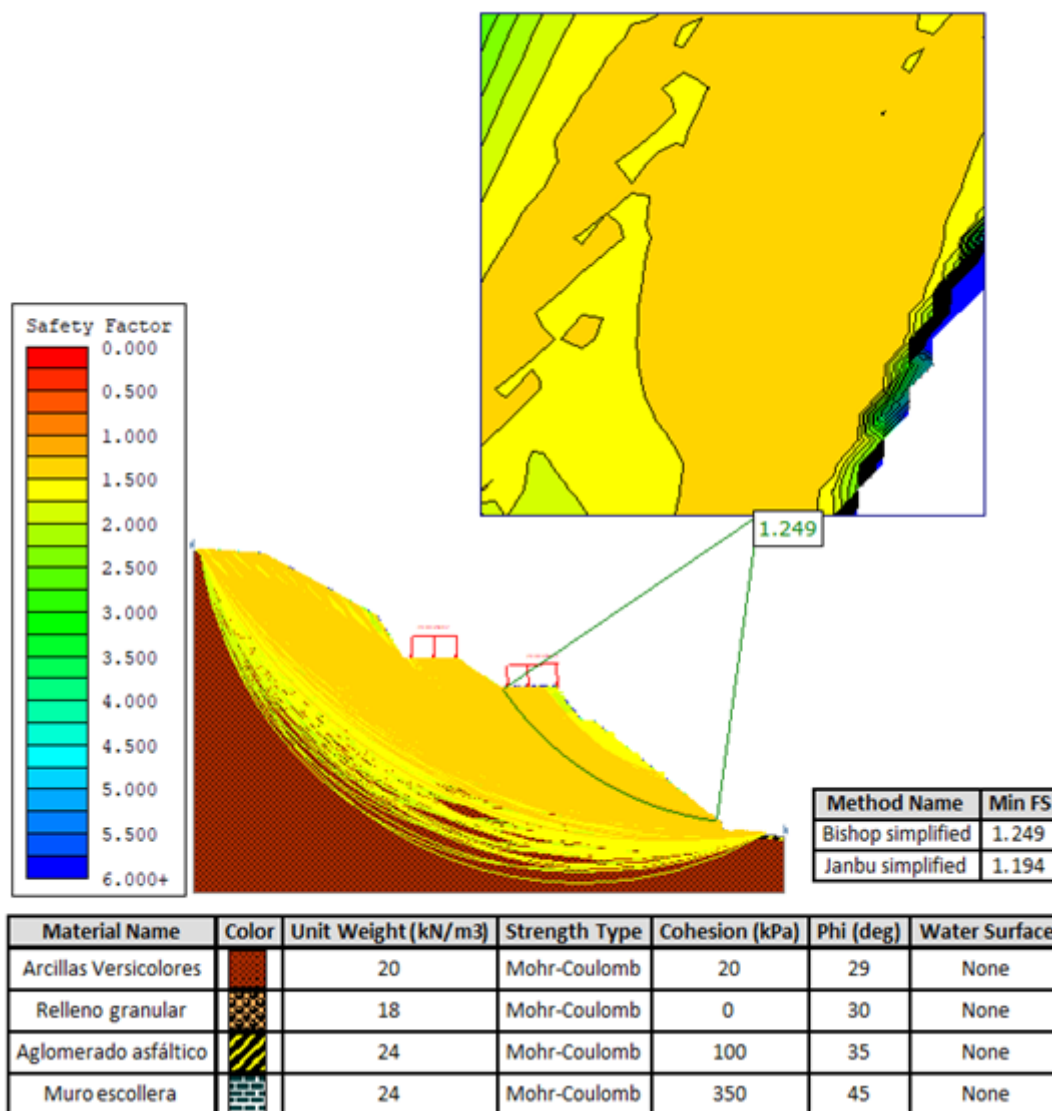


Figura 8: Sección tipo con terreno seco. Fuente: Propia.

