

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO
BENEDICTO XVI
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**APLICACIÓN DEL SISTEMA SOIL NAILING PARA LA
ESTABILIZACIÓN DE TALUDES DE LA CARRETERA
OBRAJILLO - ACOCHACA Y HUACOS, LIMA**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Br. Arturo Yupanqui Loza

ASESOR:

MSc. Eduardo Manuel Noriega Vidal

<https://orcid.org/0000-0001-7674-7125>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Infraestructura vial y Transportes

TRUJILLO - PERÚ

2024

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

Señor:

Mg. Breitner Guillermo Diaz Rodríguez

**DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE LA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO BENEDICTO XVI.**

Presente.

Yo Mg. Eduardo Manuel Noriega Vidal con DNI N° 43236142 como asesor del trabajo de investigación **“APLICACIÓN DEL SISTEMA SOIL NAILING PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES DE LA CARRETERA OBRAJILLO - ACOCHACA Y HUACOS, LIMA”** Desarrollado por el bachiller Arturo Yupanqui Loza con DNI N° 01335048, Egresado del Programa Profesional de Ingeniería Civil, considero que dicho trabajo de titulación reúne los requisitos tanto técnicos como científicos y corresponden con las normas establecidas en el reglamento de titulación de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en normativa para la presentación de trabajos de titulación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por la comisión de la clasificación designado por el Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Atentamente.



Eduardo Manuel Noriega Vidal
INGENIERO DE MINAS
CIP. 143734

Eduardo Manuel **Noriega** Vidal
DNI: 43236142

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Excmo. Mons. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O.F.M.

Arzobispo Metropolitano de Trujillo
Fundador y Gran Canciller de la
Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI

Dra. Mariana Geraldine Silva Balarezo

Rector de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI
Vicerrectora académica

Mg. Ing. Breitner Guillermo Díaz Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingeniería

Dra. Ena Cecilia Obando Peralta

Vicerrectora Académico de Investigación

Dra. Teresa Sofía Reátegui Marín

Secretaria General

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y sobre todo a mi madre, porque me dio la vida y me entrego su amor, porque guió mis sueños y modelo mi corazón, porque mis dudas y sus consejos me hizo mejor persona. Porque hoy lucho y trabajo y su nombre me da valor, que Dios te tenga en su gloria mamita Simiana.

AGRADECIMIENTO


A la prestigiosa Universidad Católica de Trujillo, Benedicto XVI, a los excelentes docentes, me complace contar con ustedes en cada paso que voy dando en el correr de mi vida. También agradezco y les doy un cordial saludo a todos los trabajadores que componen esta gran institución.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Arturo Yupanqui Loza con DNI 01335048, egresado del Programa de Estudios de **Ingeniería civil** de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, damos fe que se ha seguido rigurosamente los procesos académicos y administrativos dados por la Facultad de **Ingeniería y Arquitectura**, para la elaboración y sustentación del informe de tesis titulado: **APLICACIÓN DEL SISTEMA SOIL NAILING PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES DE LA CARRETERA OBRAJILLO - ACOCHACA Y HUACOS, LIMA** el cual consta de un total de 110 páginas, en las que se incluye 25 tablas y 50 figuras, más un total de 10 páginas en anexos.

Dejamos constancia de la originalidad y autenticidad de nuestra investigación y declaramos bajo juramento en razón a los requerimientos éticos, que el contenido de dicho documento corresponde a nuestra autoría respecto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizamos que los fundamentos teóricos están respaldados por el referencial bibliográfico, asumiendo un mínimo porcentaje de omisión involuntaria respecto al tratamiento de cita de autores, lo cual es de nuestra entera responsabilidad.

El autor



Arturo Yupanqui Loza

DNI: 01335048

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD	iii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	iv
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VIII
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	ix
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. METODOLOGÍA.....	18
2.1 ENFOQUE, TIPO	18
2.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	21
2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOJO DE DATOS	23
2.5 TÉCNICA DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	23
2.6 ASPECTOS ÉTICOS EN INVESTIGACIÓN.....	24
III. RESULTADOS	25
3.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	25
3.1.1 <i>Determinación de los parámetros del suelo de los taludes de la</i> <i>carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos</i>	25
3.1.2 <i>Determinación de las características de las secciones de los taludes</i> <i>mediante el levantamiento topográfico de los taludes de la carretera Obrajillo -</i> <i>Acochaca y Huacos</i>	27
3.1.3 <i>Evaluación de la estabilidad de los taludes mediante el factor de</i> <i>seguridad de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos.</i>	32
3.1.4 <i>Evaluación de la estabilidad aplicando el sistema Soil Nailing a través</i> <i>del factor de seguridad de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos.</i>	
IV. DISCUSIÓN.....	59

V.	CONCLUSIONES.....	63
VI.	RECOMENDACIONES	64
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
	ANEXO.....	68
	ANEXO 1: INSTRUMENTO	68
	ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	71
	ANEXO 3: DATOS DEL LABORATORIO DE ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS....	74
	ANEXO 4: DATOS DEL LEVANTAMIENTO CON DRONE	80
	ANEXO 5: REDIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA SOIL NAILING.....	86
	ANEXO 6: PANEL FOTOGRÁFICO.....	88

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	22
Tabla 2 Ensayo de clasificación de suelos.....	25
Tabla 3 Ensayo de corte directo.....	26
Tabla 4 Pendientes de la sección N°1 del talud.....	27
Tabla 5 Pendientes de la sección N°2 del talud.....	28
Tabla 6 Pendientes de la sección N°3 del talud.....	29
Tabla 7 Pendientes de la sección N°4 del talud.....	30
Tabla 8 Pendientes de la sección N°5 del talud.....	31
Tabla 9 Factores de seguridad (Fs) de la sección transversal 01	33
Tabla 10 Factores de seguridad (Fs) de la sección transversal 02	35
Tabla 11 Factores de seguridad (Fs) de la sección transversal 03	37
Tabla 12 Factores de seguridad (Fs) de la sección transversal 04	39
Tabla 13 Factores de seguridad (Fs) de la sección transversal 05	41
Tabla 14 Resumen de las dimensiones sistema Soil Nailing de la sección 1, 4 y 5	42
Tabla 15 Factores de seguridad (Fs) de la sección transversal 01 aplicando el sistema Soil Nailing	45
Tabla 16 Resumen de las dimensiones sistema Soil Nailing de la sección 2	45
Tabla 17 Factores de seguridad (Fs) de la sección transversal 02 aplicando el sistema Soil Nailing	48
Tabla 18 Resumen de las dimensiones sistema Soil Nailing de la sección 3	49
Tabla 19 Factores de seguridad (Fs) de la sección transversal 03 aplicando el sistema Soil Nailing	52

Tabla 20 Factores de seguridad (Fs) de la sección transversal 04 aplicando el sistema Soil Nailing	55
Tabla 21 Factores de seguridad (Fs) de la sección transversal 04 aplicando el sistema Soil Nailing	58
Tabla 22 Puntos topográficos de la sección S1	68
Tabla 23 Ensayo de corte directo.....	69
Tabla 24 Cálculo de estabilidad mediante factor de seguridad	70
Tabla 25 Matriz de consistencia	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Conducta de las uñas de los Nails	7
Figura 2 El proceso de edificación de la pared clavada en el suelo	9
Figura 3 Tipos de falla suelo - clavo	10
Figura 4 FOS con la variación del ángulo de la inclinación.....	11
Figura 5 Métodos de análisis de estabilidad de taludes.....	14
Figura 6 Ejemplo de un análisis de estabilidad de taludes	16
Figura 7 Superficie de falla y dirección de la resistencia al cortante.	17
Figura 8 Desarrollo del enfoque cuantitativo	18
Figura 9 Etapas de la investigación científica	19
Figura 10 Diseño cuasiexperimental	20
Figura 11 Corte de la sección N°1 del talud.....	27
Figura 12 Corte de la sección N°2 del talud.....	28
Figura 13 Corte de la sección N°3 del talud.....	29
Figura 14 Corte de la sección N°4 del talud.....	30
Figura 15 Corte de la sección N°5 del talud.....	31
Figura 16 Estimación del Fs de la sección 01 por el método de Fellenius.....	32
Figura 17 Estimación del Fs de la sección 01 por el método de Bishop	32
Figura 18 Estimación del Fs de la sección 01 por el método de Janbu	33
Figura 19 Estimación del Fs de la sección 02 por el método de Fellenius.....	34
Figura 20 Estimación del Fs de la sección 02 por el método de Bishop	34
Figura 21 Estimación del Fs de la sección 02 por el método de Janbu	35
Figura 22 Estimación del Fs de la sección 03 por el método de Fellenius.....	36
Figura 23 Estimación del Fs de la sección 03 por el método de Bishop	36

Figura 24 Estimación del Fs de la sección 03 por el método de Janbu	37
Figura 25 Estimación del Fs de la sección 04 por el método de Fellenius	38
Figura 26 Estimación del Fs de la sección 04 por el método de Bishop	38
Figura 27 Estimación del Fs de la sección 04 por el método de Janbu	39
Figura 28 Estimación del Fs de la sección 05 por el método de Fellenius	40
Figura 29 Estimación del Fs de la sección 05 por el método de Bishop	40
Figura 30 Estimación del Fs de la sección 05 por el método de Janbu	41
Figura 31 Inserción de propiedades del Nailing al software Slide de la sección 1	43
Figura 32 Estimación del factor de seguridad con el método Fellenius aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 1	43
Figura 33 Estimación del factor de seguridad con el método Bishop aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 1	44
Figura 34 Estimación del factor de seguridad con el método Janbu aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 1.....	44
Figura 35 Inserción de propiedades del Nailing al software Slide de la sección 2	46
Figura 36 Estimación del factor de seguridad con el método Fellenius aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 2	47
Figura 37 Estimación del factor de seguridad con el método Bishop aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 2	47
Figura 38 Estimación del factor de seguridad con el método Janbu aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 2.....	48
Figura 39 Inserción de propiedades del Nailing al software Slide de la sección 3	50

Figura 40 Estimación del factor de seguridad con el método Fellenius aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 3	50
Figura 41 Estimación del factor de seguridad con el método Bishop aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 3	51
Figura 42 Estimación del factor de seguridad con el método Janbu aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 3.....	51
Figura 43 Inserción de propiedades del Nailing al software Slide de la sección 4	53
Figura 44 Estimación del factor de seguridad con el método Fellenius aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 4	53
Figura 45 Estimación del factor de seguridad con el método Bishop aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 4	54
Figura 46 Estimación del factor de seguridad con el método Janbu aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 4.....	55
Figura 47 Inserción de propiedades del Nailing al software Slide de la sección 5	56
Figura 48 Estimación del factor de seguridad con el método Fellenius aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 5	57
Figura 49 Estimación del factor de seguridad con el método Bishop aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 5	57
Figura 50 Estimación del factor de seguridad con el método Janbu aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 5.....	58

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo aplicar el sistema Soil Nailing para la estabilización de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos. Evaluando en primera instancia el grado de estabilidad de los taludes mediante el factor de seguridad por los métodos Janbu, Bishop y Fellenius. Se empleó un tipo de investigación aplicada, cuyo enfoque fue cuantitativo y con un diseño experimental, la población estuvo conformada por los taludes correspondientes al tramo de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos y como muestra se tuvo a los 5 cortes transversales más representativos del talud de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos. La situación actual de la estabilidad de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos se tuvo que las 5 secciones transversales de los taludes son inestables donde el mínimo valor del factor de seguridad fue de 0.757 y el valor máximo fue de 0.926 en todos los casos es menor a lo exigido por la norma <1.5 ; en ese sentido se tuvo que estabilizar los taludes mediante la aplicación de la técnica del Sistema Soil Nailing, y en todos los casos el factor de seguridad supera lo exigido por el RNE es decir >1.5 , donde el valor mínimo fue de 1.622 y el valor máximo fue de 1.977, es decir la aplicación del sistema Soil Nailing es una alternativa de solución frente a la inestabilidad de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos.

Palabras clave: *Estabilización, soil nailing, cohesión, talud.*

Abstract

The objective of this research was to apply the Soil Nailing system for the stabilization of the slopes of the Obrajillo - Acochaca and Huacos highway. Evaluating in the first instance the degree of stability of the slopes through the safety factor by the Janbu, Bishop and Fellenius methods. A type of applied research was used, whose approach was quantitative and with an experimental design, the population was made up of the slopes corresponding to the section of the Obrajillo - Acochaca and Huacos highway and as a sample the 5 most representative cross sections of the slope were taken. of the Obrajillo - Acochaca and Huacos highway. The current situation of the stability of the slopes of the Obrajillo - Acochaca and Huacos highway shows that the 5 cross sections of the slopes are unstable where the minimum value of the safety factor was 0.757 and the maximum value was 0.926 in all cases is less than what is required by the standard <1.5 ; In this sense, the slopes had to be stabilized by applying the Soil Nailing System technique, and in all cases the safety factor exceeds what is required by the RNE, that is, >1.5 , where the minimum value was 1.622 and the value maximum was 1,977, that is, the application of the Soil Nailing system is a good alternative solution to the instability of the slopes of the Obrajillo - Acochaca and Huacos highway.

Keywords: *Stabilization, soil nailing, cohesion, slope.*

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la estabilidad de los taludes aledaños a las carreteras es indispensable debido a que las carreteras permiten comunicar pueblos, también son el medio para suministrar los alimentos, permiten el desarrollo de la economía, la educación, la salud, el turismo, es decir son importantes debido a que permiten el desarrollo de los pueblos y ciudades. En Colombia el buen estado de los taludes cerca de las carreteras ayuda a conectar mejor las zonas rurales lo cual repercute en el desarrollo social (Rojas & Sierra , 2019).

A nivel internacional, en Estados Unidos cada año los deslizamientos de taludes aledaños a las carreteras cobran entre 25 y 50 vidas y numerosas pérdidas económicas, dichas pérdidas humanas y materiales se podrían haber evitado con medidas y/o técnicas preventivas (CDC, 2018).

En Ecuador la estabilidad de taludes cerca de las carreteras es considerada de carácter primordial debido a ello entre el 2010 y 2015 invirtieron más de 1000 millones de dólares (Zhangallimbay & Ordoñez, 2022).

Nuestro país presenta una topografía muy variada, nuestra región andina presenta taludes con pendiente fuerte dichos taludes al inestabilizar obstruyen las carreteras generando pérdidas económicas, lo cual repercute en el desarrollo del país. La inestabilidad de los taludes aledaños a las carreteras (Cadillo et al.,2016).

Las Pirias, es la carretera primordial para poder arribar a la provincia de Pirias por lo cual la inestabilidad de dichos taludes generará pérdidas económicas. en su diagnóstico a los taludes de la minera Antapaccay, la jurisdicción de Yauri, perteneciente a Espinar, Cuzco, identificó taludes que bordean alturas de alrededor de cien metros, lo cual hace aumentar los peligros de deslizamientos, considerando que hace un tiempo atrás ya se habían presentado inestabilidades en los taludes en escala reducida, lo cual en caso deslizarse provocaría pérdidas humanas (Silva, 2018).

La provincia de Canta presenta taludes muy elevados, colindante a dichos taludes tenemos la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos lo particular de esta carretera es que es de acceso importante a la ciudad de Lima, el deslizamiento de los taludes de esta zona traería consigo la obstaculización de vehículos que se desplazan por esta zona, además de los daños materiales y pérdidas humanas (INDECI, 2015). Con el pasar de los años, se van planteando nuevas maneras de estabilizar taludes, entre los más comunes tenemos, muros de contención, muros cantiléver, etc. En el campo ingenieril uno de las técnicas de estabilización, poco difundidas en nuestro País, es el sistema Soil Nailing,

Ante esta problemática, la presente investigación tiene como problema general ¿Cómo la aplicación del sistema Soil Nailing permite la estabilización de taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos? teniendo como problemas específicos los siguientes ¿Cuáles son los parámetros del suelo de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos? ¿Cuál es la característica que presenta la superficie topográfica de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos? ¿Cuál es el grado de la estabilidad de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos? ¿Cómo influye el sistema Soil Nailing en la estabilidad de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos?

La justificación en esta investigación desde una perspectiva práctica nos permitirá evaluar la estabilización de taludes mediante la aplicación del sistema Soil Nailing, y así identificar el grado de estabilidad que alcanza el talud en análisis mediante su factor de seguridad en casos prácticos de taludes reales de la carretera Obrajillo – Acochaca y Huacos. Desde un aspecto teórico la investigación aportará positivamente, debido a que contribuirá a profundizar en la estabilización de taludes debido a que el reglamento nacional de edificaciones, no explica a detalle cómo estabilizar taludes mediante el sistema Soil Nailing. Desde el plano metodológico los objetivos propuestos se desarrollan realizando un análisis de suelos de los taludes, posteriormente se realizará un levantamiento topográfico con Dron, dichos datos obtenidos en campo nos servirán para proceder a analizar la estabilidad de los taludes mediante el software Slide aplicando la técnica Soil Nailing. Desde el aspecto económico el sistema Soil Nailing requiere menos cemento en relación a técnicas convencionales como por ejemplo el muro cantiléver, otro punto resaltante es que para su instalación no requiere maquinaria pesada, dichos puntos mencionados inciden en que la aplicación del sistema Soil Nailing para estabilizar taludes sea más económica en comparación con métodos de estabilización tradicionales. Desde el plano social a medida que se incrementa la población estos en ocasiones construyen sus casas aledañas a los cerros o carreteras los cuales con el tiempo al ir poblándose generan taludes inestables, los cuales en un deslizamiento del talud ponen en riesgo sus vidas, ante esto el método de estabilización de taludes surge como un método eficaz, económico y de fácil instalación.

El objetivo general de esta investigación es aplicar el sistema Soil Nailing para la estabilización de taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos. Como parte de los objetivos específicos se tiene: 1. Determinar los parámetros del suelo de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos. 2. Determinar las características de las secciones de los taludes mediante el levantamiento topográfico de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos. 3. Evaluar la estabilidad de taludes mediante el factor de seguridad de

la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos. 4. Evaluar la estabilidad aplicando el sistema Soil Nailing a través del factor de seguridad de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos. Así mismo, se cuenta con la hipótesis general: La aplicación del sistema Soil Nailing permitiría la mejora significativa de la estabilidad de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos. En ese sentido, como hipótesis general se tiene que aplicando el sistema de Soil Nailing este podría estabilizar los taludes de la carretera Obrajillo-Acochaca y Huacos y como hipótesis específicas, primero: La obtención de los parámetros del suelo permitirán caracterizar el suelo de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos. Segundo: La determinación de las secciones de los taludes mediante el levantamiento con Dron permitirá caracterizar la topografía de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos. Tercero: La evaluación de la estabilidad de los taludes mediante el parámetro de seguridad (F_s) mostraría un nivel de inestabilidad significativo de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos. Cuarto: La evaluación de la estabilidad mediante la aplicación del sistema Soil Nailing a través del factor de seguridad mostraría una mejora significativa en el nivel de estabilidad de los taludes adyacentes a la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos.

Como antecedentes de esta investigación tenemos a nivel internacional, se tomó en cuenta a Jyothi & Krishna (2022), en su investigación Performance of Soil Nailing for Slope Stabilization - A Review, tuvo como objetivo revisar los mecanismos del sistema Soil Nailing , su proceso de edificación y analizar el comportamiento de falla de las uñas del suelo. La metodología, se desarrolló una investigación descriptiva con diseño preexperimental, se empleó 6 componentes triangulares, donde los Nails eran de veintinueve mm y se modeló de manera computacional en el software Plaxis , los resultados de la parte de abajo de la geometría de la rampa está fija en las direcciones x e y, los lados están fijos en la dirección x y libres en la dirección y. La pendiente del suelo se reforzó con barras de acero corrugadas de elevada nivel de resistencia, y las pendientes de los clavos fueron 10°, 20° y 30°, 40°, y el espacio entre clavos fue de 0,5 m y 1,5 m. Se halló que el factor de seguridad es superior para pendiente con una inclinación de 30° en comparación con 10°, 20°, 40° a un espaciamiento de 0,5 m bajo un parámetro sísmico en sentido horizontal de 0,12 g. Llegaron a la conclusión que el Soil Nailing permite estabilizar el suelo. El sistema Soil Nailing hace que la estructura de edificación sea muy manejable y también necesita mucho menos espacio para unir el material que los muros de contención convencionales. La estabilidad de la pendiente empleando el Soil Nailing puede disminuir por un incremento en el espaciado entre las uñas del suelo e incrementa por la inclinación de la uña.

Por su parte Shamsan et al. (2017), en su investigación *A Typical Design of Soil Nailing System for Stabilizing a Soil Slope: Case Study*, tuvo como objetivo revisar los mecanismos del sistema Soil Nailing en cuanto a la pendiente, espaciamiento y longitud para establecer los datos más adecuados para la estabilización efectiva de la pendiente del suelo. La metodología, se desarrolló una investigación descriptiva con diseño cuasi experimental, se empleó seis taludes, cuyas pendientes son de 30°, 40°, 45°, 60°, 70° y 90°. Los resultados mostraron que la inclinación de las uñas del suelo; el espaciado y la dimensión longitudinal influye significativamente en la estabilidad de la pendiente del suelo. El espaciado de las uñas de los Nails del suelo debe tomarse en cuenta en el diseño del sistema de uñas de los Nails del suelo, ya que la estabilidad del talud baja proporcionalmente con el incremento del espacio entre las uñas del suelo. El espaciado correcto oscila entre 1m y 2m. La conclusión fue que la estabilidad de pendiente disminuye con el incremento del espaciamiento entre las uñas del suelo. La pendiente de las uñas de los Nails tiene un impacto notable en el control de la inestabilidad del talud; la pendiente de las uñas de los Nails del talud depende del ángulo del talud. El ángulo de la pendiente de las uñas de los Nails para una inclinación pronunciada debe ser inferior que el ángulo de las uñas del suelo de una inclinación suave. La pendiente típica de las uñas debe ser de 50°, 40°, 20°, 15° y 10° a la horizontal para inclinaciones de 30°, 45°, 60°, 70° y 90° respectivamente. Las paredes del sistema Soil Nailing solo se ven levemente afectadas cuando la pendiente de las uñas del suelo cambia en un rango de 5° – 20°.

Por su parte Phan & Gui (2019), en su investigación *Soil Nailing Behaviour for Slope Stabilization: A Case Study*, tuvo como objetivo suministrar más elecciones al diseñador para hacer una elección razonable de los valores de diseño descritos anteriormente. Se desarrolló una investigación descriptiva con diseño cuasi experimental, se trabajó como unidad de análisis la sección colapsada del Km 42+861.05 de la autopista “La Son Tuy” se ejecutó un estudio numérico empleando el software PLAXIS 2D. Los resultados mostraron que el parámetro de seguridad mejora con el incremento del ángulo de pendiente entre 5° y 30° y tratando de mantenerse constante o menor levemente entre 30° y 45°. Por lo tanto, el ángulo de pendiente ideal es de 30°. Muestra el círculo de deslizamiento de la inclinación natural adquirido del análisis PLAXIS, el parámetro de seguridad respectivo es 0.84, que es inferior que el requerido 1.3, según lo recomendado por la Norma Británica. Llegaron a la conclusión para el anclaje pretensado, si la longitud es menor a 11 m, la fuerza pretensada permaneció razonablemente bloqueada en el anclaje; para anclajes con longitud superior a 11 m, las 4 capas menores del ancla parecían haber desarrollado fuerzas adicionales en el

anclaje, mientras que la fuerza pretensada en las 5 capas mayores del ancla fluctuar suavemente, lo que indica que la mitad inferior de la pendiente está experimentando más movimiento que la mitad superior de la inclinación. Para el anclaje normal, las fuerzas aplicadas en los anclajes cambiaban a lo largo de su longitud; los anclajes en las 5 capas menores tienen una fuerza de anclaje superior que las 4 capas superiores del anclaje. Una vez más, muestra que la mitad inferior de la pendiente está experimentando más movimiento que la mitad superior de la pendiente.

Por su parte a nivel nacional, se consideró a Mendoza (2016) en su investigación Análisis de Estabilidad de Taludes de Suelos de gran Altura en la Mina Antapaccay, el objetivo fue determinar las estimaciones del parámetro de seguridad. y calcular los factores de diseño de taludes de suelos de mayor a cien metros de elevación utilizando el estudio de equilibrio límite en contexto sísmicas y estáticas. La metodología empleada fue experimental, los resultados muestran que en condiciones estáticas, los valores mínimos de factor de seguridad son de 1.937 y 1.419 respectivamente a nivel de banco y a nivel global. En condiciones pseudoestáticas, estos valores descienden a 1.525 y 1.084, respectivamente, también a nivel de banco y global. Estos valores se derivan de los tres métodos de cálculo de factores de seguridad disponibles. Mientras que las experiencias de falla por sismos son consideradas probables según Alva Hurtado, a diferencia de los deslizamientos de nevados, para los cuales existen registros históricos de afectados y daños. Sin embargo, el análisis sísmico es crucial, especialmente en Perú, debido a su ubicación altamente sísmica, donde la subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana ha ocasionado numerosos movimientos telúricos significativos. Llegaron a la conclusión que, Aunque los factores de seguridad varían entre los diferentes métodos, los datos muestran una proximidad significativa. Para una misma sección, la mayoría de los factores de seguridad difieren en menos del 5% entre los valores más altos y más bajos registrados. Solo en casos excepcionales se observan variaciones de hasta el 7%. Esto sugiere que la precisión de los tres métodos es comparativamente uniforme. Además, se reconoce que el análisis que considera todos los estratos presentes en el talud era esencial, ya que simplemente asumir que todo el suelo era un estrato único, como se hizo durante la elaboración de las fases de minado, no era adecuado. Sin considerar todos los estratos, el estudio de la sección no cumple con los criterios de aceptabilidad para las condiciones estáticas, resultando en un factor de seguridad de solo 1.002 en el mejor de los casos al realizar los cálculos.

Por su parte Ojeda (2019), en su investigación "Estabilización de taludes a través de pernos de anclaje en la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Mollepata - Pallasca",

tuvo como objetivo principal analizar de qué se implementa una técnica para estabilizar los taludes durante la rehabilitación y mejora de la carretera Mollepata-Pallasca. La metodología empleada fue experimental, y los resultados indican que la mayoría de los programas de Geotecnia utilizan el método de equilibrio límite para estimar el factor de seguridad ($FS \geq 1$) en la modelación de la estabilidad de un talud. Sin embargo, la norma E050 establece un FS mínimo de 1.25 en condiciones sísmicas. Este valor suele ser elevado y no siempre se alcanza en la estabilidad de taludes, por lo que se considera un valor de $FS \geq 1$ después de un análisis y aprobación por parte del especialista en el proyecto.

Por otra parte, Mendo (2018), en su investigación Análisis de estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero y propuesta de solución con el sistema Soil Nailing-Jicamarca, 2018, el principal objetivo fue investigar cómo el uso del sistema de suelo clavado afecta el análisis de la estabilidad del talud en el Megacentro comercial 30 de enero, situado en Jicamarca, durante el año 2018. Se llevó a cabo un enfoque experimental en el que se examinaron las características de la pantalla del muro de suelo clavado. Se realizaron pruebas con diferentes distancias entre anclajes, manteniendo las condiciones del muro constantes, siguiendo las directrices del manual de diseño de suelo clavado que sugiere distancias entre Nails de entre 1 y 2 metros. Se analizaron separaciones de 1m, 1.5m y 2 metros. Los resultados revelaron variaciones en los valores de FS tanto en condiciones estáticas como pseudoestáticas para las distintas distancias entre anclajes. Se concluyó que todas las distancias eran viables ya que el FS superaba los factores de seguridad recomendados por normativas nacionales e internacionales. A pesar de que el método Janbu mostró el menor FS, el sistema se mantuvo estable tanto en condiciones estáticas como pseudoestáticas.

Con respecto a las bases teóricas, empezamos a describir el origen del sistema Soil Nailing: El Soil Nailing apareció en 1964 para el proyecto de la excavación para el soporte de la carretera conocida como innovadora tecnología austriaca de túneles. En este método, el refuerzo se introduce en el suelo y, por lo tanto, se lecha el refuerzo combinado con el revestimiento del concreto proyectado, que otorga soporte para la excavación. En 1971, este proceso se amplió a la estabilización de la inclinación de la piedra en la que se combina el refuerzo de acero o pernos de piedra y concreto proyectado. Este proceso se extendió aún más para la estabilización de excavaciones y taludes del suelo (Jyothi & Krishna, 2022):

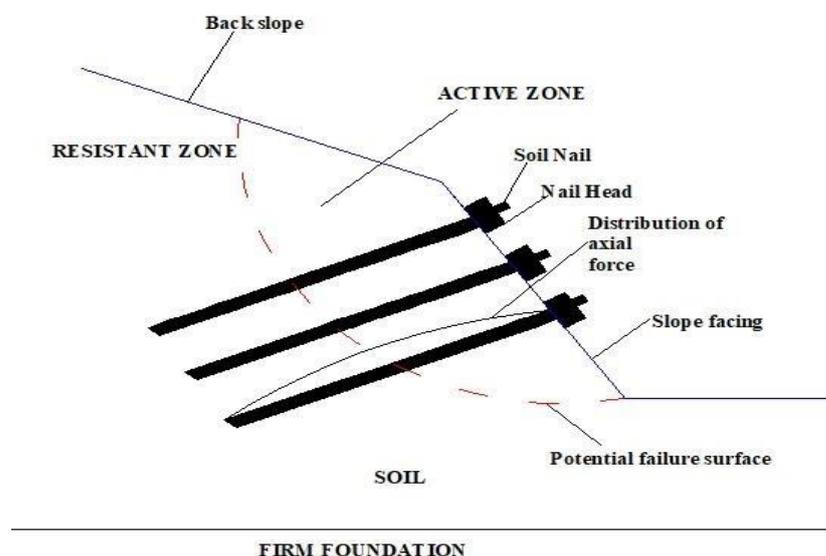
En 1972, el método de Soil Nailing se utilizó en Versailles, Francia, para estabilizar la inclinación de arena de corte alto de sesenta pies de altura con el objetivo de ensanchar el ferrocarril, y este método demostró ser más rápida y rentable en comparación con los muros

de contención convencionales. En Alemania, el principal uso de la técnica de clavado de suelo fue en 1975, en la que intervinieron muchos experimentos a gran escala, pruebas de campo, modelado numérico y monitoreo. En los Estados Unidos, su aplicación se utilizó por primera vez en 1976 para el apoyo de excavaciones profundas en arenas densas, lacustres y limosas, que es de cuarenta y cinco pies de altura. La aplicación y edificación de muros de tierra clavada para proyectos de carreteras ha incrementado exponencialmente en los Estados Unidos. Como consecuencia el método se hizo más conocido ya que es rentable y requiere poco espacio para la edificación (Lazarte et al., 2015).

Pasando al tema de Mecanismos del Clavado de los Nails: El suelo es resistente en compresión, y frágil en tensión influye a la desestabilización de las inclinaciones del suelo. La finalidad de este clavo es incrementar la estabilidad de la inclinación a través del refuerzo en el que se desarrolla la interrelación entre el suelo y la uña dirige al desarrollo de la fuerza de tracción. Este método se sigue para estabilizar las inclinaciones enunciadas y las excavaciones a medida que el proceso se estrella desde el fondo. La fuerza activa de la tierra presente en la inclinación se incrementa debido a las variadas acciones geológicas como consecuencia del colapso de la inclinación del suelo. Esta dificultad se puede reparar incrementando la fuerza pasiva ocasionada por las uñas o el refuerzo introducido en la inclinación. La fuerza pasiva en el refuerzo incrementa la resistencia al cizallamiento del suelo (Taib , 2010).

Figura 1

Conducta de las uñas de los Nails



Fuente: Obtenido de Jyothi & Krishna (2022)

En esa misma línea el proceso de construcción de la pared del Sistema Soil Nailing se divide en las siguientes etapas:

Paso-1: Inicialmente, la excavación se elabora para cortes de hasta una profundidad de tres a cinco pies, y se crea una plataforma, como se observa en la figura 2 (a). Para las inclinaciones de suelo existentes, las capas superiores de suelo o suelo desgastado se disminuyen hasta la profundidad requerida. Es laborioso y crítico el proceso de excavación ya que el corte no será firme hasta que se instalen los clavos.

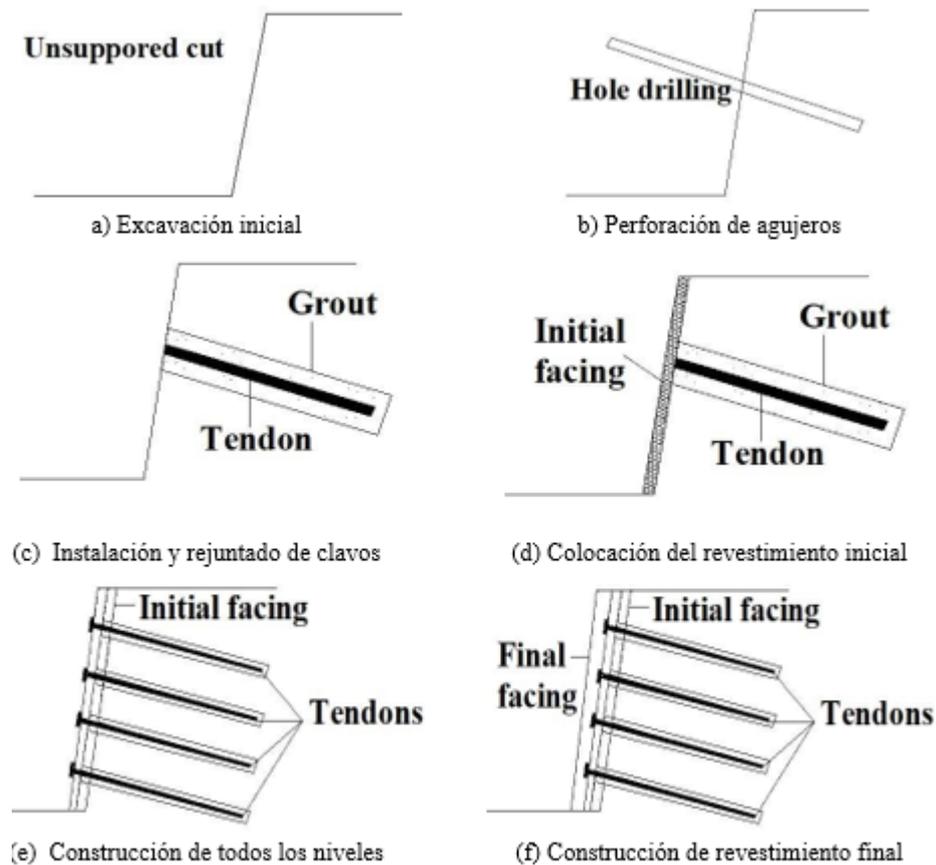
Paso-2: Los orificios se perforan en el corte o pendientes hasta la longitud necesaria con el diámetro determinado utilizando las máquinas perforadoras adecuadas, como se observa en la figura 2 (b). La capacidad de tracción de los clavos es un criterio necesario a escoger antes de la edificación. La estabilidad de la inclinación o corte depende necesariamente de la capacidad de tracción del tendón o uña. La elección de la capacidad de tracción del clavo a proyectar depende del tipo de suelo presente en la inclinación o corte vertical.

Paso-3: Las uñas o tendones están recubiertos con resina epoxi para eludir la corrosión. A continuación, los tendones se ponen en los orificios perforados de antemano, y la lechada preparada con la relación agua-cemento necesaria se suministra en los lados del tendón. En esta etapa, las franjas de drenaje como geotextiles se ponen verticalmente en el extremo de la inclinación desde la parte superior hasta la parte inferior de la excavación, como se observa en la figura 2 (c). Los diferentes tipos de uñas engloban uñas autoperforantes, uñas rejuntadas y uñas impulsadas, etc.

Paso-4: En la parte de arriba de la tira de drenaje, se pone una malla de alambre soldada y se bombea el concreto proyectado, como se observa en la figura 2 (d). En seguida, el extremo de la uña o la cabeza de la uña se tira para adecuarse en la malla, y la placa de apoyo se fija y se empuja poco en el concreto fresco. Las arandelas y las tuercas se ponen contra la cabeza de la uña en el rodamiento para suministrar anclaje. El anclaje suministra suficiente resistencia al proporcionar cargas de un componente a otro (Yang et al., 2020).

Figura 2

El proceso de edificación de la pared clavada en el suelo



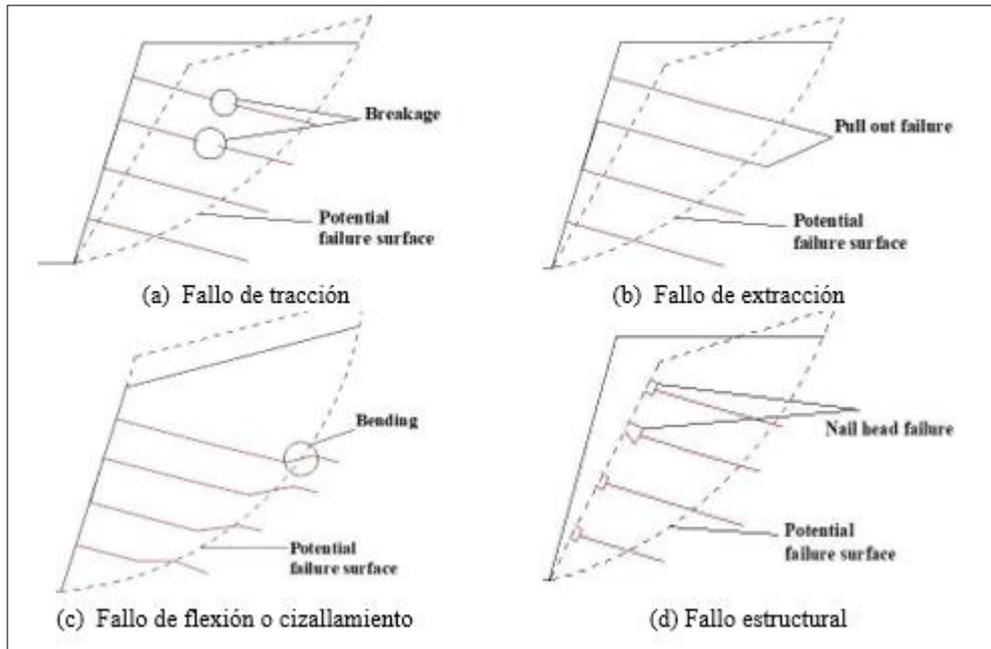
Fuente: Obtenido de Jyothi & Krishna (2022)

La falla de las uñas de los Nails, se puede dividir en cuatro tipos. Como fallo de tracción, fallo de extracción, fallo de cizallamiento y fallo estructural. La resistencia a la tracción puede originar la poca capacidad de tracción de la uña y los materiales inapropiados aplicados para la edificación del revestimiento. En este caso, el revestimiento de la pared clavada del suelo puede alterarse o moverse de su posición y se muestra rotura en la uña, como se observa en la figura 3 (a). Esta falla se puede eludir adoptando clavos de adecuada capacidad de tracción (Seo et al., 2014).

La falla de extracción de las uñas se puede producir cuando la resistencia del revestimiento es superior que la resistencia del material de lechada y la capacidad de tracción de las uñas. En este caso, las uñas aplicadas en la inclinación pueden desplazarse junto con la cara lejos de la pendiente, como se muestra en la figura 3 (b).

Figura 3

Tipos de falla suelo - clavo



Fuente: Obtenido de Jyothi & Krishna (2022)

La falla de extracción se puede eludir teniendo suficiente resistencia de la lechada y la capacidad de tracción de los clavos. Otro tipo de falla de la uña es una falla de cizallamiento, en la que la dura presión de tierra del suelo impulsado sobre la uña origina la flexión de la uña, como se observa en la figura 3 (c). Esta falla puede llevar a la cizalladura o falla quebradiza de un clavo en presencia de estratos rocosos. Esto se puede eludir teniendo una longitud de unión adecuada de la uña. La falla estructural puede deberse a la resistencia inadecuada de los clavos, las tuercas y la placa de rodamiento, como se observa en la figura 3 (d). Esta falla también puede deberse a la relación inadecuada entre la cara y la cabeza de la uña.

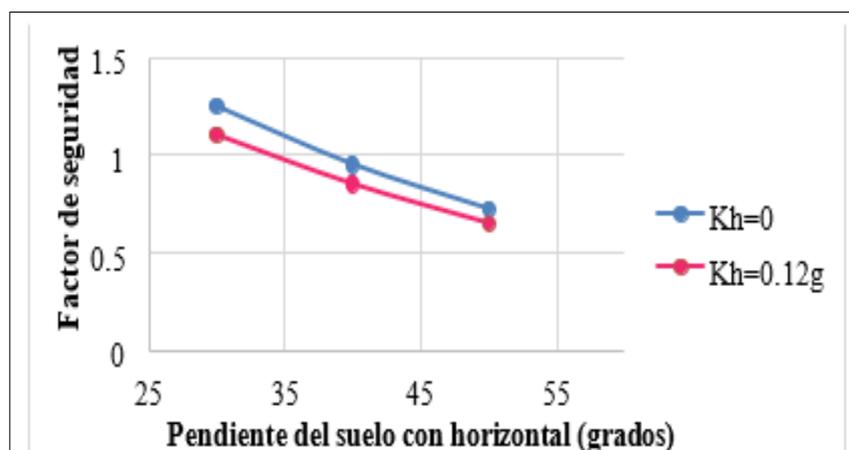
Efecto de la uña sobre la estabilización de la pendiente en condiciones estáticas y sísmicas: En regiones montañosas y zonas de intensas lluvias, suele suceder deslizamiento o descenso de la masa del suelo debido a variados cambios ambientales. El clavado del suelo son técnicas adecuadas para contrarrestar esto. Es una técnica nueva y en desarrollo para reforzar la masa del suelo de deslizamiento. La estabilidad de la inclinación es un punto importante que debe examinarse para cualquier muro de contención. En este estudio se ejecutó un modelado de elementos finitos para imitar el comportamiento de la inclinación que se fortalece con clavos en condiciones estáticas y pseudoestáticas empleando el software

OPTUMG2. El parámetro de seguridad de la inclinación bajo aceleración estática y sísmica se solucionó manteniendo un diámetro de uña constante y variando la pendiente de la uña y el espaciado entre las uñas (Pandey et al., 2020).

Para imitar el comportamiento del suelo presente en la inclinación se utilizó el modelo de material mohr-coulomb. La parte inferior de la geometría de la inclinación se fijó en las direcciones x e y, y los lados se fijaron en la dirección x y se mantuvieron libres en la dirección y. Se manejaron barras deformadas de alto límite elástico para fortalecer la inclinación del suelo, y se cogió una pendiente de las uñas de 10° , 20° , 30° y 40° con un espaciado de uñas de 0,5 m, 1,5 m. En el caso sísmico, se empleó un parámetro sísmico de 0,12 g. Se halló que a medida que incrementa el ángulo de inclinación, el parámetro de seguridad decrece tanto en condiciones estáticas como sísmicas. Cuando se empujaron fuerzas sísmicas en la inclinación, el parámetro de seguridad se redujo en comparación con el caso estático, como se observa en la figura 4.

Figura 4

FOS con la variación del ángulo de la inclinación



Fuente: Obtenido de Jyothi & Krishna (2022)

El estudio adicional se hizo a cabo mediante el espaciado e inclinación variables de las uñas. A 0,5 m de espaciamiento, con un incremento en la pendiente de la inclinación de 30° , 40° incrementa el FOS, y para 50° inclinaciones, FOS permanece constante. En caso de espaciamiento 1 m, FOS incrementa para la inclinación del suelo de 30° y para la inclinación del suelo de 40° el FOS incrementa hasta 30° inclinación de la uña y se reduce a 40° inclinación de uñas; para 50° pendiente del suelo, FOS baja con un incremento en la pendiente de las uñas hasta 30° y además decrece. Se halló que el parámetro de seguridad es

más para una pendiente de inclinación de 30° en comparación con 10° , 20° , 40° a un espaciamiento de 0,5 m bajo un parámetro sísmico en dirección horizontal de 0,12 g. Se halló que hay un incremento del 39,5% en el parámetro de seguridad cuando la inclinación se refuerza con clavos de suelo.

Aplicaciones, ventajas y desventajas del clavado del suelo. El Soil Nailing se puede usar de las siguientes maneras:

El método de Soil Nailing se usa en cortes de carreteras para eludir la excavación limitada y provee suficiente derecho de paso para los pasajeros. Se usa para ensanchar carreteras presentes bajo los estribos de un puente en el que el flujo de tráfico no se interrumpirá ya que requiere menos espacio. Se usa para la estabilización de un techo de túnel contra el desprendimiento. Se usa para la reparación y reconstrucción de muros de contención de tierra estabilizados mecánicamente en los que el relleno se resiste a la deformación. Se usa para la estabilización de inclinaciones pronunciadas y cortes verticales. Se usa para la estabilización de terrenos frágiles.

Beneficios del Soil Nailing:

La edificación de paredes Soil Nailing es fácil, ya que requiere menos espacio. La instalación de clavos o tendones del suelo en la inclinación será levemente más rápida. Las paredes Soil Nailing son más económicas que las paredes de contención convencionales de más de 12 pies a 15 pies. Estas paredes son flexibles ya que aguantan movimientos más altos. El clavo del suelo se puede utilizar para la protección del movimiento de estructuras adyacentes o apuntalamiento. Las paredes Soil Nailing han verificado ser económicas en condiciones sísmicas. Las paredes Soil Nailing son más efectivas que las paredes ancladas, hay una gran cantidad de elementos de refuerzo por unidad de área. Los clavos de suelo generalmente necesitan agujeros o filas más pequeñas que las paredes convencionales. Estas paredes perfeccionan la estabilidad de los taludes al incrementar las fuerzas de resistencia.

Las desventajas del Soil Nailing:

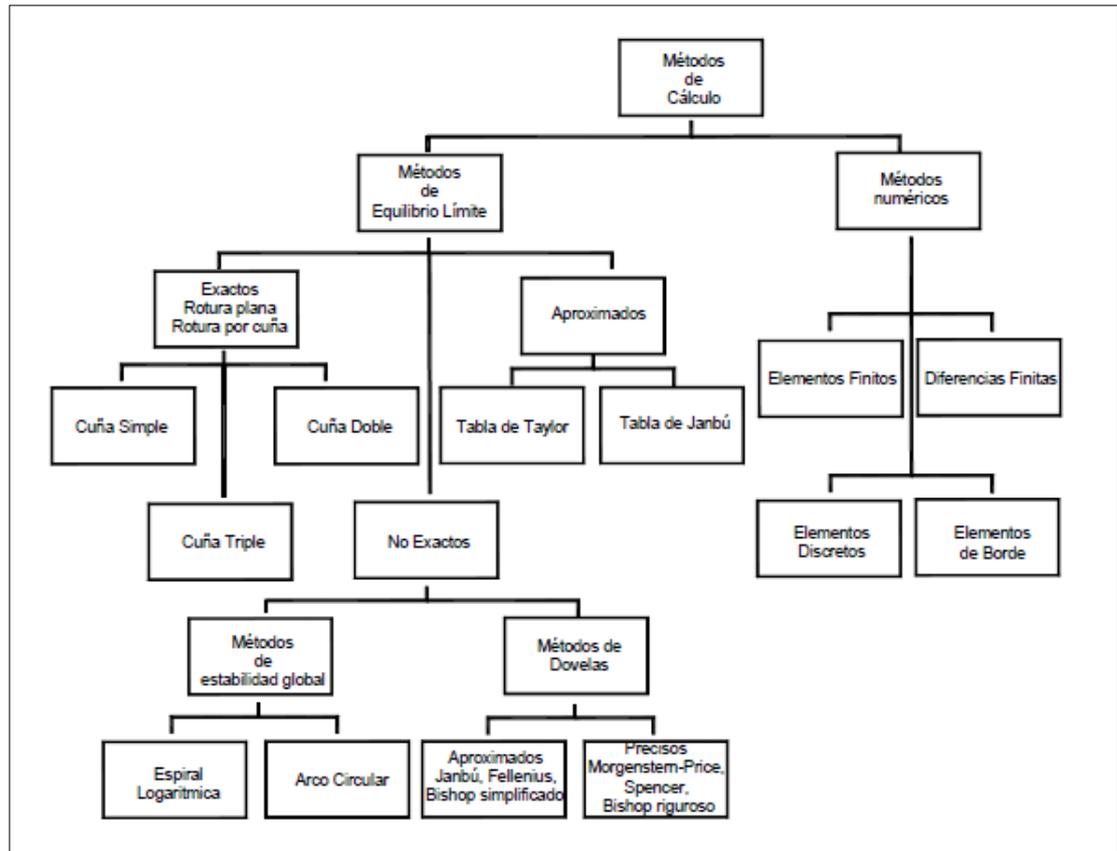
Las paredes de clavos de suelo permanentes necesitan apoyos subterráneos permanentes. Las paredes Soil Nailing pueden interrumpir o entrar en contacto con los cables eléctricos que pasan adyacentes a las paredes clavadas. El Soil Nailing solo se puede adoptar por encima del nivel del agua subterránea. Estos son inadecuados para suelos de grano grueso, ya que necesitan soportes permanentes (Lazarte et.al., 2015)

Con relación la configuración del talud es una de las primeras consideraciones cruciales durante el proceso de diseño. Se deben tener en cuenta diversas características, como la altura y longitud del talud, su pendiente, alineamiento horizontal y proximidad a estructuras o instalaciones existentes o futuras. Estos aspectos determinarán los espacios disponibles y necesarios para el muro o talud. Por ejemplo, a mayor altura y ángulo del talud, se requerirá una longitud mayor para las anclas, dependiendo del tipo de suelo. Si el alineamiento horizontal presenta curvas o ángulos pronunciados, será necesario ajustar la ubicación de las anclas para evitar obstáculos entre ellas. Además, la cercanía con estructuras existentes que puedan verse afectadas por la instalación del suelo clavado podría requerir la reubicación de la obra.

Métodos de diseño: Los enfoques de diseño para suelo clavado se pueden clasificar en dos categorías principales: los métodos de equilibrio límite o análisis de estabilidad de taludes modificados, que se emplean para evaluar el factor de seguridad global de los taludes con suelo clavado, considerando posibles fallas rotacionales o traslacionales a lo largo de una superficie potencial de falla, teniendo en cuenta las propiedades de las inclusiones que atraviesan la superficie de falla. Y los métodos de esfuerzos de trabajo, que se utilizan para calcular las fuerzas de tensión y corte que experimentan las anclas durante la construcción, bajo las condiciones de carga de diseño, y para evaluar la estabilidad local en cada nivel de anclas (ASCE, 1997).

Figura 5

Métodos de análisis de estabilidad de taludes.



Fuente: (Suarez, 2014)

El Factor de Seguridad (F. S.): Es empleada por los ingenieros con el propósito de entender cuál es el nivel de riesgo para que el talud falle en las condiciones más desfavorables para las que está diseñado. En 1922, Fellenius introdujo el concepto del factor de seguridad (FS) como la relación entre la resistencia real al corte del material en el talud, calculada, y los esfuerzos de corte críticos que podrían provocar la falla, a lo largo de una supuesta área de posible falla:

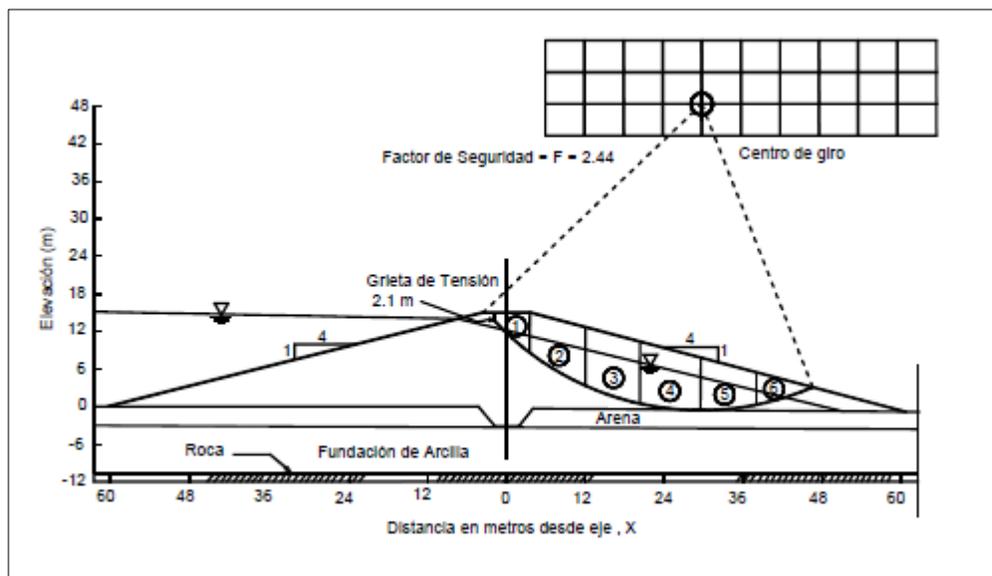
$$F.S. = \frac{\text{Resistencia al cortante disponible}}{\text{Esfuerzo al cortante actuante}}$$

En las áreas circulares donde esté un centro de giro y momentos resistentes y actuantes:

$$F.S. = \frac{\text{Momento resistente disponible}}{\text{Momento actuante}}$$

Figura 6

Ejemplo de un análisis de estabilidad de taludes



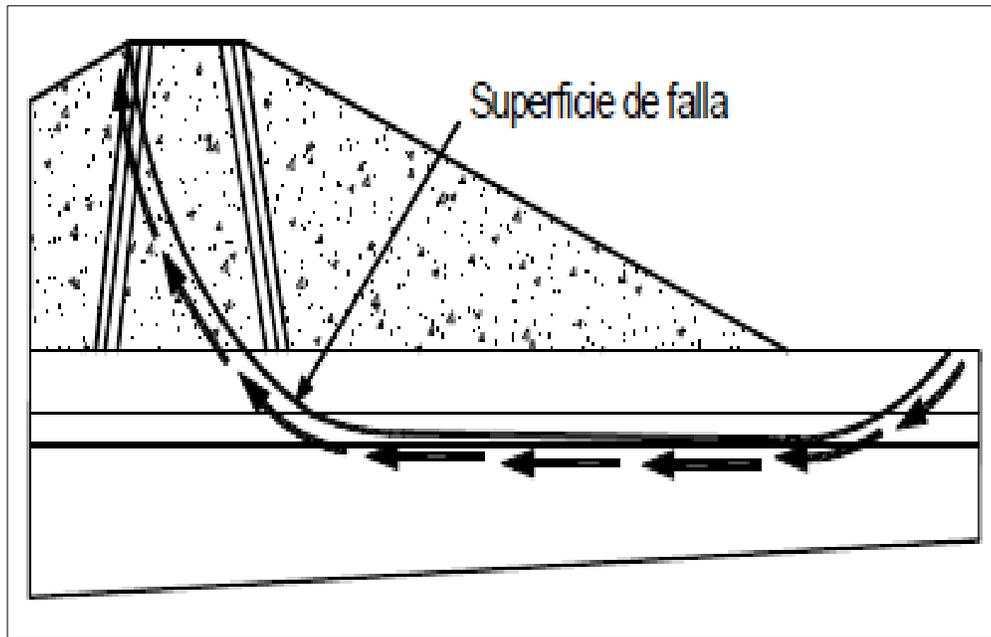
Fuente: (Suarez, 2014)

El Concepto de Superficie de Falla, se utiliza para referirse a una superficie hipotética a lo largo de la cual se prevé que pueda ocurrir un deslizamiento o rotura del talud (ver Figura 7); no obstante, si el talud está diseñado correctamente, este deslizamiento o rotura no debería ocurrir a lo largo de esas áreas. En las técnicas de límite de equilibrio, el factor de seguridad (FS) se

considera uniforme para todos los puntos a lo largo de la superficie de falla, por lo tanto, este valor representa un promedio de la resistencia en toda la superficie. Si ocurriera una falla, los esfuerzos de corte serían uniformes en todos los puntos a lo largo de la superficie de falla.

Figura 7

Superficie de falla y dirección de la resistencia al cortante.



Fuente: adaptado de Suarez (2014)

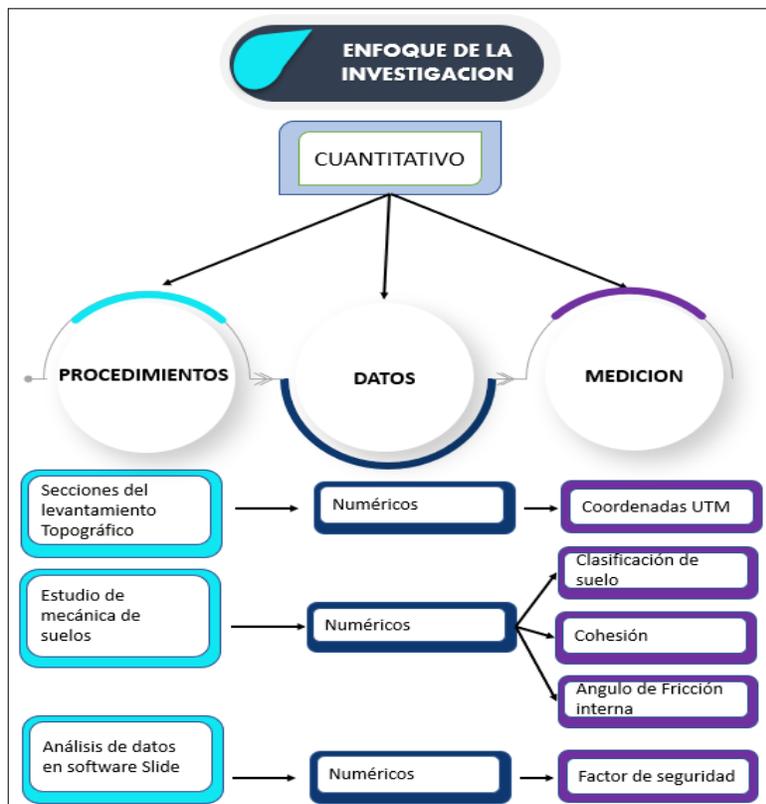
II. METODOLOGÍA

2.1 Enfoque, tipo

De acuerdo con Hernández & Mendoza (2019), consiste en realizar operaciones matemáticas, para presentar mediante etapas que son parte de secuencias organizadas para así poder corroborar la hipótesis planteada. Esta investigación es de enfoque cuantitativo debido a que se siguen etapas desde levantamiento topográfico, estudio de suelo para finalmente mediante el software Slide obtener datos del factor de seguridad de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos, dichos factores de seguridad se expresarán numéricamente que según el RNE_CE020, dicho Fs. > 1.5 para ser estable a condiciones estáticas.