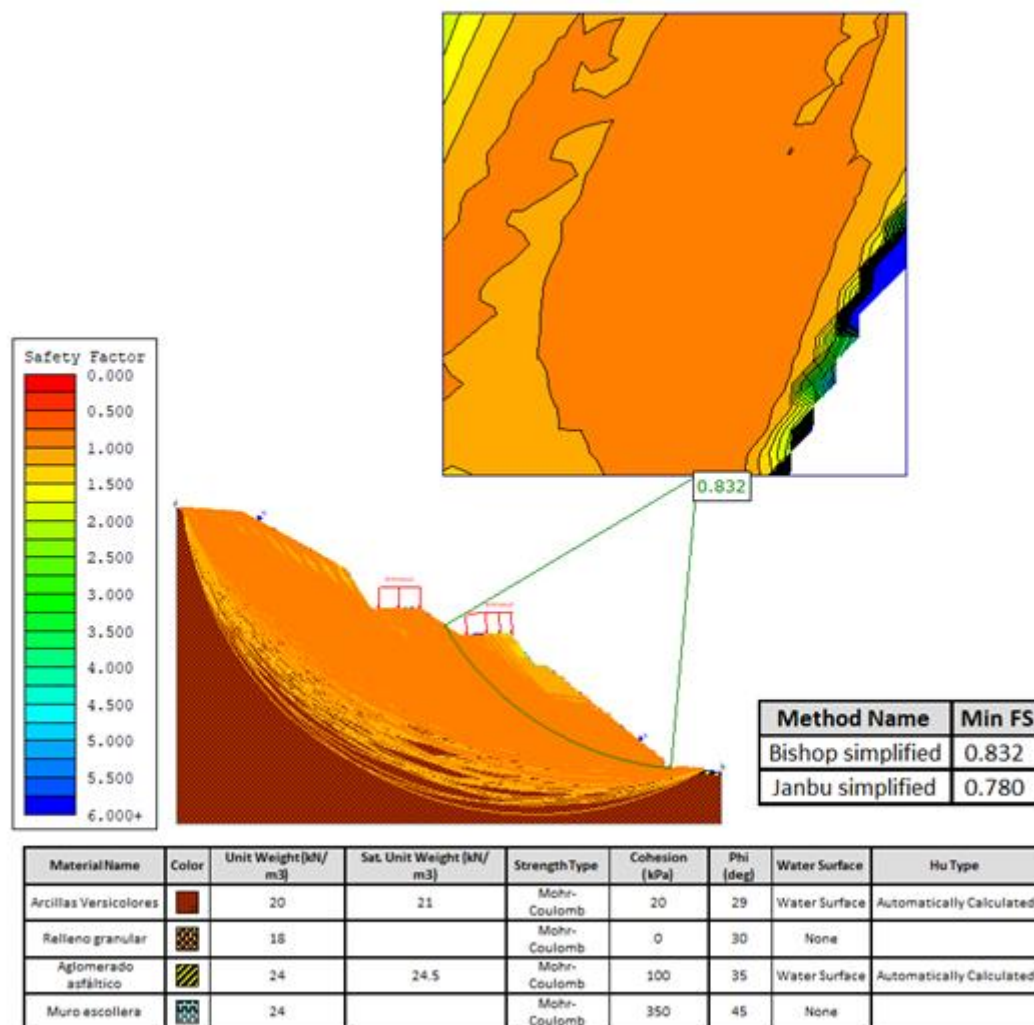


Figura 9: Sección tipo con terreno saturado. Fuente: Propia.

Como se aprecia en la Figura 8 y Figura 9 los factores de seguridad son reducidos llegando a ser inferiores a 1 en el caso de que el suelo de la ladera se encuentre saturada.

Esto se debe a que el Peso Propio de los materiales que componen el talud generan una fuerza que genera un movimiento del terreno. El movimiento del terreno tiene una componente tangencial (τ) positiva a su desplazamiento, a esta se le oponen una Fuerza de rozamiento (Fr) compuesta por el producto de la componente del esfuerzo normal a la superficie (σ) y el coeficiente del rozamiento interno del material (μ).

$$Fr = \sigma * \mu$$

El movimiento del deslizamiento se ha producido debido a que la componente tangencial del movimiento del terreno es igual o superior a la suma de la Fuerza de rozamiento y la resistencia cohesiva del material (c). A esta relación se la define como criterio de fractura, dando lugar a la siguiente ecuación:

$$\tau = c + Fr = c + \sigma * \mu$$

Así mismo, al coeficiente de rozamiento se le puede expresar como la función tangente al ángulo de fricción interna (Φ).

$$\tau = c + \sigma * \tan \Phi$$

Como se aprecia en la Figura 9, la influencia del agua sobre la ladera condiciona la estabilidad del talud. El agua aumenta el peso propio de los materiales que componen el talud alterando los parámetros que influyen en el movimiento del terreno. Al mismo tiempo, la presión hidrostática de del fluido (ρ) del fluido situado por debajo del nivel freático reduce el esfuerzo normal en seco, dando lugar a un nuevo esfuerzo normal efectivo (σ'). La alteración de los parámetros del movimiento del terreno debido al agua produce un esfuerzo de cizalla que produce un movimiento (τ').

$$\sigma' = \sigma - \rho$$

$$\tau' = c' + \sigma' * \mu$$

3 Análisis de alternativas de estabilidad de taludes

En el presente apartado se procede al análisis de diferentes alternativas de estabilidad de taludes en un escenario de terreno seco y en un escenario lluvias con escorrentía superficial.

- Alternativa Nº1: Pantalla de pilotes con losa de cimentación.

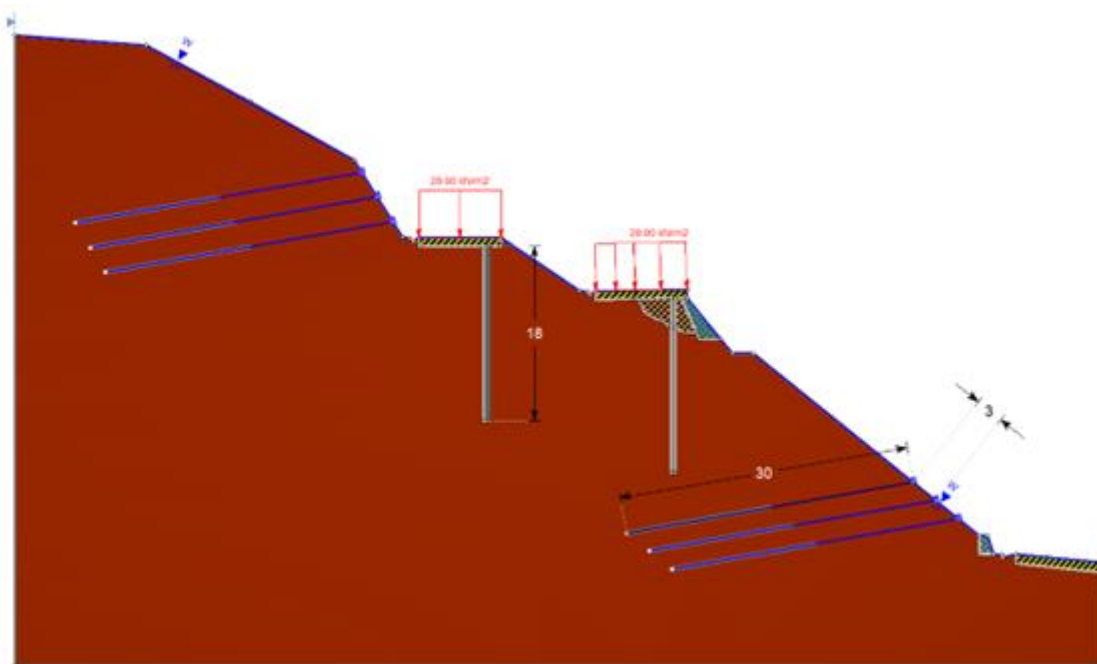


Figura 10: Sección tipo Alternativa 1. Fuente: Propia.

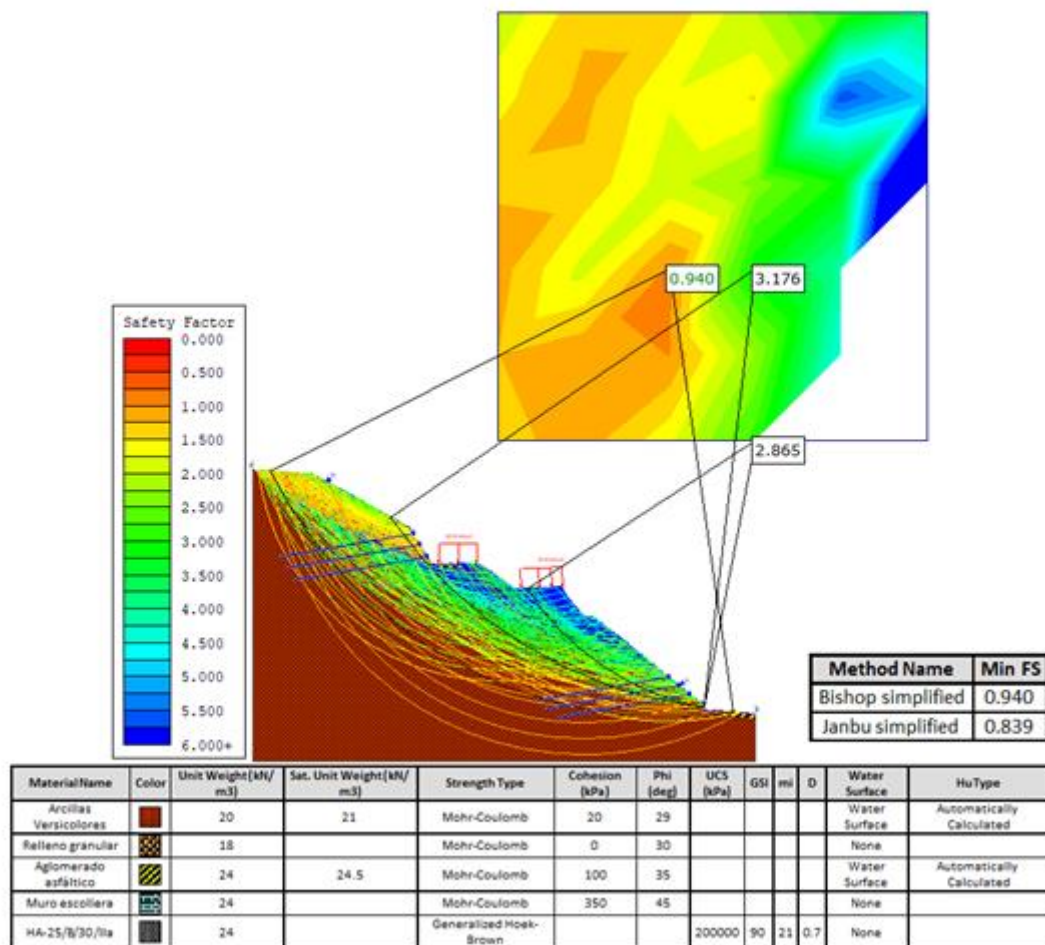


Figura 11: Sección tipo Alternativa 1 en terreno seco. Fuente: Propia.