Figura 8

Desarrollo del enfoque cuantitativo

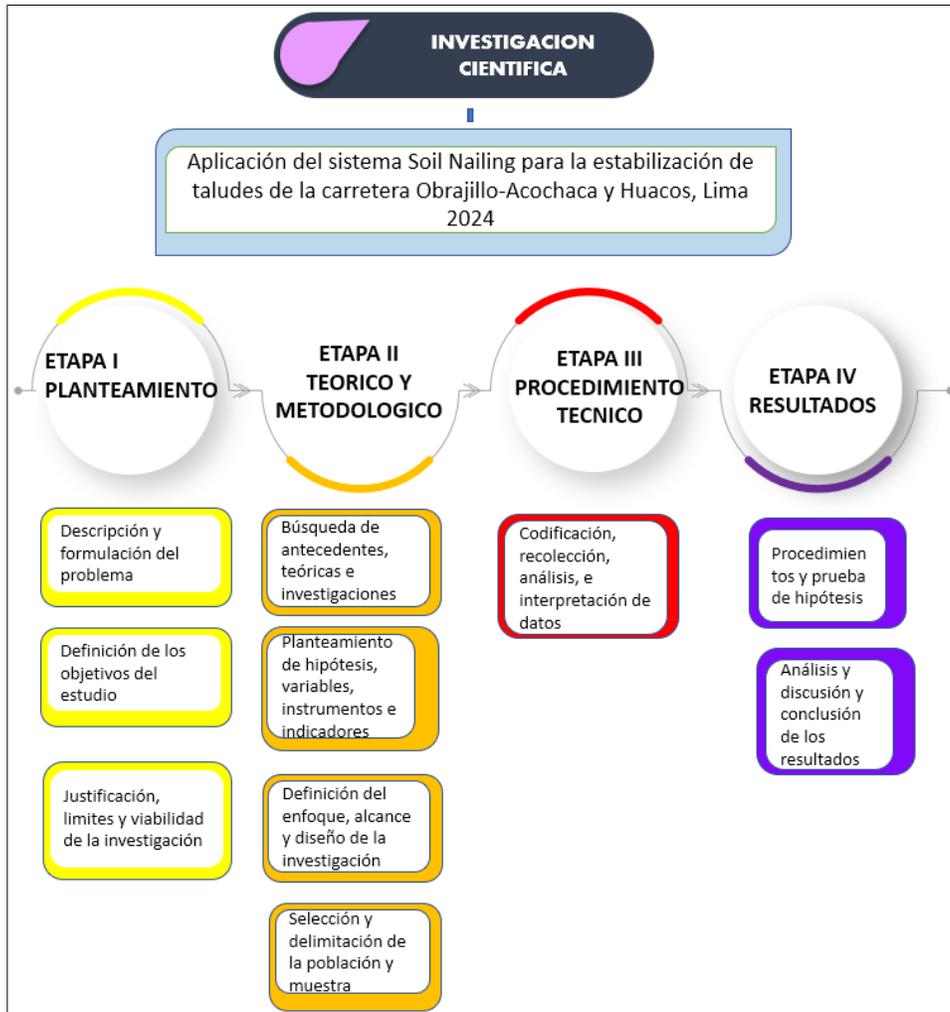


Tipo de investigación: La investigación aplicada, es según Baena (2017), “una investigación que tiene un grupo sistemático de conocimientos teóricos que busca soluciones inmediatas a problemas de la realidad” (p.17). La presente investigación será de tipo aplicada

debido a que se ha identificado taludes inestables y se estabilizará mediante el sistema Soil Nailing dichos taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos.

Figura 9

Etapas de la investigación científica

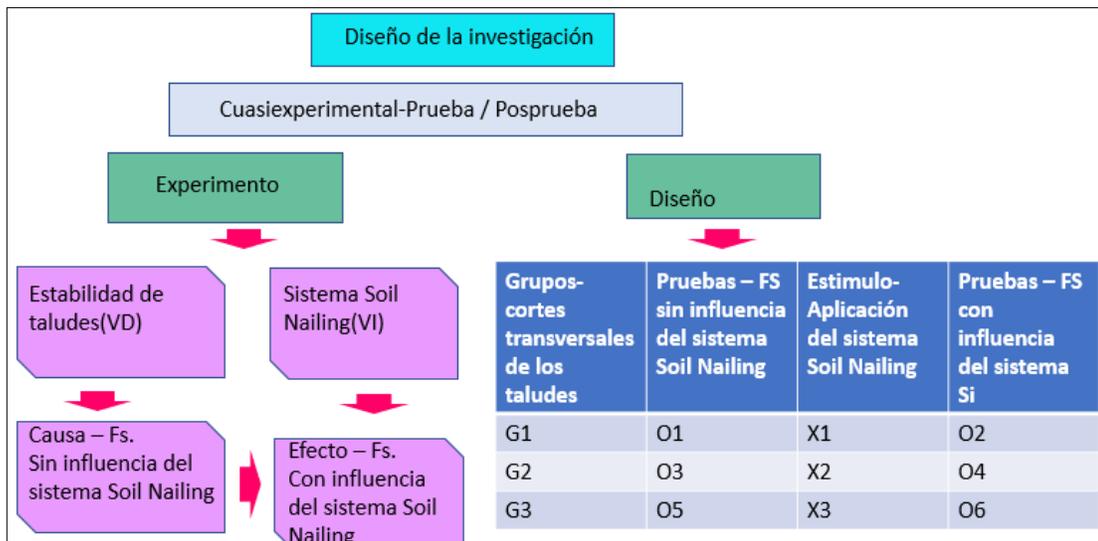


2.2 Diseño de la investigación

En la investigación con diseño experimental de tipo cuasiexperimental, según Hernández & Mendoza (2019), se busca afectar las variables independientes, para después apreciar cómo esta acción incide en las variables dependientes. En esta investigación se busca afectar la estabilidad de forma positiva de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos aplicando el sistema Soil Nailing mediante el software Slide v.6. En la figura 10 se presentan los grupos de control (G) representados por sección 1 (G1), sección 2 (G2) y sección 3 (G3), donde se realizan una medición previa (prueba O_i) que según la figura 10 serían O1, O3, O5 mediante el software slide sin la influencia del Sistema Soil Nailing, para después de aplicar un estímulo que en este caso serían el sistema Soil Nailing que en la figura 10 serían X1, X2, X3, luego se realiza una medición posterior (posprueba O_{1+i}), que en esta investigación serían O2, O4 y O6 y vendría a ser las mediciones de la estabilidad mediante los factores de seguridad del talud considerando la aplicación del sistema Soil Nailing.

Figura 10

Diseño cuasiexperimental



Fuente: Adaptado de Mendoza & Hernández (2019)

Nivel: En el nivel correlacional como señala Hernández & Mendoza (2019), se tiene la finalidad de dilucidar la relación que existe entre dos o más fenómenos o variables en un determinado ámbito o contexto. En la presente investigación se tiene la finalidad de presentar

la relación que existe al aplicar el sistema Soil Nailing como estabilizador de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos.

2.3 Población, muestra y muestreo

Población: La población es tal como expresa Hernández et al., (2014), “conjunto de todos los casos que coinciden con especificaciones particulares” (p.174). La población estará conformada por los taludes correspondientes al tramo de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos.

Muestra: La muestra como señala Castillo (2021), viene a estar conformada por un subgrupo, el cual se obtuvo de la población, sobre el que haremos observaciones. En esta investigación la muestra estará conformada por 5 cortes de taludes en perfil, estas secciones transversales serán las más representativas de los taludes correspondientes a la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos.

Muestreo: En el muestreo no-probabilístico como señalan Sánchez & Reyes (2017) consiste en elegir los elementos acordes al criterio del investigador teniendo en cuenta las características y el contexto de la investigación. La presente investigación emplea un muestreo no-probabilístico debido a que se elegirá la muestra acorde a la pericia ingenieril del investigador.

Tabla1*Operacionalización de variables*

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento
<u>Independiente</u> Soil Nailing	Consiste en reforzar el suelo mediante incrustación de varillas de acero, luego revestirlo con concreto proyectado (Lazarte et al., 2015)	Se incrusta el Soil Nailing en los taludes mediante el software Slide	<ul style="list-style-type: none"> • Datos geotécnicos • Datos topográficos 	<ul style="list-style-type: none"> • Cohesión, Ángulo de fricción • Cortes transversales • Planos 	<ul style="list-style-type: none"> • Plantilla de estudio de suelo • Plantilla de levantamiento con Dron
<u>Dependiente</u> Estabilidad de taludes	La estabilidad de un talud depende de su resistencia a soportar esfuerzos de corte, cuando se incrementan estos esfuerzos por factores como lluvia, pendiente elevada es que se pierde la estabilidad (Suarez, 2014).	Se calcula mediante los factores de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Equilibrio límite 	<ul style="list-style-type: none"> • Factor de seguridad 	<ul style="list-style-type: none"> • Plantilla de software Slide

2.4 Técnicas e instrumentos de recojo de datos

Técnica de recojo de datos: La técnica de la observación según Borja (2012), se emplea en proyectos de ingeniería, consiste en presentar los datos observados mediante formatos acorde a los lineamientos de recolección de información. En esta investigación se utilizará la técnica de la observación debido a que mediante la observación se identificará los taludes a analizarse, y mediante la observación se identifica el lugar adecuado para la realización de la calicata para obtener los datos de las propiedades del suelo.

Instrumento de recojo de datos: Los instrumentos según Walter (2014), son medios de apoyo que sirven para recolectar y registrar los datos de la medición en campo. En esta investigación los instrumentos serán la plantilla de levantamiento topográfico con Dron y la plantilla de estudio de suelos.

2.5 Técnica de procesamiento y análisis de la información

Técnica de procesamiento

El procesamiento experimental de la investigación se desarrolló considerando las siguientes etapas.

A. Se comenzó con la identificación visual de un área que sea propenso a sufrir deslizamientos, se consideró factores como pendientes, altura de talud, ubicación geográfica, luego se procedió a la excavación de calicatas, y se pudo obtener las propiedades físicas del suelo mediante el ensayo de análisis granulométrico el cual nos permitió conocer el tipo de suelo del talud, peso específico, contenido de humedad, entre otros, además se realizó el ensayo de corte directo para obtener la cohesión, y ángulo de fricción del suelo

B. Considerando lo agreste que es la topografía del talud se vio conveniente recolectar los datos de la geometría del talud mediante un levantamiento topográfico el cual mediante la fotogrametría permite acceder a lugar con topografía completa, los datos obtenidos del levantamiento topográfico se procesaron en el software Agisoft, luego se exportaron en el software ARCGIS para obtener las curvas de nivel, finalmente se obtuvieron las coordenadas de las secciones las cuales se generaron en el software AutoCAD en formato DXF.

C. Para realizar el análisis de la estabilidad de los taludes correspondientes la carretera Obrajillo – Acochaca y Huacos se consideró los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones E0.20 el cual estipula que para para ser considerado un talud estable a condiciones pseudoestáticas el $F_s > 1.5$, y a para que un talud sea considerado estable a condiciones sísmicas el $F_s > 1.25$. Luego se empleó el Software Slide V.5, para lo cual introducimos las secciones transversales en formato DXF las cuales son los cortes más representativos del talud en análisis, posterior a ello se introdujo las propiedades obtenidas del suelo de los ensayos de mecánica de suelo efectuados con anticipación, finalmente se procedió a calcular el nivel de estabilidad actual de la carretera Obrajillo – Acochaca y Huacos mediante los factores de seguridad.

D. Finalmente luego de saber el nivel de estabilidad de los taludes mediante su respectivo F_s y una vez identificado los taludes inestables se procedió con la propuesta solución es decir aplicamos el sistema Soil Nailing para lo cual no apoyamos del Software Slide, posterior a ello se volvió a calcular el factor de seguridad para así analizar la influencia que tiene la implementación del sistema Soil Nailing en la mejora de la estabilidad de los taludes.

Análisis de la información

El análisis de la información se efectuó a través del uso y organización de todos los datos adquiridos en el proceso experimental mencionado. Dicho proceso permitió registrar los valores experimentales en plantillas, los cuales fueron procesados a través de tablas, cuadros de doble entrada y a través del software Excel. Finalmente se empleó el análisis estadístico ANOVA para la contratación de la hipótesis.

2.6 Aspectos éticos en investigación

Para lograr desarrollar la presente investigación, el investigador promete respetar los puntos de veracidad y autenticidad en lo concerniente a cada capítulo. Se tendrá en consideración la autoría de los conceptos y definiciones recolectadas de otros investigadores o autores. Se compromete a que los estudios efectuados en lo concerniente a datos recolectados en campo sean verídicos, los cuales se obtendrán de empresas confiables. La investigación se redactará respetando las indicaciones de la universidad y la norma apa 7ma Edición. Debido a todo lo mencionado podemos afirmar que esta investigación respeta los lineamientos y procedimientos establecidos.

III. RESULTADOS

3.1 Presentación de resultados

3.1.1 Determinación de los parámetros del suelo de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos

En la tabla 2 se presenta el resultado del ensayo de clasificación de suelos de las 3 calicatas, donde se determinó el contenido de humedad, límites de consistencia, análisis granulométrico, clasificación SUCS y clasificación AASHTO para lo cual se consideró los lineamientos de las normas ASTM D2216, ASTM D4318, ASTM D6913, ASTM D2487, ASTM D3282 respectivamente.

Tabla 2

Ensayo de clasificación de suelos

Calicatas	Calicata 01	Calicata 02	Calicata 03	Calicata 04
Profundidad	0.00-0.60m	0.60-3.00m	0.00-3.00m	0.00-3.00m
Contenido de humedad	6.5%	8.3%	8.1%	4.9%
Límite líquido	39	35	36	34
Límite plástico	24	23	23	22
Índice plástico	15	12	13	12
Análisis granulométrico	Grava (33.7%) Arena (30.8%) Finos (35.5%)	Grava (37.3%) Arena (38.4%) Finos (24.2%)	Grava (35.3%) Arena (37.2%) Finos (27.5%)	Grava (33.6%) Arena (42.9%) Finos (23.5%)
Clasificación SUCS	GC	SC	SC	SC
Clasificación AASHTO	A-2-6(1)	A-2-6(0)	A-2-6(0)	A-2-6(0)

Nombre del Grupo	Grava arcillosa con arena	Arena arcillosa con grava	Arena arcillosa con grava	Arena arcillosa con grava
------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

Nota: El ensayo de clasificación de suelos nos permitió caracterizar el tipo de suelo predominante correspondiente a los taludes de la carretera Obrajillo-Acochaca y Huacos, donde el tipo de suelos según la clasificación SUCS es SC y según la clasificación AASHTO es un A-2-6(0), es decir es una arena arcillosa con grava.

En la tabla 3 se muestra el resultado del ensayo de corte directo, donde se determinó el peso específico, cohesión y ángulo de fricción del suelo para lo cual se consideró los lineamientos de las normas ASTM D3080.

Tabla 3

Ensayo de corte directo

	Espécimen 1	Espécimen 2	Espécimen 3
Altura Inicial	20.00mm	20.00mm	20.00mm
Lado de caja	61.8mm	61.8mm	61.8mm
Área inicial	29.9cm ²	29.9cm ²	29.9cm ²
Densidad seca	1.511gr/cm ³	1.504gr/cm ³	1.513gr/cm ³
Esfuerzo Normal	0.51Kg/cm ²	1.03Kg/cm ²	2.06Kg/cm ²
Esfuerzo Corte	0.34kg/cm ²	0.44kg/cm ²	0.70kg/cm ²
Cohesión		Peso específico	
(c)=0.21kg/cm ² = 20.594 Kn/m ²	Ángulo de fricción (Φ) : 13.4°	seco (Y): 1.51gr/cm ³ =14.81 Kn/m ³	

Nota: El ensayo de corte directo nos permitió caracterizar el tipo de suelo de los taludes de la carretera Obrajillo-Acochaca y Huacos, donde se obtuvo que el peso específico es 1.51gr/cm³, cohesión 0.21 kg/cm² y ángulo de fricción del suelo 13.4°, estos datos se utilizaron para el análisis elaborado en el software Slide V.5.

3.1.2 Determinación de las características de las secciones de los taludes mediante el levantamiento topográfico de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos

De la figura 11 a la figura 15 se visualiza las secciones transversales, dichos cortes se obtuvieron del levantamiento topográfico efectuado con el Dron, los cuales se procesaron en el software Agisoft y ArcGis hasta obtener curvas de nivel, para posteriormente convertirlas a cortes longitudinales mediante el software AutoCAD. Dichos resultados nos permitieron caracterizar la topografía de los taludes y obtener las pendientes tal como se muestra en las tablas 4 a la tabla 8.

Figura 11

Corte de la sección N°1 del talud

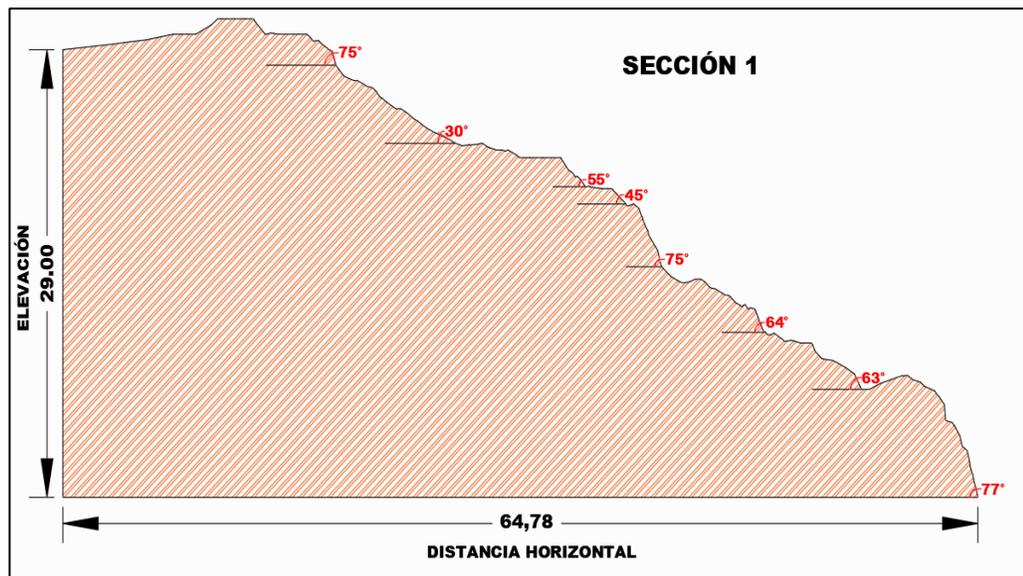


Tabla 4

Pendientes de la sección N°1 del talud

m1	m2	m3	m4	m5	m6
77°	64°	75°	45°	30°	75°

El Reglamento Nacional de edificaciones. CE0.20 en el artículo 7.1.1, establece que un factor a considerar en el análisis de estabilidad de taludes es la topografía, debido a ello caracterizamos la topografía de la sección 1 tal como se detalla en la figura 11 y tabla 4,

donde podemos apreciar que presenta una pendiente mínima de 30° y una pendiente máxima de 77°, la elevada pendiente incrementa su tendencia a sufrir inestabilidad.

Figura 12

Corte de la sección N°2 del talud

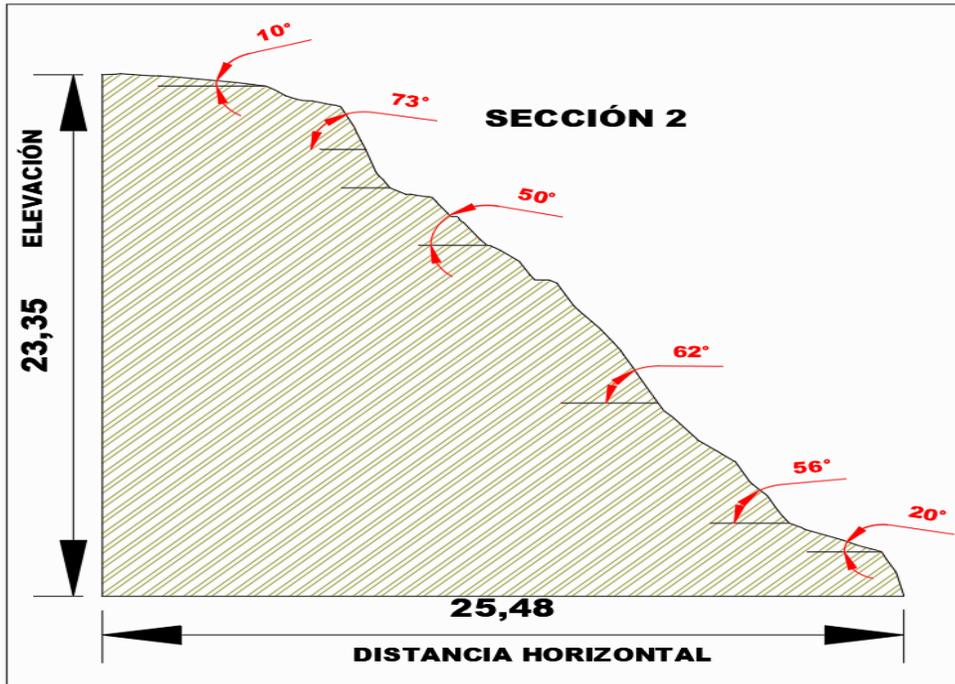


Tabla 5

Pendientes de la sección N°2 del talud

m1	m2	m3	m4	m5	m6
20°	56	62°	50°	73°	10°

Nota: El RNE. CE0.20, menciona que un factor a considerar en el análisis de estabilidad de taludes es la topografía, debido a ello caracterizamos la topografía de la sección transversal 2, tal como se detalla en la figura 12 y tabla 5, como podemos apreciar está presenta una pendiente mínima de 10° y una pendiente máxima de 73°, la elevada pendiente incrementa su nivel de inestabilidad.

Figura 13

Corte de la sección N°3 del talud

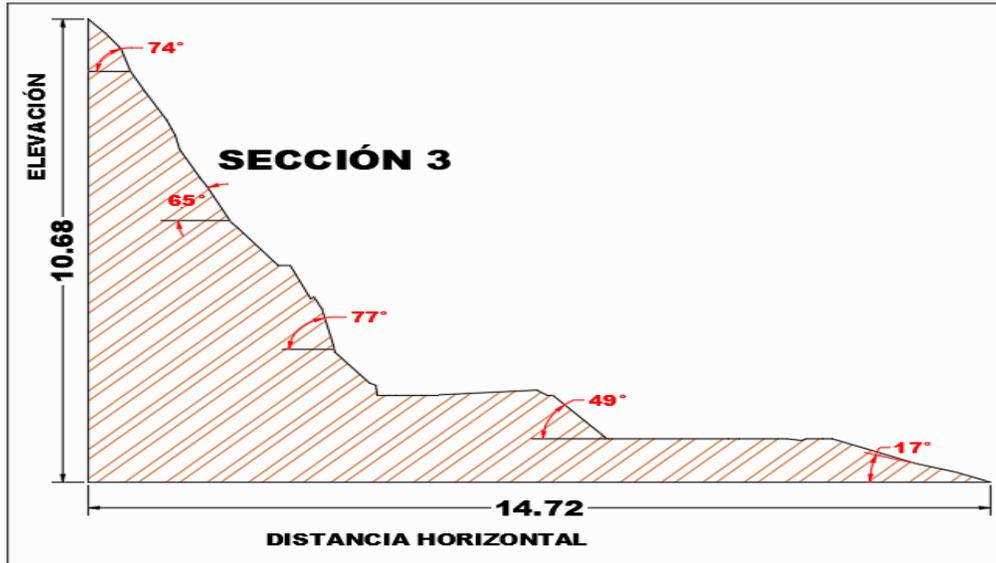


Tabla 6

Pendientes de la sección N°3 del talud

m1	m2	m3	m4	m5
17°	49°	77°	65°	74°

Nota: En la figura 13 y tabla 6 se detalla la caracterización de la sección transversal 3 del talud, donde podemos apreciar que la pendiente mínima del talud es 17° y la pendiente máxima es de 77°, la elevada pendiente incrementa las posibilidades de inestabilidad del talud.

Figura 14

Corte de la sección N°4 del talud

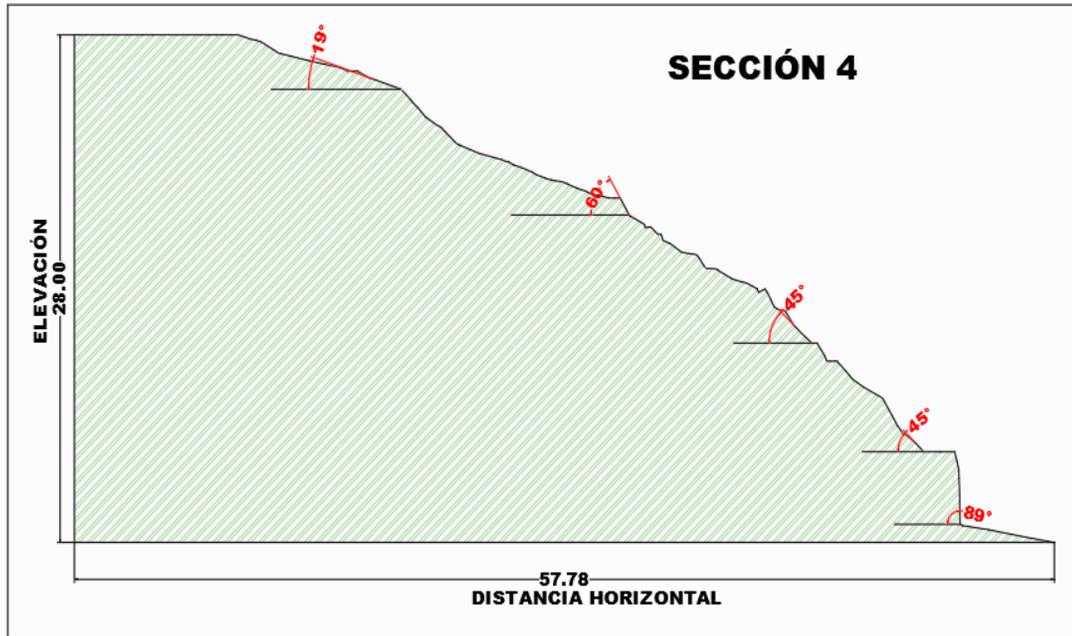


Tabla 7

Pendientes de la sección N°4 del talud

m1	m2	m3	m4	m5
89°	45°	45°	60°	19°

Nota: En la figura 14 y tabla 7 se detalla la caracterización de la sección transversal 4 del talud, donde podemos apreciar que la pendiente mínima del talud es 19° y la pendiente máxima es de 89°, la elevada pendiente aumenta las posibilidades de inestabilidad del talud.

Figura 15

Corte de la sección N°5 del talud

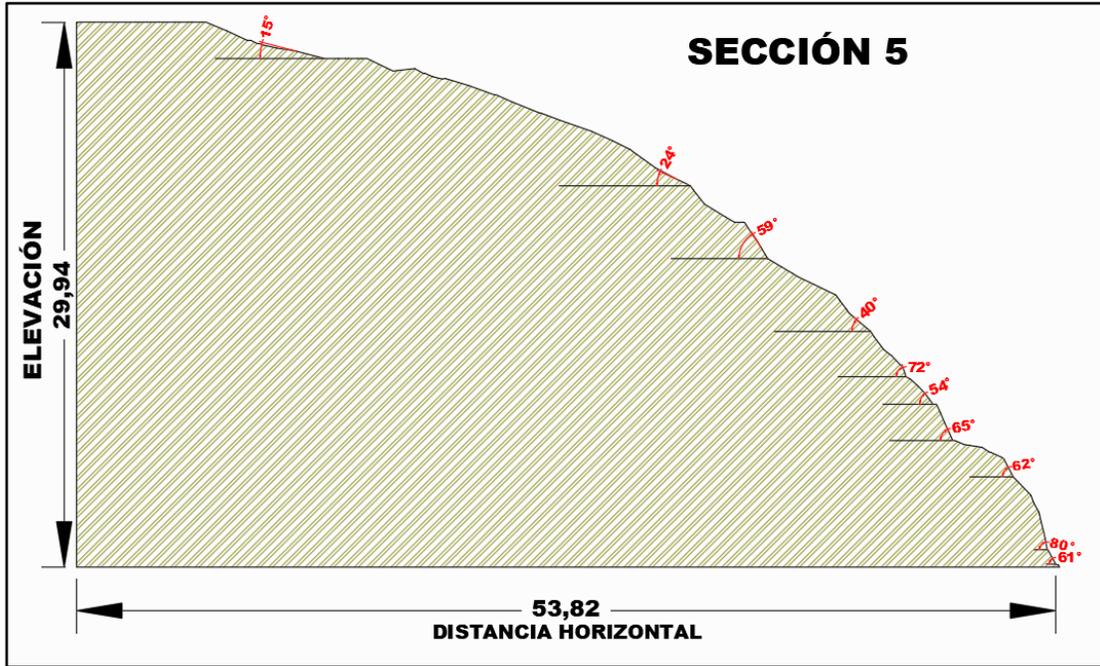


Tabla 8

Pendientes de la sección N°5 del talud

m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10
61°	80°	62°	65°	54°	72°	40°	59°	24°	15°

Nota: En la figura 15 y tabla 8 se muestra la caracterización de la sección transversal 5 del talud, donde podemos apreciar que la pendiente mínima del talud es 15° y la pendiente máxima es de 80°, la elevada pendiente es una alerta del grado de inestabilidad.

3.1.3 Evaluación de la estabilidad de los taludes mediante el factor de seguridad de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos.

Evaluación de la estabilidad de la sección 1 del talud

De la figura 16 a 18 se presentan los factores de seguridad del talud correspondientes a la sección 01, para lo cual se consideraron los 3 métodos de cálculo del factor de seguridad: Fellenius, Bishop y Janbu.