- Alternativa Nº2: Sistemas de drenaje de pozos verticales interconectados con bermas intermedias.

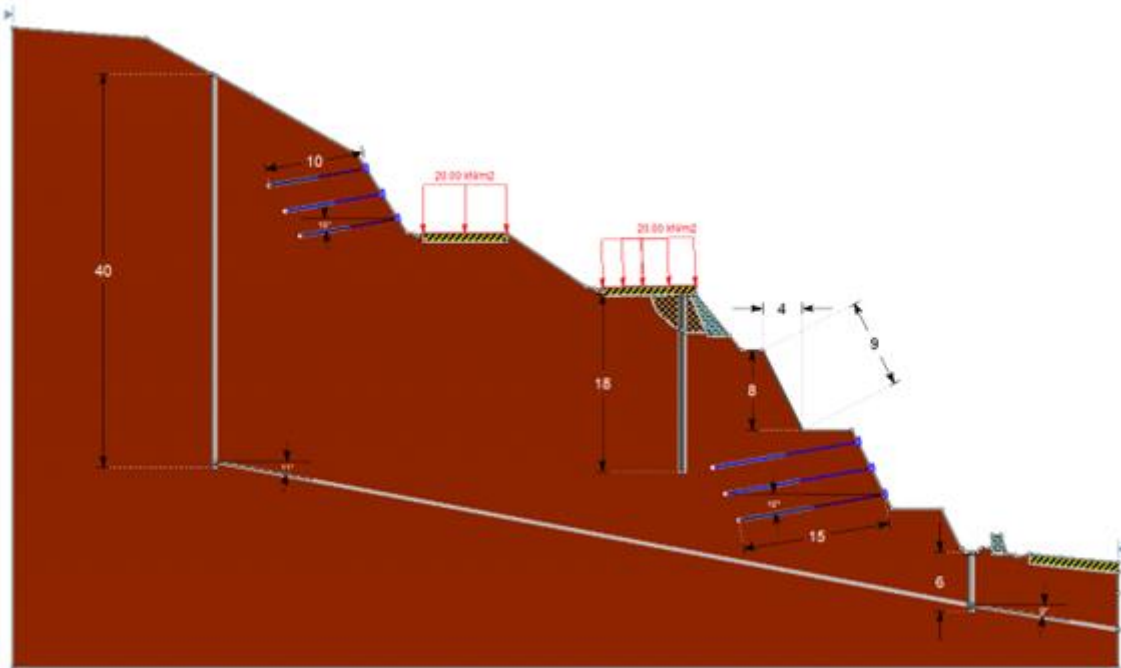


Figura 12: Sección tipo Alternativa 2. Fuente: Propia.

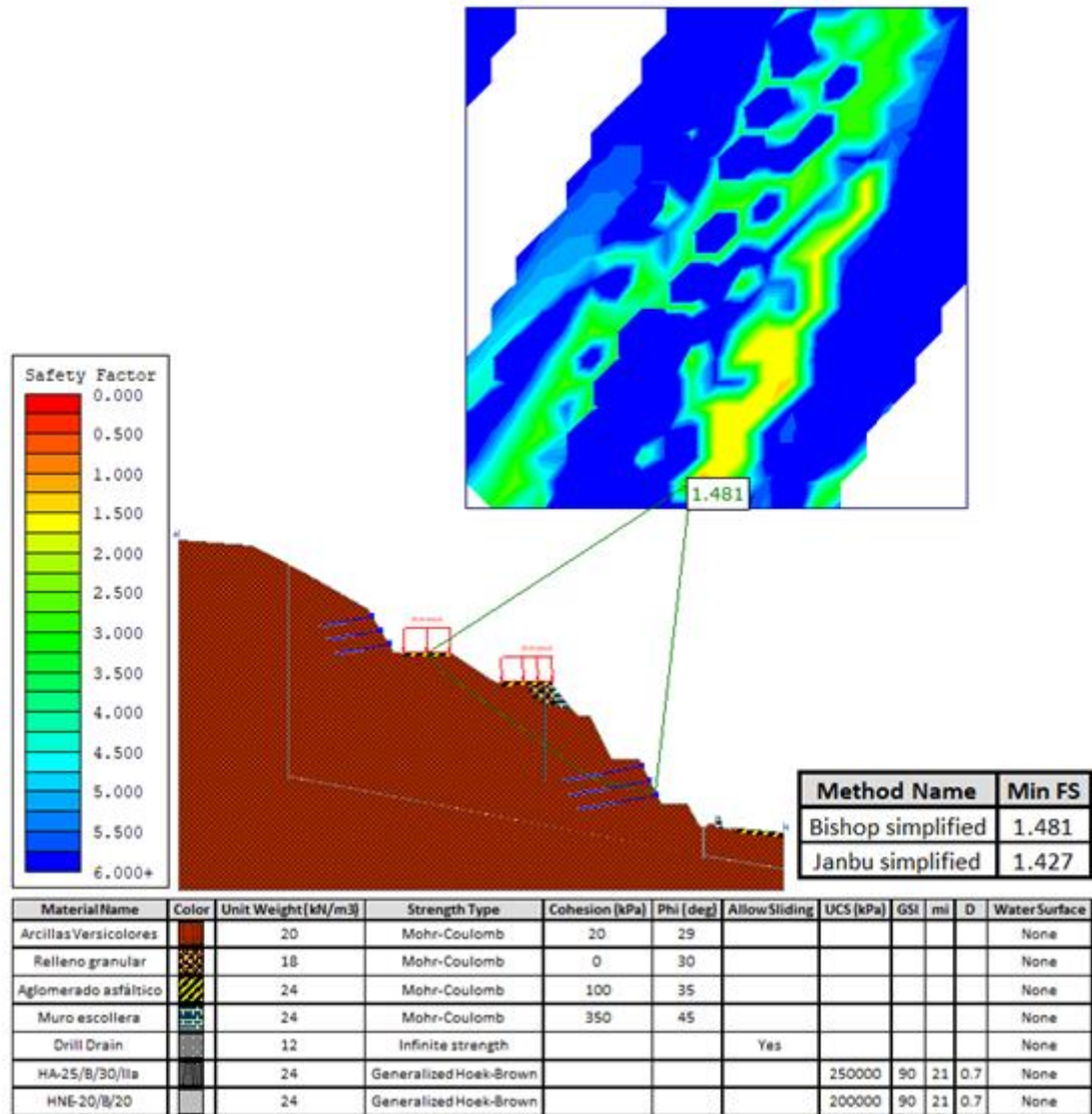


Figura 13: Sección tipo Alternativa 2 en terreno seco. Fuente: Propia

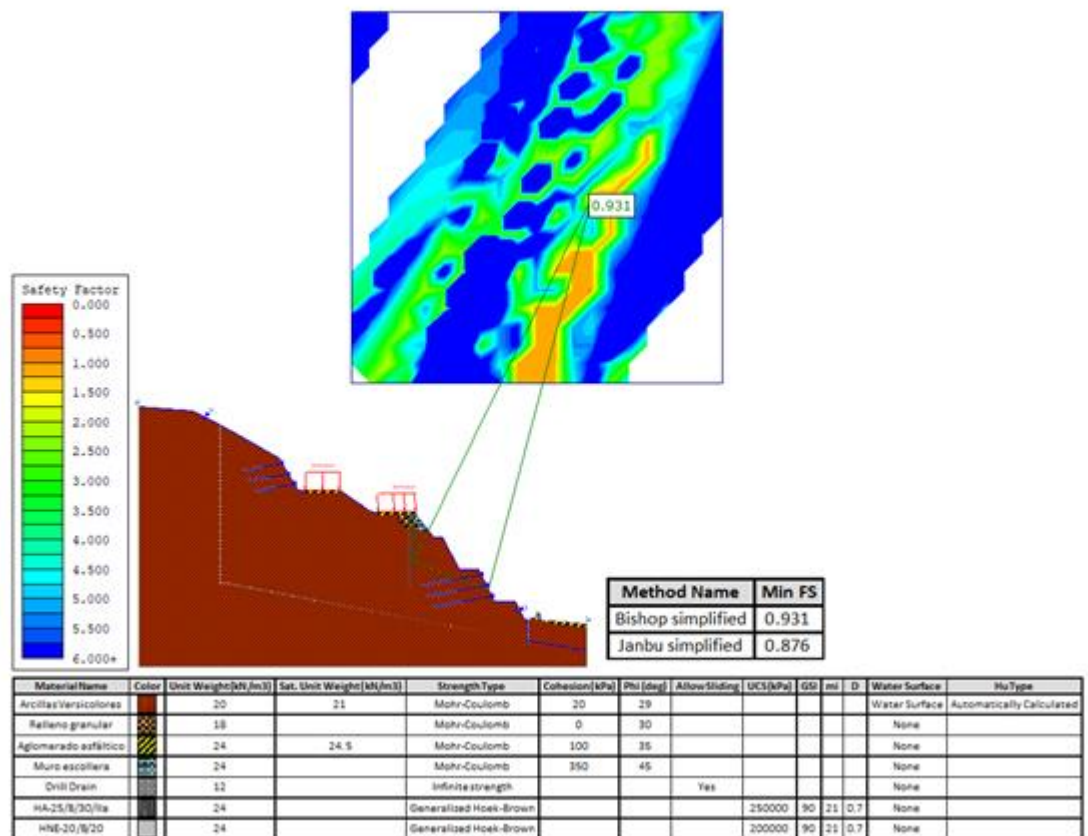


Figura 14: Sección tipo Alternativa 2 en terreno saturado. Fuente: Propia.