Figura 16

Estimación del F_s de la sección 01 por el método de Fellenius

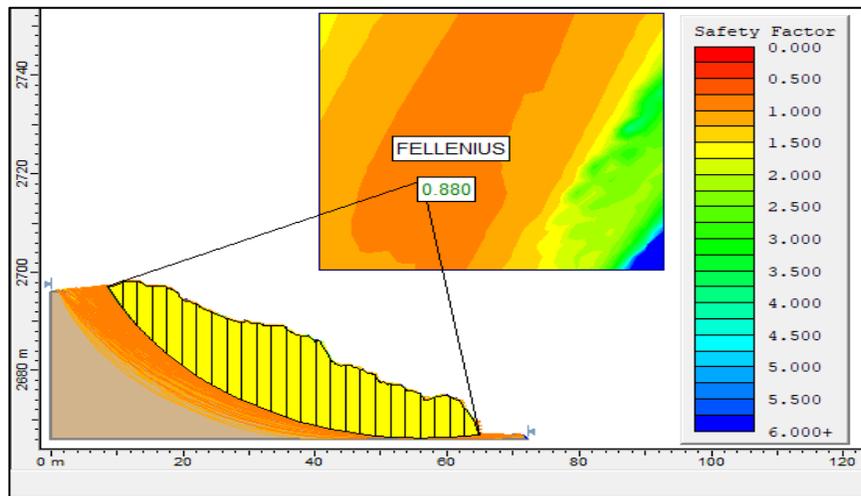


Figura 17

Estimación del F_s de la sección 01 por el método de Bishop

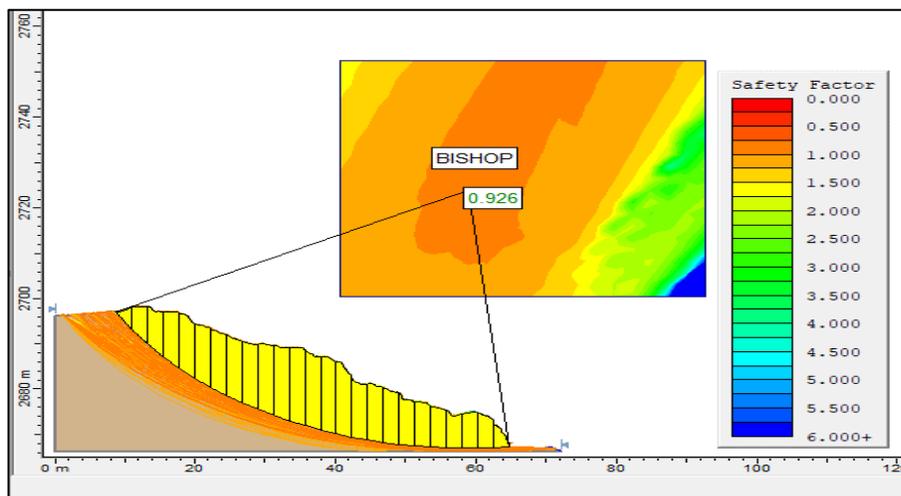


Figura 18

Estimación del F_s de la sección 01 por el método de Janbu

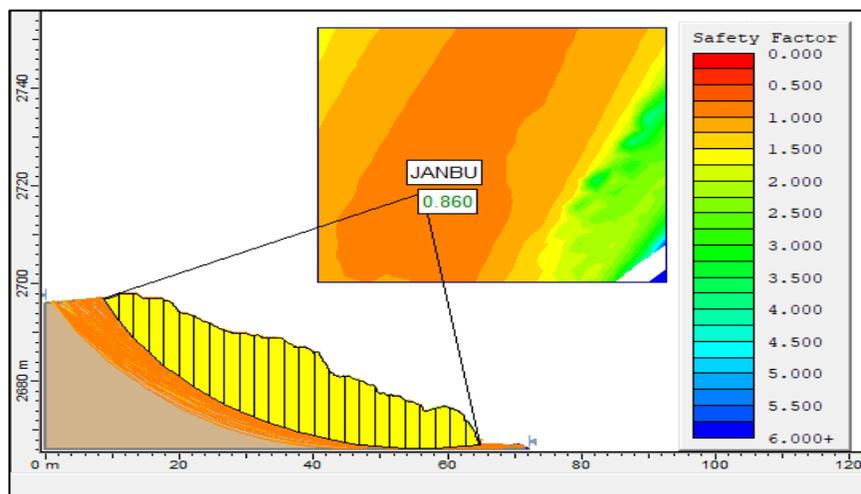


Tabla 9

Factores de seguridad (F_s) de la sección transversal 01

Método	F_s	Promedio	RNE >1.50	fs	Variación porcentual
Fellenius	0.880		Inestable		
Bishop	0.926	0.889	Inestable		59.24%
Janbu	0.860		Inestable		

Nota: De la figura 16, 17, 18 y de la tabla 9 se aprecia que en promedio el valor del factor de seguridad es 0.889, y si consideramos lo que menciona el Reglamento Nacional de Edificación CE0.20, Art.7.1.1 “el factor de seguridad del talud para ser considerado estable debe ser mayor 1.5”, podemos afirmar que la sección transversal 1 es inestable debido a que $F_s = 0.889 < 1.5$. Además, la variación porcentual del f_s obtenido en comparación a lo que exige el RNE es de 59.24%.

Evaluación de la estabilidad de la sección 2 del talud

De la figura 19 a 21 se presentan los factores de seguridad del talud correspondientes a la sección 02, para lo cual se consideraron los 3 métodos de cálculo del factor de seguridad: Fellenius, Bishop y Janbu.

Figura 19

Estimación del F_s de la sección 02 por el método de Fellenius

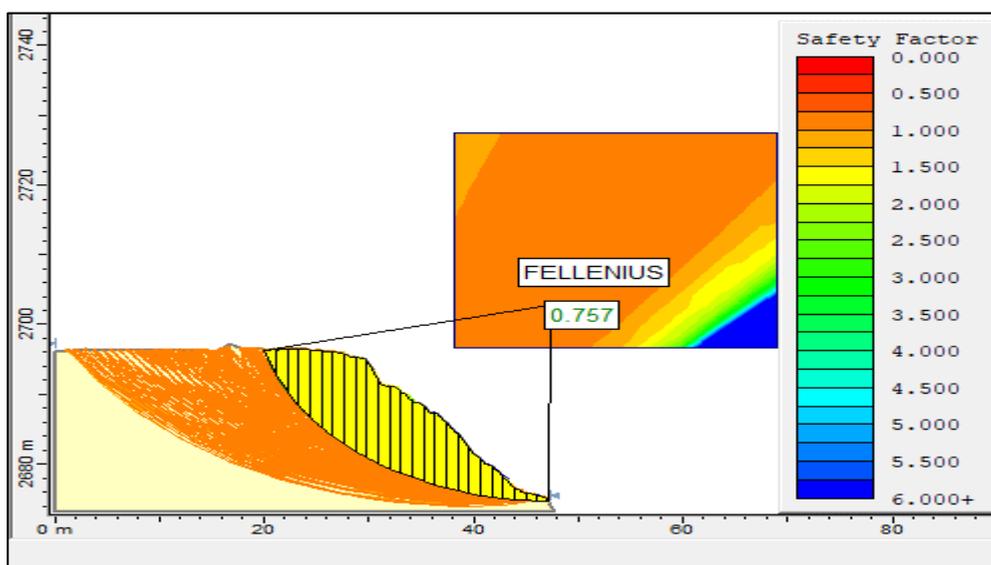


Figura 20

Estimación del F_s de la sección 02 por el método de Bishop

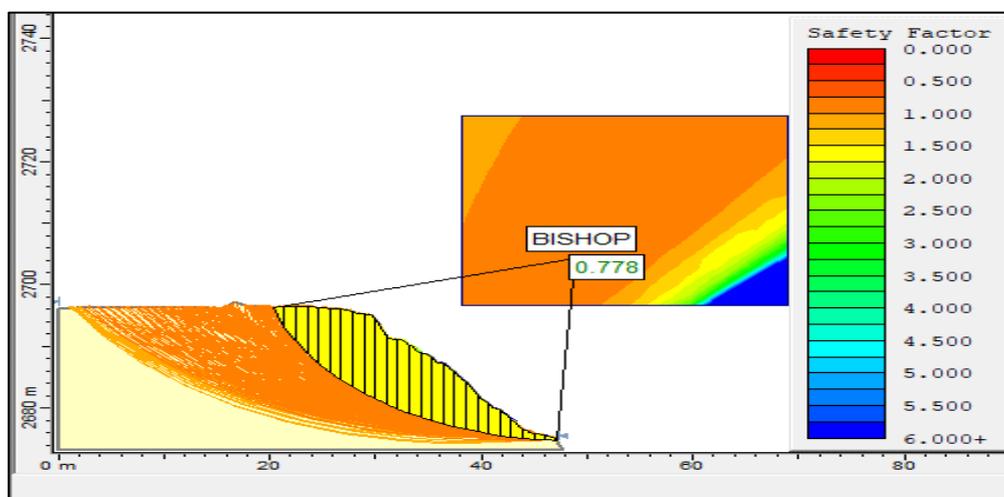


Figura 21

Estimación del F_s de la sección 02 por el método de Janbu

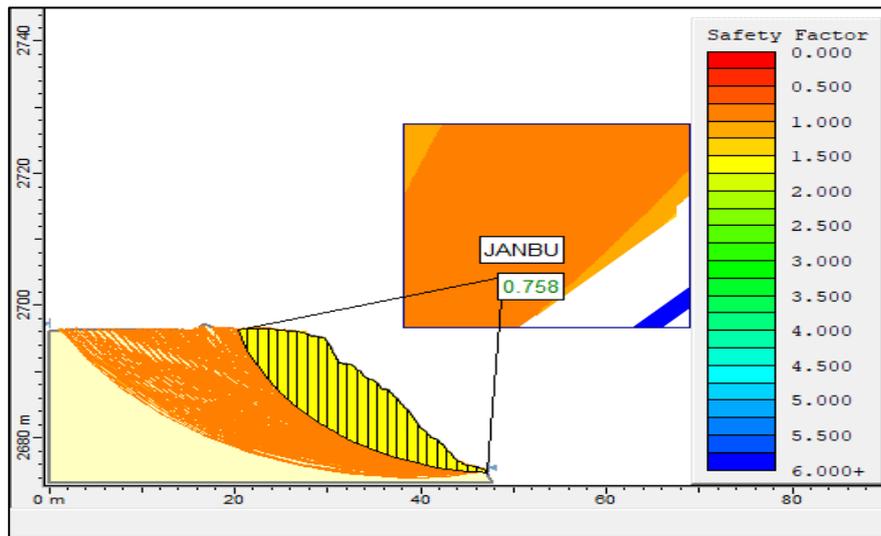


Tabla 10

Factores de seguridad (F_s) de la sección transversal 02

Método	F_s	Promedio	RNE $f_s > 1.50$	Variación porcentual
Fellenius	0.757		Inestable	
Bishop	0.778	0.764	Inestable	50.96%
Janbu	0.758		Inestable	

Nota: De la figura 19, 20, 21 y de la tabla 10 se aprecia que en promedio el valor del factor de seguridad es 0.764, en esa misma línea el RNE menciona que “el factor de seguridad del talud para ser considerado estable debe ser mayor 1.5”, podemos afirmar que la sección transversal 2 es inestable debido a que $F_s = 0.764 < 1.5$. Además, la variación porcentual del f_s obtenido en comparación a lo que exige el RNE es de 50.96%.

Evaluación de la estabilidad de la sección 3 del talud

De la figura 22 a 24 se presentan los factores de seguridad del talud correspondientes a la sección 03, para lo cual se consideraron los 3 métodos de cálculo del factor de seguridad: Fellenius, Bishop y Janbu.

Figura 22

Estimación del Fs de la sección 03 por el método de Fellenius

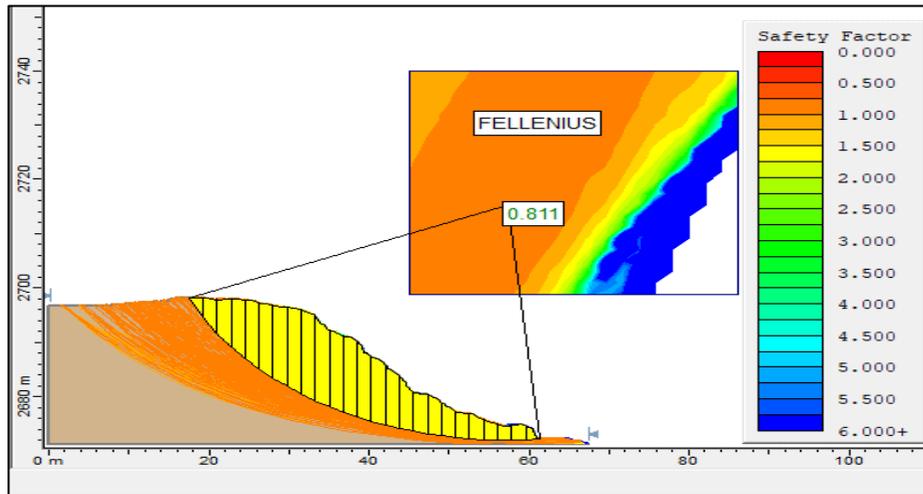


Figura 23

Estimación del Fs de la sección 03 por el método de Bishop

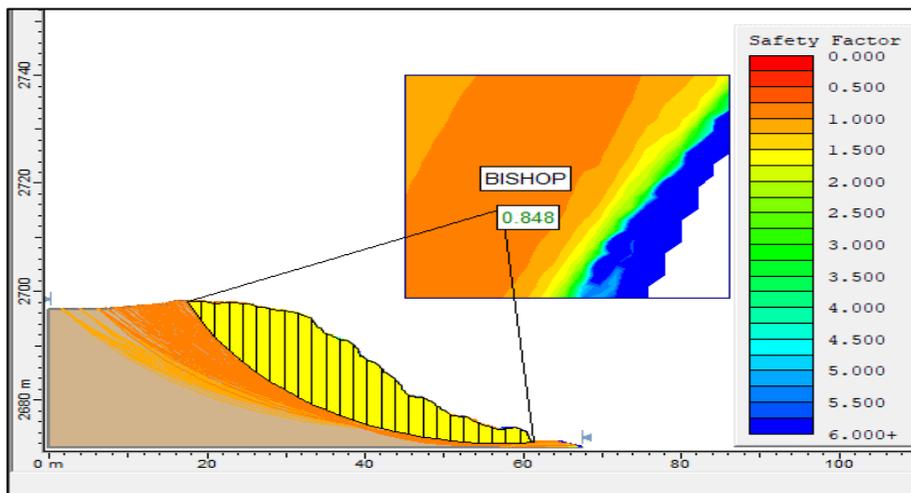


Figura 24

Estimación del F_s de la sección 03 por el método de Janbu

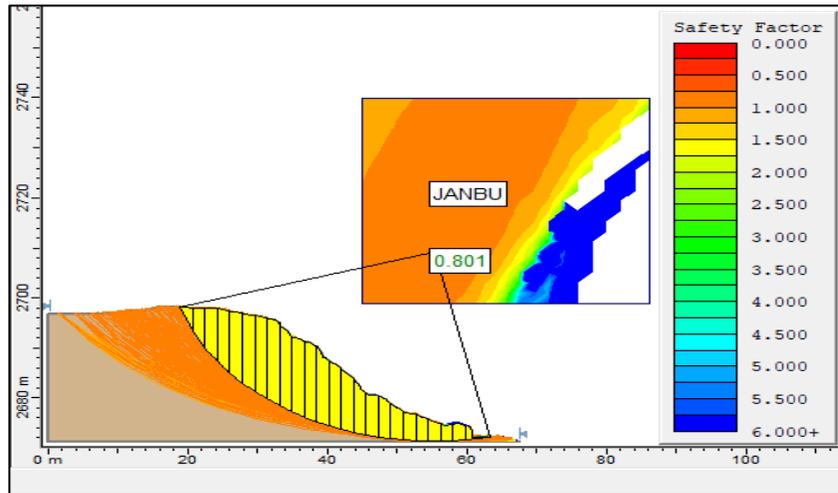


Tabla 11

Factores de seguridad (F_s) de la sección transversal 03

Método	F_s	Promedio	RNE f_s >1.50	Variación porcentual
Fellenius	0.811		Inestable	
Bishop	0.848	0.820	Inestable	54.67%
Janbu	0.801		Inestable	

Nota: De la figura 22, 23, 24 y de la tabla 11 se muestra que en promedio el valor del factor de seguridad es 0.820, en esa misma línea el RNE menciona que “el factor de seguridad del talud para ser considerado estable debe ser mayor 1.5”, podemos afirmar que la sección transversal 3 es inestable debido a que $F_s = 0.820 < 1.5$. Además, la variación porcentual del f_s obtenido en comparación a lo que exige el RNE es de 54.67%.

Evaluación de la estabilidad de la sección 4 del talud

De la figura 25 a 27 se muestran los factores de seguridad del talud correspondientes a la sección 04, para lo cual se consideraron los 3 métodos de cálculo del factor de seguridad: Fellenius, Bishop y Janbu.

Figura 25

Estimación del F_s de la sección 04 por el método de Fellenius

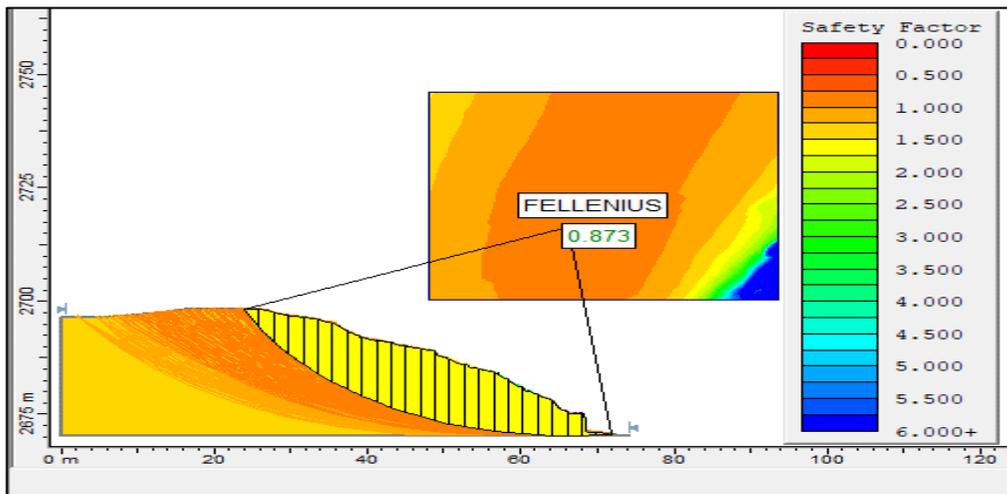


Figura 26

Estimación del F_s de la sección 04 por el método de Bishop

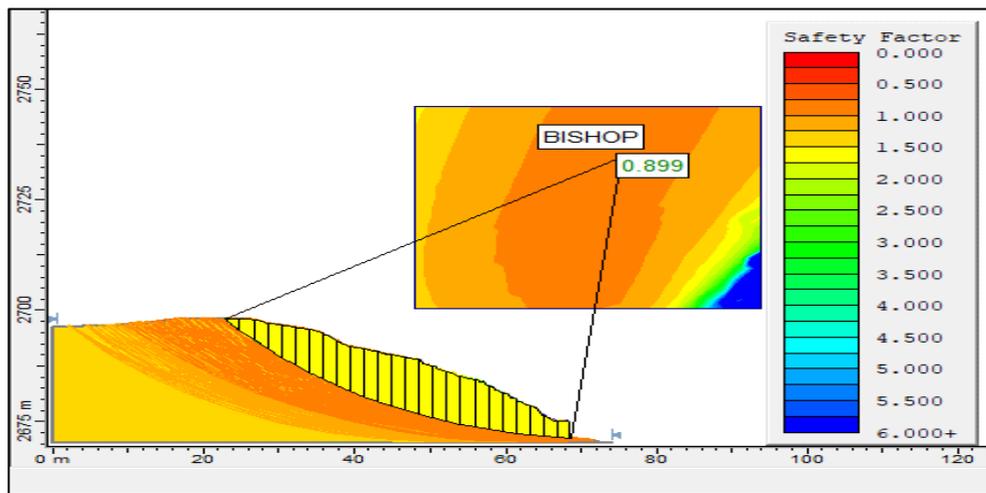


Figura 27

Estimación del F_s de la sección 04 por el método de Janbu

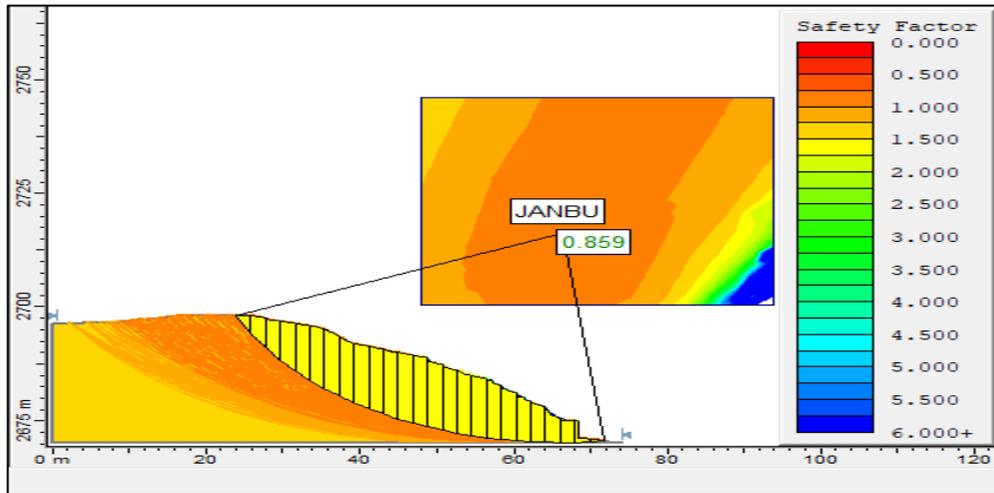


Tabla 12

Factores de seguridad (F_s) de la sección transversal 04

Método	F_s	Promedio	RNE $f_s > 1.50$	Variación porcentual
Fellenius	0.873		Inestable	
Bishop	0.899	0.877	Inestable	58.47%
Janbu	0.859		Inestable	

Nota: De la figura 25, 26, 27 y de la tabla 12 se muestra que en promedio el valor del factor de seguridad es 0.877, en esa misma línea el RNE menciona que “el factor de seguridad del talud para ser considerado estable debe ser mayor 1.5”, podemos afirmar que la sección transversal 4 es inestable debido a que $F_s = 0.877 < 1.5$. Además, la variación porcentual del f_s obtenido en comparación a lo que exige el RNE es de 58.47%.

Evaluación de la estabilidad de la sección 5 del talud

De la figura 28 a 30 se muestran los factores de seguridad del talud correspondientes a la sección 05, para lo cual se consideraron los 3 métodos de cálculo del factor de seguridad: Fellenius, Bishop y Janbu.

Figura 28

Estimación del F_s de la sección 05 por el método de Fellenius

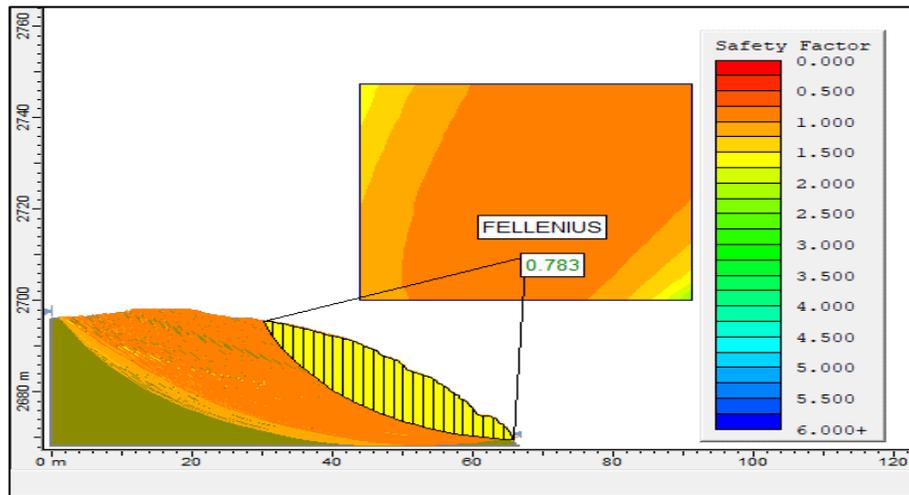


Figura 29

Estimación del F_s de la sección 05 por el método de Bishop

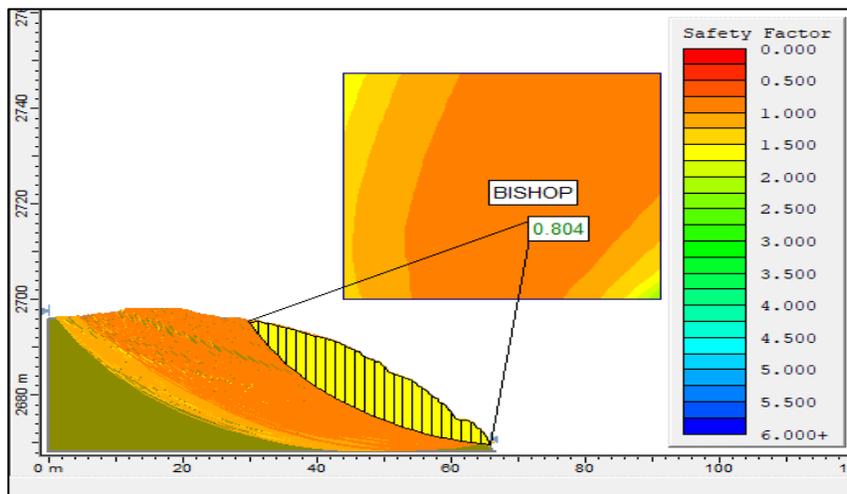


Figura 30

Estimación del F_s de la sección 05 por el método de Janbu

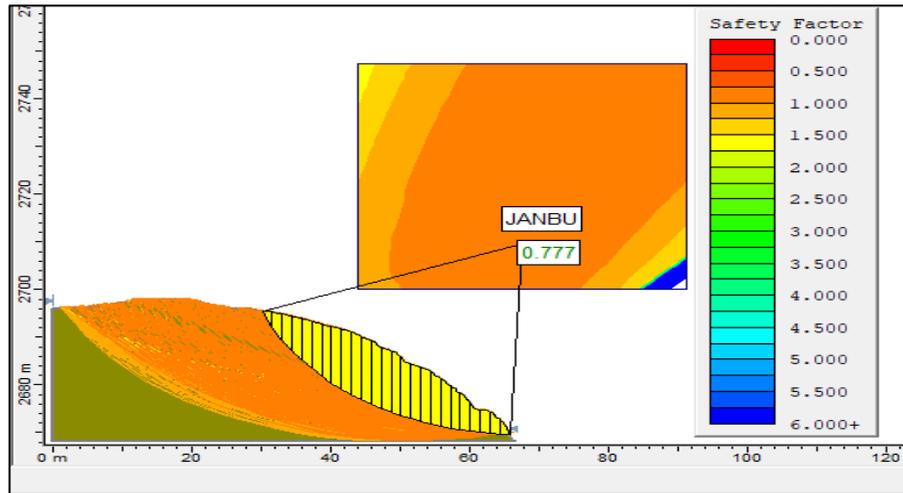


Tabla 13

Factores de seguridad (F_s) de la sección transversal 05

Método	F_s	Promedio	RNE f_s	Variación
			>1.50	porcentual
Fellenius	0.783		Inestable	
Bishop	0.804	0.788	Inestable	52.53%
Janbu	0.777		Inestable	

Nota: De la figura 28, 29, 30 y de la tabla 13 se muestra que en promedio el valor del factor de seguridad es 0.788, en esa misma línea el RNE menciona que “el factor de seguridad del talud para ser considerado estable debe ser mayor 1.5”, podemos afirmar que la sección transversal 4 es inestable debido a que $F_s = 0.788 < 1.5$. Además, la variación porcentual del f_s obtenido en comparación a lo que exige el RNE es de 52.53%, lo cual muestra que presenta un alto grado de inestabilidad.

3.1.4 Evaluación de la estabilidad aplicando el sistema Soil Nailing a través del factor de seguridad de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos. Evaluación de la estabilidad aplicando el sistema Soil Nailing de la sección 1 del talud

Con los datos obtenidos de las propiedades se procedió a realizar un predimensionamiento de las dimensiones del sistema Soil Nailing de la sección 1, sección 4 y sección 5 (ver anexo 5), de forma resumida se presenta en la tabla 14, posterior a ello se introdujo dichas propiedades en el software Slide V.5 donde se consideró para el análisis de estabilidad los siguientes métodos: Bishop, Fellenius, Janbu.

Tabla 14

Resumen de las dimensiones sistema Soil Nailing de la sección 1, 4 y 5

Out-of-plane spacing	1	m
Tensile Capacity (TNN)	442.82	Kn
Plate Capacity(TFn)	262.40	Kn
Bond Strength	65.00	Kn/m
Longitud de pernos Tramo[A-B]	35.00	m
Varilla #	1 1/2 "	
Área de la sección de la varilla	1140.00	mm ²
Módulo de fluencia del acero	60.00	Ksi
Diámetro de perforación	150.00	mm
Grosor de pantalla de concreto	100	mm
Resistencia del concreto	300	kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 31

Inserción de propiedades del Nailing al software Slide de la sección 1



Figura 32

Estimación del factor de seguridad con el método Fellenius aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 1

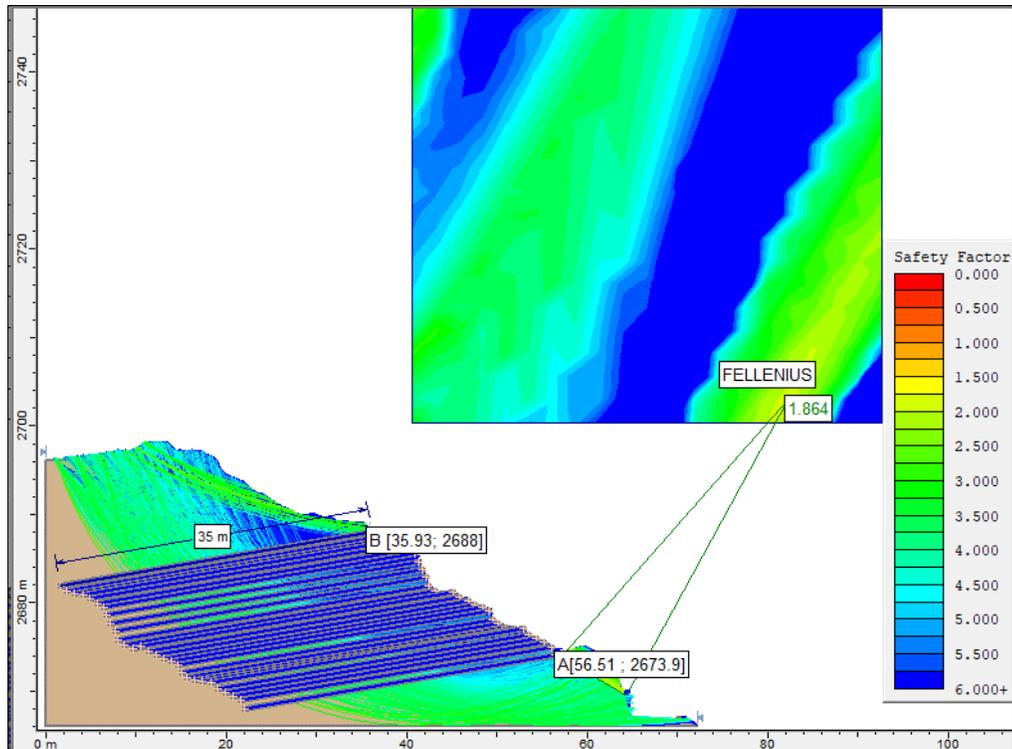


Figura 33

Estimación del factor de seguridad con el método Bishop aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 1

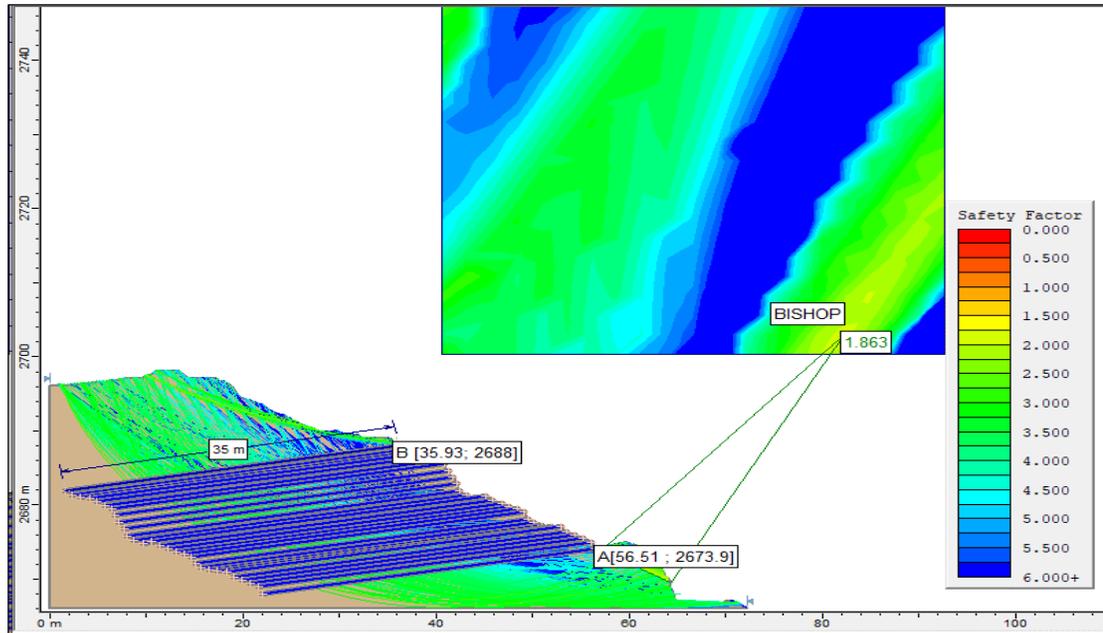


Figura 34

Estimación del factor de seguridad con el método Janbu aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 1

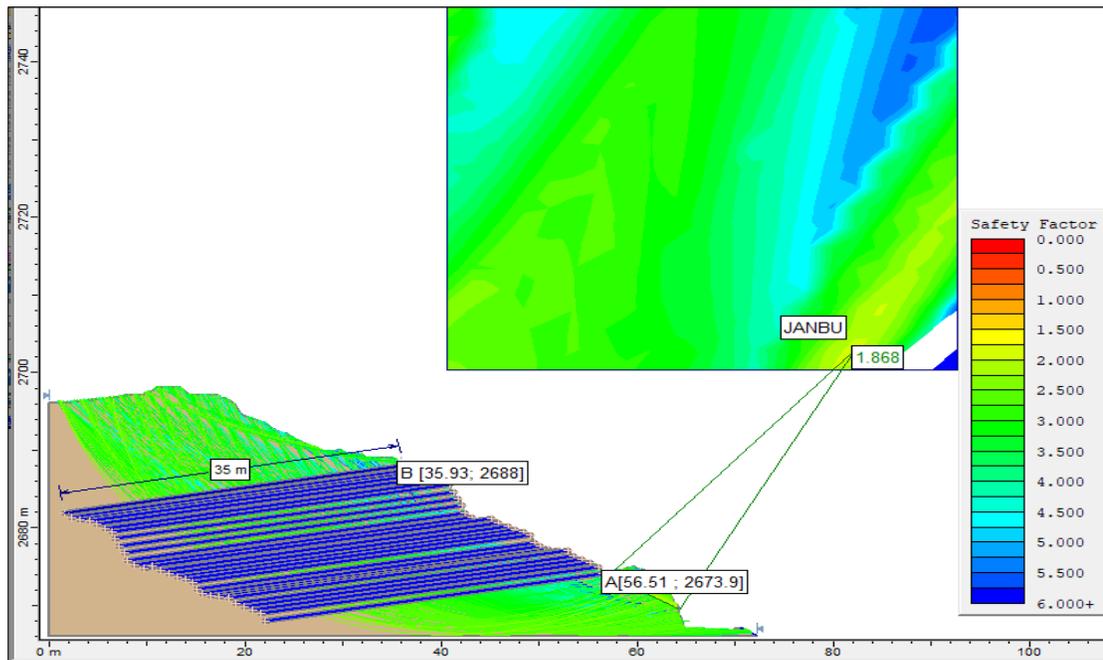


Tabla 15*Factores de seguridad (Fs) de la sección transversal 01 aplicando el sistema Soil Nailing*

Método	Fs	Promedio	RNE fs >1.50	Variación porcentual
Fellenius	1.864		Estable	
Bishop	1.863	1.865	Estable	124.33%
Janbu	1.868		Estable	

Nota: De la figura 32, 33, 34 y de la tabla 15 se muestra que en promedio el valor del factor de seguridad es 1.865, en esa misma línea el RNE menciona que “el factor de seguridad del talud para ser considerado estable debe ser mayor 1.5”, podemos afirmar que la sección transversal 1 es estable debido a que $Fs = 1.865 > 1.5$. Además, la variación porcentual del fs obtenido en comparación a lo que exige el RNE es de 124.33%, lo cual muestra que presenta un alto grado de estabilidad.

Evaluación de la estabilidad aplicando el sistema Soil Nailing de la sección 2 del talud

Con los datos obtenidos de las propiedades se procedió a realizar un predimensionamiento de las dimensiones del sistema Soil Nailing de la sección 2 (ver anexo 5), de forma resumida se presenta en la tabla 16, posterior a ello se introdujo dichas propiedades en el software Slide V.5 donde se consideró para el análisis de estabilidad los siguientes métodos: Bishop, Fellenius, Janbu.

Tabla 16*Resumen de las dimensiones sistema Soil Nailing de la sección 2*

Out-of-plane spacing	1	m
Tensile Capacity (TNN)	330.44	Kn
Plate Capacity(TFn)	159.08	Kn
Bond Strength	65.00	Kn/m
Longitud de pernos Tramo[A-B]	26.15	m
Varilla #	1 1/4"	
Área de la sección de la varilla	794.00	mm ²
Módulo de fluencia del acero	60.00	Ksi

Diámetro de perforación	150.00	mm
Grosor de pantalla de concreto	100	mm
Resistencia del concreto	300	kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 35

Inserción de propiedades del Nailing al software Slide de la sección 2

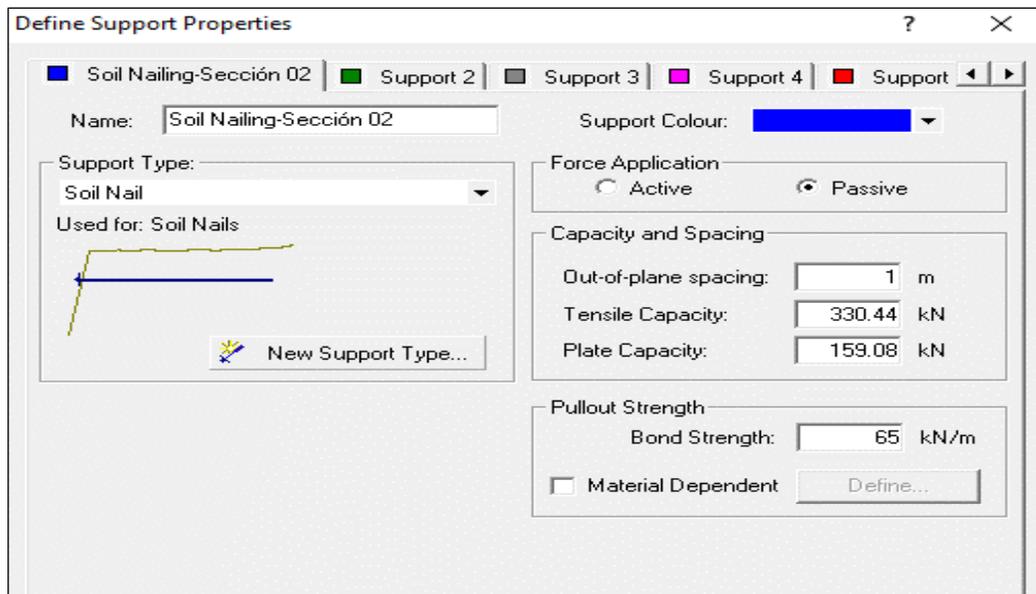


Figura 36

Estimación del factor de seguridad con el método Fellenius aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 2

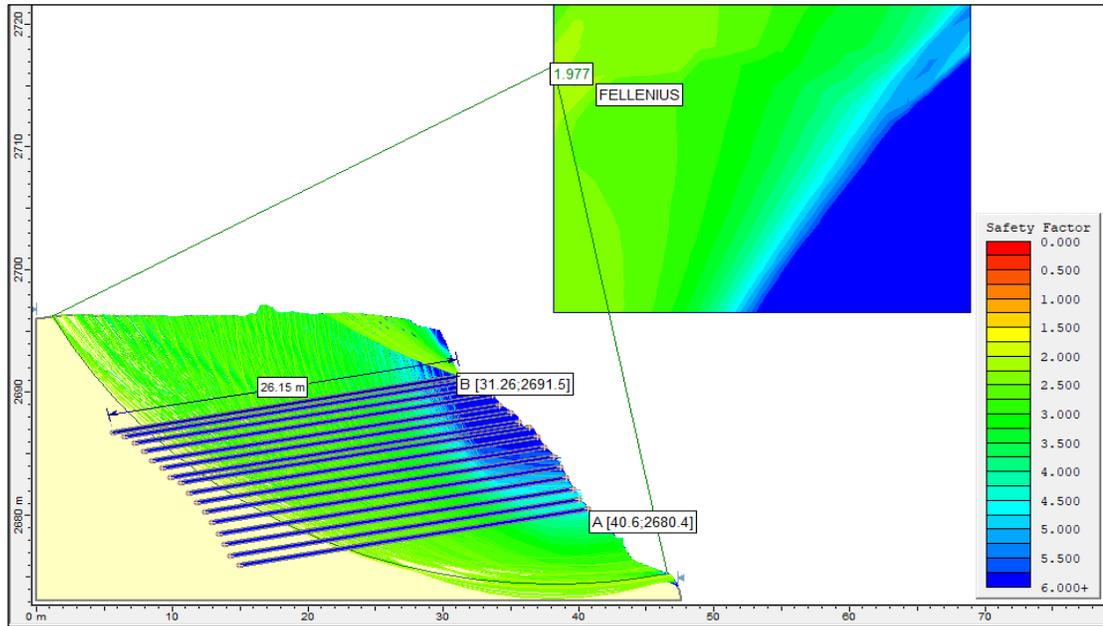


Figura 37

Estimación del factor de seguridad con el método Bishop aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 2

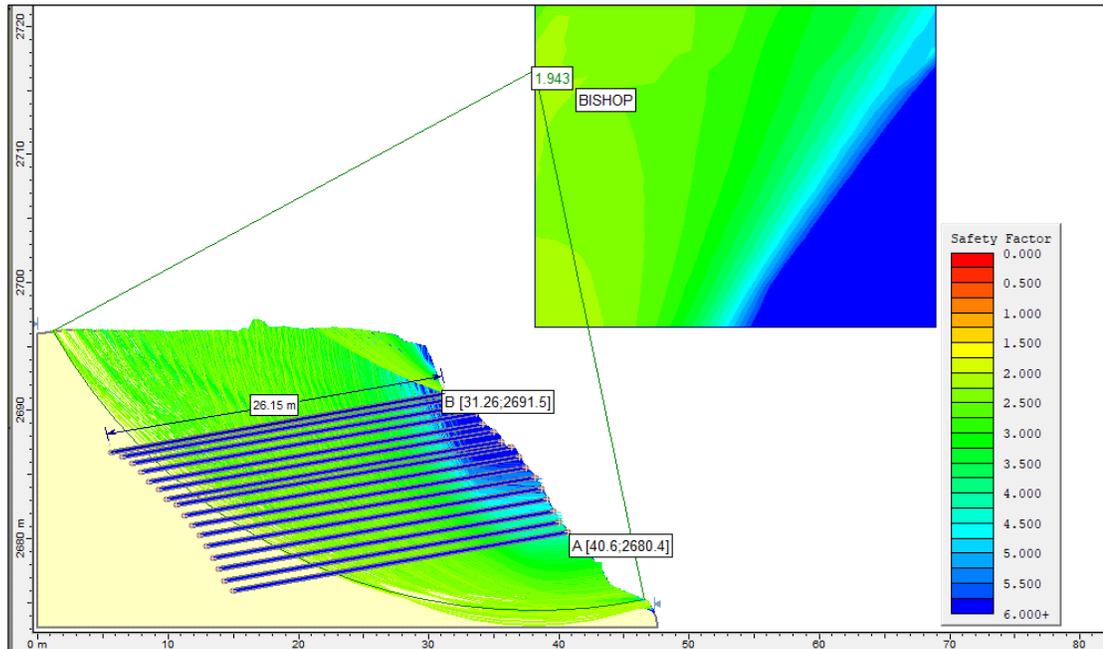


Figura 38

Estimación del factor de seguridad con el método Janbu aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 2

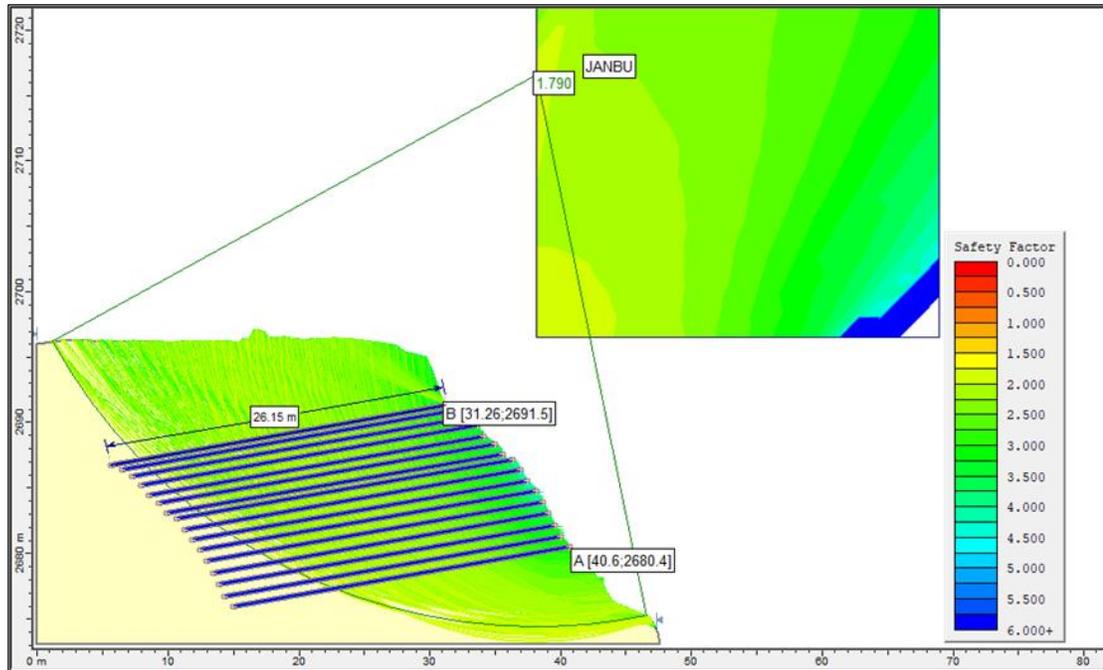


Tabla 17

Factores de seguridad (Fs) de la sección transversal 02 aplicando el sistema Soil Nailing

Método	Fs	Promedio	RNE fs >1.50	Variación porcentual
Fellenius	1.977		Estable	
Bishop	1.943	1.903	Estable	126.89%
Janbu	1.790		Estable	

Nota: De la figura 36, 37, 38 y de la tabla 17 se muestra que en promedio el valor del factor de seguridad es 1.903, en esa misma línea el RNE menciona que “el factor de seguridad del talud para ser considerado estable debe ser mayor 1.5”, podemos afirmar que la sección transversal 1 es estable debido a que $F_s = 1.903 > 1.5$. Además, la variación porcentual del fs obtenido en comparación a lo que exige el RNE es de 126.89%, lo cual muestra que presenta un alto grado de estabilidad.

Evaluación de la estabilidad aplicando el sistema Soil Nailing de la sección 3 del talud

Con los datos obtenidos de las propiedades se procedió a realizar un predimensionamiento de las dimensiones del sistema Soil Nailing de la sección 3 (ver anexo 5), de forma resumida se presenta en la tabla 18, posterior a ello se introdujo dichas propiedades en el software Slide V.5 donde se consideró para el análisis de estabilidad los siguientes métodos: Bishop, Fellenius, Janbu.

Tabla 18

Resumen de las dimensiones sistema Soil Nailing de la sección 3

Out-of-plane spacing	1	m
Tensile Capacity (TNN)	133.57	Kn
Plate Capacity(TFn)	112.03	Kn
Bond Strength	65.00	Kn/m
Longitud de pernos Tramo[A-B]	11.75	m
Varilla #	1 "	
Área de la sección de la varilla	507.00	mm ²
Módulo de fluencia del acero	60.00	Ksi
Diámetro de perforación	150.00	mm
Grosor de pantalla de concreto	100	mm
Resistencia del concreto	300	kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 39

Inserción de propiedades del Nailing al software Slide de la sección 3



Figura 40

Estimación del factor de seguridad con el método Fellenius aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 3

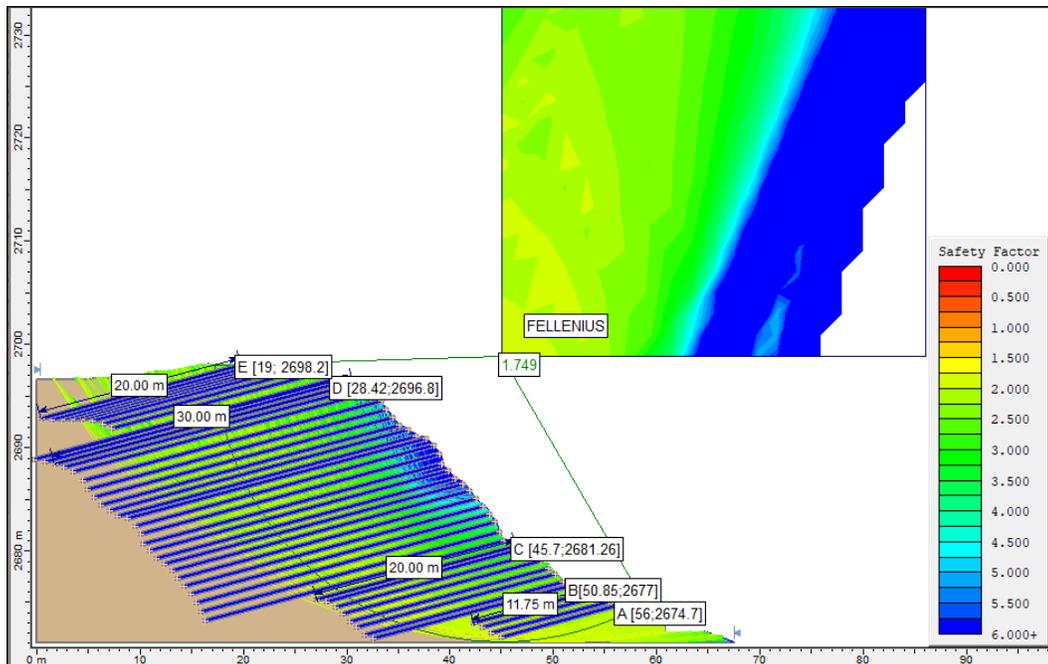


Figura 41

Estimación del factor de seguridad con el método Bishop aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 3

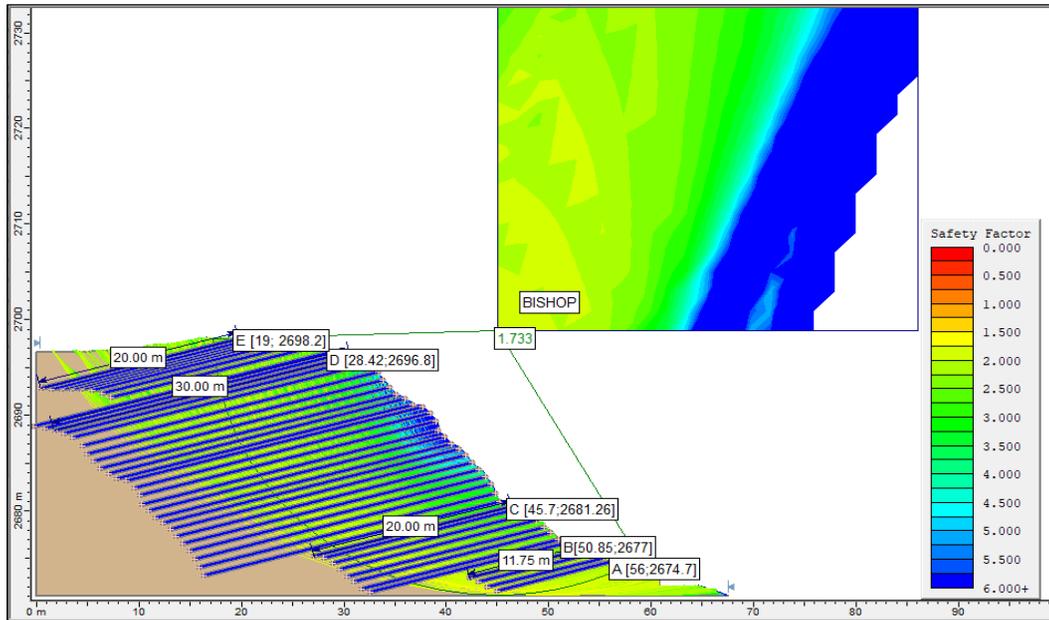


Figura 42

Estimación del factor de seguridad con el método Janbu aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 3

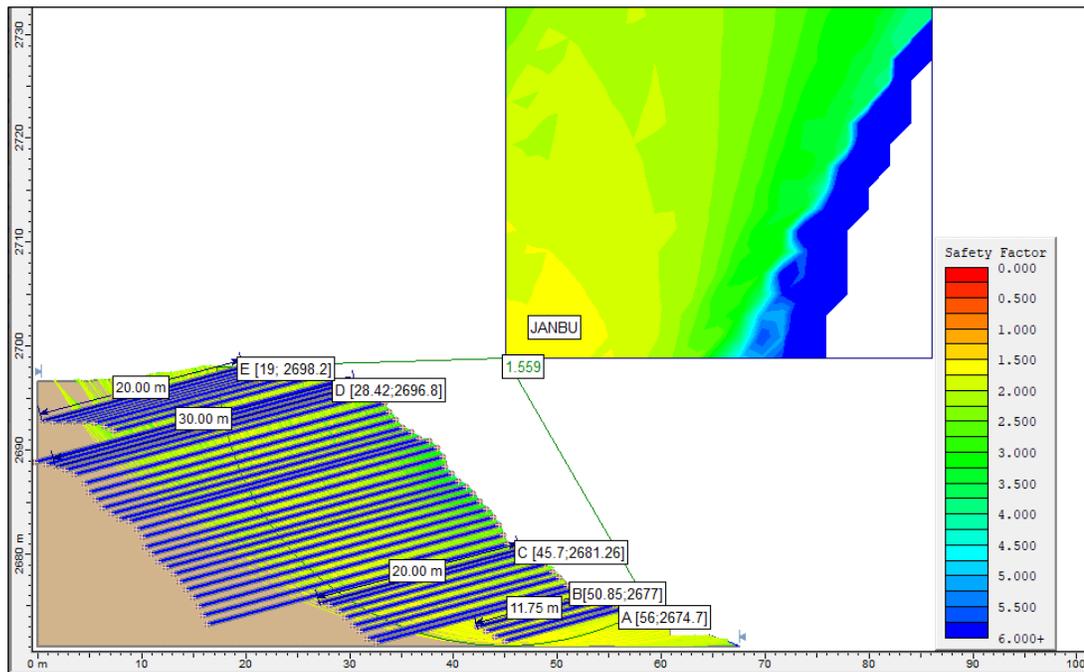


Tabla 19*Factores de seguridad (Fs) de la sección transversal 03 aplicando el sistema Soil Nailing*

Método	Fs	Promedio	RNE fs >1.50	Variación porcentual
Fellenius	1.749		Estable	
Bishop	1.733	1.608	Estable	112.02%
Janbu	1.559		Estable	

Nota: De la figura 40, 41, 42 y de la tabla 19 se muestra que en promedio el valor del factor de seguridad es 1.608, en esa misma línea el RNE menciona que “el factor de seguridad del talud para ser considerado estable debe ser mayor a 1.5”, podemos afirmar que la sección transversal 3 es estable debido a que $Fs = 1.608 > 1.5$. Además, la variación porcentual del fs obtenido en comparación a lo que exige el RNE es de 112.02%, lo cual muestra que presenta un alto grado de estabilidad.

Evaluación de la estabilidad aplicando el sistema Soil Nailing de la sección 4 del talud

Con los datos obtenidos de las propiedades se procedió a realizar un predimensionamiento de las dimensiones del sistema Soil Nailing de la sección 4 (ver anexo 5), de forma resumida se presenta en la tabla 14, posterior a ello se introdujo dichas propiedades en el software Slide V.5 donde se consideró para el análisis de estabilidad los siguientes métodos: Bishop, Fellenius, Janbu.

Figura 43

Inserción de propiedades del Nailing al software Slide de la sección 4

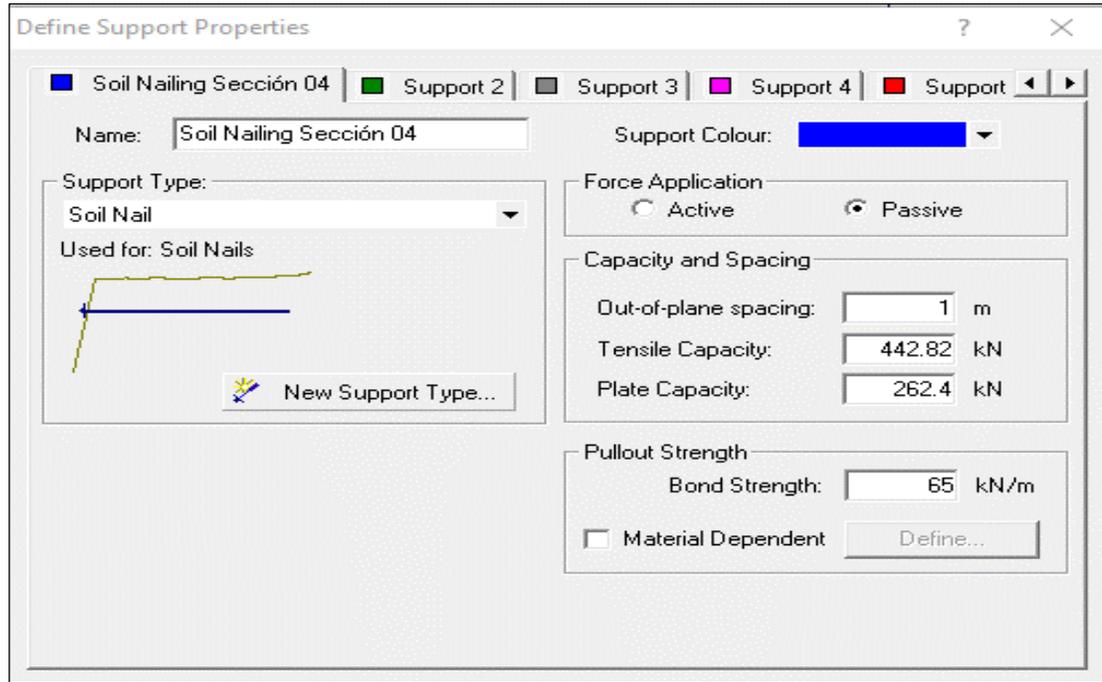


Figura 44

Estimación del factor de seguridad con el método Fellenius aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 4

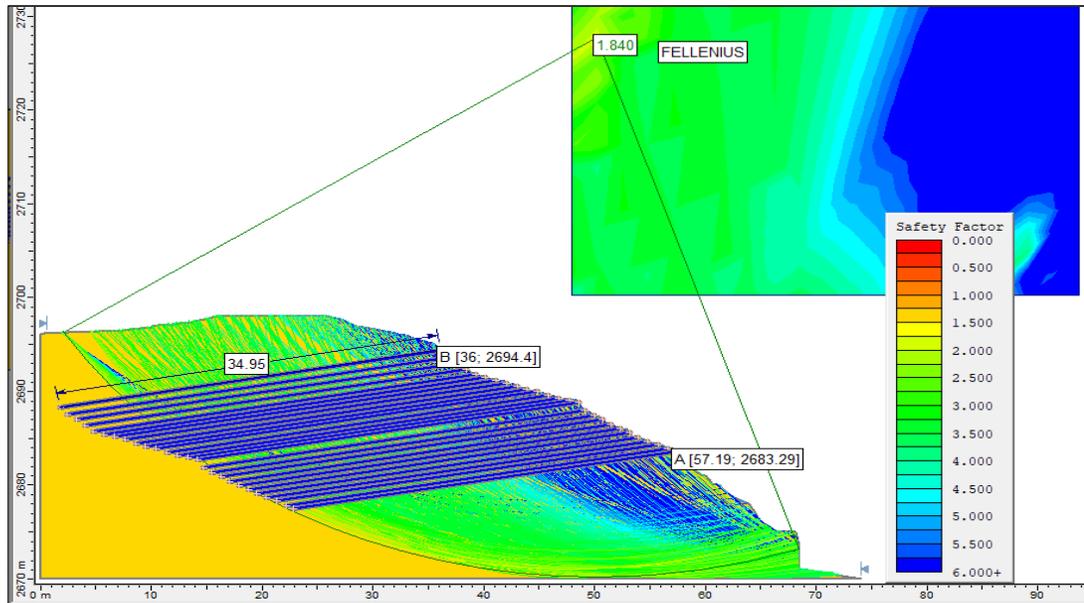


Figura 45

Estimación del factor de seguridad con el método Bishop aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 4