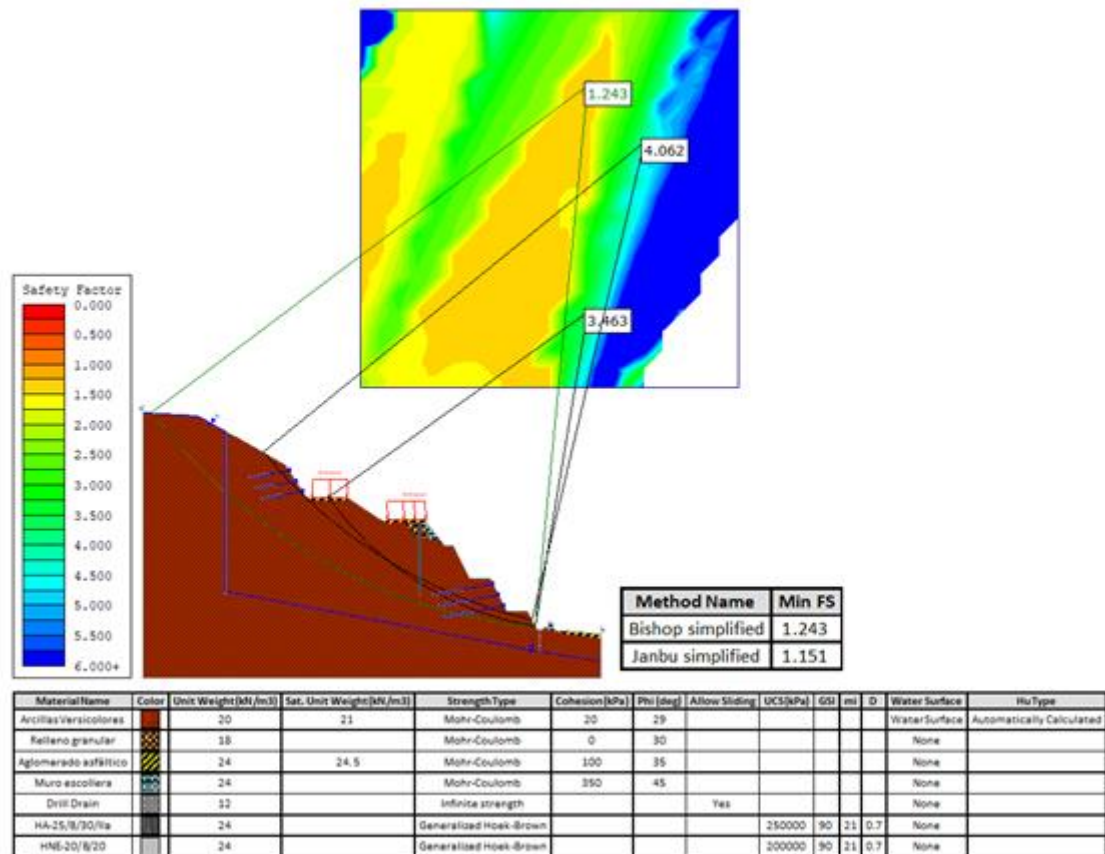


Figura 15: Sección tipo Alternativa 2 con nivel freático en superficie. Fuente: Propia

- Alternativa N°3: Anclajes activos con inyección de lechada.

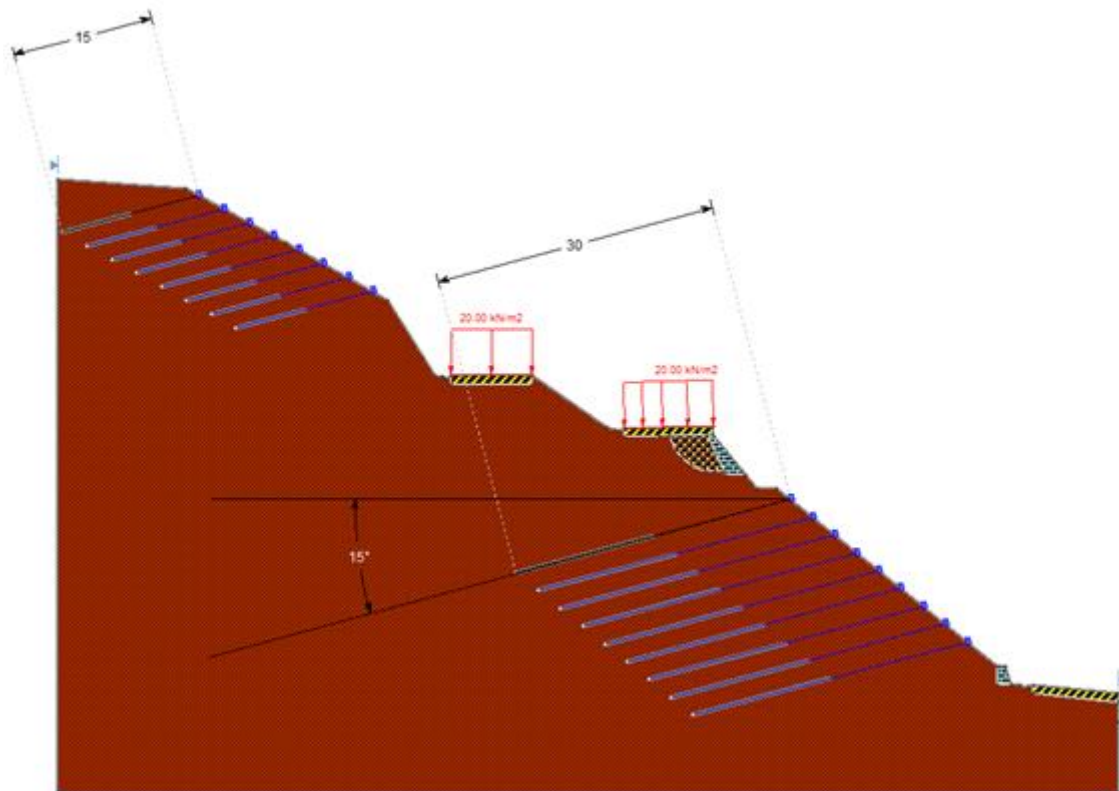


Figura 16: Sección tipo Alternativa 3. Fuente: Propia.

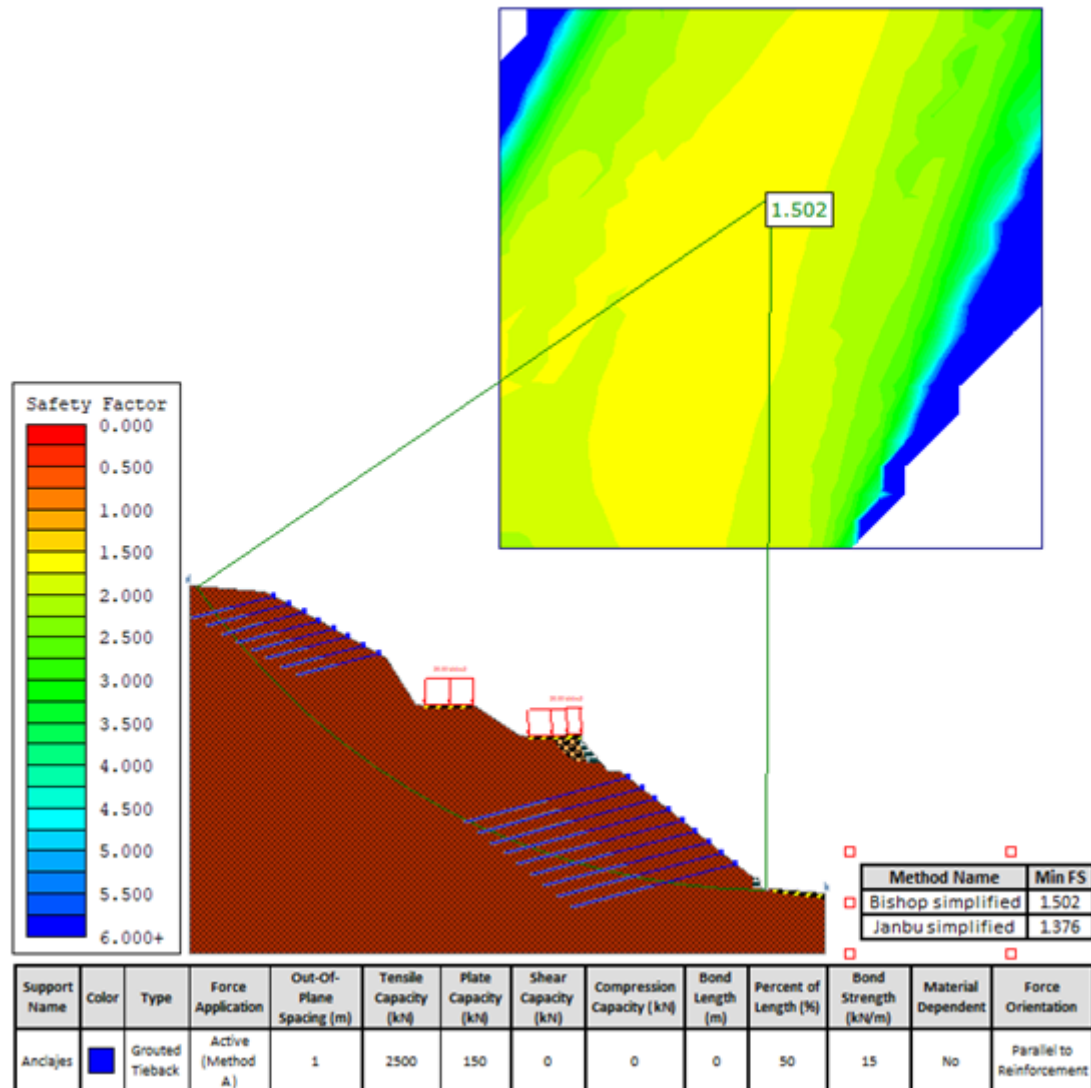


Figura 17: Sección tipo Alternativa 3 en terreno seco. Fuente: Propia.

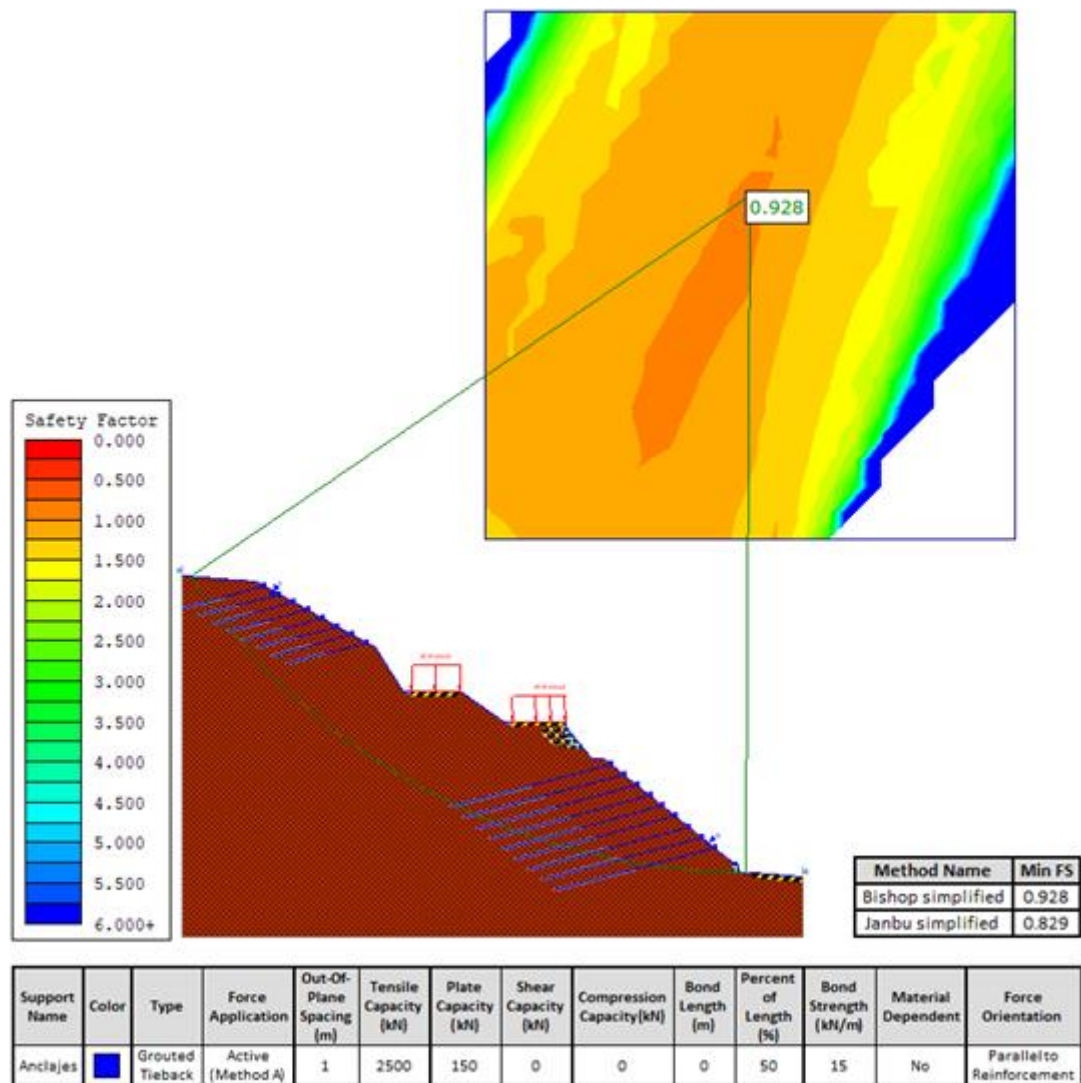


Figura 18: Sección tipo Alternativa 3 en terreno saturado.