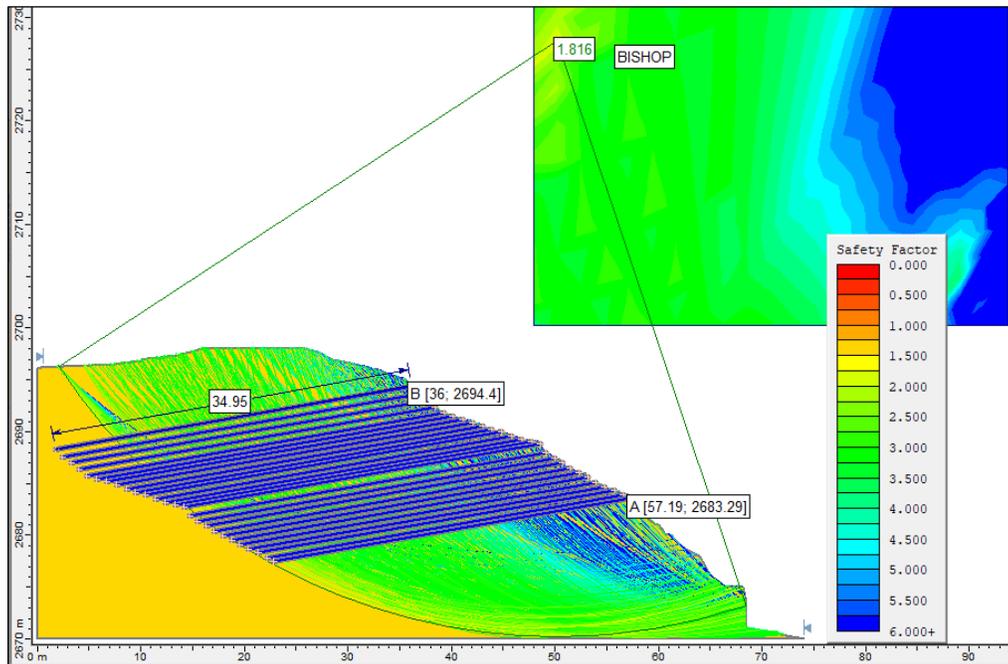


Figura 46

Estimación del factor de seguridad con el método Janbu aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 4

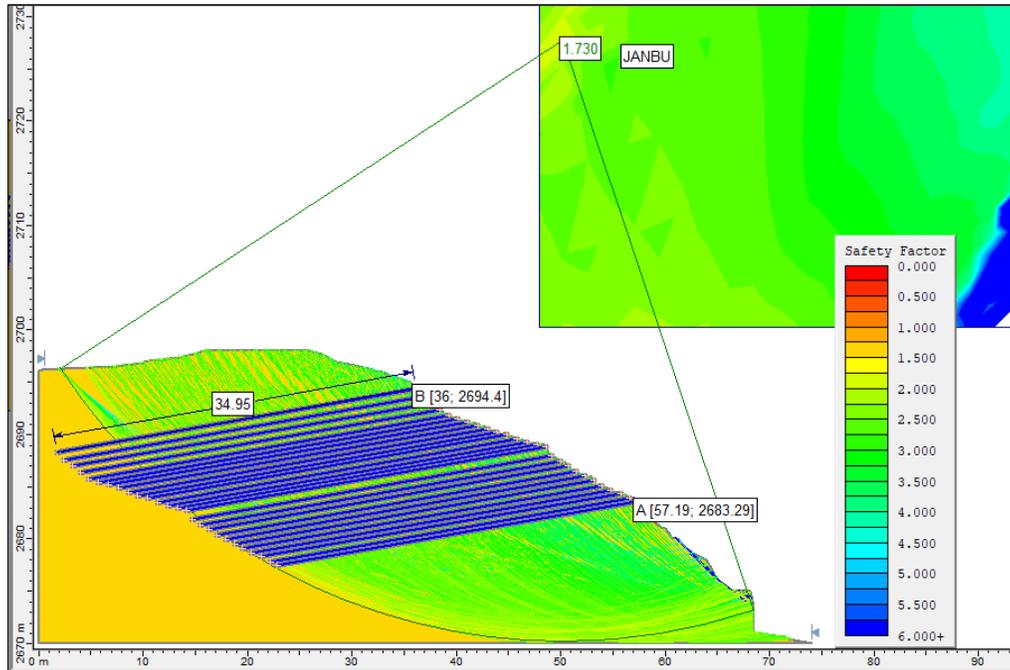


Tabla 20

Factores de seguridad (Fs) de la sección transversal 04 aplicando el sistema Soil Nailing

Método	Fs	Promedio	RNE fs >1.50	Variación porcentual
Fellenius	1.840		Estable	
Bishop	1.816	1.795	Estable	119.69%
Janbu	1.730		Estable	

Nota: De la figura 44, 45, 46 y de la tabla 20 se muestra que en promedio el valor del factor de seguridad es 1.795, en esa misma línea el RNE menciona que “el factor de seguridad del talud para ser considerado estable debe ser mayor a 1.5”, podemos afirmar que la sección transversal 4 es estable debido a que $F_s = 1.795 > 1.5$. Además, la variación porcentual del fs obtenido en comparación a lo que exige el RNE es de 119.69%, lo cual muestra que presenta un alto grado de estabilidad.

Evaluación de la estabilidad aplicando el sistema Soil Nailing de la sección 5 del talud

Con los datos obtenidos de las propiedades se procedió a realizar un predimensionamiento de las dimensiones del sistema Soil Nailing de la sección 5 (ver anexo 5), de forma resumida se presenta en la tabla 14, posterior a ello se introdujo dichas propiedades en el software Slide V.5 donde se consideró para el análisis de estabilidad los siguientes métodos: Bishop, Fellenius, Janbu.

Figura 47

Inserción de propiedades del Nailing al software Slide de la sección 5

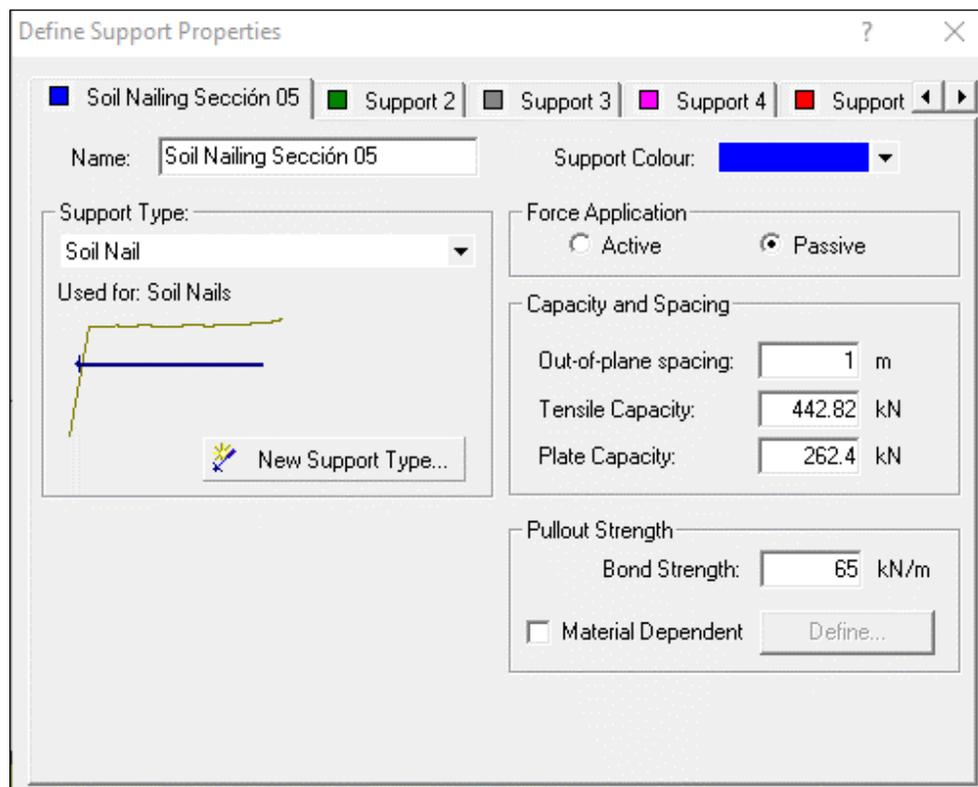


Figura 48

Estimación del factor de seguridad con el método Fellenius aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 5

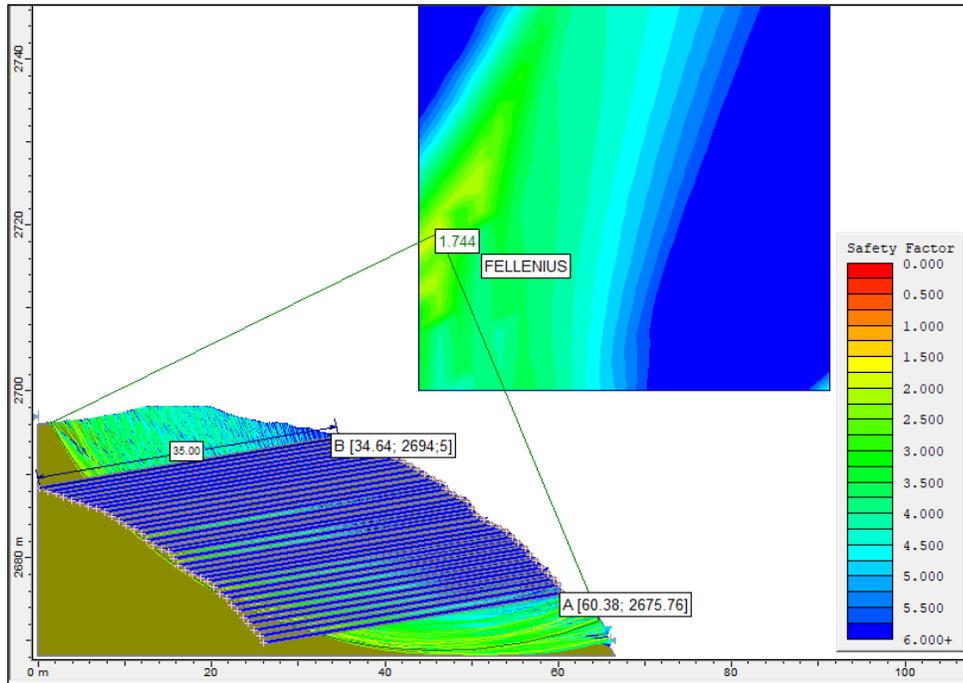


Figura 49

Estimación del factor de seguridad con el método Bishop aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 5

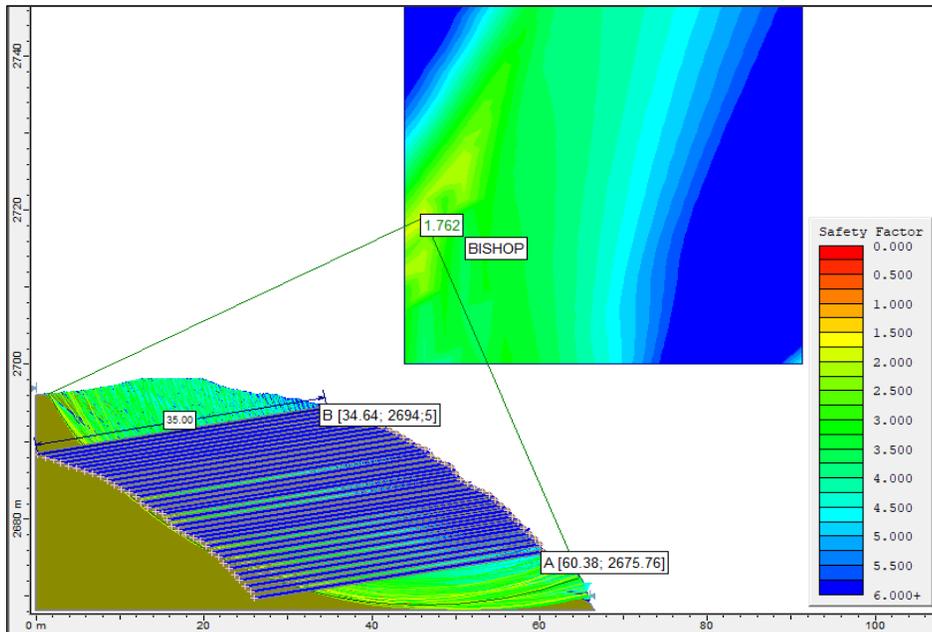


Figura 50

Estimación del factor de seguridad con el método Janbu aplicando el sistema Soil Nailing a la sección 5

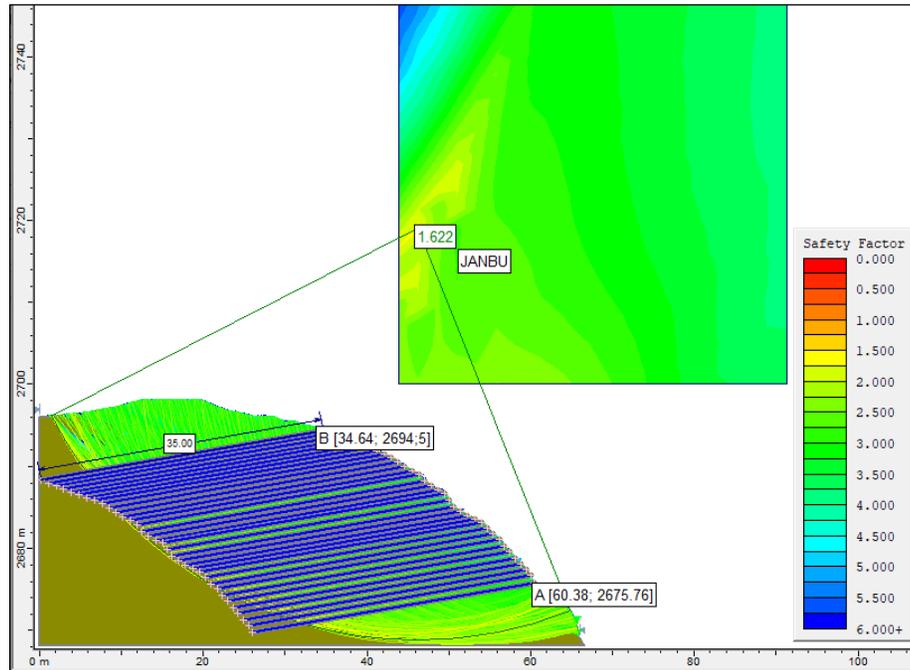


Tabla 21

Factores de seguridad (Fs) de la sección transversal 04 aplicando el sistema Soil Nailing

Método	Fs	Promedio	RNE fs >1.50	Variación porcentual
Fellenius	1.744		Estable	
Bishop	1.762	1.709	Estable	113.96%
Janbu	1.622		Estable	

Nota: De la figura 48, 49, 50 y de la tabla 21 se muestra que en promedio el valor del factor de seguridad es 1.709, en esa misma línea el RNE menciona que “el factor de seguridad del talud para ser considerado estable debe ser mayor a 1.5”, podemos afirmar que la sección transversal 5 es estable debido a que $F_s = 1.709 > 1.5$. Además, la variación porcentual del fs obtenido en comparación a lo que exige el RNE es de 113.96%, lo cual muestra que presenta un alto grado de estabilidad.

IV. DISCUSIÓN

La aplicación del sistema Soil Nailing para estabilizar los taludes de la carretera Obrajillo – Acocha y Huaco valida la hipótesis establecida en esta investigación; en ese sentido permitió estabilizar el talud con el sistema Soil Nailing, el mismo que con los métodos de Fellenius, Bishop y Jambu se obtuvieron los factores de seguridad en 1.744, 1762 y 1.622 respectivamente; teniendo un promedio del factor de seguridad en 1.709.

En la tabla 2, el ensayo de clasificación de suelos nos permitió caracterizar el tipo de suelo predominante correspondiente a los taludes de la carretera Obrajillo-Acochaca y Huacos, donde el tipo de suelos según la clasificación SUCS es SC y según la clasificación AASHTO es un A-2-6(0), es decir es una arena arcillosa con grava. También, en la tabla 5, el RNE. CE0.20, menciona que un factor a considerar en el análisis de estabilidad de taludes es la topografía, debido a ello caracterizamos la topografía de la sección transversal 2, tal como se detalla en la figura 12 y tabla 5, como podemos apreciar está presenta una pendiente mínima de 10° y una pendiente máxima de 73° , la elevada pendiente incrementa su nivel de inestabilidad. De la figura 16, 17, 18 y de la tabla 9 se aprecia que en promedio el valor del factor de seguridad es 0.889, y si consideramos lo que menciona el Reglamento Nacional de Edificación CE0.20, Art.7.1.1 “el factor de seguridad del talud para ser considerado estable debe ser mayor 1.5”, podemos afirmar que la sección transversal 1 es inestable debido a que $FS = 0.889 < 1.5$. Además, la variación porcentual del FS obtenido en comparación a lo que exige el RNE es de 59.24%. Además, de la figura 48, 49, 50 y de la tabla 21 se muestra que en promedio el valor del factor de seguridad es 1.709, en esa misma línea el RNE menciona que “el factor de seguridad del talud para ser considerado estable debe ser mayor a 1.5”, podemos afirmar que la sección transversal 5 es estable debido a que $FS = 1.709 > 1.5$. Además, la variación porcentual del fs obtenido en comparación a lo que exige el RNE es de 113.96%, lo cual muestra que presenta un alto grado de estabilidad.

Jyothi & Krishna (2022) en su investigación Performance of Soil Nailing for Slope Stabilization - A Review, tuvo como objetivo revisar los mecanismos del sistema Soil Nailing, su proceso de edificación y analizar el comportamiento de falla de las uñas del suelo; en donde la pendiente del suelo se reforzó con barras de acero corrugadas de alta resistencia, y las pendientes de los clavos fueron 10° , 20° y 30° , 40° , y el espacio entre clavos fue de 0,5 m y 1,5 m, esto concuerda con la investigación debido a que se han utilizado para cada sección

pendientes variables en el orden de 15°, 24°, 59°, 40°, 72°, 54°, 65°, 62°, 80° y 61° el espacio entre clavos fue de 1 m.

Shamsan, Harahap & Babangida (2017), en su investigación *A Typical Design of Soil Nailing System for Stabilizing a Soil Slope: Case Study*, tuvo como objetivo revisar los mecanismos del sistema Soil Nailing en cuanto a la pendiente, esparcimiento y longitud para establecer los datos más adecuado para la estabilización efectiva de la pendiente del suelo, para ello empleó seis taludes, cuyas pendientes son de 30°, 40°, 45°, 60°, 70° y 90° y el espaciado entre clavos fue de 1 a 2 m; esto concuerda con la investigación debido a que se han utilizado para cada sección pendientes variables en el orden de 15°, 24°, 59°, 40°, 72°, 54°, 65°, 62°, 80° y 61° el espacio entre clavos fue de 1 m.

Phan & Gui (2019), en su investigación *Soil Nailing Behaviour for Slope Stabilization: A Case Study*, determinó el ángulo de pendiente ideal en 30°; además el círculo de deslizamiento de la inclinación natural adquirido del análisis PLAXIS, el parámetro de seguridad respectivo es 0.84, que es inferior que el requerido 1.3, según lo recomendado por la Norma Británica; en ese sentido es acorde con los factores de seguridad calculados en esta investigación no considerando la estabilización con el sistema Soil Nailing, en donde se obtuvieron los factores de seguridad con los métodos de equilibrio límite de Fellenius, Bishop y Jambu en 0.873, 0.899 y 0.859 respectivamente.

La estimación de los parámetros del suelo inició desde la ubicación estratégica de las calicatas, seguido de ello se excavó y se efectuó la extracción de la muestra de suelo, para luego llevarla al laboratorio donde se efectuó ensayo de clasificación de suelos y el ensayo de corte directo para lo cual se consideró los lineamientos de las normas ASTM D2216, ASTM D4318; ASTM D6913; ASTM D2487; ASTM D3282 y ASTM D3080, confirman el respaldo teórico del antecedente nacional que se ha empleado en la presente investigación, teniendo a Mendoza (2016), en su investigación titulada “Análisis de Estabilidad de Taludes de Suelos de gran Altura en la Mina Antapaccay”, donde para determinar los parámetros del suelo realizó estudios como humedad, peso específico, límites de consistencia, granulométricas, permeabilidad, corte directo.

La obtención de las secciones transversales de los taludes inició desde la identificación de los taludes más pronunciados, seguido de ello se planificó el levantamiento y como el lugar era agreste se optó por efectuar el levantamiento mediante el Dron, ya en gabinete se procesó

los datos el software Agisoft, seguido de ello se obtuvo las curvas de nivel en el software ArcGis, para finalmente convertir los puntos en secciones transversales mediante el software AutoCAD, confirman el respaldo teórico del antecedente nacional que se usó en esta investigación, teniendo a Pozo (2021), en su investigación titulada “Propuesta del sistema Vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del AA.HH. La Florida en la ciudad de Huánuco-2019”, donde para estimar las secciones transversales del talud se apoyó del levantamiento topográfico con Dron mediante la fotogrametría.

En la evaluación de la estabilidad del talud se consideró el método del equilibrio límite y se calculó el factor de seguridad por los métodos de Fellenius, Bishop y Janbu, y se respalda en el antecedente teórico de Mendo (2018), quienes mencionan recomiendan para el análisis de la estabilidad los métodos Fellenius, Bishop y Janbu debido que al realizar el cálculo de los factores de seguridad por los métodos de Morgenstern Price y Spencer se obtienen resultados casi similares.

Al realizar el análisis de la situación actual de la estabilidad de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos se obtuvo que las 5 secciones transversales de los taludes son inestables donde el mínimo valor del factor de seguridad fue de 0.757 y el máximo 0.926 en todos los casos es menor a lo exigido por la norma <1.5 . Por su parte Ojeda (2019) en su investigación titulada “Estabilización de taludes a través de pernos de anclaje en la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Mollepata - Pallasca” obtuvo que de las 6 secciones transversales analizadas 4 son inestables. Lo hallado corrobora lo inestables que son los taludes del Perú, lo cual tiene explicación en la topografía variada y agreste que presenta nuestro país.

Al estabilizar los taludes mediante la técnica del Sistema Soil Nailing se obtuvo que en todos los casos el factor de seguridad supera lo exigido por el RNE es decir >1.5 . Donde el valor mínimo fue de 1.622 y el valor máximo fue de 1.977, es decir la aplicación del sistema Soil Nailing es efectiva, y se respalda en lo obtenido por Mendo (2018) quien en su investigación al aplicar el sistema Soil Nailing logró mejorar la estabilidad de los taludes del Megacentro comercial 30 de enero lo cual se vio reflejado en el incremento de los factores de seguridad.

El estudio de Aplicación del sistema Soil Nailing para la estabilización de taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos, Lima, tiene ciertas limitaciones debido a la falta de información teórica en inglés. Además, el método solo permite solo permite realizar en

materiales isotrópicos y el terreno es anisótropo. El software utiliza ecuaciones y cálculos complejos, que tardan en procesar los resultados en menos de una hora, por lo que requiere una computadora con un buen procesador. Esta investigación permitirá establecer criterios de investigación sobre el conocimiento del método de equilibrio límite en el rango elástico, esto permitirá la creación de nuevos estudios basados en el análisis del sistema Soil Nailing.

V. CONCLUSIONES

PRIMERA

Los ensayos de las características del suelo efectuados en el laboratorio de suelos nos dieron como resultado que el suelo del talud de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos es de tipo SC (arena arcillosa con grava) y presenta una cohesión de 0.21 kg/cm², un ángulo de fricción =13.4° y un peso específico seco 1.51 gr/cm³.

SEGUNDA

El estudio topográfico efectuado con el Dron phantom 4 pro y mediante la fotogrametría permitió caracterizar las secciones de los taludes, donde la sección 1 presenta pendientes de van desde [30°- 77°], la sección 2 presenta pendientes entre [10°-73°], la sección 3 presenta pendientes entre [17°-77°], la sección 4 presenta pendientes entre [19°-89°] y la sección 5 presenta pendientes entre [15°-80°].

TERCERA

Al efectuar el análisis de la situación actual de la estabilidad de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos se obtuvo que las 5 secciones transversales de los taludes son inestables donde el mínimo valor del factor de seguridad fue de 0.757 y el valor máximo fue de 0.926 en todos los casos es menor a lo exigido por la norma <1.5. Es decir, la situación actual de los taludes es crítica, lo cual a la larga al deslizarse generará pérdidas humanas y económicas.

CUARTA

Al efectuar el análisis de la estabilidad de los taludes mediante la aplicación de la técnica del Sistema Soil Nailing se obtuvo que en todos los casos el factor de seguridad supera lo exigido por el RNE es decir >1.5. Donde el valor mínimo fue de 1.622 y el valor máximo fue de 1.977, es decir la aplicación del sistema Soil Nailing es una buena alternativa solución frente a la inestabilidad de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos.

VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA

El Cálculo de las propiedades del suelo varían en función al tiempo debido a que con la lluvia varían el porcentaje de finos afectado su clasificación y cohesión, debido a ello se recomienda efectuar considerar estudios de suelos actualizados para cada proyecto.

SEGUNDA

El levantamiento topográfico con Dron es una excelente alternativa para zonas agrestes como los taludes, sin embargo, la precisión va a depender de cuan calibrada este el equipo, debido a ello recomendamos calibrar el Dron y emplear puntos de control en campo para así optimizar la precisión en gabinete lo cual repercutirá en obtener un resultado más afinado que refleje las condiciones del talud en análisis.

TERCERA

En esta investigación se consideró el método de equilibrio límite donde se obtuvo el factor de seguridad por los métodos Fellenius, Bishop y Janbu, se recomienda a futuros investigadores realizar un análisis por elementos finitos.

CUARTA

Al realizar la estabilización mediante el sistema Soil Nailing se obtuvo que se logra mejorar de manera considerable la estabilidad de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos, también existen otra técnicas como el uso de plantas, a futuros investigadores se recomienda combinar el sistema Soil Nailing con alguna plantación y analizar el sistema híbrido generado debido a que con el avance de la ciencia cada vez se logra obtener mejores técnicas de estabilización de taludes, lo cual a la larga repercute en la mejora de la calidad de vida de la sociedad.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación*. Caracas: Episteme.
- Baena Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación*. México: Grupo Editorial Patria.
- Borja Suarez, M. (2016). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Cadillo Garay, Y., Coaquira Poma, R., Gomez Reap, A., Medina Mori, M., & Torres Callupe, G. (2016). *Gestión de Recursos Hidricos : Reconocimiento preliminar de los subsistemas de la cuenca media de Chillón*. Lima.
- Castillo Lovatón, Z. E. (2021). *Asesoría para Elaborar una Tesis*. Lima: San Marcos.
- CDC. (12 de enero de 2018). *Centros para el Control y la prevención de enfermedades*. Obtenido de Centros para el Control y la prevención de enfermedades: <https://www.cdc.gov/es/disasters/landslides.html>
- Celigüeta, J. (2011). *Método de los Elementos Finitos para Análisis Estructural*. San Sebastian: UNICOPIA C.B.
- Cheng, F., Jiang, H., & Lou, K. (2008). *SMART STRUCTURES Innovative Systems for Seismic Response Control*. New York: Taylor & Francis.
- Hernandez Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2019). *Metodología de la Investigación_Las Rutas Cuantitativas , Cualitativas y Mixta*. Mexico: McGraw-Hill.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGrawHill.
- INDECI. (07 de setiembre de 2015). *Estado situacional de emergencia*. Obtenido de Estado situacional de emergencia: http://sinpad.indeci.gob.pe/sinpad/emergencias/Evaluacion/Reporte/rpt_eme_situacion_emergencia.asp?EmergCode=00072525&expand=1
- Jyothi Bathini, D., & Ramya Krishna, V. (2022). *Performance of Soil Nailing for Slope Stabilization - A Review*. Hyderabad: Earth and Environmental Science.
- Lazarte, C., Robinson, H., Gómez, J., Baxter, A., Cadden, A., & Berg, R. (2015). *Manual de referencia de pades de Soil Nailing*. FHWA-NHI.
- Li, G. (2021). *Introduction to the finite element method and implementation with MATLAB*. New York: TJ International. doi:10.1017/9781108559058

- Luo, H., Zhu, H., & Ikago, K. (Wuhan de 2023). Optimal design of negative-stiffness dampers for improved efficiency of structural seismic isolation. *ELSEVIER*, 68. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.106172>
- Mendo Taquire, D. A. (2018). *Análisis de estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero y propuesta de solución con el sistema Soil Nailing- Jicamarca, 2018*. Lima.
- Mendoza Loayza, J. A. (2016). *Análisis de Estabilidad de Taludes de Suelos de gran Altura en la Mina Antapaccay*. Lima.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2018). *NT E030 Diseño Sismorresistente*. Lma.
- Mundial, B. (20 de Abril de 2020). *Grupo Banco Mundial*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview>
- Ojeda Venturoso, K. J. (2019). *Estabilización de taludes a través de pernos de anclaje en la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Mollepata - Pallasca*. Huancayo.
- Pandey, A., Jaiswal, S., & Chauhan, V. B. (2020). *Estudios numéricos sobre el comportamiento de la pendiente reforzada con clavos del suelo*. Efectos del sitio local y fallas en el suelo: Seleccione Proceedings de 7th ICORAGEE.
- Phan T., T., & Gui W., M. (2019). *Soil Nailing Behaviour for Slope Stabilization: A Case Study*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- Pineda, A., & Auvinet, G. (2013). Método del elemento finito estocástico en geotecnia. Enfoque espectral. *Elsevier*, 14(1), 11-22. doi:10.1016/S1405-7743(13)72221-2
- Pozo Seguil, C. V. (2021). *Propuesta del sistema Vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del AA.HH. La Florida en la ciudad de Huánuco-2019*. Huánuco: Universidad de Huánuco.
- Rojas Sora , H. C., & Sierra Caballero , C. E. (2019). Importancia del factor social para la planeación de carreteras,. *Revista Politecnica*.
- Sánchez Carlessi, H., & Reyes Mesa, C. (2017). *Metodología y diseños en la Investigación Científica*. Lima: Business Support Aneth SRL.
- Seo, H. J., Lee, I. M., & Lee, S. W. (2014). *Optimización del diseño de clavado de suelos considerando tres modos de falla*. Ingeniería Civil.
- Shamsan Alsubal, Harahap H., I., & Babangida Muhammad, N. (2017). *A Typical Design of Soil Nailing System for Stabilizing a Soil Slope: Case Study*. Perak: Indian Journal of Science and Technology.

- Silva Quesquen, P. A. (2018). *Análisis comparativo de estabilidad de talud y propuesta de solución con muros anclados en la Carretera Las Pirias-Cajamarca, 2018*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Suarez, J. (2014). *Análisis de Estabilidad*. Análisis Geotécnico.
- Taib S., N. (2010). *Una revisión de los enfoques de diseño de Soil Nailing*. Ingeniería Civil, Ciencia y Tecnología.
- Tavera, H. (s.f.). *Instituto Geofísico del Perú*. (SGP) Recuperado el Marzo de 2023, de <https://www.sgp.org.pe/alerta-peru-un-pais-altamente-sismico/>
- Vásquez, M., & López, E. (2001). *El método de los elementos finitos aplicado al análisis estructural*. Madrid: Editorial Noela.
- Walter Iván, A. (2014). *Diseño y Desarrollo del Proyecto de Investigación*. Trujillo.
- Yang, T., Zou, J., & Pan, Q. (2020). *Estabilidad Sismica Tridimensional de Taludes Reforzados por Clavos de Suelo*. Informatica y Geotecnica.
- Yongtao, L. (2022). *Finite Element Method*. Singapore: Springer. doi:<https://doi.org/10.1007/978-981-19-3363-9>
- Zhangallimbay, D., & Ordoñez, M. (2022). Eficiencia en la producción agrícola: un análisis del efecto de la construcción de carreteras en zonas productivas del Ecuador. *Banco Central del Ecuador, Vol 32.Nº1*.

ANEXO

Anexo 1: Instrumento

Tabla 22

Puntos topográficos de la sección S1

	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO		
	Título:	Aplicación del sistema Soil Nailing para la estabilización de taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos, Lima 2023	
	Tesista:	Arturo Yupanqui Loza	
	Actividad:	Puntos topográficos de sección trazada	
P	E(m)	N(m)	Z(msnm)
01			
02			
03			
04			
05			
06			
07			
08			
09			
10			
11			
12			
13			
Pxy			

Fuente: Elaboración propia (2023)

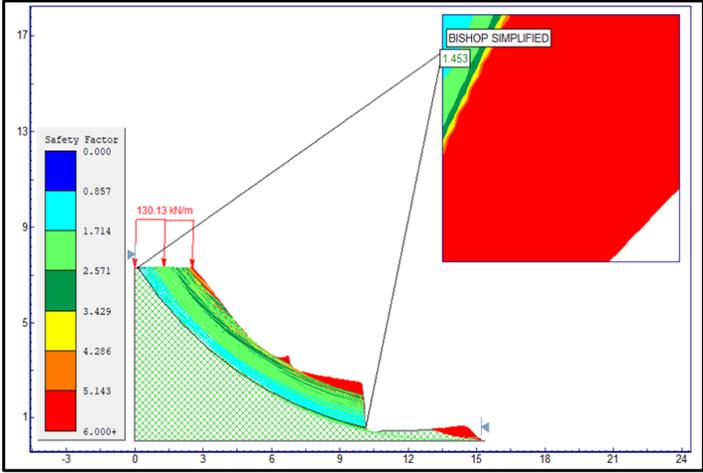
Tabla 23*Ensayo de corte directo*

		UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO		
	Proyecto:	Aplicación del sistema Soil Nailing para la estabilidad de Taludes de la Carretera Obrajillo – Acochaca y Huacos, Lima 2023		
	Tesista:	Arturo Yupanqui Loza		
	Actividad:	Estudio de suelos		
	<u>Tipos de ensayos</u>	Normativa	Calicata 01	Calicata 02
	Análisis granulométrico por tamizado	NTP 339.128		
	Limite Líquido	NTP 339.129		
	Limite Plástico	NTP 339.129		
	Contenido de humedad	NTP 339.127		
	Peso volumétrico	NTP 339.139		
	Densidad natural	ASTM D1556		
	Clasificación SUCS	NTP 339.134		
	Ensayo de corte directo	NTP 339.171		
	Sales solubles en suelos			

Fuente: Elaboración propia (2023) adaptado de Labortec

Tabla 24

Cálculo de estabilidad mediante factor de seguridad

	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO	
	PROYECTO:	Aplicación del Sistema Soil Nailing para la estabilidad de Taludes de la Carretera Obrajillo – Acochaca y Huacos, Lima 2023
	TESISTA:	Arturo Yupanqui Loza
	Sección	
Método		Equilibrio Limite
		
Valor del Factor de seguridad		
Interpretación		

Fuente: Elaboración propia (2023) adaptado de Labortec

Anexo 2: Matriz de consistencia

Tabla 25

Matriz de consistencia

APLICACIÓN DEL SISTEMA SOIL NAILING PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES DE LA CARRETERA OBRAJILLO - ACOCHACA Y HUACOS, LIMA 2024					
<p><u>Problema general</u> ¿Cómo la aplicación del sistema Soil Nailing permite la estabilización de taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos, 2024?</p> <p><u>Problemas específicos</u> ¿Cuáles son los parámetros del suelo de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos? ¿Cuál es la característica que presenta la superficie topográfica de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos?</p>	<p><u>Objetivo general</u> Aplicar el sistema Soil Nailing para la estabilización de taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos, 2024</p> <p><u>Objetivos específicos</u> Determinar los parámetros del suelo de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos. Determinar las características de las secciones de los taludes mediante el levantamiento topográfico de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos</p>	<p><u>Hipótesis general</u> La aplicación del sistema de Soil Nailing podría estabilizar los taludes de la carretera Obrajillo-Acochaca y Huacos, 2024</p> <p><u>Hipótesis específicas</u> La obtención de los parámetros del suelo permitirá caracterizar el suelo de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos. La determinación de las secciones de los taludes mediante el levantamiento con Dron permitirá caracterizar la topografía de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos.</p>	<p><u>Variable independiente</u> Soil Nailing</p> <p><u>Variable dependiente</u> Estabilidad de taludes</p>	<p><u>Dimensión</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Parámetros geotécnicos • Parámetros topográficos 	<p><u>Metodología</u> Tipo de investigación: Aplicada, correlacional Enfoque: Cuantitativo Diseño: Experimental-cuasiexperimental Población y muestra: La población estará conformada por los taludes correspondientes al tramo de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos; la muestra estará conformada por 5 cortes de taludes en perfil, estos 5 taludes serán los más representativos de los taludes correspondientes a la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos.</p>

Fuente: Elaboración propia (2022)

APLICACIÓN DEL SISTEMA SOIL NAILING PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES DE LA CARRETERA OBRAJILLO - ACOCHACA Y HUACOS, LIMA

<u>Problemas específicos</u>	<u>Objetivos específicos</u>	<u>Hipótesis específicas</u>	<u>Variable independiente</u> Soil Nailing	<u>Dimensión</u> • Parámetros geotécnicos • Parámetros topográficos	<u>Metodología</u>
<p>¿Cuál es el grado de la estabilidad de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos? ¿Cómo influye el sistema Soil Nailing en la estabilidad de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos?</p>	<p>Evaluar la estabilidad de taludes mediante el factor de seguridad de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos. Evaluar la estabilidad aplicando el sistema Soil Nailing a través del factor de seguridad de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos.</p>	<p>La evaluación de la estabilidad de los taludes mediante el factor de seguridad mostraría un grado de inestabilidad significativo de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos. La evaluación de la estabilidad mediante la aplicación del sistema Soil Nailing a través del factor de seguridad mostraría una mejora significativa en el grado de estabilidad de los taludes de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos.</p>	<p>dependiente Estabilidad de taludes</p>		<p>Tipo de investigación: Aplicada, correlacional Enfoque: Cuantitativo Diseño: Experimental- cuasiexperimental Población y muestra: La población estará conformada por los taludes correspondientes al tramo de la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos; la muestra estará conformada por 5 cortes de taludes en perfil, estos 5 taludes serán los más representativos de los taludes correspondientes a la carretera Obrajillo - Acochaca y Huacos.</p>

APLICACIÓN DEL SISTEMA SOIL NAILING PARA LA ESTABILIZACION DE TALUDES MEDIANTE EL SISTEMA SOIL NAILING DE LA CARRETERA OBRAJILLO – ACOCHACA Y HUACOS LIMA					
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable	Dimensión	Metodología
<p>¿Cómo evaluar la estabilidad de los taludes de la carretera Canta - Obrajillo?</p> <p>¿Cómo influye el sistema Soil Nailing en la estabilidad de los taludes de la carretera Canta - Obrajillo?</p>	<p>Evaluar la estabilidad de los taludes en el software Slide mediante los factores de seguridad de la carretera Canta – Obrajillo.</p> <p>Evaluar la influencia del sistema Soil Nailing en la estabilidad de los taludes de carretera Canta – Obrajillo.</p>	<p>La estabilidad de los taludes se evaluaría mediante los factores de seguridad.</p> <p>La influencia del sistema Soil Nailing se calcularía mediante el software Slide v.5</p>	<p><u>Variable dependiente</u></p> <p>Estabilidad de taludes</p>	<p>• Equilibrio limite</p>	<p><u>Técnica de procesamiento de datos:</u></p> <p>Los datos obtenidos del levantamiento topográfico con Dron se procesarán en el AutoCAD donde se generarán 3 cortes de taludes en perfil. Luego los datos obtenidos del estudio de suelo junto con los cortes en perfil de los taludes se procesarán en el software Slide donde se estabilizará los taludes mediante el sistema Soil Nailing.</p>

Fuente: Elaboración propia (2023)

Anexo 3: Datos del laboratorio de estudio de mecánica de suelos



GEOCONTROL PERU S.A.C.
Y SERVICIOS
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO, BOCAS Y CONTROL DE CALIDAD

RUC 20609900327
 Cel: 963 583 788 - 933 910 417
 Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
 www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FDR-LSR-M5-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	26/1/2023

PROYECTO: APLICACIÓN DEL SISTEMA SOIL NAILING PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES DE LA CARRETERA OBRAJILLO - ACOCHACA Y HUACOS, LIMA 2023
SOLICITANTE: ARTURO YUPANQUI LOZA
UBICACIÓN: LIMA
Carrera: C-1
Medio: ...
Profundidad: 0.00 - 0.60 m **Fecha de ensayo:** 0/10/2023

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	/	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 6.5 LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Límite Líquido (LL) 39 Límite Plástico (LP) 24 Índice Plástico (IP) 15 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D6913) Grava (%) 33.7 Arena (%) 30.8 Finos (%) 35.5 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) GC Clasificación AASHTO (ASTM D3282) A-2-6 (1) Nombre del Grupo Grava arcillosa con arena
2 1/2"	63.500	100.00		
2"	50.800	100.00		
1 1/2"	38.100	100.00		
1"	25.400	87.17		
3/4"	19.050	79.08		
1/2"	12.700	77.25		
3/8"	9.530	72.93		
Nº 4	4.750	66.34		
Nº 10	2.000	59.50		
Nº 20	0.850	50.63		
Nº 40	0.430	44.93		
Nº 60	0.250	41.48		
Nº 100	0.150	37.50		
Nº 200	0.075	35.55		

DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA: ASTM 2488 GC Grava arcillosa con arena

INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:

- El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó horno a 110 ± 5 °C.
- El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a 110 ± 5 °C. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo Inorgánico.
- El método de ensayo empleado para el Límite Líquido es el Unipunto. El método de preparación es el seco a 110±5°C, además el método de secado es a horno a 110±5°C.

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohíbese la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU SAC.

Elaborado por:  Roberto R. Tapia Rodríguez TECNICO DE LABORATORIO	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP Nº 299741	Aprobado por:  José L. López García TÉCNICO DE LABORATORIO
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	201/2023

PROYECTO : APLICACIÓN DEL SISTEMA SOIL NAILING PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES DE LA CARRETERA OBRAJILLO - ACOCHACA Y HUACOS, LIMA 2023
SOLICITANTE : ARTURO YUPANQUI LOZA
UBICACIÓN : LIMA
Cantera : C-1
Materia :
Profundidad : 0.60 - 3.00 m **Fecha de ensayo:** 5/10/2023

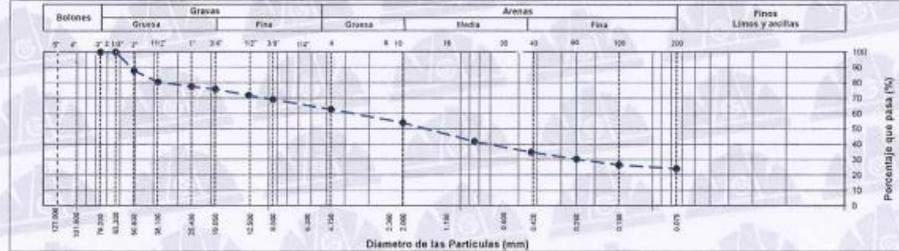
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	/	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) : 8.3 LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Límite Líquido (LL) : 35 Límite Plástico (LP) : 23 Índice Plástico (IP) : 12 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D6913) Grava (%) : 37.3 Arena (%) : 38.4 Finos (%) : 24.2 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) : SC Clasificación AASHTO (ASTM D3282) : A-2-6 (0) Nombre del Grupo Arena arcillosa con grava
2 1/2"	63.500	100.00		
2"	50.800	87.84		
1 1/2"	38.100	80.59		
1"	25.400	77.56		
3/4"	19.050	75.94		
1/2"	12.700	71.83		
3/8"	9.530	69.15		
N° 4	4.750	62.65		
N° 10	2.000	53.94		
N° 20	0.850	41.79		
N° 40	0.430	34.81		
N° 60	0.250	30.32		
N° 100	0.150	26.59		
N° 200	0.075	24.25		

DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA: ASTM 2488 SC Arena arcillosa con grava

INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:

- 1) El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó horno a 110 ± 5 °C.
- 2) El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a 110 ± 5 °C. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo inorgánico.
- 3) El método de ensayo empleado para el Límite Líquido es el Uplimito. El método de preparación es el seco a 110±5 °C, además el método de secado es a horno a 110±5 °C.

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

- * Muestra prevista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU SAC.

GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS

Elaborado por:  Katherine R. Toledo Rodriguez TEC. DE LABORATORIO	Revisado por:  Gilder Garcia Guzman INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por:  JOSÉ L. LÓPEZ GARCÍA Técnico de laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	2/01/2023

PROYECTO : APLICACIÓN DEL SISTEMA SOIL NAILING PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES DE LA CARRETERA OBRAJILLO - ACOCHACA Y HUACOS, LIMA 2023
SOLICITANTE : ARTURO YUPANQUI LOZA
UBICACIÓN : LIMA
Cantera : C-2
Material : -
Profundidad : 0.00 - 3.00 m
Fecha de ensayo: 5/10/2023

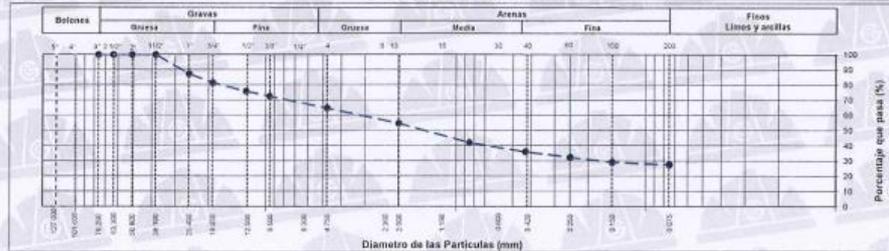
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00		<p>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) : 8.1</p> <p>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Limite Líquido (LL) : 36 Limite Plástico (LP) : 23 Indice Plástico (IP) : 13</p> <p>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D6913) Grava (%) : 35.3 Arena (%) : 37.2 Finos (%) : 27.5</p> <p>CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) : SC Clasificación AASHTO (ASTM D3282) : A-2-6 (0) Nombre del Grupo : Arena arcillosa con grava</p>
2 1/2"	63.500	100.00		
2"	50.800	100.00		
1 1/2"	38.100	100.00		
1"	25.400	87.35		
3/4"	19.050	81.47		
1/2"	12.700	75.87		
3/8"	9.530	72.55		
Nº 4	4.750	64.73		
Nº 10	2.000	54.70		
Nº 20	0.850	42.08		
Nº 40	0.430	36.08		
Nº 60	0.250	32.37		
Nº 100	0.150	29.21		
Nº 200	0.075	27.54		

DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA: ASTM 2488 SC Arena arcillosa con grava

INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:

- 1) El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó horno a 110 ± 5 °C.
- 2) El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a 110 ± 5°C. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo Inorgánico.
- 3) El método de ensayo empleado para el Limite Líquido es el Unipunto. El método de preparación es el seco a 110±5°C, además el método de secado es a horno a 110±5°C.

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU SAC.

Elaborado por: 	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por:  GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD José L. López García Técnico de Laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	2/10/2023
PROYECTO : APLICACIÓN DEL SISTEMA SOIL NAILING PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES DE LA CARRETERA OBRALLO - ACOCHACA Y HUACOS, LIMA 2023 SOLICITANTE : ARTURO YUPANQUI LOZA UBICACIÓN : LIMA Cantero : C-3 Material : -- Profundidad : 0.00 - 3.00 m		Fecha de ensayo: 5/10/2023	

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.200	100.00	/	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 4.9 LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Límite Líquido (LL) 34 Límite Plástico (LP) 22 Índice Plástico (IP) 12 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D6913) Grava (%) 33.6 Arena (%) 42.9 Finos (%) 23.5 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) SC Clasificación AASHTO (ASTM D3282) A-2-6 (0) Nombre del Grupo Arena arcillosa con grava
2 1/2"	63.500	100.00		
2"	50.800	100.00		
1 1/2"	38.100	100.00		
1"	25.400	88.93		
3/4"	19.050	87.96		
1/2"	12.700	80.36		
3/8"	9.530	75.88		
N° 4	4.750	66.35		
N° 10	2.000	55.21		
N° 20	0.850	40.50		
N° 40	0.430	33.07		
N° 60	0.250	28.82		
N° 100	0.150	25.12		
N° 200	0.075	23.46		

DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA: ASTM 2488 SC Arena arcillosa con grava

- INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:
- 1) El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó horno a 110 ± 5 °C.
 - 2) El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a 110 ± 5°C. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo inorgánico.
 - 3) El método de ensayo empleado para el Límite Líquido es el Unipunto. El método de preparación es el sacco a 110±5°C, además el método de secado es a horno a 110±5°C.

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU SAC.

GEOCONTROL PERU SAC Y SERVICIOS

Elaborado por:  Jhonny Andrés Rodríguez TEC. DE LABORATORIO	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por:  José L. López García Técnico de laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-016
		Revisión	4
		Aprobado	CC
		Fecha	2/01/2023

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D3080

REFERENCIA	: Datos de Laboratorio		
SOLICITANTE	: ARTURO YUPANGUI LOZA		
PROYECTO	: APLICACIÓN DEL SISTEMA SOIL NAILING PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES DE LA CARRETERA OBRALLO - ACCHAGA Y HUACOS, LIMA 2023		
UBICACIÓN	: (LIMA)		
CALICATA	: C-2		
MUESTRA	: -		
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 3.00 m		Fecha de ensayo: 05/10/2023

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min

ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	20.0	mm	Altura Inicial:	20.0	mm	Altura Inicial:	20.0	mm
Lado de caja:	61.8	mm	Lado de caja:	61.8	mm	Lado de caja:	61.8	mm
Area Inicial:	29.9	cm ²	Area Inicial:	29.9	cm ²	Area Inicial:	29.9	cm ²
Densidad Seca:	1.511	gr/cm ³	Densidad Seca:	1.504	gr/cm ³	Densidad Seca:	1.513	gr/cm ³
Humedad Inic.:	8.0	%	Humedad Inic.:	8.1	%	Humedad Inic.:	8.2	%
Est. Normal:	0.51	kg/cm ²	Est. Normal:	1.03	kg/cm ²	Est. Normal:	2.06	kg/cm ²
Est. Corte:	0.34	kg/cm ²	Est. Corte:	0.44	kg/cm ²	Est. Corte:	0.70	kg/cm ²

Deformación Horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (s/e)	Deformación Horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (s/e)	Deformación Horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (s/e)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	0.13	0.25	0.40	0.07	0.07	0.40	0.03	0.02
0.81	0.16	0.32	0.81	0.17	0.16	0.81	0.24	0.11
1.21	0.18	0.36	1.21	0.20	0.20	1.21	0.30	0.14
1.62	0.20	0.39	1.62	0.23	0.22	1.62	0.35	0.17
2.43	0.23	0.44	2.43	0.28	0.27	2.43	0.43	0.21
3.24	0.25	0.48	3.24	0.31	0.30	3.24	0.48	0.23
4.05	0.28	0.51	4.05	0.33	0.32	4.05	0.53	0.26
4.86	0.27	0.53	4.86	0.35	0.34	4.86	0.56	0.27
5.67	0.28	0.55	5.67	0.36	0.35	5.67	0.58	0.28
6.48	0.30	0.58	6.48	0.38	0.37	6.48	0.60	0.29
7.29	0.30	0.59	7.29	0.39	0.38	7.29	0.62	0.30
8.10	0.31	0.60	8.10	0.40	0.38	8.10	0.63	0.31
8.91	0.31	0.61	8.91	0.40	0.39	8.91	0.65	0.32
9.72	0.32	0.62	9.72	0.41	0.40	9.72	0.66	0.32
10.53	0.32	0.63	10.53	0.42	0.41	10.53	0.67	0.33
11.34	0.33	0.64	11.34	0.43	0.41	11.34	0.68	0.33
12.15	0.33	0.65	12.15	0.43	0.42	12.15	0.69	0.33
12.96	0.34	0.66	12.96	0.43	0.42	12.96	0.69	0.34
13.77	0.34	0.66	13.77	0.44	0.42	13.77	0.70	0.34
14.57	0.34	0.66	14.57	0.44	0.42	14.57	0.70	0.34
15.38	0.34	0.66	15.38	0.44	0.43	15.38	0.70	0.34
16.19	0.34	0.66	16.19	0.44	0.42	16.19	0.70	0.34

OBSERVACIONES:
Muestra remodelada a una densidad estándar, usando material pasante de la malla N°4.
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS

Elaborado por:  ENSAYO DE MATERIALES Karla Rodríguez TÉC. DE LABORATORIO	Revisado por:  GILDER GARCÍA GUZMÁN INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por:  JOSÉ L. LÓPEZ GARCÍA Técnico de Laboratorio
---	--	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	4
		Aprobado	CC
		Fecha	2/01/2023

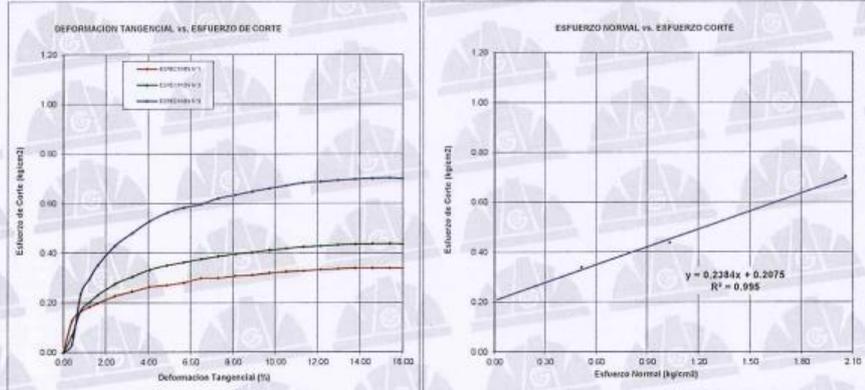
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D3080

REFERENCIA	: Dato de Laboratorio
SOLICITANTE	: ARTURO YUPANQUI LOZA
PROYECTO	: APLICACIÓN DEL SISTEMA SOIL NAILING PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES DE LA CARRETERA OBRAJILLO - ACCOCHACA Y HUACOS, LIMA 2023
UBICACIÓN	: LIMA
CALICATA	: C-2
MUESTRA	: ---
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 3.00 m

Fecha de ensayo: 06/10/2023

ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D3080

VELOCIDAD DE CORTE : 0.5 mm/min



Resultados:
Cohesión (k) : 0.21 kg/cm²
Ángulo de fricción (φ) : 13.4°

OBSERVACIONES:
Muestra remoldeada a una densidad estándar, usando material pasante de la malla N°4.
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

Elaborado por:  ARTHUR YUPANQUI LOZA INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Revisado por:  GILDER GARCÍA GILMÁN INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por:  JOSÉ L. LÓPEZ GARCÍA TÉCNICO DE LABORATORIO
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

Anexo 4: Datos del levantamiento con Drone

SECCION 01							
0.00	2696.00	24.21	2692.00	41.05	2685.00	54.44	2675.88
2.33	2696.24	24.31	2691.95	41.34	2684.38	54.47	2675.88
3.50	2696.35	24.37	2691.90	41.42	2684.27	54.57	2675.84
4.37	2696.46	24.89	2691.50	41.47	2684.00	54.78	2675.74
4.76	2696.51	25.13	2691.37	41.94	2683.27	55.42	2675.41
5.91	2696.64	25.37	2691.19	42.11	2683.00	55.98	2675.04
7.79	2697.00	25.64	2691.00	42.29	2682.28	56.04	2675.00
8.02	2697.00	25.84	2690.88	42.37	2682.00	56.34	2674.41
8.37	2697.00	26.34	2690.62	42.40	2681.94	56.54	2674.00
8.79	2697.00	26.48	2690.58	42.51	2681.83	56.56	2674.00
9.11	2697.00	26.63	2690.49	42.90	2681.46	56.59	2674.00
9.16	2697.00	27.38	2690.18	43.05	2681.32	56.80	2674.00
9.40	2697.00	27.55	2690.08	43.61	2681.00	57.07	2674.00
10.51	2697.60	27.68	2690.00	43.88	2680.88	57.11	2674.00
10.96	2698.00	27.71	2690.00	43.93	2680.88	57.89	2674.38
11.16	2698.00	27.81	2689.93	44.36	2680.96	59.44	2674.89
11.35	2698.00	28.32	2689.77	44.46	2681.00	59.52	2674.86
11.57	2698.00	28.74	2689.85	44.76	2681.13	59.78	2674.91
11.89	2698.00	28.83	2689.82	45.18	2681.13	59.82	2674.90
12.17	2698.00	29.36	2689.87	45.40	2681.00	59.92	2674.81
12.45	2698.00	29.65	2689.94	45.45	2680.96	60.19	2674.62
12.94	2698.00	29.74	2689.92	45.48	2680.94	60.73	2674.45
13.45	2698.00	30.05	2689.72	45.80	2680.60	60.86	2674.33
13.51	2698.00	30.20	2689.65	46.05	2680.52	61.00	2674.19
13.57	2697.87	30.70	2689.50	46.17	2680.52	61.49	2674.00
13.66	2697.77	31.09	2689.50	46.73	2680.20	61.69	2673.91
14.33	2697.00	31.34	2689.43	46.83	2680.14	61.76	2673.86
14.41	2697.00	31.50	2689.51	46.85	2680.13	61.83	2673.74
14.74	2697.08	32.09	2689.19	46.90	2680.10	62.05	2673.50
14.94	2697.05	32.12	2689.18	47.08	2680.10	62.42	2673.00
15.33	2697.00	32.21	2689.11	47.12	2680.09	62.42	2672.98
16.66	2697.00	32.34	2689.00	47.25	2680.00	62.50	2672.00
16.68	2697.00	33.04	2689.00	47.65	2679.60	62.54	2671.97
16.70	2697.00	33.10	2689.00	47.90	2679.48	62.95	2671.86
17.28	2697.00	33.60	2689.00	48.08	2679.34	63.00	2671.80
17.53	2696.79	33.99	2689.00	48.20	2679.44	63.12	2671.65
17.73	2696.55	34.97	2689.00	48.31	2679.49	63.22	2671.49
17.86	2696.57	35.09	2689.00	48.53	2679.20	63.50	2671.00
18.11	2696.59	35.13	2689.00	48.69	2679.29	63.68	2670.30
18.25	2696.44	35.25	2689.00	48.84	2679.24	63.88	2670.16
18.79	2696.06	35.80	2688.19	49.02	2679.18	64.04	2670.00
18.82	2696.02	35.85	2688.16	49.08	2679.00	64.19	2669.35
18.85	2696.00	35.92	2688.15	49.35	2678.34	64.24	2669.00
18.91	2696.00	36.10	2688.00	49.43	2678.27	64.28	2668.85
19.06	2695.80	36.29	2687.77	49.49	2678.00	64.42	2668.46
19.27	2695.22	36.43	2687.80	49.64	2677.69	64.48	2668.17
19.33	2695.00	36.68	2687.55	49.71	2677.74	64.52	2668.00
19.76	2694.45	36.97	2687.14	49.88	2677.53	64.63	2667.65
19.95	2694.26	37.03	2687.11	50.14	2677.53	64.71	2667.30
20.61	2694.00	37.27	2687.17	50.34	2677.65	64.78	2667.00
20.69	2694.00	37.31	2687.11	50.88	2677.28	65.52	2667.00
20.74	2694.00	38.13	2687.00	50.97	2677.23	69.42	2666.71
20.87	2694.00	38.58	2687.00	51.03	2677.16	69.58	2666.62
21.35	2693.73	38.90	2687.00	51.09	2677.11	69.94	2667.00
21.54	2693.62	39.00	2686.84	51.11	2677.10	69.95	2667.00
21.90	2693.55	39.14	2686.72	51.54	2677.17	70.03	2667.00
22.18	2693.31	39.87	2686.00	51.72	2677.15	70.10	2667.00
22.40	2693.00	39.92	2685.91	51.80	2677.11	70.21	2667.00
22.53	2692.89	39.98	2685.86	52.23	2677.00	70.48	2667.00
22.60	2692.85	40.38	2686.00	52.72	2677.00	70.86	2667.00
22.93	2692.60	40.40	2686.01	52.90	2677.00	70.87	2667.00
23.55	2692.19	40.41	2686.01	53.00	2677.00	70.96	2666.94
23.65	2692.16	40.42	2686.00	53.09	2676.86	72.20	2666.00
23.70	2692.18	40.79	2685.72	53.27	2676.45		
23.86	2692.18	40.96	2685.25	53.73	2676.00		

SECCIÓN 02

Indice	X	Z									
0	0	2696.02	41	20.18	2696.27	81	31.96	2691.00	121	41.02	2680.08
1	1.73	2696.27	42	20.46	2696.23	82	32.10	2690.97	122	41.06	2680.00
2	1.92	2696.27	43	20.90	2696.31	83	32.12	2690.95	123	41.69	2679.49
3	3.01	2696.24	44	21.25	2696.29	84	32.53	2690.88	124	42.24	2679.03
4	3.56	2696.22	45	21.36	2696.30	85	32.62	2690.87	125	42.28	2679.00
5	3.84	2696.22	46	22.56	2696.38	86	32.75	2690.69	126	42.72	2678.13
6	4.02	2696.23	47	22.72	2696.40	87	32.81	2690.57	127	42.82	2678.00
7	5.24	2696.20	48	23.65	2696.31	88	33.11	2690.16	128	43.29	2677.50
8	6.28	2696.17	49	23.93	2696.30	89	33.18	2690.05	129	43.54	2677.00
9	6.54	2696.17	50	23.99	2696.30	90	33.23	2690.00	130	43.71	2676.68
10	6.62	2696.16	51	24.26	2696.27	91	33.27	2690.00	131	43.98	2676.27
11	8.26	2696.12	52	24.43	2696.26	92	33.36	2690.00	132	44.38	2676.07
12	8.81	2696.16	53	26.44	2696.00	93	33.44	2690.00	133	44.46	2676.00
13	9.85	2696.11	54	26.44	2696.00	94	33.45	2689.97	134	45.71	2675.50
14	9.92	2696.12	55	26.45	2696.00	95	33.54	2689.80	135	46.22	2675.25
15	10.68	2696.12	56	26.45	2696.00	96	33.63	2689.73	136	46.92	2675.00
16	10.86	2696.15	57	27.30	2695.85	97	34.13	2689.00	137	46.92	2674.97
17	11.71	2696.17	58	27.37	2695.83	98	34.37	2688.72	138	47.07	2674.65
18	12.75	2696.12	59	27.63	2695.68	99	34.49	2688.69	139	47.36	2674.11
19	12.83	2696.12	60	27.96	2695.42	100	34.79	2688.50	140	47.40	2674.00
20	12.98	2696.12	61	28.26	2695.28	101	35.39	2688.00	141	47.62	2673.03
21	13.86	2696.20	62	28.48	2695.21	102	35.73	2687.40	142	47.63	2673.00
22	15.28	2696.09	63	28.81	2695.18	103	35.89	2687.17	143	47.76	2673.00
23	15.39	2696.10	64	29.40	2695.01	104	36.34	2687.17	144	47.81	2673.00
24	15.51	2696.14	65	29.42	2695.01	105	36.57	2687.03	145	48.08	2673.00
25	15.79	2696.36	66	29.42	2695.01	106	36.60	2687.00	146	49.02	2673.00
26	16.15	2696.20	67	29.45	2695.00	107	36.84	2686.54	147	49.35	2673.00
27	16.37	2696.70	68	29.52	2695.00	108	37.13	2686.00	148	50.10	2673.00
28	16.52	2696.91	69	29.72	2694.92	109	37.29	2685.80	149	50.91	2673.00
29	16.58	2697.00	70	30.15	2694.00	110	37.95	2685.00	150	51.05	2673.00
30	17.04	2697.00	71	30.23	2693.77	111	38.40	2684.35	151	52.10	2673.00
31	17.24	2696.79	72	30.51	2693.01	112	38.63	2684.00	152	52.47	2673.00
32	17.35	2696.81	73	30.51	2693.00	113	38.71	2683.81	153	53.18	2673.00
33	17.64	2696.50	74	30.51	2693.00	114	39.01	2683.25	154	53.21	2673.00
34	17.78	2696.42	75	30.52	2692.99	115	39.13	2683.00	155	53.50	2673.00
35	18.16	2696.38	76	30.84	2692.00	116	39.15	2682.94	156	53.71	2673.00
36	18.35	2696.40	77	30.93	2691.83	117	39.63	2682.00	157	54.40	2673.00
37	18.80	2696.48	78	31.06	2691.66	118	39.99	2681.31			
38	19.55	2696.36	79	31.28	2691.29	119	40.28	2681.02			
39	19.68	2696.34	80	31.79	2691.00	120	40.29	2681.00			
40	19.82	2696.32									

SECCIÓN 03

Indice	X	Z	Indice	X	Z	Indice	X	Z
0	0.00	2696.52	51	23.88	2697.79	101	40.79	2686.79
1	0.16	2696.55	52	24.19	2697.76	102	41.15	2686.59
2	0.28	2696.55	53	25.06	2697.63	103	41.78	2686.00
3	0.90	2696.55	54	25.68	2697.42	104	41.88	2685.82
4	2.15	2696.53	55	26.50	2697.00	105	42.18	2685.41
5	2.84	2696.56	56	26.51	2697.00	106	42.37	2685.00
6	3.31	2696.60	57	26.59	2697.00	107	42.49	2685.00
7	3.95	2696.59	58	26.75	2697.00	108	42.49	2685.00
8	4.46	2696.59	59	27.75	2696.75	109	42.49	2685.00
9	5.39	2696.62	60	28.18	2696.66	110	42.88	2684.53
10	5.69	2696.62	61	29.24	2696.42	111	42.99	2684.51
11	6.41	2696.62	62	29.65	2696.34	112	43.57	2684.00
12	9.50	2696.94	63	31.24	2696.00	113	43.72	2683.74
13	9.58	2696.94	64	31.25	2696.00	114	44.00	2683.21
14	9.88	2697.00	65	31.28	2696.00	115	44.10	2683.11
15	9.94	2697.00	66	31.34	2696.00	116	44.14	2683.00
16	10.15	2697.00	67	31.65	2695.76	117	44.41	2682.66
17	11.24	2697.23	68	32.43	2695.34	118	44.56	2682.47
18	12.43	2697.33	69	33.12	2695.00	119	44.70	2682.00
19	12.83	2697.34	70	33.35	2694.52	120	44.89	2681.52
20	12.93	2697.34	71	33.51	2694.00	121	45.21	2681.00
21	14.99	2697.74	72	33.88	2693.55	122	45.67	2680.56
22	15.29	2697.79	73	34.12	2693.33	123	45.89	2680.49
23	15.39	2697.80	74	34.40	2693.00	124	46.23	2680.47
24	15.94	2698.00	75	34.97	2692.17	125	46.35	2680.37
25	16.43	2698.00	76	35.22	2692.00	126	46.67	2680.38
26	16.61	2698.00	77	35.32	2692.00	127	46.87	2680.35
27	16.71	2698.00	78	35.51	2691.89	128	47.26	2680.26
28	16.80	2698.00	79	35.65	2691.84	129	47.42	2680.19
29	17.04	2698.00	80	36.90	2691.00	130	47.72	2680.00
30	17.32	2698.00	81	37.00	2691.00	131	48.43	2679.44
31	17.72	2698.00	82	37.32	2691.00	132	48.75	2679.00
32	17.87	2698.00	83	37.48	2691.00	133	48.77	2679.00
33	18.03	2698.00	84	37.81	2690.70	134	49.05	2678.69
34	18.12	2698.00	85	37.91	2690.59	135	49.47	2678.35
35	18.16	2698.00	86	38.55	2690.00	136	49.63	2678.00
36	18.46	2698.00	87	38.65	2689.76	137	49.68	2678.00
37	18.61	2698.00	88	38.88	2689.50	138	49.88	2678.00
38	18.87	2698.00	89	39.13	2689.11	139	49.95	2678.00
39	18.87	2698.00	90	39.17	2689.00	140	50.04	2677.88
40	19.02	2698.00	91	39.27	2688.11	141	50.15	2677.77
41	19.04	2698.00	92	39.31	2688.00	142	50.89	2677.00
42	19.61	2698.00	93	39.36	2688.00	143	50.91	2676.97
43	19.65	2698.00	94	39.68	2687.90	144	50.94	2676.95
44	20.84	2697.78	95	39.77	2687.80	145	51.44	2676.90
45	22.54	2697.86	96	39.80	2687.74	146	51.46	2676.90
46	22.64	2697.86	97	40.43	2687.00	147	51.78	2676.68
47	22.93	2697.83	98	40.45	2687.00	148	51.99	2676.64
48	23.44	2697.86	99	40.46	2687.00	149	52.30	2676.68
49	23.58	2697.84	100	40.57	2687.00	150	52.72	2676.71
50	23.63	2697.82						

Página 1

SECCIÓN 04

Indice	X	Z									
0	0	2696.12	50	25.56	2698.00	100	44.99	2689.91	150	59.11	2681.57
1	0.37	2696.20	51	25.93	2698.00	101	45.19	2689.84	151	59.74	2681.00
2	0.58	2696.21	52	26.65	2697.77	102	45.30	2689.79	152	60.06	2681.00
3	1.63	2696.23	53	27.00	2697.70	103	45.82	2689.57	153	60.52	2680.27
4	2.16	2696.23	54	27.30	2697.60	104	46.20	2689.44	154	60.63	2680.00
5	2.49	2696.26	55	28.26	2697.03	105	46.39	2689.39	155	60.65	2680.00
6	2.72	2696.28	56	28.29	2697.00	106	46.80	2689.19	156	60.82	2680.00
7	3.90	2696.31	57	28.30	2697.00	107	47.15	2689.16	157	61.12	2680.00
8	4.75	2696.33	58	28.44	2696.97	108	47.78	2689.00	158	61.23	2680.00
9	5.29	2696.36	59	30.14	2696.56	109	48.14	2689.00	159	61.78	2679.43
10	5.48	2696.37	60	31.91	2696.20	110	48.36	2689.00	160	62.16	2679.00
11	6.67	2696.41	61	32.37	2696.00	111	48.42	2689.00	161	62.82	2678.56
12	9.03	2696.72	62	32.71	2696.00	112	48.45	2689.00	162	63.85	2678.00
13	9.43	2696.74	63	32.75	2696.00	113	48.95	2688.12	163	63.91	2678.00
14	9.98	2696.87	64	32.80	2696.00	114	49.01	2688.01	164	63.94	2677.93
15	10.11	2696.88	65	32.97	2696.00	115	49.03	2688.00	165	64.48	2677.00
16	10.62	2697.00	66	33.63	2695.63	116	49.06	2688.00	166	64.81	2676.42
17	10.72	2697.00	67	33.87	2695.57	117	49.87	2687.55	167	65.14	2676.00
18	10.80	2697.00	68	35.54	2695.00	118	49.95	2687.37	168	65.21	2676.00
19	11.10	2697.07	69	35.55	2695.00	119	50.25	2687.40	169	65.85	2675.50
20	12.61	2697.27	70	35.57	2694.97	120	50.67	2687.00	170	66.36	2675.00
21	13.04	2697.31	71	35.60	2694.95	121	50.86	2687.00	171	67.30	2675.00
22	13.14	2697.31	72	35.63	2694.90	122	50.98	2686.65	172	67.39	2675.00
23	15.99	2698.00	73	36.10	2694.42	123	51.40	2686.49	173	67.92	2675.00
24	16.01	2698.00	74	36.17	2694.31	124	52.08	2686.00	174	68.17	2675.00
25	16.01	2698.00	75	36.50	2694.00	125	52.08	2686.00	175	68.30	2674.52
26	16.53	2698.00	76	36.97	2693.47	126	52.08	2686.00	176	68.41	2674.00
27	16.95	2698.00	77	37.68	2693.00	127	52.08	2686.00	177	68.43	2673.53
28	17.33	2698.00	78	37.85	2692.93	128	52.93	2685.88	178	68.45	2673.00
29	17.93	2698.00	79	37.95	2692.84	129	52.98	2685.86	179	68.46	2672.40
30	18.10	2698.00	80	38.15	2692.64	130	53.14	2685.64	180	68.47	2672.00
31	18.29	2698.00	81	38.81	2692.00	131	53.45	2685.18	181	68.48	2671.41
32	18.34	2698.00	82	38.86	2692.00	132	53.51	2685.12	182	68.49	2671.00
33	20.30	2698.00	83	38.96	2691.93	133	54.13	2685.08	183	68.53	2671.00
34	20.89	2698.00	84	39.06	2691.89	134	54.24	2685.00	184	68.54	2671.00
35	21.05	2698.00	85	40.21	2691.44	135	55.01	2684.56	185	68.64	2670.93
36	21.32	2698.00	86	40.36	2691.41	136	55.29	2684.46	186	70.16	2670.70
37	21.32	2698.00	87	41.18	2691.19	137	55.91	2684.31	187	72.35	2670.29
38	21.36	2698.00	88	41.41	2691.14	138	56.51	2684.00	188	74.04	2670.00
39	21.70	2698.00	89	41.77	2691.00	139	56.60	2683.83	189	74.15	2670.00
40	21.78	2698.00	90	41.86	2691.00	140	56.67	2683.82	190	74.23	2670.00
41	21.84	2698.00	91	42.17	2690.82	141	56.99	2683.99			
42	23.48	2698.00	92	42.64	2690.68	142	56.99	2683.98			
43	23.74	2698.00	93	43.25	2690.43	143	57.12	2683.80			
44	24.19	2698.00	94	43.47	2690.30	144	57.33	2683.40			
45	24.62	2698.00	95	44.02	2690.10	145	57.53	2683.00			
46	24.81	2698.00	96	44.14	2690.05	146	57.77	2682.84			
47	25.00	2698.00	97	44.39	2690.00	147	58.07	2682.81			
48	25.10	2698.00	98	44.64	2689.94	148	58.19	2682.76			
49	25.50	2698.00	99	44.93	2689.92	149	58.67	2682.00			

SECCIÓN 05

Indice	X	Z	Indice	X	Z	Indice	X	Z
0	0.00	2696.00	51	27.27	2696.00	102	55.05	2682.00
1	1.90	2696.14	52	27.35	2696.00	103	55.61	2681.52
2	3.06	2696.22	53	27.44	2696.00	104	56.23	2681.00
3	3.49	2696.27	54	27.51	2696.00	105	56.41	2680.72
4	3.66	2696.28	55	27.61	2696.00	106	56.95	2680.00
5	5.14	2696.40	56	28.02	2696.00	107	57.39	2679.65
6	8.56	2697.00	57	28.11	2696.00	108	58.01	2679.00
7	8.58	2697.00	58	28.25	2696.00	109	58.17	2678.51
8	8.66	2697.00	59	28.55	2696.00	110	58.41	2678.38
9	8.71	2697.00	60	29.98	2695.31	111	58.83	2678.00
10	8.76	2697.00	61	31.17	2695.44	112	59.04	2677.78
11	8.80	2697.00	62	31.67	2695.17	113	59.22	2677.59
12	12.24	2697.93	63	31.73	2695.19	114	59.66	2677.00
13	12.38	2697.96	64	32.16	2695.00	115	59.85	2677.00
14	12.40	2697.96	65	32.66	2694.87	116	60.06	2676.53
15	12.76	2697.99	66	32.71	2694.88	117	60.29	2676.00
16	12.79	2698.00	67	32.86	2694.90	118	60.57	2675.39
17	12.79	2698.00	68	34.16	2694.50	119	60.75	2675.00
18	13.77	2698.00	69	35.56	2694.00	120	60.86	2675.00
19	13.80	2698.00	70	35.61	2694.00	121	61.37	2674.78
20	15.85	2698.00	71	35.65	2694.00	122	62.35	2674.63
21	15.86	2698.00	72	36.48	2693.63	123	62.76	2674.37
22	15.94	2698.00	73	38.05	2693.00	124	62.84	2674.35
23	16.00	2698.00	74	38.11	2693.00	125	63.42	2674.09
24	16.26	2698.00	75	39.14	2692.61	126	63.55	2674.00
25	16.32	2698.00	76	40.89	2692.00	127	64.07	2673.00
26	16.46	2698.00	77	42.03	2691.49	128	64.07	2673.00
27	17.15	2698.00	78	43.01	2691.00	129	64.07	2673.01
28	17.66	2698.00	79	43.40	2690.71	130	64.08	2673.00
29	18.00	2698.00	80	44.39	2690.00	131	64.09	2672.98
30	18.20	2698.00	81	45.63	2689.34	132	65.04	2672.00
31	18.52	2698.00	82	45.90	2689.22	133	65.20	2671.58
32	18.72	2698.00	83	46.33	2689.00	134	65.45	2671.12
33	18.87	2698.00	84	46.48	2688.78	135	65.49	2671.05
34	18.99	2698.00	85	47.10	2688.00	136	65.50	2671.00
35	19.51	2698.00	86	48.24	2687.29	137	65.51	2670.91
36	19.69	2698.00	87	48.75	2687.00	138	65.73	2670.00
37	20.85	2697.52	88	49.22	2687.00	139	65.78	2669.87
38	21.96	2697.00	89	49.30	2687.00	140	65.94	2669.00
39	22.13	2697.00	90	49.77	2686.26	141	65.97	2669.00
40	22.16	2697.00	91	49.97	2686.00	142	66.41	2668.21
41	22.50	2696.83	92	50.21	2685.61	143	66.55	2668.15
42	22.67	2696.81	93	50.58	2685.00	144	66.59	2668.06
43	22.85	2696.74	94	51.33	2684.54	145	66.61	2668.04
44	23.61	2696.57	95	51.93	2684.20	146	67.29	2668.29
45	24.32	2696.46	96	52.24	2684.00	147	68.85	2668.00
46	24.65	2696.40	97	53.13	2683.58	148	70.00	2668.00
47	26.20	2696.00	98	54.32	2683.00	149	70.22	2668.00
48	26.95	2696.00	99	54.54	2682.69	150	70.57	2668.00
49	26.97	2696.00	100	54.92	2682.19	151	70.77	2668.00
50	27.17	2696.00	101	54.98	2682.09			

Página 1

SECCIÓN 03

Indice	X	Z	Indice	X	Z	Indice	X	Z
0	0.00	2696.52	51	23.88	2697.79	101	40.79	2686.79
1	0.16	2696.55	52	24.19	2697.76	102	41.15	2686.59
2	0.28	2696.55	53	25.06	2697.63	103	41.78	2686.00
3	0.90	2696.55	54	25.68	2697.42	104	41.88	2685.82
4	2.15	2696.53	55	26.50	2697.00	105	42.18	2685.41
5	2.84	2696.56	56	26.51	2697.00	106	42.37	2685.00
6	3.31	2696.60	57	26.59	2697.00	107	42.49	2685.00
7	3.95	2696.59	58	26.75	2697.00	108	42.49	2685.00
8	4.46	2696.59	59	27.75	2696.75	109	42.49	2685.00
9	5.39	2696.62	60	28.18	2696.66	110	42.88	2684.53
10	5.69	2696.62	61	29.24	2696.42	111	42.99	2684.51
11	6.41	2696.62	62	29.65	2696.34	112	43.57	2684.00
12	9.50	2696.94	63	31.24	2696.00	113	43.72	2683.74
13	9.58	2696.94	64	31.25	2696.00	114	44.00	2683.21
14	9.88	2697.00	65	31.28	2696.00	115	44.10	2683.11
15	9.94	2697.00	66	31.34	2696.00	116	44.14	2683.00
16	10.15	2697.00	67	31.65	2695.76	117	44.41	2682.66
17	11.24	2697.23	68	32.43	2695.34	118	44.56	2682.47
18	12.43	2697.33	69	33.12	2695.00	119	44.70	2682.00
19	12.83	2697.34	70	33.35	2694.52	120	44.89	2681.52
20	12.93	2697.34	71	33.51	2694.00	121	45.21	2681.00
21	14.99	2697.74	72	33.88	2693.55	122	45.67	2680.56
22	15.29	2697.79	73	34.12	2693.33	123	45.89	2680.49
23	15.39	2697.80	74	34.40	2693.00	124	46.23	2680.47
24	15.94	2698.00	75	34.97	2692.17	125	46.35	2680.37
25	16.43	2698.00	76	35.22	2692.00	126	46.67	2680.38
26	16.61	2698.00	77	35.32	2692.00	127	46.87	2680.35
27	16.71	2698.00	78	35.51	2691.89	128	47.26	2680.26
28	16.80	2698.00	79	35.65	2691.84	129	47.42	2680.19
29	17.04	2698.00	80	36.90	2691.00	130	47.72	2680.00
30	17.32	2698.00	81	37.00	2691.00	131	48.43	2679.44
31	17.72	2698.00	82	37.32	2691.00	132	48.75	2679.00
32	17.87	2698.00	83	37.48	2691.00	133	48.77	2679.00
33	18.03	2698.00	84	37.81	2690.70	134	49.05	2678.69
34	18.12	2698.00	85	37.91	2690.59	135	49.47	2678.35
35	18.16	2698.00	86	38.55	2690.00	136	49.63	2678.00
36	18.46	2698.00	87	38.65	2689.76	137	49.68	2678.00
37	18.61	2698.00	88	38.88	2689.50	138	49.88	2678.00
38	18.87	2698.00	89	39.13	2689.11	139	49.95	2678.00
39	18.87	2698.00	90	39.17	2689.00	140	50.04	2677.88
40	19.02	2698.00	91	39.27	2688.11	141	50.15	2677.77
41	19.04	2698.00	92	39.31	2688.00	142	50.89	2677.00
42	19.61	2698.00	93	39.36	2688.00	143	50.91	2676.97
43	19.65	2698.00	94	39.68	2687.90	144	50.94	2676.95
44	20.84	2697.78	95	39.77	2687.80	145	51.44	2676.90
45	22.54	2697.86	96	39.80	2687.74	146	51.46	2676.90
46	22.64	2697.86	97	40.43	2687.00	147	51.78	2676.68
47	22.93	2697.83	98	40.45	2687.00	148	51.99	2676.64
48	23.44	2697.86	99	40.46	2687.00	149	52.30	2676.68
49	23.58	2697.84	100	40.57	2687.00	150	52.72	2676.71
50	23.63	2697.82						

Página 1

Anexo 5: Redimensionamiento del Sistema Soil Nailing

PREDIMENSIONAMIENTO DEL SOIL NAILING (H=29.90)

1. Parámetros de diseño

1.1 características del talud

Parametros del talud		
altura de talud(m)	H	29.90
Inclinación de talud posterior (°)(con respecto a la horizontal)		63.00
Inclinación cara de talud (°)(con respecto a la vertical)	θ	27.00

CRITICO

Parametros del suelo para diseño ingenieril		
Cohesión	Cu	20.594
Angulo phi(°)	$\phi =$	13.4
Peso unitario seco (KN/m3)	γ	14.81
Esfuerzo último de unión (KN/m2)		65

Kn/m2

Drill-Hole Drilling Method	Soil Type	Bond Strength, q_b (psi)
Rotary Drilled	Sand/gravel	15 - 26
Rotary Drilled	Silty sand	15 - 22
Rotary Drilled	Silt	9 - 11
Augered	Silty clayey sand	9 - 20

1.2. Cálculo de longitud preliminar del Nail

Cálculo del angulo de fricción factorado del suelo ϕ^d (Tabla 4.7)

TABLA 4.7. FACTORES DE RESISTENCIA DEL NAIL - LRFD		
ELEMENTO	FACTOR DE RESISTENCIA (ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA) Φ_v	FACTOR DE RESISTENCIA (SISMICO)
Resistencia en la cabeza	$\Phi_v =$ Tabla 4.8	Ver tabla 4.8
Resistencia a la tensión del tendón	$\Phi_v = 0.90$	1.00
Resistencia a la extracción Suelo - Grout	$\Phi_v = 0.70$	0.80
Cohesión del suelo	$\Phi_v = 0.90 (0.9^*)$	1.00 (1.0^*)
Fricción del suelo	$\Phi_v = 0.75 (0.65^*)$	1.00 (0.9^*)
ELEMENTO	FACTOR DE RESISTENCIA (ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA) Φ_v	FACTOR DE RESISTENCIA (SISMICO)
Cohesión del suelo-condición temporal†	$\Phi_v = 1.0 (1.0^*)$	N/A
Fricción del suelo-condición temporal†	$\Phi_v = 0.85 (0.75^*)$	N/A

Se hace uso de la siguiente formula

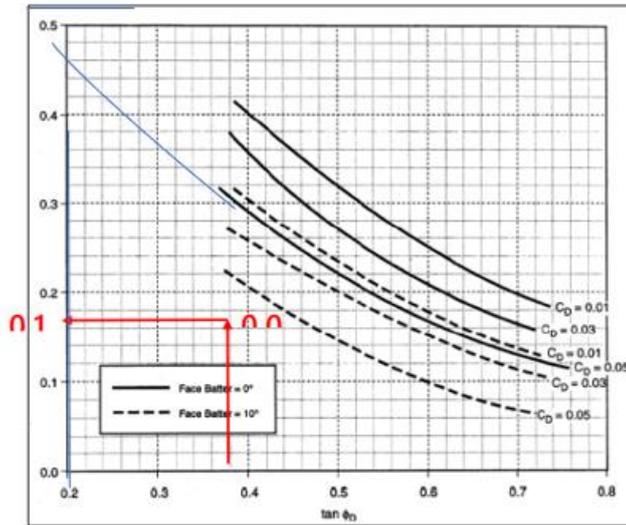
$$\phi^D = \tan^{-1}[\phi \tan(\phi)]$$

ϕ	0.75
ϕ	13.4
$Tan(\phi)$	0.238234
ϕ^D	10.13043
$Tan(\phi^D)$	0.178675

Cálculo de la cohesión adimensional del muro (CD)

$$c_D = \frac{\phi_c c_u}{\Gamma_w \gamma H}$$

$\phi_c =$	0.9
$c_u =$	20.594
$\Gamma_w =$	2
$y =$	14.81
$H =$	29.9
$CD =$	0.020928



Entonces , la capacidad de tensión adimensional(TD)

$CD =$	0.020928
$TD =$	0.45
$\tan(\phi_D) =$	0.178675

Cálculo de la resistencia nominal requerida del Nail (TNN)

$$T_{NN} = \frac{T_D [\Gamma_w \gamma H (S_H \lambda S_v)]}{\phi_N}$$

$TD =$	0.45
$\Gamma_w =$	2
$y =$	14.81
$H =$	29.9
$SH =$	1
$SV =$	1
$\phi_N =$	0.9
$TNN =$	442.819

Página 2

$$A_s = \frac{T_{NN}}{f_y}$$

Anexo 6: Panel fotográfico

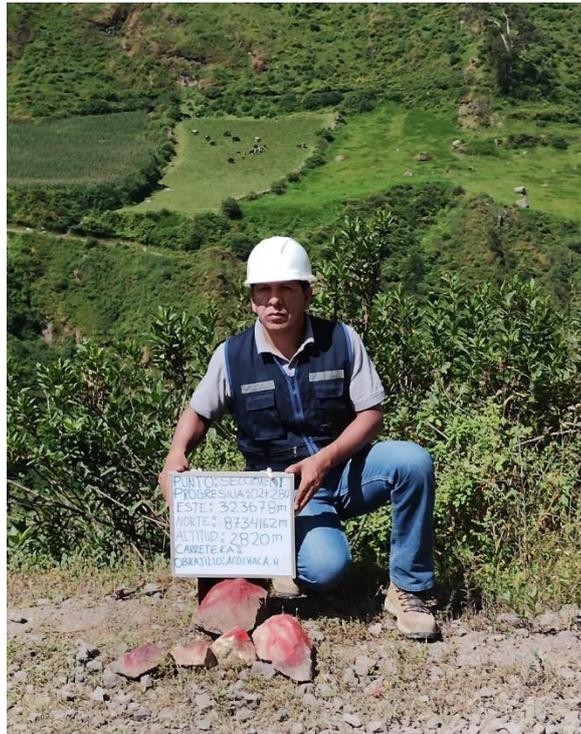
Identificación de zona para levantamiento con Dron



Calibración en el punto de partida del Dron



Punto de Corte transversal S1 del talud



Punto de Corte transversal S2 del talud



Punto de Corte transversal S3 del talud



Punto de Corte transversal S4 del talud



Punto de Corte transversal S5 del talud



Excavación de calicata 01 para estudio de mecánica de suelos



Excavación de calicata 02 para estudio de mecánica de suelos



Ensayo de contenido de humedad



Ensayo de contenido de humedad



Ensayo de análisis granulométrico



Ensayo de corte directo



INFORME DE TESIS - YUPANQUI LOZA ARTURO OK

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	19%	3%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Catolica de Trujillo Trabajo del estudiante	2%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
6	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
9	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1%

10	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
13	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %
14	Submitted to Universidad Tecnológica del Perú Trabajo del estudiante	<1 %
15	ouci.dntb.gov.ua Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.ucal.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	ANDRADE CAYCHO EDGAR. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura de Disposición Final de Residuos Sólidos No Municipales y Municipales Yacucatina - San Martín-IGA0000038", R.D. N° 1485-2015/DEPA/DIGESA/SA, 2020 Publicación	<1 %
18	repositorio.uprit.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

<1 %

20 repositorio.unu.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

21 docplayer.es
Fuente de Internet

<1 %

22 journalingeniar.org
Fuente de Internet

<1 %

23 journals.usm.ac.id
Fuente de Internet

<1 %

24 www.estade.org
Fuente de Internet

<1 %

25 Submitted to Universidad San Ignacio de
Loyola
Trabajo del estudiante

<1 %

26 Submitted to University of Bristol
Trabajo del estudiante

<1 %

27 repositorio.unc.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

28 repositorio.upp.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

29 Submitted to Submitted on 1689670815184
Trabajo del estudiante

<1 %

30 repositorio.upn.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

31

Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

32

WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Selene Explorador-IGA0006561", R.D. N° 120-2009-MEM-AAM, 2020

Publicación

<1 %

33

alfapublicaciones.com

Fuente de Internet

<1 %

34

creativecommons.org

Fuente de Internet

<1 %

35

observatorio.campus-virtual.org

Fuente de Internet

<1 %

36

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo