



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis de estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero y  
propuesta de solución con el sistema Soil Nailing- Jicamarca, 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Daniel Antonio Mendo Taquire

ASESORES

Dra. María Ysabel García Alvarez

Mgtr. German Fernando Casusol Iberico

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Edificaciones especiales

LIMA – PERÚ

2018

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don Daniel Antonio Mendo Taquire cuyo título es: Análisis de estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero y propuesta de solución con el sistema Soil Nailing-Jicamarca, 2018

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 12,  
Doce

Lima Este 11 de Julio del 2018.

  
 .....  
 PRESIDENTE  
 Maria  
 YSABEL

  
 .....  
 SECRETARIO  
 MALAVENNY

  
 .....  
 VOCAL  
 CASUOL

			
Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Vicerrectorado de Investigación
			
		Responsable del SGC	Aprobó

## **Dedicatoria**

A Dios, por ser mi guía espiritual y por darme fuerza, voluntad y bendición para poder culminar mis estudios.

A mis padres, quienes me enseñaron a creer que hasta el más humilde puede triunfar con esfuerzo y dedicación.

A mis hermanos por su cariño, apoyo incondicional y por estar en los momentos más importantes de mi vida

A esos verdaderos amigos con los que compartimos todos estos años juntos.

## **Agradecimientos**

A mis padres por mostrarme el camino a la superación.

A los docentes de la Escuela de Ingeniería Civil que forjaron mi formación como profesional.

A mis hermanos por apoyarme en todo momento.

### **Declaratoria de autenticidad**

Yo Daniel Antonio Mendo Taquire con DNI N° 74898757, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 17 de Julio de 2018



---

Daniel Antonio Mendo Taquire  
DNI: 74898757

## Presentación

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Análisis de estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero y propuesta de solución con el sistema Soil Nailing- Jicamarca, 2018, con el propósito de determinar si el sistema Soil Nailing representa una medida satisfactoria de estabilización frente a las excavaciones que se realizara en dicha área de estudio para la construcción de un sótano. La investigación consta de: Capítulo uno se explica la realidad problemática, así también como una pequeña introducción sobre alternativas de solución, por otro lado, se tiene los antecedentes nacionales e internacionales, teorías relacionadas al tema y por último se realizan la formulación del problema, justificación, hipótesis y objetivos de la presente tesis. Capítulo dos se muestra el diseño de la investigación, las variables, matriz de consistencia, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad y por último se hace mención a los aspectos éticos. Capítulo tres se realizó el análisis y el desarrollo de los objetivos, los resultados son obtenidos en el software Slide V 6, así mismo se usó el programa Excel. Capítulo cuatro se explica las discusiones con referente al aporte que dieron los autores mencionados en los trabajos previos ya sean antecedentes Nacionales e internacionales). Capítulo cinco se presentan las conclusiones, los cuales se relación con los objetivos de la presente investigación. Capítulo seis se detalla las recomendaciones relacionándose con las hipótesis, luego de ser analizado por el software y el programa empleado en eta investigación. Capítulo siete se presentan las fuentes bibliográficas citas en la investigación de acuerdo a la norma APA. Anexos se presenta la matriz de consistencia, los instrumentos de recolección de datos, formatos de validación e información complementaria relevante para la investigación.



---

Daniel Antonio Mendo Taquire

DNI: 74898757

## Resumen

El Proyecto de esta tesis, tiene como objeto determinar como el sistema Soil Nailing influye en la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, para ello se diseñó la longitud del Nailing, la fuerza de tensión que se aplica en el Nailing y la resistencia de la placa, todo este diseño se trasladó al software Slide donde los resultados fueron positivos. Sin embargo, para realizar un adecuado análisis, se necesitó realizar un estudio de mecánica de suelos, dentro de este estudio se realizó el ensayo de análisis granulométrico, ensayo de corte directo y por último el levantamiento topográfico del talud en estudio, con la finalidad de que permita realizar el modelamiento en el programa Slide V. 6, estos ensayos fueron realizado en el laboratorio de la Universidad Nacional Federico Villareal, mientras que el levantamiento topográfico fue realizado con la ayuda de la empresa constructora Proyectos y Construcciones ROMAN SAC.

*Palabras clave:* Estabilidad de taludes, Sistema Soil Nailing, Mecánica de suelos

## **Abstract**

The purpose of this thesis project is to determine how the Soil Nailing system influences the slope stability of the commercial Megacenter on January 30, for which the length of the Nailing was designed, the tension force applied to the Nailing and the resistance of the board, all this design was transferred to the Slide software where the results were positive. However, in order to carry out an adequate analysis, it was necessary to carry out a study of soil mechanics. Within this study, the granulometric analysis test, the direct cutting test and finally the topographic survey of the slope under study, was carried out. that allows modeling in the program Slide V. 6, these tests were conducted in the laboratory of the National University Federico Villareal, while the topographic survey was carried out with the help of the construction company Proyectos y Construcciones ROMAN SAC.

*Keywords:* Slope Stability, Soil Nailing System, Soil Mechanics



## Índice general

Resumen.....	VII
Abstract.....	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad Problemática.....	2
1.2 Trabajos Previos.....	3
1.3 Teorías relacionadas al tema .....	4
1.4 Formulación del problema.....	28
1.5 Justificación del estudio.....	28
1.6 Hipótesis .....	29
1.7 Objetivos.....	30
II. MÉTODO .....	31
2.1 Diseño de la investigación.....	32
2.2 Variables, operacionalización: .....	32
2.3 Población y muestra.....	34
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	34
2.5 Métodos de análisis de datos.....	35
2.6 Aspectos éticos .....	35
III. RESULTADOS .....	36
3.1. Resultados .....	37
3.2 Resultado del análisis estático y Pseudoestático .....	38
3.3 Modelo de análisis de estabilidad con la inclusión del Sistema Soil Nailing con espaciamiento SH=1m y SV=1m .....	41
3.4 Modelo de análisis de estabilidad con la inclusión del Sistema Soil Nailing con espaciamiento SH=1.5m y SV=1.5m.....	44
3.5 Modelo de análisis de estabilidad con la inclusión del Sistema Soil Nailing con espaciamiento SH=2 m y SV=2 m.....	47
3.6 Resultados del Diseño de Soil Nailing .....	57
3.7 Ventajas y desventajas de los diferentes espaciamientos de anclajes.....	63
IV. DISCUSIÓN.....	64
V. CONCLUSIONES.....	67
VI. RECOMENDACIONES .....	69

VII. REFERENCIAS.....	71
VIII. ANEXOS .....	75

## Índice de tablas

Tabla 1.	Factores de seguridad mínimos .....	12
Tabla 2.	Factores mínimos en condición estática .....	12
Tabla 3.	Factores de seguridad mínimos en condiciones Pseudo-estáticas.....	12
Tabla 4.	Ubicación, extensión y límites del distrito de San Antonio.....	14
Tabla 5.	Características de suelos granulares y suelos cohesivos.....	14
Tabla 6.	Nº de tamices para ensayo granulométrico.....	16
Tabla 7.	Valores de K recomendados para el análisis Pseudoestático .....	18
Tabla 8.	Hipótesis de fuerzas entre rebanadas de distintos métodos de equilibrio límite .....	23
Tabla 9.	Ecuaciones de equilibrio satisfechas por los métodos de equilibrio límite ...	24
Tabla 10.	Matriz de operacionalización de las variables de la investigación.....	33
Tabla 11.	Parámetros Geotécnicos usados en la estabilidad de taludes .....	37
Tabla 12.	Factores de seguridad mínimos .....	37
Tabla 13.	Diseño del muro de Soil Nailing .....	57
Tabla 14.	Resultados del diseño de anclaje de 1m x 1m.....	57
Tabla 15.	Resultados del diseño de anclaje de 1.5m x 1.5m.....	58
Tabla 16.	Resultados del diseño de anclaje de 2m x 2m.....	58
Tabla 17.	Resultado de los factores de seguridad arrojados del modelo Slide.....	59
Tabla 18.	Resultado de los factores de seguridad arrojados del modelo Slide con el sistema Soil Nailing .....	60
Tabla 19.	Ventajas y desventajas de la separación de los Nailings .....	63

## Índice de figuras

Figura 1. Componentes básicos de un sistema de Soil Nailing. ....	6
Figura 2. Pasos para la construcción de un sistema de Soil Nailing. ....	10
Figura 3. Muro de Soil Nailing permanente en ampliación de Vías. ....	11
Figura 4. Aplicaciones del Sistema Soil Nailing. ....	10
Figura 5. Superficie de falla y dirección de la resistencia al cortante. ....	13
Figura 6. Tipos de falla por rotación. ....	13
Figura 7. Composición del suelo en el distrito de San Antonio-Huarochirí. ....	15
Figura 8. Curva Granulométrica. ....	16
Figura 9. Representación esquemática del ensayo de corte directo. ....	17
Figura 10. Esquema de la metodología empleada para la representación de las fuerzas de la inercia en el análisis Pseudoestático. ....	18
Figura 11. Zonificación Sísmica de Perú. ....	19
Figura 12. Espectros de peligro sísmico uniforme. ....	20
Figura 13. Registro del sismo de Lima del 3 de Octubre de 1974. ....	21
Figura 14. Registro del sismo de Pisco del 15 de Agosto del 2007. ....	21
Figura 15. Fuerzas que actúan sobre n <sup>ma</sup> dovela de acuerdo al método Fellenius. ....	25
Figura 16. Diagrama para determinar el factor $f_0$ para el método Janbú. ....	26
Figura 17. Esquema de las fuerzas que actúan en n <sup>ma</sup> dovela según el método Bishop Simplificado. ....	27
Figura 18. Modelo de análisis por Bishop simplificado en la condición Estática para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.55538	
Figura 19. Modelo de análisis por Bishop simplificado en la condición Pseudoestático para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.350. ....	38
Figura 20. Modelo de análisis por Fellenius en la condición Pseudoestático para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.414. ....	39

Figura 21. Modelo de análisis por Fellenius en la condición Estática para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.661 .....	39
Figura 22. Modelo de análisis por Jambu simplificado en la condición Pseudoestático para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.459.....	40
Figura 23. Modelo de análisis por Jambu simplificado en la condición Estática para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.83940	
Figura 24. Modelo de análisis por Fellenius en la condición Pseudoestática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 2.089 .....	41
Figura 25. Modelo de análisis por Fellenius en la condición estática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 2.303 .....	41
Figura 26. Modelo de análisis por Bishop Simplificado en la condición estática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 2.020.....	42
Figura 27. Modelo de análisis por Bishop Simplificado en la condición Pseudoestática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.847 .....	42
Figura 28. Modelo de análisis por Jambu Simplificado en la condición Pseudoestática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.555 .....	43
Figura 29. Modelo de análisis por Jambu Simplificado en la condición estática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.672.....	43
Figura 30. Modelo de análisis por Fellenius en la condición Pseudoestática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 2.025 .....	44

Figura 31. Modelo de análisis por Fellenius en la condición estática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 2.235 .....	44
Figura 32. Modelo de análisis por Bishop Simplificado en la condición Pseudoestática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.750 .....	45
Figura 33. Modelo de análisis por Bishop Simplificado en la condición estática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.917.....	45
Figura 34. Modelo de análisis por Jambu Simplificado en la condición estática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.661.....	46
Figura 35. Modelo de análisis por Jambu Simplificado en la condición Pseudoestática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.541 .....	46
Figura 36. Modelo de análisis por Fellenius en la condición Pseudoestática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 2.213 .....	47
Figura 37. Modelo de análisis por Fellenius en la condición estática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 2.434 .....	47
Figura 38. Modelo de análisis por Bishop Simplificado en la condición estática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 2.112.....	48
Figura 39. Modelo de análisis por Bishop Simplificado en la condición Pseudoestática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.924 .....	48
Figura 40. Modelo de análisis por Jambu Simplificado en la condición Pseudoestática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.565 .....	49

Figura 41. Modelo de análisis por Jambu Simplificado en la condición estática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.665.....	49
Figura 42. Introducción del diseño de anclaje con separación de 1m x 1m.....	58
Figura 43. Introducción del diseño de anclaje con separación de 1.5m x 1.5m.....	58
Figura 44. Introducción del diseño de anclaje con separación de 2m x 2m.....	59
Figura 45. Análisis de los datos de diseño de la resistencia nominal de los anclajes ....	61
Figura 46. Análisis de los datos de diseño de la longitud de los anclajes .....	61
Figura 47. Análisis de los datos de diseño de la resistencia de la placa de anclaje .....	62

## Índice de anexos

Anexo 1. Plano Arquitectónico del Megacentro comercial 30 de enero .....	76
Anexo 2. Resultado de lo ensayos de laboratorio .....	77
Anexo 3. Certificado de calibración de los instrumentos de laboratorio .....	82
Anexo 4. Acta de autorización de la empresa encargada de la obra.....	84
Anexo 5. Localización de la zona del proyecto del sistema Soil Nailing .....	85
Anexo 6. Ensayos de laboratorio .....	86
Anexo 7. Registro topográfico de la Zona de estudio.....	87
Anexo 8. Propuesta de diseño con AutoCAD 2018.....	88
Anexo 9. Matriz de consistencia.....	90



## **I. INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Realidad Problemática

Las grandes construcciones inician su procedimiento constructivo con un nivel de peligro considerable al momento de realizar excavaciones, cortes de laderas y movimientos de grandes masas de suelo pudiendo poner en peligro las vidas de los trabajadores. Torres et al. (2013) Afirma que: “Los movimientos de masa son procesos geomorfológicos comunes que constantemente afectan diferentes obras de ingeniería, como carreteras, autopistas, viviendas, entre otras” (p. 154).

Las obras de ingeniería como carreteras, edificaciones, túneles, etc. Son necesarios para el crecimiento y de desarrollo del país, Sin embargo, al momento de la construcción estos generan grandes modificaciones en las laderas, dejando así grandes taludes al momento en que se realizan las excavaciones, las cuales de no ser diseñados correctamente pueden deslizarse provocando grandes desastres. Mayormente estos fenómenos ocurren en suelos granulares (Suelos no Cohesivos) debido a su alta composición de partículas gruesas como la arena y la grava, de ahí se ve la necesidad de incorporar sistemas que logren estabilizar taludes con esta composición de suelo.

A los taludes se le estudian por el simple hecho de determinar la posible ruptura que presenta al momento de deslizarse, las fallas más comunes que se presentan en este tipo de taludes son fallas rotacionales que tiene una geometría circular, es decir son superficies de fallas circulares.

Sanhueza & Rodríguez (2013). Describió que: Se entiende que los sismos son una causa principal de deslizamientos, [...]. Por ello, es importante analizar la estabilidad de un talud natural o ladera antes de considerar una futura construcción en su alrededor. Existen casos a nivel nacional e internacional, de desastres ocurridos y que involucran pérdidas de vidas humanas debido a que no se realizaron los análisis correspondientes para determinar el potencial de deslizamiento, por lo tanto, no se pudieron tomar medidas correctivas o de estabilización de taludes (p. 19).

En la actualidad existen muchas maneras que nos permiten realizar análisis ingenieriles más exactos en cualquier tipo de estructura que se desea construir, la geotecnia una de las ramas más importantes en la Ingeniería civil no es indiferente a estos avances, ahora podemos realizar cálculos con mayor precisión gracias a los nuevos softwares como Plaxis, Flac, Geoslope, Slide, Unwedge, Swedge, Geo5 entre otras. Estos instrumentos tecnológicos sumados a los conocimientos y experiencias que se adquiere a través de los

años nos ayudan a formar un criterio más amplio sobre lo que ocurre y así poder determinar una solución inmediata.

Como se puede entender, ningún tipo de análisis puede ser elaborado sin tener un ensayo que determine los parámetros geotécnicos del sitio. Por lo tanto, uno de los objetivos de esta investigación fue obtener los parámetros de cohesión, ángulo de fricción y peso unitario) mediante el ensayo de corte directo. Por otro lado, en esta investigación se utilizó el programa Slide lo cual nos brinda una guía para conocer la realidad del sitio en condiciones estáticas y pseudoestáticas, así mismo este programa incorpora varios métodos para realizar el análisis. Sin embargo, para este proyecto se aplican los métodos de Fellenius u ordinario, Bishop Simplificado y Janbú Simplificado.

En la actualidad existen diversas alternativas para dar solución a la estabilidad de taludes, sin embargo, en esta investigación se dará uso del sistema Soil Nailing como alternativa de solución debido a su funcionalidad y bajo costo. El área de estudio comprende el talud del Megacentro comercial 30 de enero, con una longitud de 25 metros y una altura promedio de 6,00 m.

El suelo en dicha área donde se realizará la construcción del Megacentro Comercial 30 enero presenta inestabilidad debido a que en dicha área existen cortes verticales en la cual se aprecian que estas se van deslizando poco a poco, la cual puede ocasionar pérdidas económicas, daños en la obra y hasta pérdida de vidas humanas ya que se pretende realizar excavaciones más profundas para la construcción de un sótano.

## **1.2 Trabajos Previos**

En la Tesis de Mendoza (2016), se realizó los cálculos de factores de seguridad y se determinó los parámetros de diseño de taludes de suelos de más de 100 metros de altura empleando el análisis de equilibrio límite en condiciones estáticas y pseudoestáticas, el talud estudiado estaba ubicado en la comunidad campesina de Alto Huarca, en el distrito de Yauri, provincia de Espinar en la región Cusco, el talud estaba compuesto por rocas en la parte inferior; mientras que, la parte superior como un suelo con peso específico de 20 KN/m<sup>3</sup>, cohesión 15 KPa y ángulo de fricción de 28°. Este estrato representaba una altura de 127 metros.

En la Tesis de Valladares (2015), se comparó los principales métodos de estabilidad de taludes, para poder explicar la evolución que han tenido a través de los años, así como las herramientas de software que se van implementando en los diversos métodos de estabilidad. El talud analizado está formado por un relleno de arcilla limosa café oscuro, de consistencia

blanda a firme, hasta una profundidad de 8.4 m. Debajo de esta se encuentra un relleno de arcilla limosa café oscuro, de consistencia firme, hasta 10.2 m. Bajo éste se encontró una arcilla areno limoso café de consistencia muy firme, hasta 11.4 m. De esta profundidad y hasta 20 m aparece una arena limo arcillosa café, con grava. Este talud está sometido a intensas lluvias.

En la Tesis de Aguilar y Zúñiga (2015), se realizó un análisis comparativo de los factores de seguridad que generan los distintos métodos de equilibrio límite a través de la herramienta informática SLIDE. El cual permite calcular y determinar los factores de seguridad utilizando como metodología algunos de los Métodos de Equilibrio Límite, como: el Ordinario, el Bishop simplificado, el Janbú simplificado, el Spencer, el Morgenstern y Price.

En la Tesis de Morales (2009), se elaboró una guía que contiene los lineamientos básicos y elementales de estabilidad de taludes, tomando en consideración todos los factores que intervienen en el mismo. Se determinó las ventajas de aplicar el Método de equilibrio Límite. Además, se realizó un análisis comparativo de los métodos: Bishop Modificado, Fellenius y el Janbú. El talud analizado tiene una elevación de 73 metros y una distancia de 128 metros, son suelos profundos bien drenados desarrollados- sobre ceniza volcánica débilmente cementada, en un clima húmedo- secos.

En la Tesis de Niño (2017), Se realizó un estudio de los principales aspectos que inciden en el comportamiento de las estructuras de Soil Nailing la interacción entre los elementos principales del sistema, sus variables de comportamiento y su contribución a la estabilidad global del sistema. Se analizaron cuatro tipos de suelo de la ciudad de Bogotá, arcillas duras, arcillas blandas, arenas densas y arenas sueltas. Se realizaron modelos en los programas de equilibrio límite SNAP-2 y Slide, y en el programa de elementos finitos RS2. Se modelaron muros de 2,0 m hasta 10,0 m de altura. Se hicieron modelos con espaciamientos entre Nails de 1,0 m, 1,5 m y 2,0 m. Lo anterior debido a que la práctica usual de construcción de este tipo de sistemas se limita a espaciamientos entre 1,0 y 2,0 m.

En la tesis de Rengifo (2015) se realizó una comparación entre tres técnicas de anclaje: anclajes temporales pos tensados, anclajes auto-perforantes y suelos enclavados, para ejecutarse en suelos arenosos en el Perú. Para ello se definió los conceptos teóricos de cada técnica de anclaje para conocer los detalles particulares que implican cada una de estas técnicas. Se empieza describiendo la técnica más aplicada en el Perú, que son los anclajes temporales pos tensados y realizando la presentación de otras dos técnicas muy usadas a

nivel mundial, pero que aún no se aplican en el Perú por falta de conocimiento de las mismas. Se efectuó el diseño de un anclaje general, que es independiente del tipo de técnica que se elija, con las características propias de un suelo arenoso. Dichas características se obtuvieron con un estudio de mecánica de suelos, donde se conocerá los esfuerzos ejercidos por el suelo para una profundidad del terreno de 12 m. Así se puede definir la profundidad de falla del terreno y asimismo se determinó la longitud del anclaje a utilizar.

Saucedo (2010) Se realizó la construcción del nuevo hotel Marriot en la histórica ciudad de Cusco, en el Perú, requirió de trabajos de estabilización especiales, para permitir que se realicen las excavaciones de los sótanos sin alterar el estado original de las ruinas existentes en el sitio. Entre estas ruinas se destaca una capilla y el muro de una antigua iglesia colonial. Para reducir asentamientos que pudieran afectar estas estructuras frágiles de mampostería, se empleó la tecnología de Soil Nailing que consiste en realizar la excavación por etapas reforzando cada etapa con pernos pasivos del tipo TITAN de la firma Ischebeck. Debido a que los pernos pasivos permiten cierta deformación en el terreno, antes de realizar los trabajos de excavación se reforzaron los cimientos de las estructuras coloniales mediante micro pilotes, con lo cual se redujo al mínimo la posibilidad de asentamientos.

En la tesis de Pantoja (2008) Aporto un conocimiento integral de los diferentes tipos de cortes de taludes, sus formaciones y los motivos de fallas de los taludes y excavaciones, así como los métodos constructivos y sistemas de estabilización de taludes y excavaciones en Guatemala, se dio a conocer los principales motivos de falla en los taludes así como en las excavaciones, proporciono los métodos de cálculo para la estabilización de los taludes y su mejor comportamiento y por ultimo propuso el Soil Nailing como un sistema para la estabilización de dicho talud. El tratamiento final y el que se construyó tomando en cuenta que se tenían alturas hasta de 30.0 metros fue el de inclusiones de Soil Nailing con barras de acero corrugado No. 7 de grado 60 de hasta 12.0 metros de longitud con un espesor de 0.10 metros de muro de concreto lanzado con una resistencia de 3,000 PSI, y espaciados a 1.75 metros en ambos sentidos.

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **Descripción del sistema Soil Nailing**

El sistema Soil Nailing (Suelo Claveteado) es una técnica que consiste en reforzar el suelo in situ mediante la instalación de barras pasivas paralelas denominadas Nails (clavos), normalmente con algún grado de inclinación hacia abajo con respecto a la horizontal. Estos trabajan principalmente en tracción, y eventualmente en flexión y cortante. La

fricción entre el suelo y el Nail pone a los Nails en tensión. (French National Research Project Clouterre Soil Nailing Recommendations, 1991, p.1)

### Partes de un sistema de Soil Nailing

El sistema de instalación o trabajo de Soil Nailing se componen de la siguiente manera. Ver figura 1.

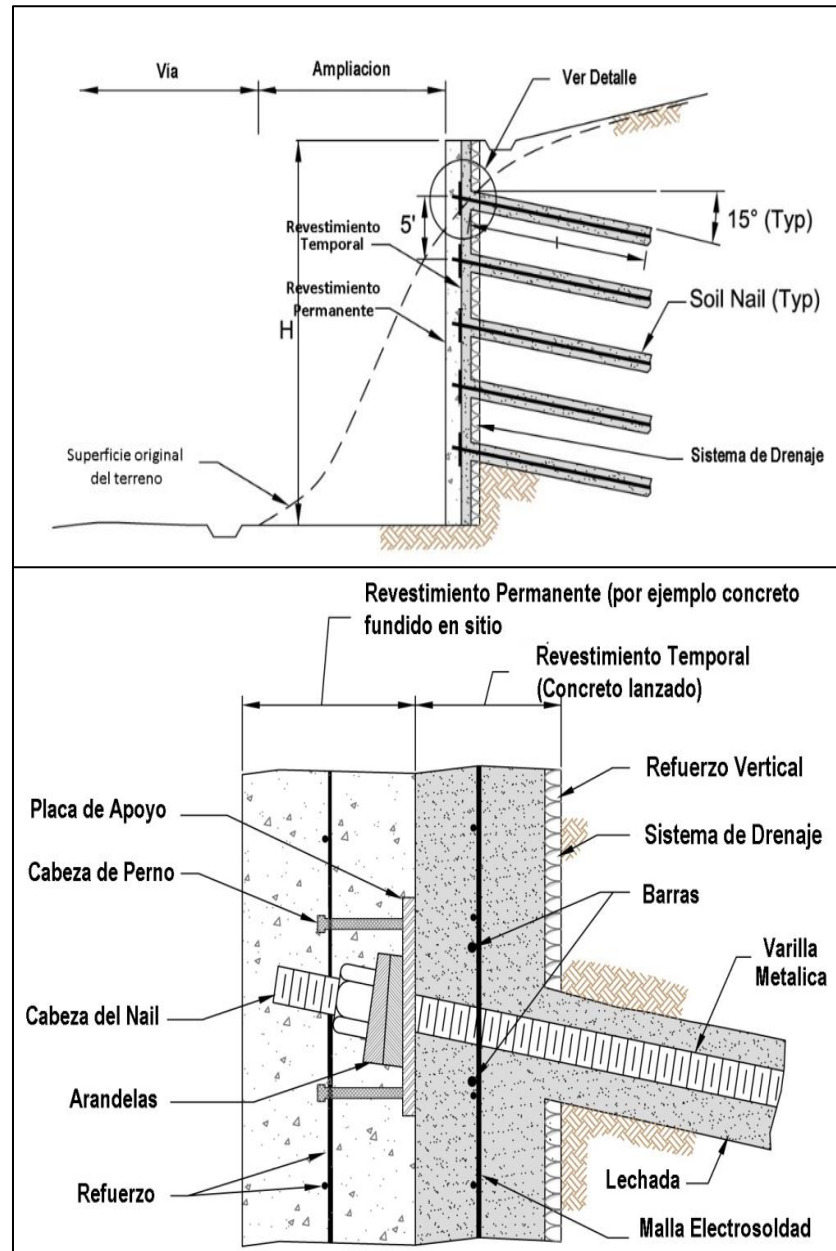


Figura 1. Componentes básicos de un sistema de Soil Nailing.  
Fuente: Soil Nail Walls Reference Manual

Según Lazarte, et. al. (2003), los componentes básicos de un sistema de Soil Nailing son los siguientes:

- Barras de acero de refuerzo: Las barras de acero de refuerzo son el componente principal del sistema de muros de Soil Nail (muros de clavos del suelo). Estos elementos se colocan en perforaciones previamente realizadas y son cementados en su lugar. El esfuerzo de tracción se aplica de forma pasiva a los Nails en respuesta a la deformación de los materiales retenidos durante actividades de excavación posteriores.
- Lechada: La lechada se introduce por inyección a baja presión en el barreno después de que se instale la varilla; ésta tiene la función principal de la transferencia de tensión desde el suelo al Nail. La lechada también proporciona un nivel de protección a la varilla contra la corrosión.
- Cabeza del Nail: La cabeza del Nail es el extremo roscado de la varilla que sobresale de la pared.
- Tuerca hexagonal, arandela y la placa de apoyo: Estos componentes se adhieren a la cabeza del Nail y se utilizan para conectar la varilla al revestimiento.
- Revestimiento Temporal y Permanente: El revestimiento proporciona conectividad estructural. El temporal sirve como superficie de soporte para la placa de apoyo y resistir el suelo expuesto. Este revestimiento se coloca en la excavación sin soporte antes del avance de los siguientes niveles de excavación. El revestimiento permanente se coloca sobre el temporal después de instalar los Soil Nails y haber apretado la tuerca hexagonal. Este tiene la función de proporcionar conectividad estructural a largo plazo.
- Franja de Drenaje Geocompuesta: Esta se coloca antes de la aplicación del revestimiento temporal para permitir la recolección y transmisión de agua de filtración que pueden migrar al revestimiento.
- Protección adicional a la corrosión (no mostrado) en la Figura 1.

### **Proceso constructivo**

La secuencia de construcción comprende en esencia los siguientes pasos (Lazarte et al, 2003):

- Paso 1 - Excavación. La excavación inicial se lleva a cabo a una profundidad para la cual la cara de la misma tiene la capacidad de permanecer no soportada por un corto período de tiempo, normalmente de 24 a 48 horas. La profundidad de la excavación es por lo general entre 1 y 2 m y estará ligeramente por debajo de la elevación donde se instalarán las varillas. La anchura de la plataforma o banco excavado debe ser suficiente para

proporcionar acceso al equipo de la instalación. Durante la fase de excavación el suelo debe permanecer estable, lo cual requiere algún grado de cohesión a corto plazo.

- Paso 2 - Perforación. Los barrenos son perforados a una longitud especificada, diámetro, inclinación y distancia horizontal desde la plataforma.
- Paso 3 - Instalación de varillas e inyección de lechada: Las varillas se colocan en las perforaciones. Los centralizadores se colocan alrededor de las varillas antes de la inserción, para ayudar a mantener la alineación en el agujero, y permitir una adecuada cobertura de la lechada sobre las varillas. Al mismo tiempo se inserta en el orificio el tubo de suministro de lechada. Cuando los requisitos de protección contra la corrosión son altos, también puede ser utilizado revestimiento de plástico corrugado para proporcionar un nivel adicional de protección contra la corrosión. La perforación se llena con lechada de cemento a través de la tubería de inyección. La lechada se coloca comúnmente a baja presión. Si se utilizan barras autoperforantes huecas, la perforación y la inyección se llevan a cabo en una sola operación. Previo al paso 4, se instalan tiras de drenaje Geocompuesta en el frente de excavación, aproximadamente en la mitad del espaciamiento entre cada conjunto de varillas adyacentes. Las tiras de drenaje se desenrollan a la siguiente elevación de la pared; estas se extienden hasta el fondo de la excavación, donde el agua recogida se transporta a través de un drenaje en el talón del Soil Nail.
- Paso 4 - Construcción de revestimiento temporal de concreto lanzado. Un sistema de revestimiento temporal se construye entonces para soportar la sección de suelo a cielo abierto antes de que sea excavado el siguiente tramo de suelo. El revestimiento temporal usualmente consiste en una capa de concreto lanzado ligeramente armado comúnmente de 100 mm de espesor. El refuerzo normalmente se compone de malla electrosoldada, que se coloca aproximadamente a la mitad del espesor de revestimiento). La longitud de la malla electro-soldada debe ser tal que permita que al menos una célula de malla completa se traslape con paneles posteriores. Después de un tiempo de curado adecuado para el revestimiento temporal, una placa de apoyo de acero se coloca sobre la cabeza del Nail que sobresale de la perforación. La barra es entonces presionada ligeramente en la primera capa de concreto lanzado fresco. La tuerca hexagonal y las arandelas se instalan posteriormente para asegurar la cabeza del Nail contra la placa de apoyo. La tuerca hexagonal se aprieta a un par mínimo requerido después de que el revestimiento temporal ha curado lo suficiente. Esto por lo general requiere un mínimo de 24 horas. Si es



necesario, se hacen las pruebas de los Nails instalados para medir deflexiones y las pruebas de capacidad de carga se pueden realizar antes de proceder con la siguiente excavación. Antes de proceder con excavaciones posteriores, el concreto lanzado debe haber curado durante al menos 72 horas o haber alcanzado al menos 3 días de resistencia a la compresión especificada (usualmente 10,5 MPa).

- Paso 5 - Construcción de niveles posteriores. Los pasos 1 a 4 se repiten para los niveles de excavación restantes. En cada nivel de excavación, la tira de drenaje vertical se desenrolla hacia abajo a la elevación posterior. Un nuevo panel de malla electro-soldada se coloca traslapando al menos una célula de malla completa. El concreto lanzado se continúa con una junta fría con el nivel de concreto lanzado anterior. En la parte inferior de la excavación, la tira de drenaje está conectada a un desagüe en la base del talud.
- Paso 6 - Construcción del revestimiento Permanente Final. Después de que se alcanza el fondo de la excavación y se instalan los Nails y se realizan las pruebas de carga, se puede construir el revestimiento final. El revestimiento final puede consistir de hormigón armado fundido in situ, hormigón proyectado, o paneles prefabricados. El refuerzo del revestimiento permanente son barras de acero de refuerzo convencionales o malla electro-soldada. En el revestimiento permanente se deben evitar las juntas horizontales en la medida de lo posible (p.7).

### **Aplicaciones del Soil Nailing**

El sistema Soil Nailing se puede aplicar en diversas obras de ingeniería donde se requiera excavar o mover grandes masas de suelo, unos de los muchos casos donde se usa esta técnica la encontramos cuando requerimos estabilizar excavaciones en laderas y excavaciones por debajo del nivel del suelo. Ver figura 3 y 4

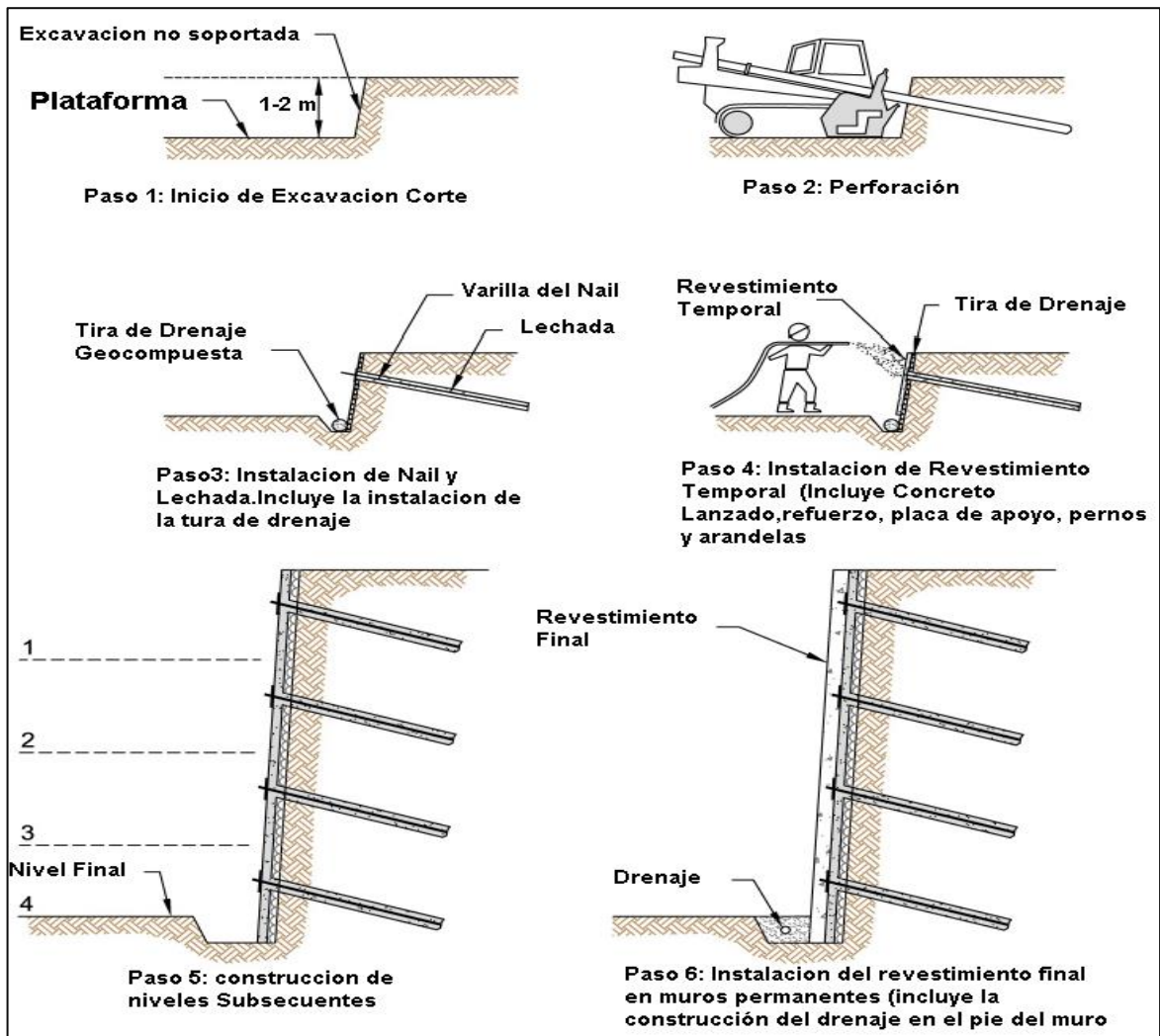


Figura 3. Pasos para la construcción de un sistema de Soil Nailing.  
Fuente: Soil Nail Walls Reference Manual

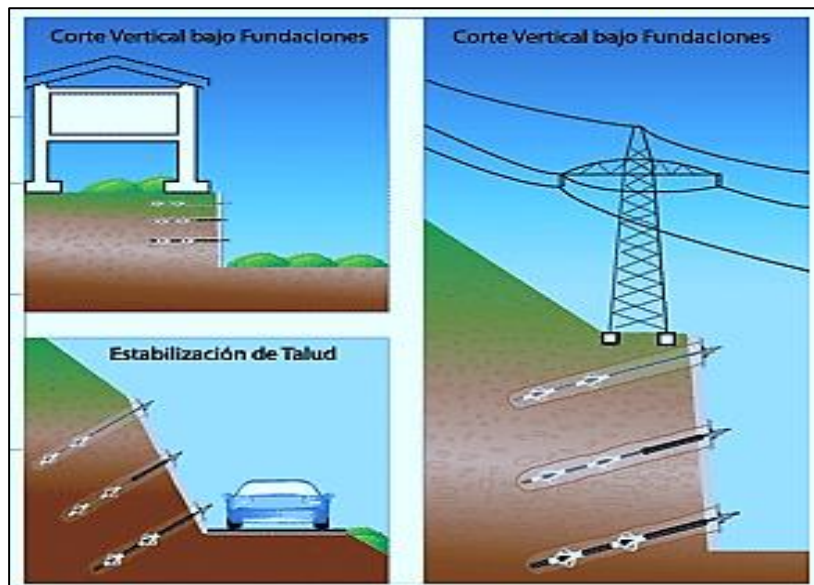


Figura 2. Aplicaciones del Sistema Soil Nailing.  
Fuente: <http://.lancuyen.cl>

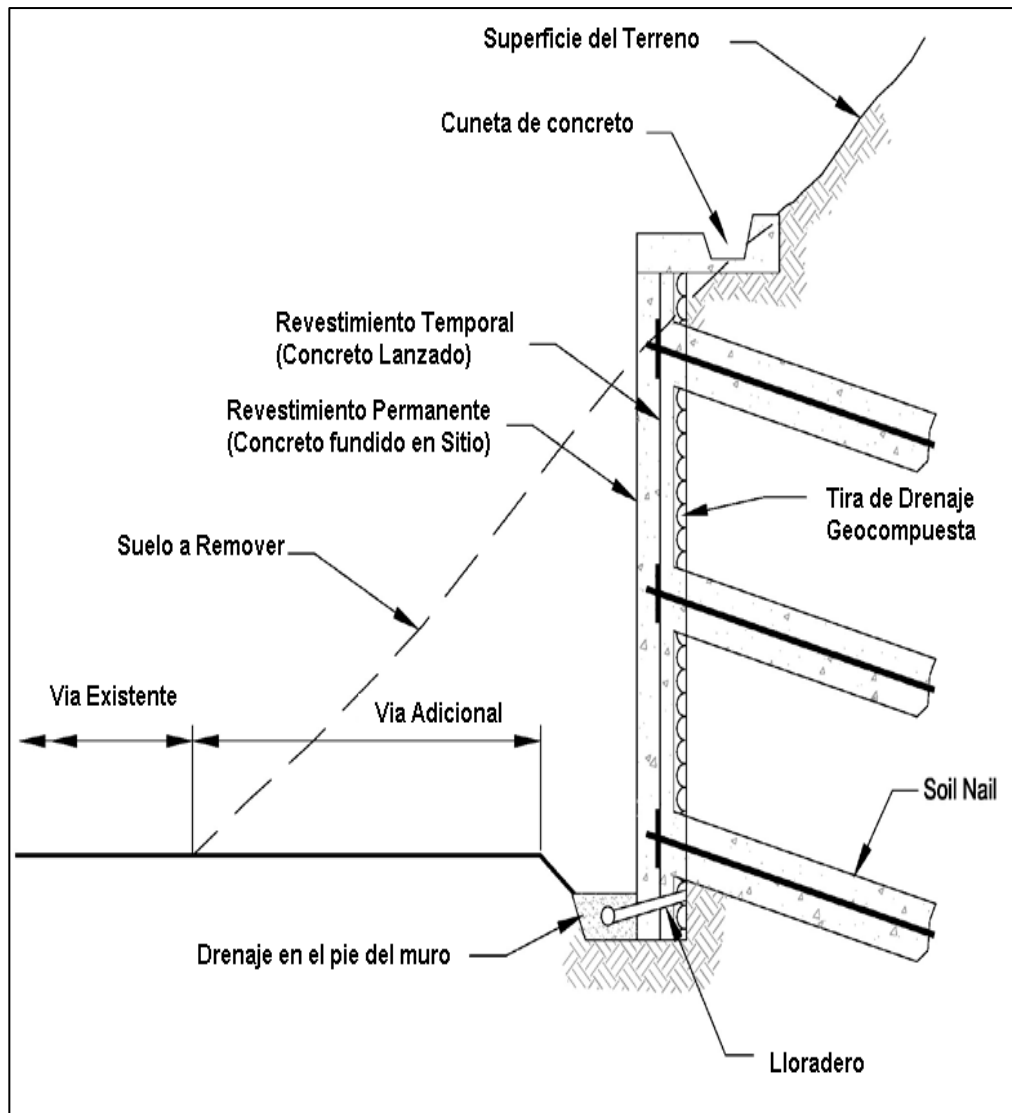


Figura 4. Muro de Soil Nailing permanente en ampliación de Vías.

Fuente: Soil Nail Walls Reference Manual

### Factor de seguridad (FS)

Es la relación de la resistencia al cortante promedio del suelo ( $\tau_f$ ) entre el esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie potencial de falla ( $\tau_d$ ).

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad (1.1)$$

Según Braja (2001) afirma que “cuando el Fs es igual o menor a 1, el talud está en un fallo inminente, en general un valor mayor a 1 es aceptable para el diseño de un talud estable”(p.336).

Se muestra la tabla 1 donde se observa los factores mínimos necesarios para represas de tierra y roca. En la tabla 2 y 3 se muestran los factores de seguridad mínimos para casos estáticos y pseudo-estáticos.

Tabla 1  
Factores de seguridad mínimos

<b>Condicion analizada</b>	<b>Mínimo FS requerido aguas arriba</b>	<b>Mínimo FS requerido aguas abajo</b>
Al final de la construcción para presas de más de 15 m	1,3 1,4	1,3 1,4
Infiltración constante	-----	1,5
Desembalse rápido	1,5	
Pseudo-estático	1,0	1,0
Post-Sismo	1,1 - 1,2	1,1 - 1,2

Fuente: US Army Corps of Engineering, SLOPE STABILITY.(2003).

Tabla 2  
Factores mínimos en condición estática

<b>Condición analizada</b>	<b>FS mínimo requerido</b>	<b>Talud</b>
Final de la construcción antes de rellenar el reservorio	1,3	Aguas arriba y aguas abajo
Largo plazo	1,5	Aguas abajo
Total o parcial desembalse rápido	1,2 - 1,3	Aguas arriba

Nota. El FS es el factor de seguridad mínima para la superficie de falla determinada por los métodos de equilibrio límite. Fuente: Canadian Dam Association Dam Safety Guidelines. (2007)

Tabla 3  
Factores de seguridad mínimos en condiciones Pseudo-estáticas

<b>Condición Analizada</b>	<b>FS mínimo requerido</b>
Pseudo-estático	1,0
Post-sismo	1,2 - 1,3

Fuente: Canadian Dam Association Dam Safety Guidelines. (2007)

### Superficie de Falla

Es la superficie en donde puede ocurrir un deslizamiento o una rotura, esta superficie se da a lo largo de un talud, se asimila a una circunferencia, aunque también pueden ser de distintas formas, ya que los aspectos geológicos y la naturaleza de los materiales influyen en el tipo de superficie de falla. “El término superficie de falla se utiliza para referirse a una superficie asumida a lo largo de la cual puede ocurrir el deslizamiento o la rotura del talud” (Suarez, 2009, p.130).

En la Figura 5, se muestra una superficie de falla rotacional y la dirección de la resistencia al cortante

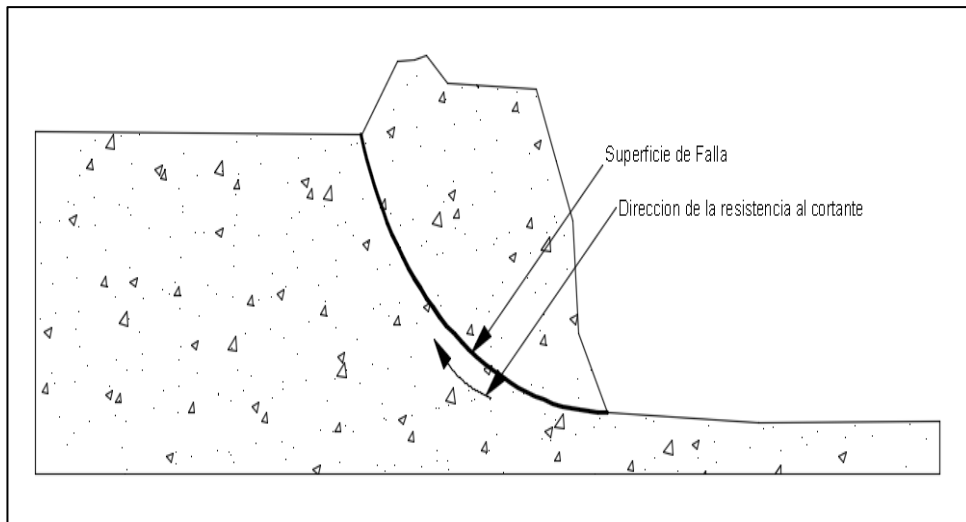


Figura 5. Superficie de falla y dirección de la resistencia al cortante.  
Fuente: Propia

### Falla por Rotación

Suarez (2009) afirma que: “La superficie de falla o deslizamiento se dan en los suelos o rocas blandas, estas fallas tienden a presentar una superficie curva. A esta superficie se les denomina como círculo de falla o superficie de falla rotacionales” (p. 131). La superficie de falla rotacional se representa en tres formas de deslizamiento. Álvaro F (2003) afirma que:

Las fallas por rotación se denominan según por donde pasa el extremo de la masa que se desliza. (Falla local), esta falla se presenta pasando la superficie de falla por el cuerpo del talud, esta no representa una falla catastrófica, (Falla en la base), esta falla se presenta pasando la superficie de falla por debajo del pie del talud y corresponde a una falla general de toda la geometría del talud, (Falla en el pie), esta falla se presenta pasando por el mismo pie del talud y corresponde a una falla catastrófica. (p.7). En la Figura 6, se muestran las 3 fallas por rotación que se presentan en un talud de suelo

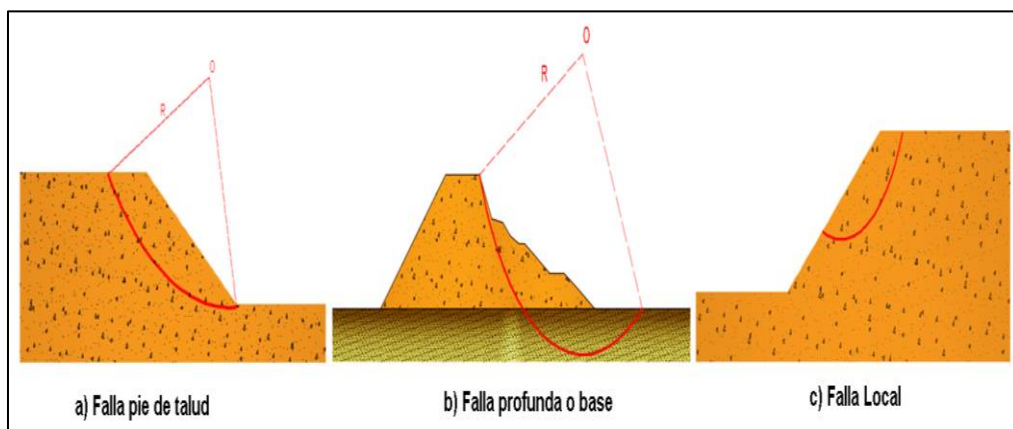


Figura 6. Tipos de falla por rotación.  
Fuente: Propia

## Características específicas de la Zona de estudio

En los últimos años el distrito de San Antonio, Provincia de Huarochirí ha venido desarrollándose constantemente en lo que es el comercio y proyectos de construcción, así mismo se han venido realizando diferentes trabajos sobre dicho suelo, en especial por las laderas y taludes que se encuentran en dicho lugar. Este desarrollo se debe a que la población de este sector va en aumento y se ve la necesidad de incorporar servicios básicos como colegios, hospitales, supermercados entre otras.

Tabla 4  
Ubicación, extensión y límites del distrito de San Antonio

Distrito	Ubicación	Extensión	Limites
San Antonio	<b>Ubicación Política:</b> Provincia de Huarochirí, Departamento de Limas, Región Lima.	563.59 km <sup>2</sup>	<b>Norte:</b> Provincia de Canta (Distritos de Arahua y Santa Rosa de Quives). Provincia de Lima (Distrito de Carabaylo).

Fuente: Propia

## Geología

El suelo del distrito de San Antonio presenta un tipo de suelo granular debido a que su composición tiene rocas de distintos diámetros y geometrías, estas excavaciones suelen deslizarse constantemente debido a que tienen baja composición de arcilla, además presentan rocas descompuestas y fracturadas en distintas partes de la zona de estudio. Ver figura 7

Sáez (2010) afirma que: “Los suelos se dividen en dos grandes categorías: suelos granulares y suelos finos o cohesivos” (p.15). Se muestra la tabla 5 donde se observa las características fundamentales de estos suelos.

Tabla 5  
Características de suelos granulares y suelos cohesivos

Suelos	Granulares	Cohesivos
Partículas	granos Forma regular Alteraciones físico-mecánicas débil o nula	Proporción importante de partículas finas Formas irregulares alteraciones físico-mecánicas Fuerte (agua absorbida)
Vinculo Partícula-agua	no hay influencias mineralógicas ni de la carga eléctrica	Influencia de la mineralogía y de la carga eléctrica
Fuerzas de atracción	fuerzas de gravedad preponderantes	fuerzas de superficie preponderantes

Fuente: Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales, Suarez (2009)



*Figura 7.* Composición del suelo en el distrito de San Antonio-Huarocharí.  
*Fuente:* propia

### **Parámetros de Resistencia**

Para obtener las características geotécnicas del talud, se realizó una pequeña observación del área de estudio, con la finalidad de poder ubicar las calicatas, se dedujo que, por la similitud del tipo de material tan solo se analizará una calicata que estará ubicada justo en el medio del tramo de la zona de estudio.

Se tomó una muestra y luego se llevó al laboratorio, en el cual se realizaron los ensayos correspondientes para determinar los parámetros (cohesión, ángulo de fricción y peso específico) para el análisis de la estabilidad del talud. Los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio son presentados en el Anexo A. Por otro lado, la topografía del talud en la zona de estudio está caracterizada por un corte casi vertical, debido a que tiene una ligera inclinación como se puede observar en la Figura 8, esta representa un alto riesgo al momento de la construcción del Megacentro comercial 30 de enero.



*Figura 8.* Topografía del talud de la zona de estudio.  
*Fuente:* Propia

## Ensayos de Mecánica de Suelos

### Granulometría

Según Sáez (2010): “La granulometría se define como la repartición en promedio de las dimensiones de las partículas constituyentes del suelo, expresada en términos del porcentaje del peso total del material” (p.20). Para la obtención de la granulometría de un suelo esta se representa a través de una curva granulométrica. Ver figura 8, trazada en una escala semi-logarítmica en donde:

- Las abscisas representan el diámetro medio de las partículas  $D$
- las ordenadas corresponden al porcentaje en peso del material total que posee un diámetro inferior al de la abscisa correspondiente (porcentaje acumulado pasando en peso)

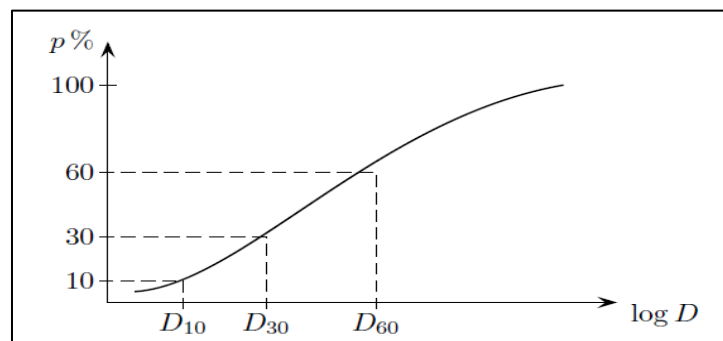


Figura 8. Curva Granulométrica.

Fuente: Fundamentos de Geotecnia ICE-1603

El ensayo granulométrico hace uso del tamizado que Consiste en separar un suelo en fracciones de distinto tamaño, donde se hace pasar el material a través de una serie de tamices. Según el Manual de ensayo de materiales estos tamices son:

Tabla 6  
N° de tamices para ensayo granulométrico

Tamices	Abertura (mm)
3"	75,0
1 1/2"	38,1
3/4"	19,0
3/8"	9,5
N°4	4,76
N°8	2,36
N°16	1,1
N°30	0,59
N°50	0,297
N°100	0,149
N°200	0,075

Fuente: Propia



## Ensayo de Corte Directo

El ensayo de corte directo nos permite determinar la resistencia de la muestra del suelo, parámetros del suelo como la cohesión y el ángulo de fricción. Equipo: El aparato empleado se conoce como caja de corte o caja de Casagrande. Está compuesta por dos partes independientes metálicas: una fija y otra móvil que se desliza para transmitir la carga de corte. (Medina, Barra, Guzman, 2008, p.73). Ver figura 9.

- Paso 1: Se debe colocar el espécimen de la muestra en el interior de la caja
- Paso 2: El siguiente paso es aplicar el esfuerzo vertical
- Paso 3: Por consiguiente, se aplica el esfuerzo tangencial o también denominado como esfuerzo horizontal hasta que alcance la falla o rotura del material.

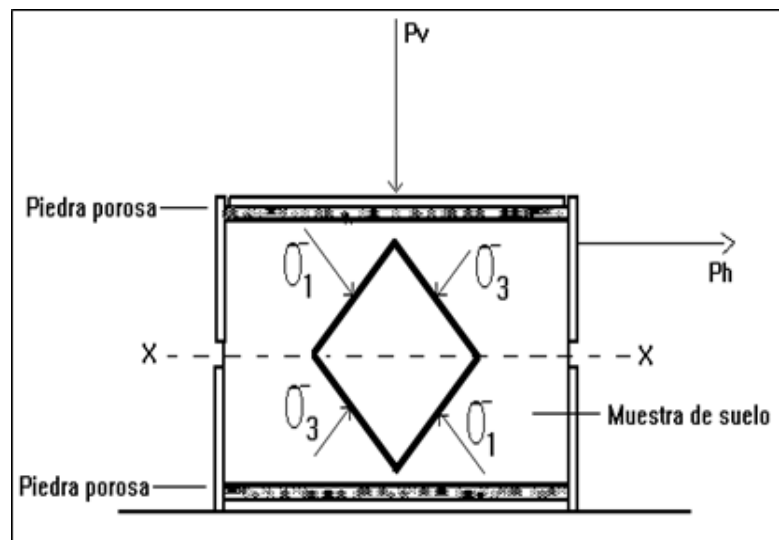


Figura 9. Representación esquemática del ensayo de corte directo.  
Fuente: Guía de laboratorio de geotecnia

En la siguiente figura se pueden observar las fuerzas que se aplican al realizar el ensayo de corte directo, estas son:

- La fuerza normal  $P_v$
- La fuerza horizontal de corte  $P_h$
- El desplazamiento horizontal relativo  $\delta l$  (del orden de los centímetros).

## Análisis Pseudoestático

Los efectos que genera un sismo en un talud pueden modelarse empleando aceleraciones horizontales y constantes. Terzaghi, en 1959, fue el primero en proponer y aplicar un modelo Pseudoestático para analizar un estudio de estabilidad de taludes durante un evento sísmico.

En estos modelos, se representan los efectos del sismo mediante aceleraciones pseudoestáticas, las cuales producen fuerzas de inercia situadas en el centro de gravedad de cada dovela (Valiente, Sobrecases, Díaz, 2015, p.53). Ver figura 10

El análisis Pseudoestático aumenta las fuerzas horizontales y verticales en una dovela debido al sismo. Estas fuerzas son proporcionales al peso de la dovela potencial de deslizamiento. Los coeficientes sísmicos son  $K_v$  (aceleración sísmica vertical) y  $K_h$  (aceleración sísmica horizontal), estos están en función de la aceleración de la gravedad,

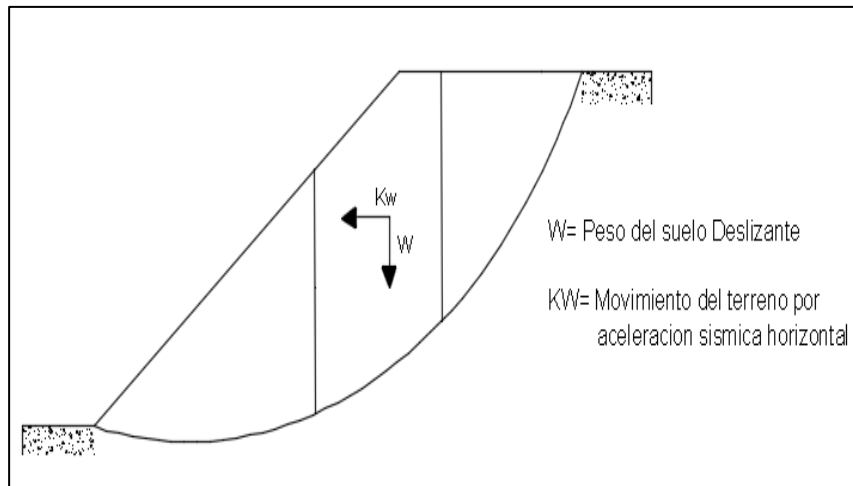


Figura 10. Esquema de la metodología empleada para la representación de las fuerzas de la inercia en el análisis Pseudoestático.

Fuente: Propia

Por lo general se asume  $k_v$  igual a cero debido a que su valor no es muy representativo. (Mendoza, 2016, p.23) En la tabla 7 se puede observar los valores de K que se recomienda para el análisis Pseudoestático.

Tabla 7  
Valores de K recomendados para el análisis Pseudoestático

Coefficiente Sísmico K	Observaciones
0.10	Sismo importante, F.S > 1.0
0.15	Sismo de gran magnitud F.S > 1.0
0.15 A 0.25	Japón F.S > 1.0
0.05 A 0.15	Estado de California
0.10 para u= 6.5	(Seed, 1979) con FS> 1.15
0.15 para u= 8.5	(Seed, 1979) con FS> 1.15
1/3 a 1/2 de la aceleración pico superficial	(Marcuson y Franklin, 1983) FS> 1.0
1/2 de la aceleración pico superficial	(Hynes, Griffin y Franklin, 1984) FS> 1.0 Y UN 20% de reducción de resistencia

Fuente: Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales Suarez (2009)

De acuerdo a la última actualización de la norma E030 Diseño sísmo resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, el Perú se divide en cuatro zonas sísmicas. Ver Figura 11

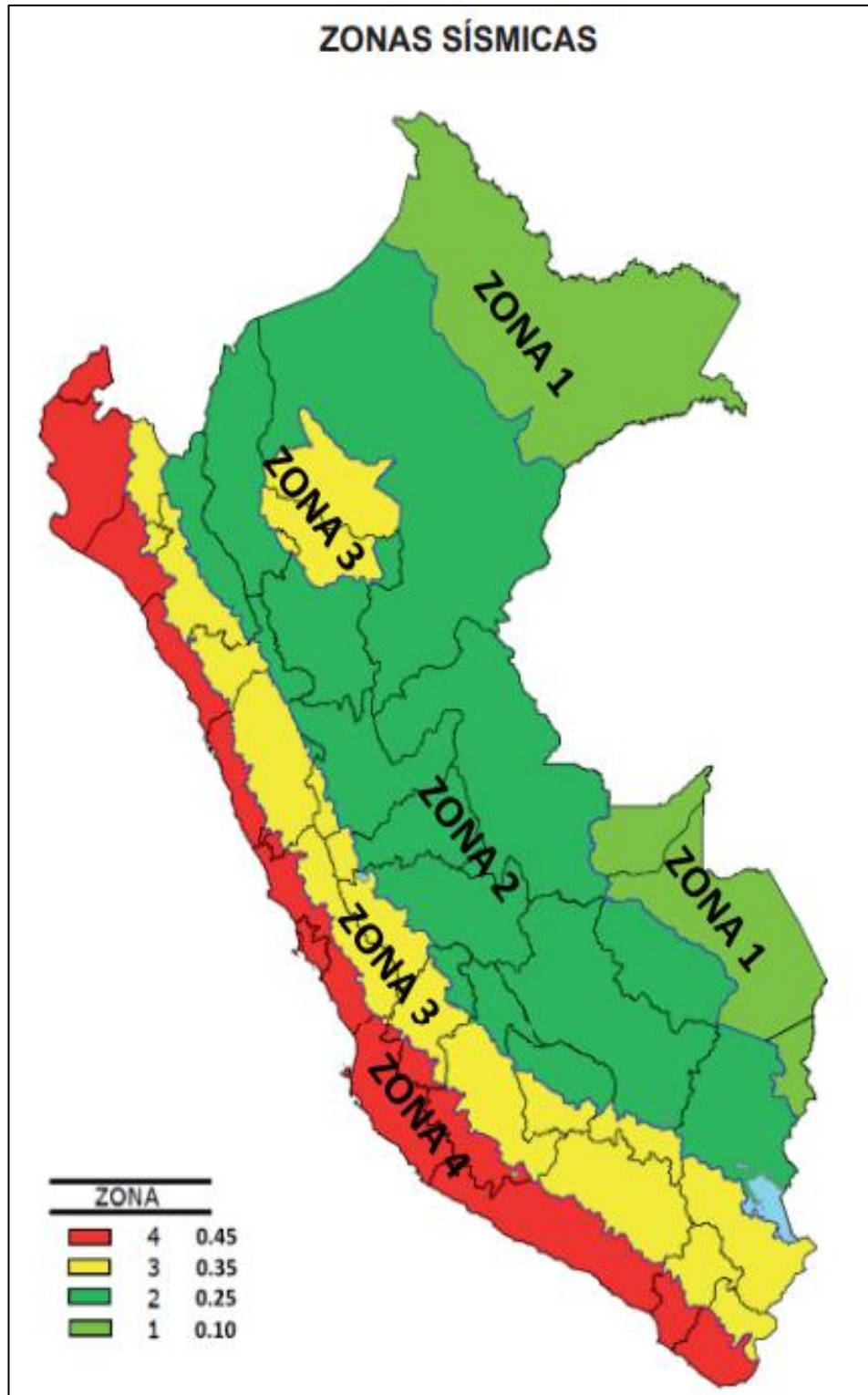


Figura 11. Zonificación Sísmica de Perú.  
Fuente: RNE.030

## Sismo de Diseño

Para el análisis Pseudo-estático se analizaron los registros sísmicos ocurridos el 3 de octubre de 1974 en Lima y el sismo del 15 de agosto del 2007 en Pisco. sismos han sido escalados a 0.44g, la cual corresponde al valor de la aceleración máxima considerando 10% de excedencia y 50 años de tiempo de exposición sísmica, lo cual corresponde a un periodo de retorno de un terremoto de 500 años. Este valor ha sido tomado del estudio de peligro sísmico regional presentado por Monroy y Bolaños (2004).

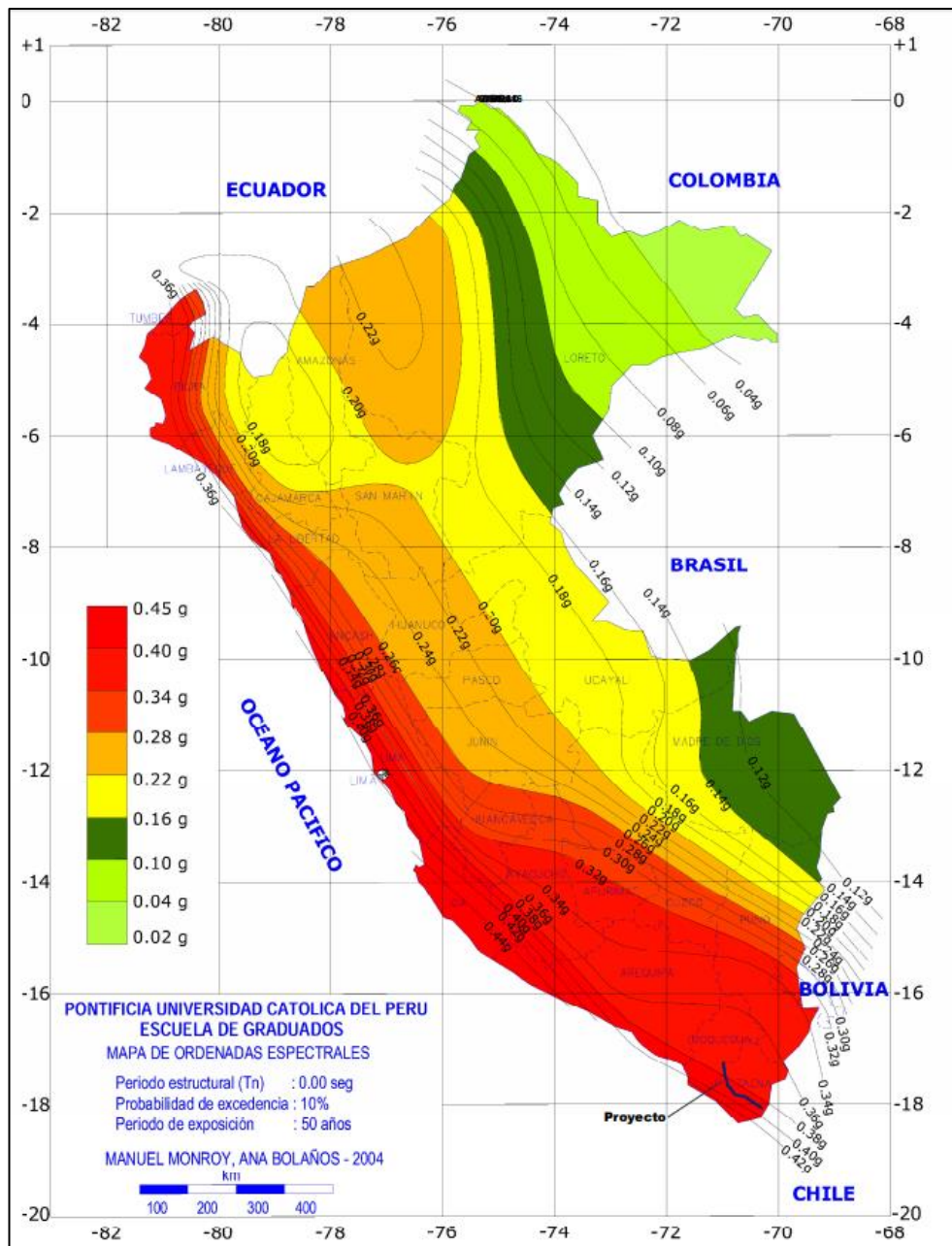


Figura 12. Espectros de peligro sísmico uniforme.

Fuente: Bolaños Y Monroy (2004)

### **Sismo de Lima del 3 de octubre de 1974**

Silgado (1978) afirma que:

El 3 de octubre a la hora de las 9:21 pm, [...]. Se observaron derrumbes de material aluvial en los acantilados situados en Magdalena y en Chorrillos. (p.112)

El registro sísmico del terremoto en Lima en 1974 registrado en la estación Parque de la Reserva se muestra en la Figura 12, la aceleración máxima registrada fue 0.192g a los 19.78 segundos.

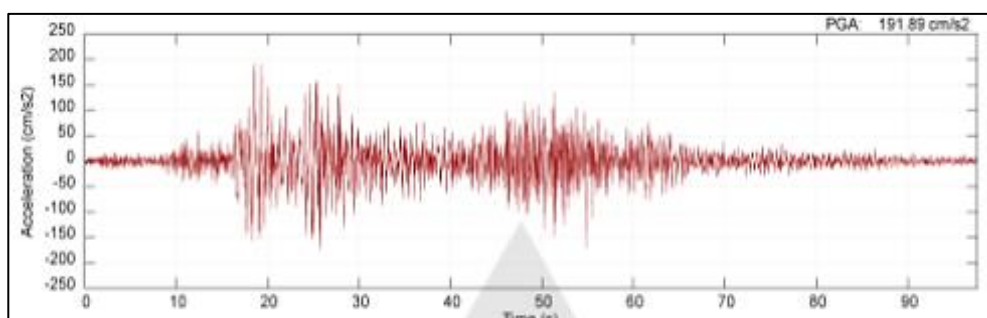


Figura 13. Registro del sismo de Lima del 3 de octubre de 1974.  
Fuente: Red Acelerográfica del CISMID

### **Sismo de Pisco del 15 de agosto del 2007**

Raygada afirma que:

El 15 de agosto del 2007 a las 6:45 pm (hora local) en la región central del Perú, se experimentó un sismo de magnitud 8 en escala momento (Mw). Este sismo trajo muerte y destrucción en las ciudades de Pisco y Chincha en donde se llegó a una intensidad de VII, y hasta IX en la escala de Mercalli Modificada (MM) en la ciudad de Tambo de Mora. (p.77)

El registro sísmico del terremoto en Pisco en 2007 registrado en la estación DHN se muestra en la Figura 13, la aceleración máxima registrada fue 0.10g a los 109.4 segundos

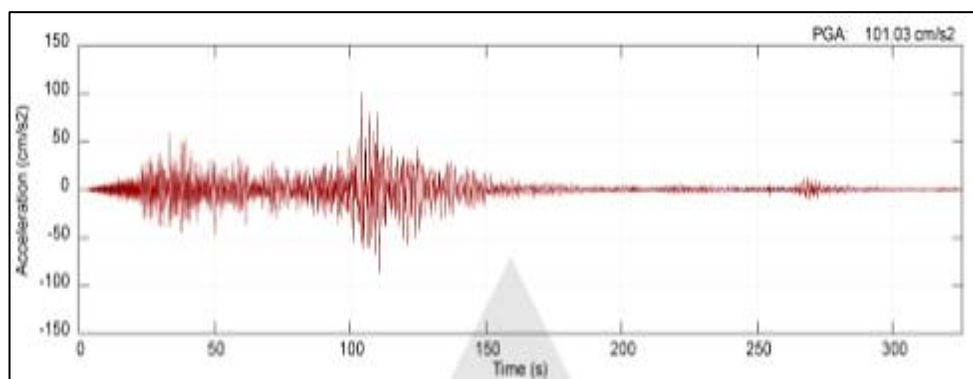


Figura 14. Registro del sismo de Pisco del 15 de agosto del 2007.  
Fuente Red Acelerográfica del CISMID

## **Método de equilibrio límite**

Los métodos de equilibrio límite para el cálculo y análisis de estabilidad de taludes son los más utilizados en la actualidad, debido a su sencillez, y porque el valor del resultado del coeficiente de seguridad que se obtiene no se aleja mucho del valor real.

Este método determina el equilibrio de una masa activa del suelo, el cual puede estar definido por una superficie de ruptura ya sea circular, plana o poligonal. El método asume que la superficie de falla se da a lo largo del talud, lo cual hace que todos los elementos de esa superficie alcancen simultáneamente el factor de seguridad  $F.S = 1$ . Al momento en que ocurre la ruptura de la masa de suelo la fuerza resistente al corte a lo largo de la superficie esta movilizada, mientras que el terreno se encuentra en condiciones estáticas (Gerscovich, 2013, p. 173).

Raygada (2011) afirma que: Las hipótesis planteadas por los métodos de equilibrio límite son las siguientes:

- Considera una superficie potencial de ruptura con formas geométricas sencillas usualmente con superficies circulares, esta superficie debe estar bien asumida
- Cuando se está empezando a manifestar el colapso de la masa del suelo
- Se cumple el criterio de Mohr-Coulomb a lo largo de toda la superficie de ruptura, o algún otro criterio previamente establecido.
- Se obtiene un único factor de seguridad a lo largo de cada superficie de falla.
- Consideran que el suelo tiene un comportamiento mecánico como materiales rígidos perfectamente plásticos.

Los métodos de equilibrio límite tienen las siguientes características en común:

- El factor de seguridad está asociado directamente con la resistencia cortante del suelo, estos poseen un elevado grado de inquietud, haciendo que este sea el principal problema al utilizar estos métodos en determinados cálculos de ingeniería Geotécnica
- Introducen hipótesis para completar las ecuaciones de equilibrio, esto se da porque cuando se resuelven estas ecuaciones de equilibrio el número de ecuaciones aumenta siendo este mayor al número de ecuaciones obtenidas por el método de equilibrio límite
- Consideran en forma genérica que la masa de suelo tiene un comportamiento mecánico rígido perfectamente plástico y no se toma en cuenta el esfuerzo-deformación que se genera por la existencia de cargas externas, o su propio peso y esta consideración no es aplicable para todos los casos (p.35-36).

Tabla 8

*Hipótesis de fuerzas entre rebanadas de distintos métodos de equilibrio límite*

<b>Métodos de Equilibrio</b>	<b>Hipótesis</b>
Fellenius (Ordinario) (1927)	Supone que las fuerzas entre rebanadas se anulan entre sí. Solo para deslizamiento circular
Bishop Modificado (1955)	La fuerza resultante entre rebanadas es horizontal (significa que no hay fuerza tangencial entre rebanadas) Solo para deslizamiento circular
Jambu Generalizado (1968)	La posición de la fuerza normal entre rebanadas se define con la línea de empuje y se puede variar, es decir cambiar la posición de las fuerzas resultantes entre rebanadas. Para cualquier superficie de deslizamiento.
Spencer (1967)	Las fuerzas resultantes entre rebanadas son paralelas. Cualquier superficie de deslizamiento. La dirección de las fuerzas resultantes entre rebanadas se define
Morgenstern-Price (1965)	Mediante la función predeterminada y se puede variar la orientación, el porcentaje de la función utilizada se resuelva mediante equilibrio de fuerzas y momentos. Cualquier superficie de deslizamiento.
Corps of Engineers (1970)	Las direcciones de las fuerzas resultantes entre rebanadas se suponen paralelas al ángulo medio de la superficie del talud o a la línea definida por los puntos de entrada y salida de la línea de deslizamiento en el terreno. Cualquier superficie de deslizamiento.
Lowe-Karafiath (1960)	Las direcciones de las fuerzas resultantes entre rebanadas se suponen iguales al promedio de la superficie del terreno y superficie de deslizamiento en la base de cada rebanada. Cualquier superficie de deslizamiento.
Sarma (1973)	Los valores de las fuerzas resultantes entre rebanadas siguen ciertas pautas predeterminadas. Cualquier superficie de deslizamiento.

*Fuente:* extraído de Alonso (1989)

Tabla 9  
Ecuaciones de equilibrio satisfechas por los métodos de equilibrio límite

Métodos de Equilibrio Límite	Equilibrio Vertical de Fuerzas	Equilibrio Horizontal de Fuerzas	Equilibrio de Fuerzas	Equilibrio de Momentos
Fellenius (Ordinario) (1927)	Si	No	No	Si
Bishop Modificado (1955)	Si	No	No	Si
Janbu Generalizado (1968)	Si	Si	Si	Si
Spencer (1967)	Si	Si	Si	Si
Morgenster-Price (1965)	Si	Si	Si	Si
Corps of Engineers (1970)	Si	Si	Si	No
Lowe-Karafiath (1960)	Si	Si	Si	No
Sarma (1973)	Si	Si	Si	Si

Fuente: recuperado de Alonso (1989)

### Método Ordinario o de Fellenius

Conocido también como método sueco, método de las Dovelas o método U.S.B.R. Este método asume superficies de falla circulares, divide el área de falla en “n” tajadas verticales (Dovelas), obtiene los momentos actuantes y resultantes para cada tajada, ya que este método satisface el equilibrio de momentos y con la sumatoria de estas fuerzas obtiene el Factor de Seguridad. Las fuerzas que actúan sobre una dovela son:

- El peso o fuerza de gravedad, la cual se puede descomponer en una tangente y una normal a la superficie de falla.
- Las fuerzas resistentes de cohesión y fricción que actúan en forma tangente a la superficie de falla.
- Las fuerzas de presión de tierras y cortante en las paredes entre dovelas, las cuales no son consideradas por Fellenius, pero sí son tenidas en cuenta en otros métodos de análisis más detallados (Suarez, 2 002, p. 131).

En la Figura 15, se puede apreciar todas las fuerzas que intervienen en una dovela vertical.



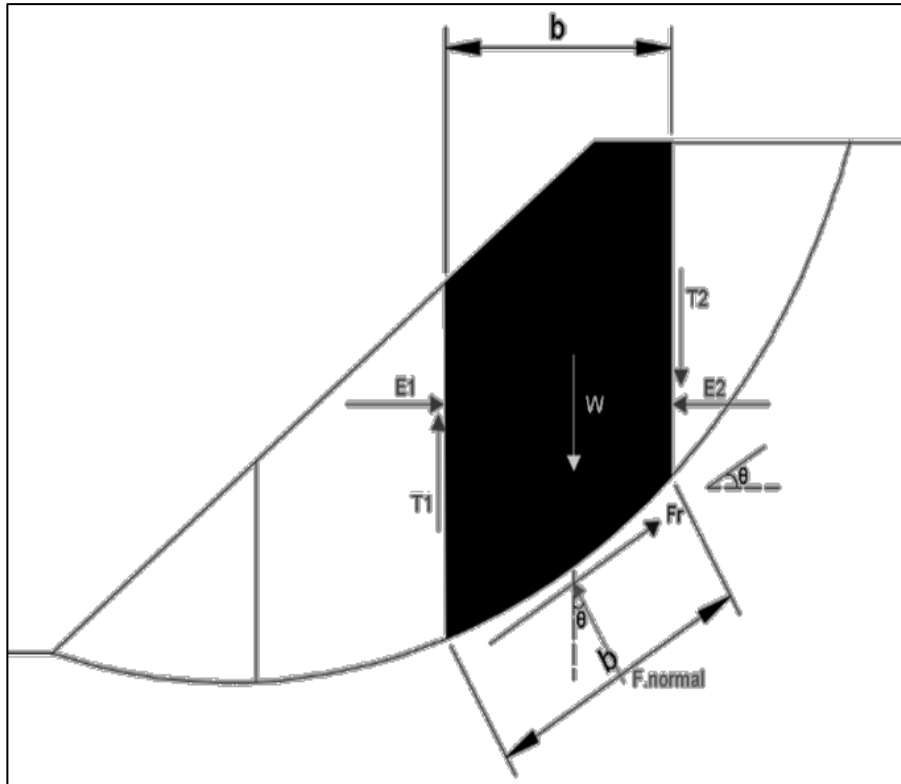


Figura 15. Fuerzas que actúan sobre n<sup>ma</sup> dovela de acuerdo al método Fellenius.  
Fuente: Propia

Dónde:

E1 y E2 son las fuerzas de empuje que actúan entre cada dovela, T1 y T2 son las fuerzas cortantes, W es el peso de cada dovela, que descompuesta se obtiene una fuerza tangencial o fuerza de corte resistente (fr) y una fuerza normal a la superficie de falla, el ángulo ( $\theta$ ) se obtiene mediante la intersección de la fuerza normal y la línea referencial del peso de la dovela (w).

El método de Fellenius calcula el factor de seguridad con la siguiente expresión:

$$FS = \frac{\sum [C' b \sec \alpha + (W \cos \alpha - u b \sec \alpha) \tan \theta]}{\sum W \sin \alpha} \quad (1.2)$$

$\alpha$  = Ángulo del radio del círculo de falla con la vertical bajo el centroide en cada tajada.

W = Peso total de cada tajada.

u = Presión de poros =  $\gamma_w h_w$

b = Ancho de la tajada

C',  $\phi$  = Parámetros de resistencia del suelo.

## Método de Janbú simplificado

Este método considera que las Fuerzas que actúan entre dovelas son solo horizontales, no tomando en consideración las fuerzas cortantes. A comparación de los métodos anteriormente mencionados, este no presenta necesariamente una superficie de falla circular. Esto se refleja en la aplicación de un factor  $f_0$ , el que depende netamente del nivel de curvatura que presenta la superficie de rotura (Sanhueza & Rodriguez, 2013, p.23).

Janbú (1973) presento un método de dovelas para superficies de falla curvas, no circulares. De acuerdo con Janbú la ecuación modificada es la siguiente:

$$FS = \frac{f_0 \sum \left\{ [C' b + (W - ub) \tan \theta] \frac{1}{\cos \alpha \, m \alpha} \right\}}{\sum (W \tan \alpha)} \quad (1.2)$$

Donde  $f_0$  depende de la curvatura de la superficie de falla. En la Figura 16, se muestra el diagrama para determinar el factor  $f_0$  para el método de Janbú.

$$m \alpha = \cos \alpha \left( 1 + \frac{\tan \alpha \tan \theta}{F.S.} \right) \quad (1.3)$$

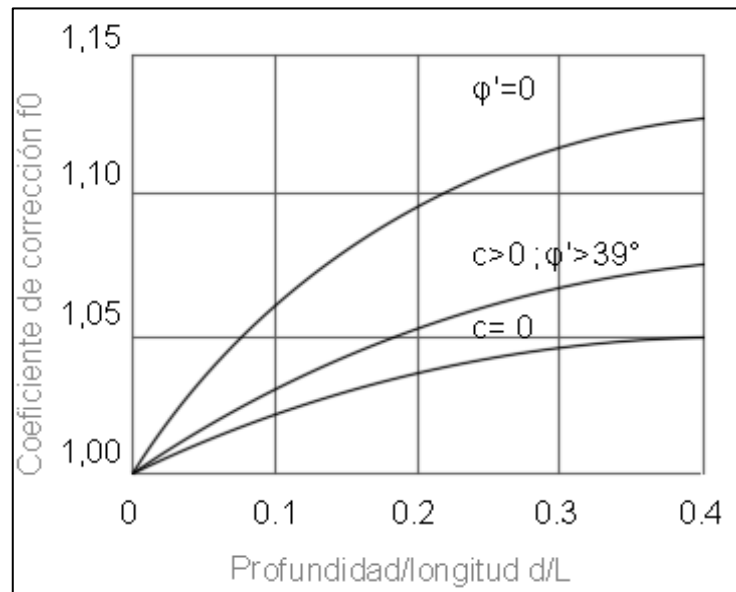


Figura 16. Diagrama para determinar el factor  $f_0$  para el método Janbú.  
Fuente: Propia

$\phi=0$ : Suelos Cohesivos

C-  $\phi$ : Suelos Mixtos

C: Suelos Granulares

### Método de Bishop simplificado

El método modificado (o simplificado) de Bishop es una extensión del método de la rebanadas (Fellenius), se aplica solo a superficies de roturas circulares, se toma en consideración el equilibrio de fuerzas en la dirección vertical, pero no resultan influyentes ya que se encuentran en equilibrio, por lo tanto se asume que la fuerzas verticales en las dovelas son cero, este método satisface el equilibrio de momentos mas no la de fuerzas y el factor de seguridad que se obtiene por este método es más estable que el método de Fellenius. En la Figura 17, se muestra las fuerzas actuantes en una dovela por el método simplificado de Bishop

$$FS = \frac{\sum [C'b + (W - ub) \tan \phi + ma]}{\sum W \sin \alpha} \quad (1.4)$$

Dónde:

$$ma = \cos \alpha \left( 1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{F.S.} \right) \quad (1.5)$$

b = Ancho de la Dovela

W = Peso de cada dovela

C',  $\phi$  = Parámetros de resistencia del suelo.

u = Presión de poros en la base de cada dovela =  $\gamma_w h_w$

$\alpha$  = Angulo del radio y la vertical en cada dovela.

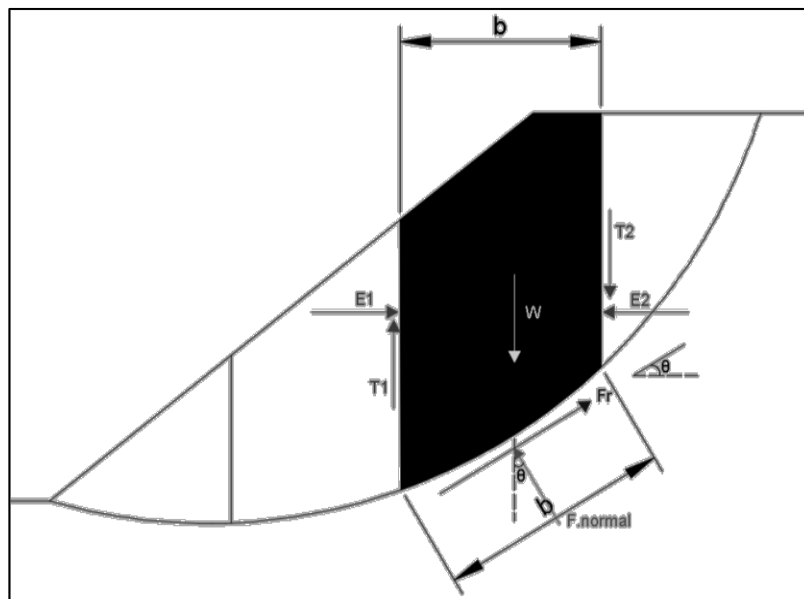


Figura 17. Esquema de las fuerzas que actúan en n<sup>ma</sup> dovela según el método Bishop Simplificado.

Fuente: Propia

Dónde:

E1 y E2 son las fuerzas de empuje que actúan entre cada dovela, T1 y T2 son las fuerzas cortantes que al final por equilibrio tendrán que eliminarse, W es el peso de cada dovela, que descompuesta se obtiene una fuerza tangencial o fuerza de corte resistente ( $f_r$ ) y una fuerza normal a la superficie de falla, el ángulo ( $\theta$ ) se obtiene mediante la intersección de la fuerza normal y la línea referencial del peso de la dovela ( $w$ ).

#### **1.4 Formulación del problema**

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó los siguientes problemas de investigación:

##### **Problema general**

¿De qué manera influye el uso del sistema Soil Nailing en el análisis de la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca-Huarochiri, 2018?

##### **Problemas específicos**

Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- ¿Cómo el estudio de mecánica de suelos influye en el diseño del sistema Soil Nailing para la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca-Huarochiri, 2018?
- ¿Cuáles son los resultados del diseño del sistema Soil Nailing para lograr la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca-Huarochiri, 2018?
- ¿Cuál es la influencia del sistema Soil Nailing en separaciones de 1m, 1.5m y 2m con el factor de seguridad para la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca-Huarochiri, 2018?

#### **1.5 Justificación del estudio**

##### **Justificación teórica**

Según Bernal, C. (2010). “En una investigación hay una justificación teórica cuando el propósito del estudio es generar reflexión y debate académico sobre el conocimiento existente, confrontar una teoría, contrastar resultados o hacer epistemología del conocimiento existente” (p.106).

En la presente investigación se cuenta con indagaciones confiables y relevantes procedentes de investigaciones a nivel internacional y nacional, para poder determinar la relación que existen en nuestras variables y con ello poder conocer si la hipótesis planteada en el estudio es aceptada o por lo contrario rechazada según nuestra investigación.

### **Justificación metodológica**

Según Bernal (2010). “En investigación científica, la justificación metodológica del estudio se da cuando el proyecto propone un nuevo método o una nueva estrategia para generar conocimiento valido y confiable” (p.107).

Para conseguir el cumplimiento de los objetivos propuestos, se deberá acudir a técnicas y guías metodológicas de investigación, que nos brindará las herramientas y pautas para el buen procesamiento de los datos con el fin de obtener la información necesaria y requerida que ayude a la verificación de las hipótesis planteadas en la investigación y a su vez nos proporcionará una ayuda para la toma de decisiones.

### **Justificación tecnológica**

Según Carrasco (2010). “Se refiere a que los resultados de la investigación posibilitan el diseño y elaboración de técnicas, instrumentos y equipos para la producción de bienes económicos, científicos, industriales, etc, que dinamicen el desarrollo de los procesos productivos en general” (p.120).

La justificación tecnología de este trabajo de investigación radica en el uso del software Slide debido a su fácil manejo e interpretación de resultados y a la vez es uno de los softwares computacionales más usados en la actualidad por especialistas para el correcto desarrollo y análisis de los datos que se desea obtener.

### **Justificación económica**

Castrillón (2010) “La organización tiene un propósito global, el objetivo básico financiero, evitando gastos y perdidas económicas ”(p.113).

Los recursos económicos no serán muy elevados, por lo que ya se dispone del software, el estudio de suelos, la elaboración de los planos, documentos, y los gastos que ocasiona por el fotocopiado, anillado, empastado y/o otros serán asumidos por el investigador, a la vez, en el presente proyecto de investigación se obtendrá beneficios económicos ya que se evitará pérdidas materiales y humanas ocasionados por el deslizamiento del talud

## **1.6 Hipótesis**

### **Hipótesis general**

El uso del Sistema Soil Nailing influye significativamente en el análisis de la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca, 2018

### **Hipótesis específicas**

- El estudio de mecánica de suelos nos permite obtener datos para analizar la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca, 2018

- Los resultados de diseño del sistema Soil Nailing nos permite determinar la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca, 2018.
- Las separaciones de los Nailing influyen en el factor de seguridad para la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca-Huarochiri, 2018

## **1.7 Objetivos**

### **Objetivo general**

Determinar la influencia del uso del sistema Soil Nailing en el análisis de la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca, 2018

### **Objetivos específicos**

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Realizar el estudio de mecánica de suelos para obtener los datos y luego analizar la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca, 2018
- Determinar los resultados del diseño del sistema Soil Nailing para la estabilidad del talud en el Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca, 2018
- Determinar cómo las separaciones de 1m, 1.5 y 2m influyen en el factor de seguridad para la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca-Huarochiri, 2018
- Realizar planos de la propuesta de diseño del sistema Soil Naling para la estabilización de taludes del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca- 2018.

## **II. MÉTODO**

## **2.1 Diseño de la investigación**

### **Método**

El diseño de este proyecto de investigación es:

Hernández, Fernández y Baptista (2010) precisaron que es no experimental-transversal cuando se efectúa sin maniobrar intencionadamente variables. O sea, se trata de investigaciones donde no se varían en forma deliberada las variables independientes para apreciar sus consecuencias en otras variables. Por otro lado es de tipo transversal debido a que el estudio de investigación e da en un determinado tiempo

### **Tipo**

Hernández, Fernández y Batista (2010) afirma que: “La investigación aplicada es la que soluciona problemas prácticos”. (p. 14).

El tipo de investigación de este proyecto es: Investigación Aplicada, porque se hará uso de metodologías de estabilidad.

Cuantitativo: Recoge y analiza los datos numéricos con referente a las variables y ayudan a tomar decisiones de acuerdo a los parámetros cuantificados

### **Nivel**

El nivel de este proyecto de investigación es:

Nivel Explicativo: “Pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian” (Hernández, Fernández y Batista, 2010, p.108).

## **2.2 Variables, operacionalización:**

### **Variables**

Variable independiente: Estabilidad del talud

Variable dependiente: Soil Nailing



## Matriz de Operacionalización de las variables

Tabla 10

Matriz de operacionalización de las variables de la investigación

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala de Medición
<b>Variable independiente</b> <b>Estabilidad del talud</b>	Según Benavides (2015) el estudio de estabilidad de taludes esta basado en el concepto de iteración de dos fuerzas que actúan sobre el talud, estas son las fuerzas estabilizantes o resistentes y las fuerzas desestabilizantes o movilizantes.	Trabajos de campo mediante una calicata, definición del perfil estratigráfico, toma de muestras representativas; ensayos de mecánica de suelos tales como granulométrico, y de corte directo.	Método del equilibrio límite	Factor de seguridad		
<b>Variable Dependiente</b> <b>Soil Nailing</b>	Según Pantoja (2008) El suelo enclavado es una técnica para reforzar el suelo in-situ. El sistema consiste en una cubierta o revestimiento de concreto lanzado, construido regularmente de arriba hacia abajo y un arreglo de inclusiones (miembros reforzados o "Nails") perforadas o insertadas en una masa de suelo.	Diseño del sistema Soil Nailing, factor de seguridad en condiciones estáticas, factor de seguridad en condiciones pseudoestáticas, parámetro de diseño de la longitud de anclaje y fuerza de tensión del anclaje.	Parámetros Geotécnicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación de suelos</li> <li>• Peso Unitario</li> <li>• Angulo de fricción</li> <li>• Cohesión</li> </ul>	Slide V. 6 Modelamiento con el Software Slide	Razón
			Diseño	Factor de seguridad		

Fuente: Elaboración Propia

## **2.3 Población y muestra**

### **Población**

La población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (Hernández, Fernando y Baptista 2014, p. 174).

En la presente investigación la población fue los taludes ubicados en el Megacentro comercial 30 de enero, donde se realizó la excavación de una calicata (C-1).

### **Muestra**

La muestra es en esencia un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población (Hernández, Fernando y Baptista 2014, p.175).

La muestra de estudio fue representada por el talud con mayor altura esta se ubicaba en el fondo del área de estudio, contaba con una longitud de 25 metros y se tomó como un tramo completo.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **Técnicas**

Ander-Egg (2012) afirma que: “la observación es el procedimiento empírico por excelencia. Todo conocimiento científico proviene de la observación, ya sea directa o indirecta” (p. 1).

La técnica usada en este proyecto de investigación fue la observación debido a que, mediante los ensayos realizados en el laboratorio de pavimentos de la UNFV, se genera información y datos que el investigador recogerá para luego analizarlos, procesarlos e interpretarlos basándose en el marco teóricos y en los objetivos que se planean determinar.

### **Instrumentos**

Los instrumentos usados fueron fichas de recolección de datos, para los resultados iniciales de caracterización y demás ensayos se usaron las siguientes normas: ASTM D422 (granulometría por tamizado), ASTM D-4318 (límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad), ASTM D-3080 (ensayo de corte), ASTM D- 1556 (Densidad de campo natural), de esta manera la toma de datos fueron proporcionados por el laboratorio donde se realizaron los análisis y ensayos, los cuales fueron elaborados bajo las normas correspondientes.

## **2.5 Métodos de análisis de datos**

Según Hernández et al (2010) el análisis cuantitativo consiste en llevar a la computadora los datos que se requieren por lo que es extenso el desarrollo manual con los formularios y para un análisis rápido se analiza con los programas computacionales.

## **2.5 Métodos de análisis de datos**

Según Hernández et al (2010) el análisis cuantitativo consiste en llevar a la computadora los datos que se requieren, por lo que es extenso el desarrollo manual con los formularios y para un análisis rápido se analiza con los programas computacionales.

Lo primero fue realizar trabajos de campo tales como una calicata, toma de una muestra representativa y ensayos de laboratorio determinando las propiedades físicas y mecánicas del suelo en la UNFV. Por consiguiente, con toda esta información obtenida se procederá a usar el software (Slide) de la familia ROSCIENSE para generar el análisis en condiciones estáticas y pseudoestáticas con y sin la implementación del sistema Soil Nailing.

## **2.6 Aspectos éticos**

La presente investigación fue desarrollada con base a los principios y normas que brinda la Universidad César Vallejo, Así mismo el respeto de derecho intelectual de otros autores, citando los textos que se incluyen en el desarrollo de esta investigación, así mismo el investigador se compromete a la respetar la conformidad de los resultados y aceptar los datos asumidos para lograr los objetivos del presente trabajo de investigación.

### **III. RESULTADOS**

### 3.1. Resultados

En este capítulo se presenta los resultados finales de los factores de seguridad por los métodos Fellenius, Bishop simplificado y jambu simplificado del talud analizado en condiciones estáticas y pseudoestáticas, asimismo se presentará otros resultados de factor de seguridad con una propuesta de diseño del sistema Soil Nailing incorporado en el talud de la zona de estudio, todos estos análisis se llevaron a cabo con el software Slide

posteriormente a eso se definieron los materiales presentes y los parámetros geotécnicos; estos se muestran en la Tabla 11, asimismo para realizar el análisis Pseudoestático se consideró un coeficiente sísmico horizontal igual a  $kh=0.20g$

Tabla 11  
*Parámetros Geotécnicos usados en la estabilidad de taludes*

<b>Material</b>	<b>Propiedad</b>
Grava Arcillosa (GC)	Peso Unitario $\gamma_0$ (Kn/m <sup>3</sup> ) 21
	Angulo de fricción $\phi$ (°) 28
	Cohesión $C'$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) 0.184

*Fuente:* Propia

Los valores del Factor de seguridad que se emplearan en esta tesis se tomaron en cuenta según la propuesta de Dam Safety Guidelines del 2007 del Canadian Dam Association para los casos Pseudo-estáticos y estáticos; estos se observan en la Tabla 12

Tabla 12  
*Factores de seguridad mínimos*

<b>Condición Analizada</b>	<b>Factor de Seguridad</b>
Caso Estático	1.5
Caso Pseudo-estático	1.0

*Fuente:* DSG-CDA (2007)

### 3.2 Resultado del análisis estático y Pseudoestático

#### Método de análisis de estabilidad Bishop simplificado

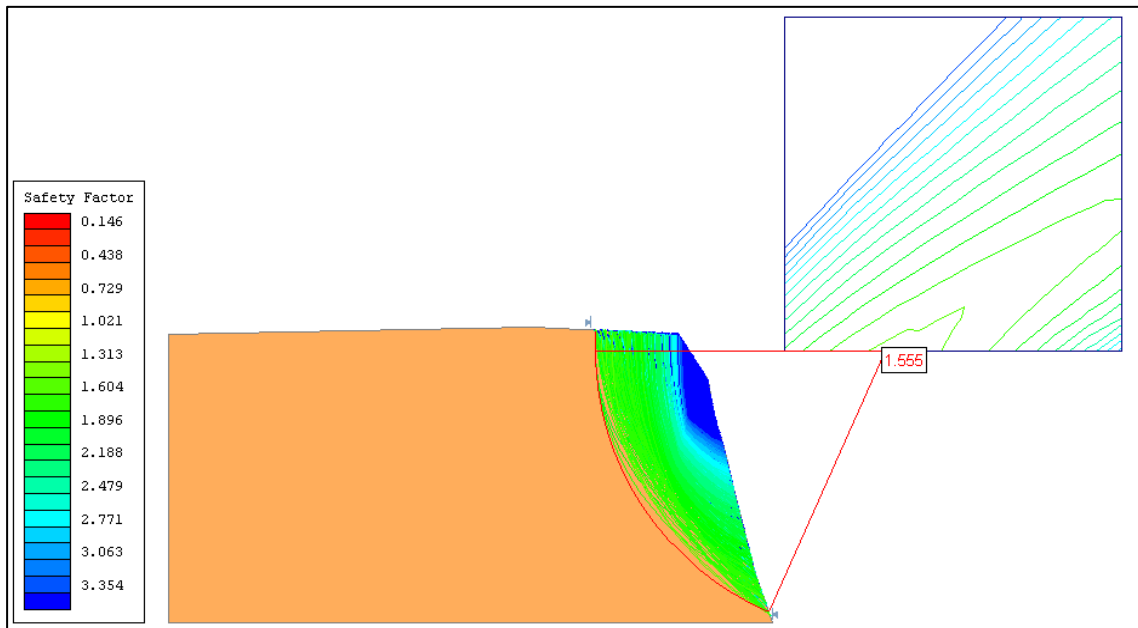


Figura 19. Modelo de análisis por Bishop simplificado en la condición Estática para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.555.

Fuente: Propia

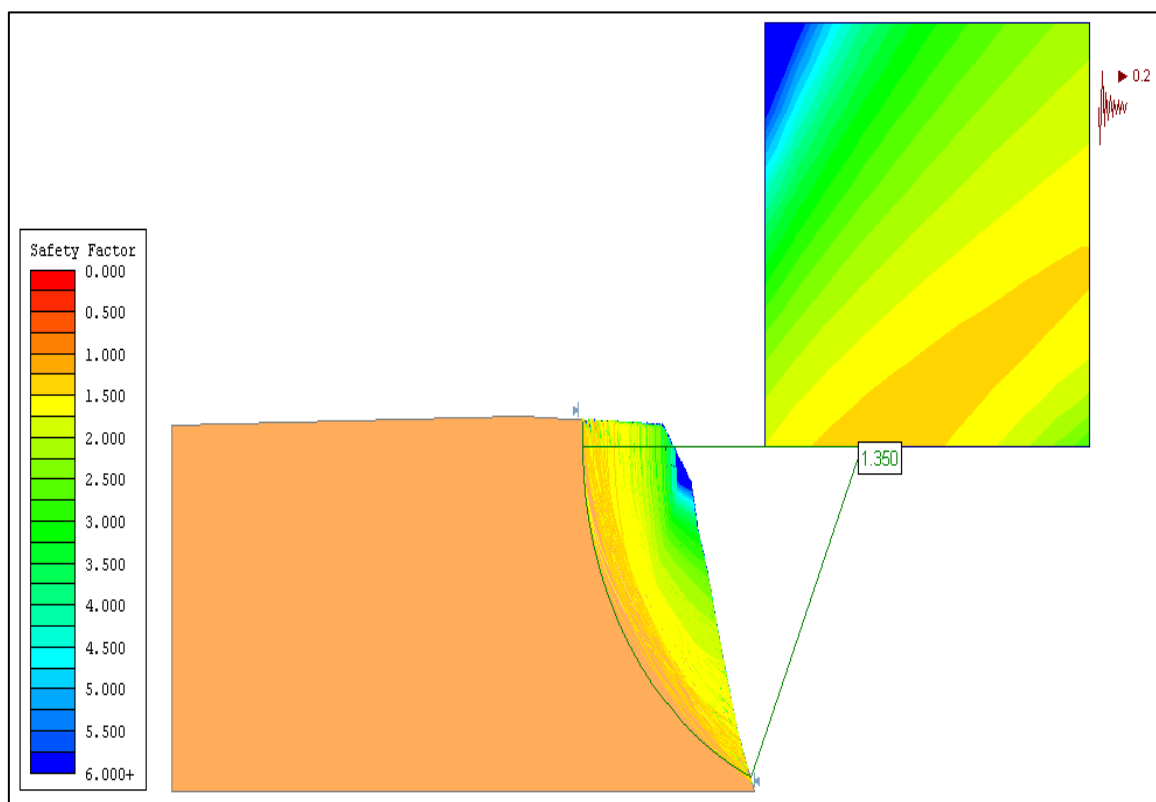


Figura 18. Modelo de análisis por Bishop simplificado en la condición Pseudoestático para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.350.

Fuente: Propia

## Método de análisis de estabilidad Fellenius

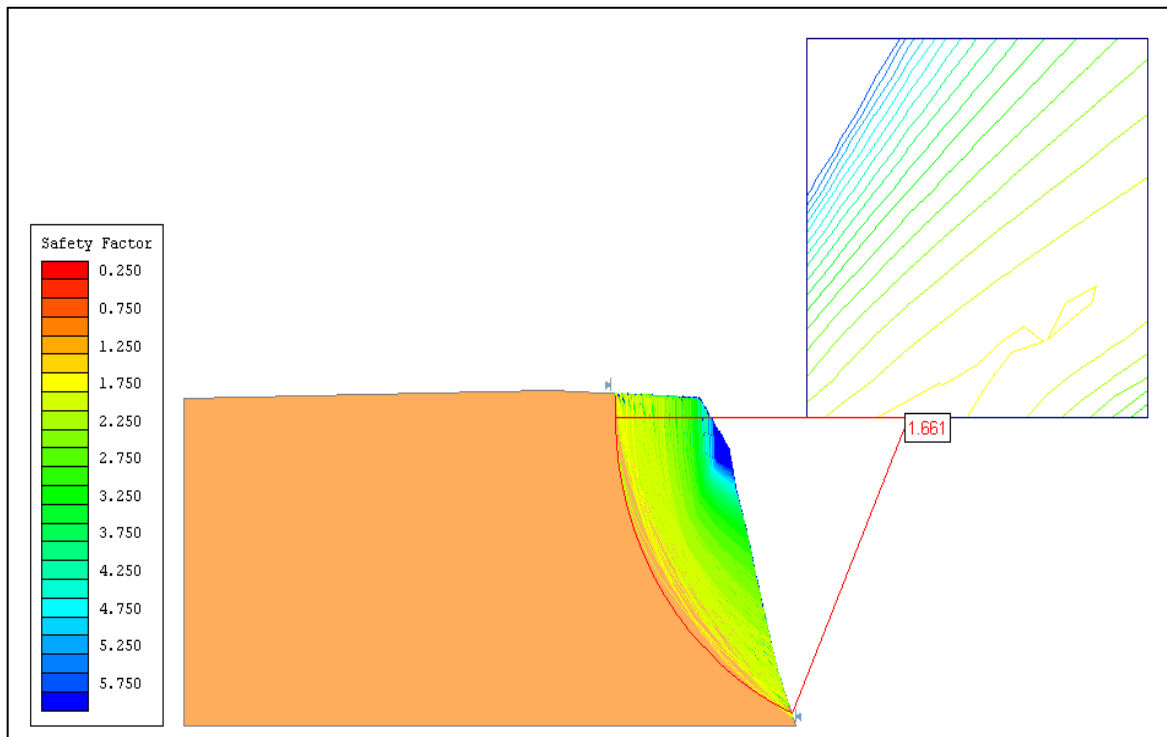


Figura 20.: Modelo de análisis por Fellenius en la condición Estática para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.661.

Fuente: Propia

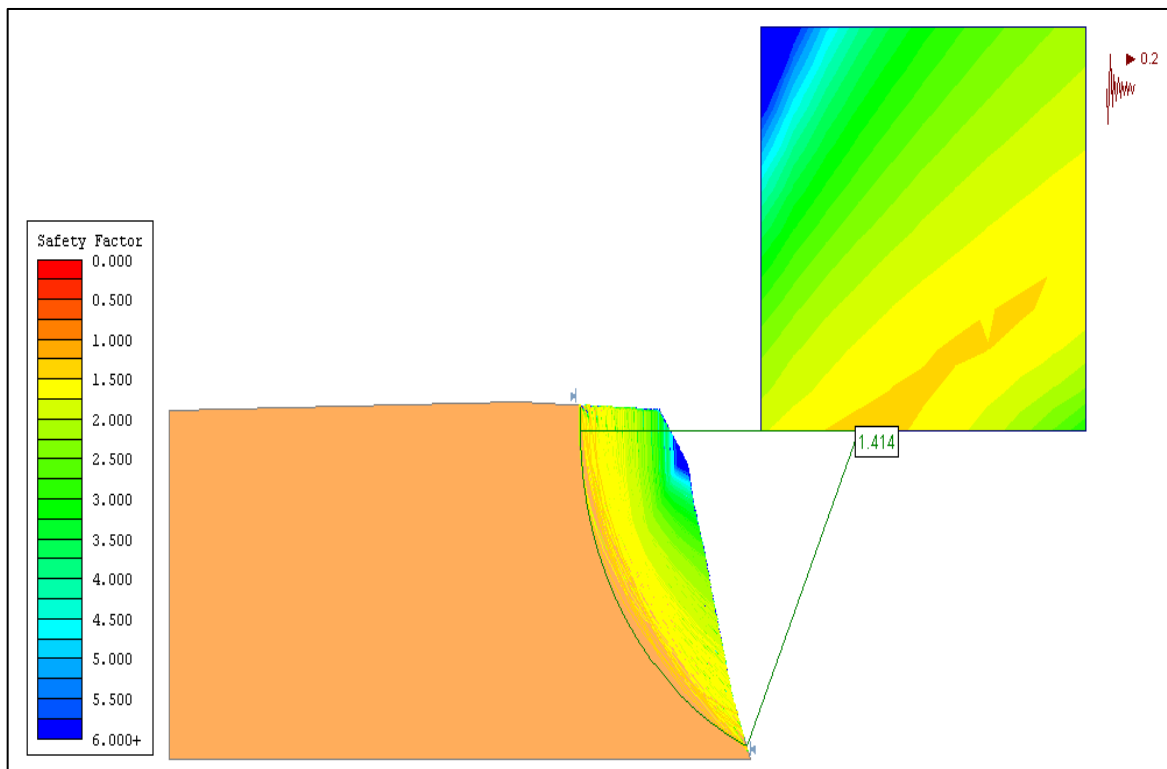


Figura 21. Modelo de análisis por Fellenius en la condición Pseudoestático para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.414.

Fuente: Propia

## Método de análisis de estabilidad Jambu simplificado

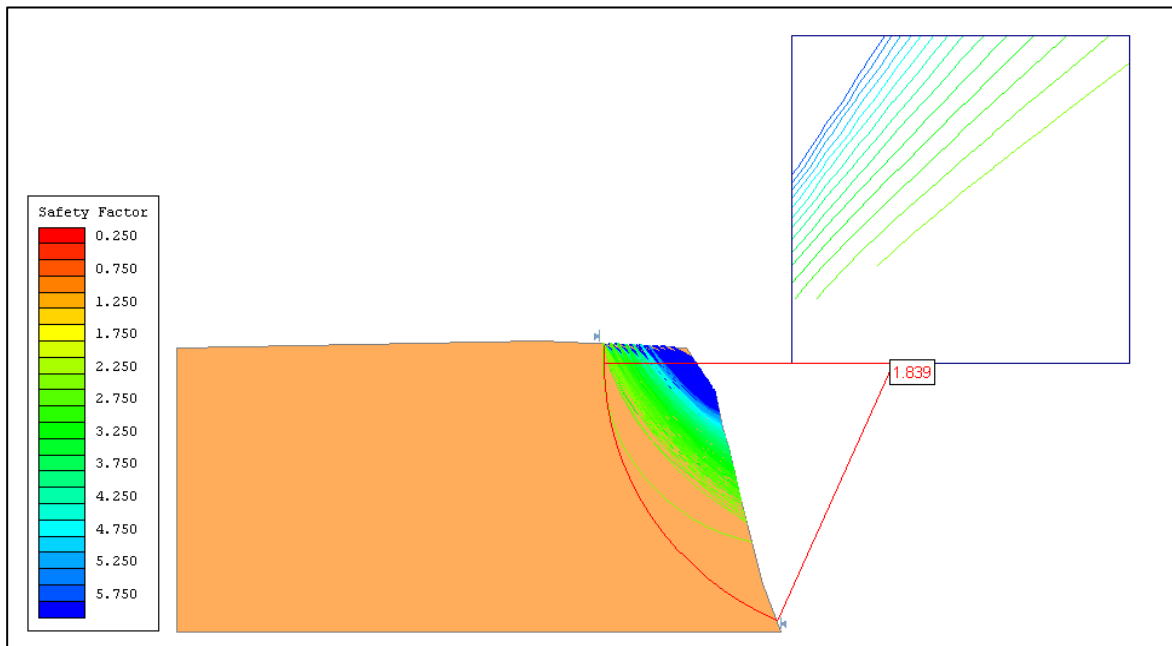


Figura 23. Modelo de análisis por Jambu simplificado en la condición Estática para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.839.

Fuente: Propia

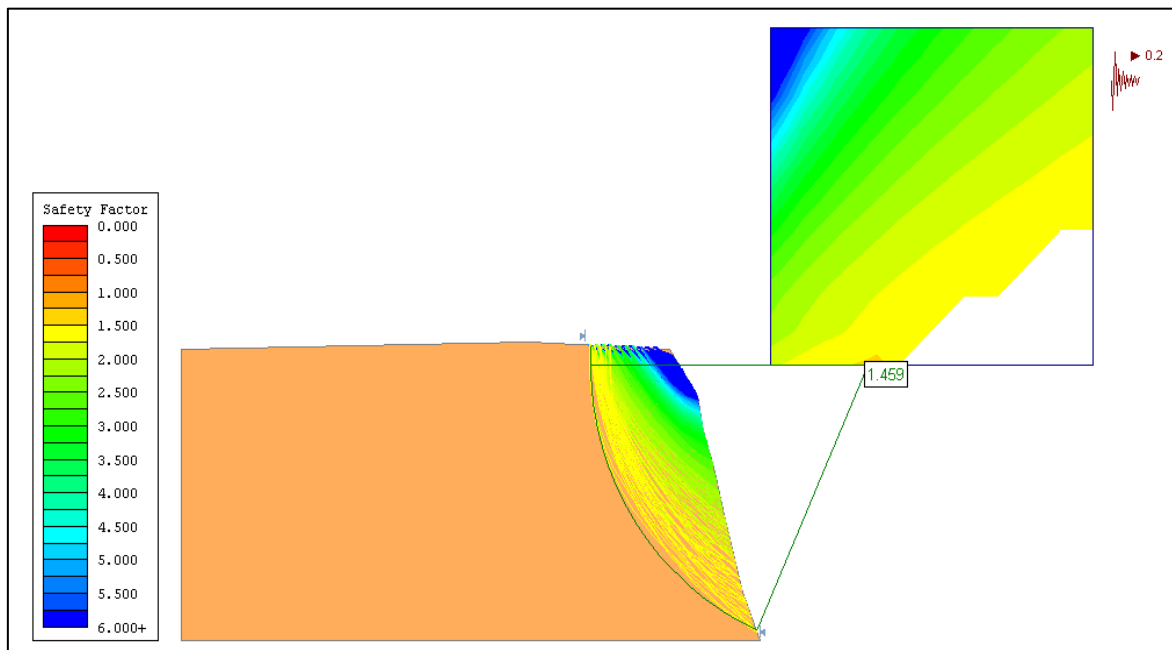


Figura 22. Modelo de análisis por Jambu simplificado en la condición Pseudoestático para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.459.

Fuente: Propia

A continuación, para la implementación del Sistema Soil Nailing se hizo un corte vertical al talud, esto debido a que el Megacentro comercial 30 de enero debe tener muros complementamente verticales.



### 3.3 Modelo de análisis de estabilidad con la inclusión del Sistema Soil Nailing con espaciamiento SH=1m y SV=1m

#### Método de Análisis de Estabilidad Fellenius

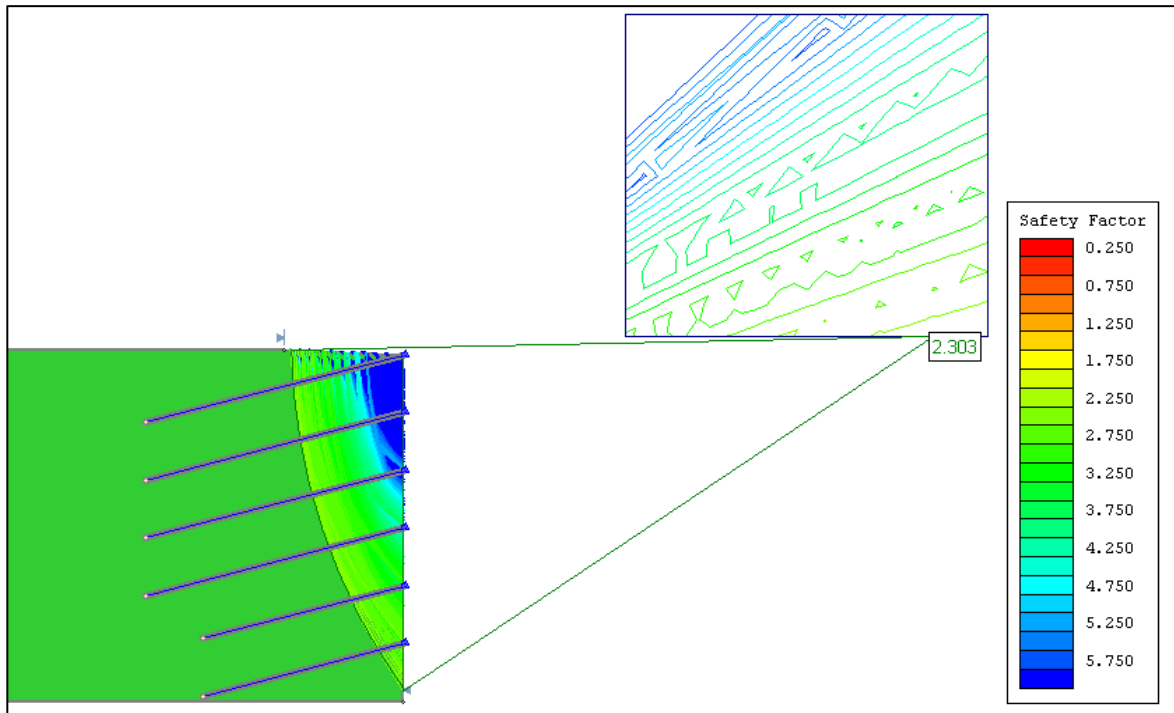


Figura 25. Modelo de análisis por Fellenius en la condición estática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 2.303.

Fuente: Propia

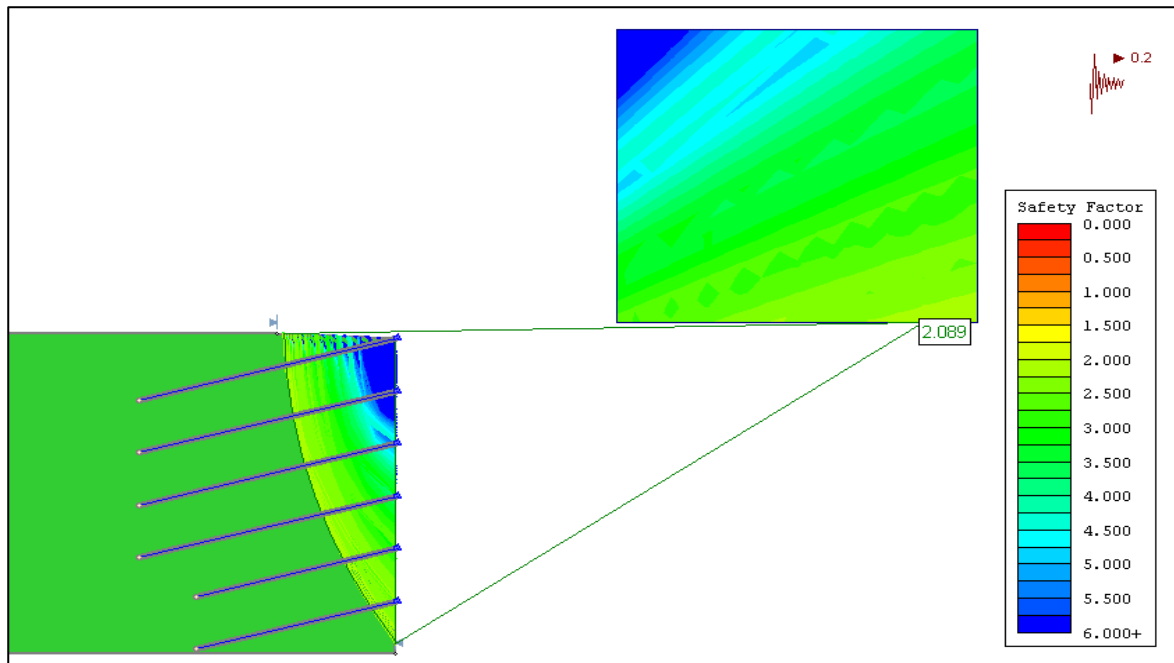


Figura 24 : Modelo de análisis por Fellenius en la condición Pseudoestática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 2.089.

Fuente: Propia

## Método de Análisis de Estabilidad Bishop Simplificado

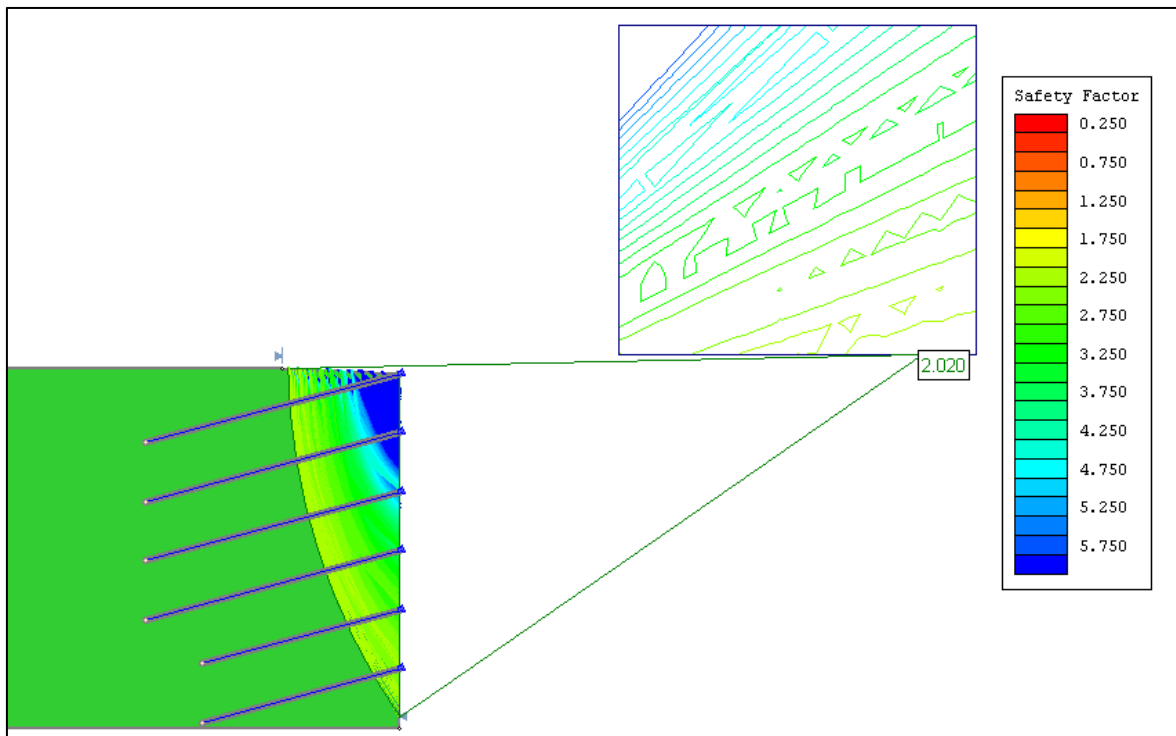


Figura 27. Modelo de análisis por Bishop Simplificado en la condición estática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 2.020.

Fuente: Propia

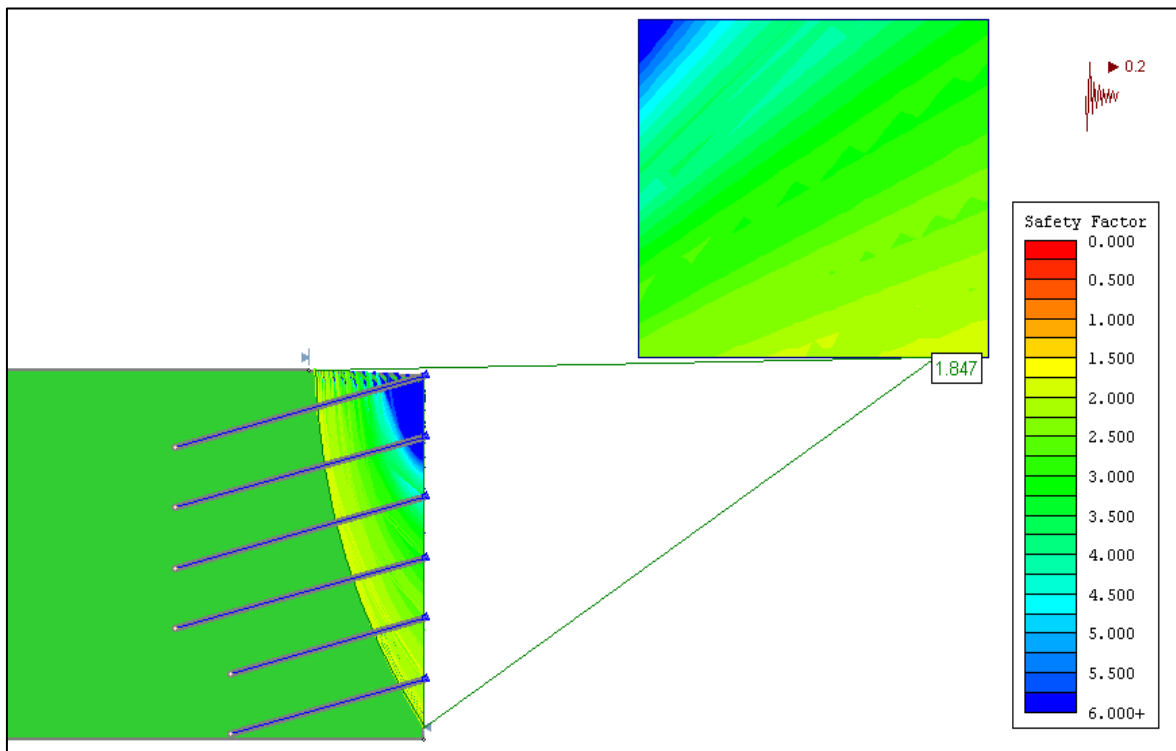


Figura 26. Modelo de análisis por Bishop Simplificado en la condición Pseudoestática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.847.

Fuente: Propia

## Método de análisis de estabilidad Jambu simplificado

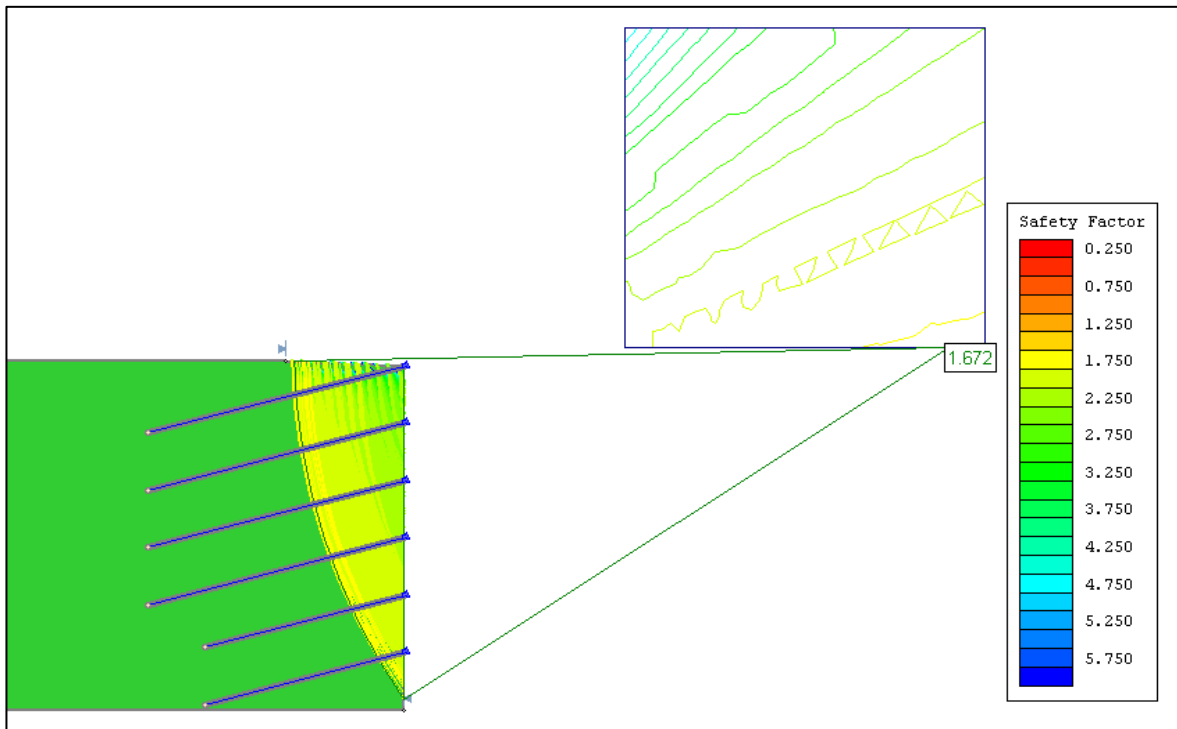


Figura 29. Modelo de análisis por Jambu Simplificado en la condición estática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.672.

Fuente: Propia

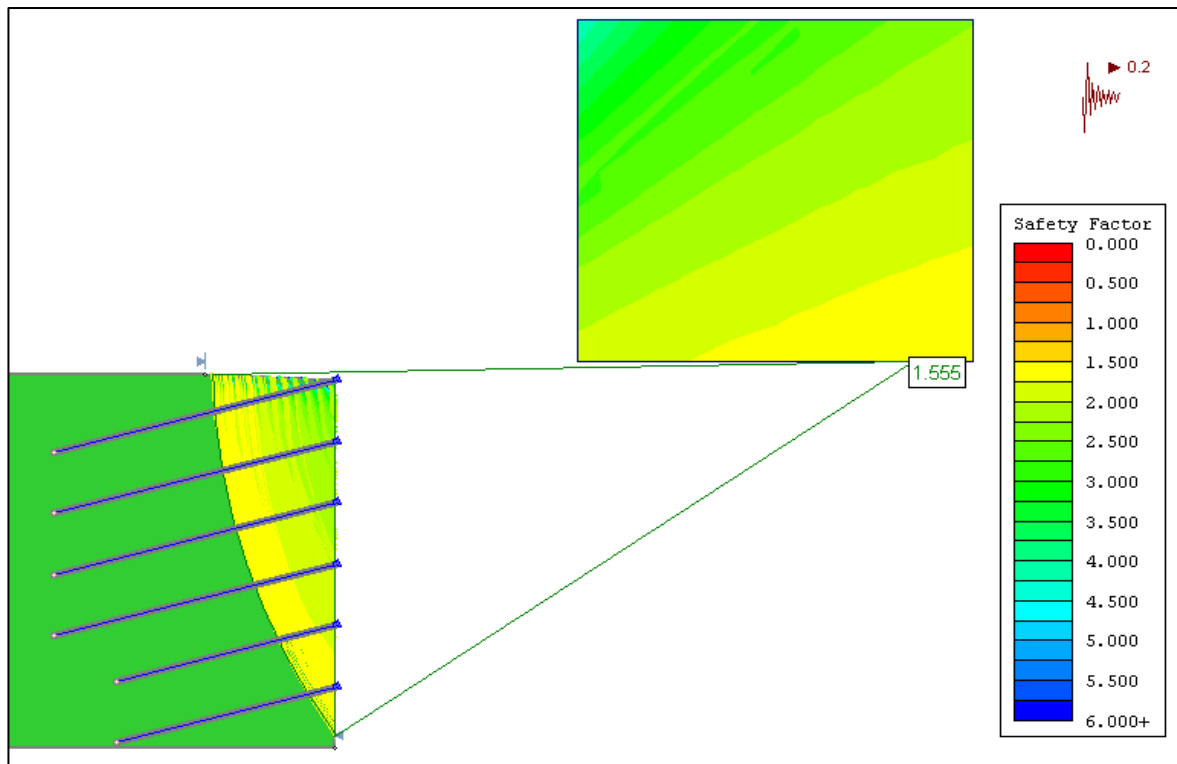


Figura 28. Modelo de análisis por Jambu Simplificado en la condición Pseudoestática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.555.

Fuente: Propia

### 3.4 Modelo de análisis de estabilidad con la inclusión del Sistema Soil Nailing con espaciamiento SH=1.5m y SV=1.5m

#### Método de Análisis de Estabilidad Fellenius

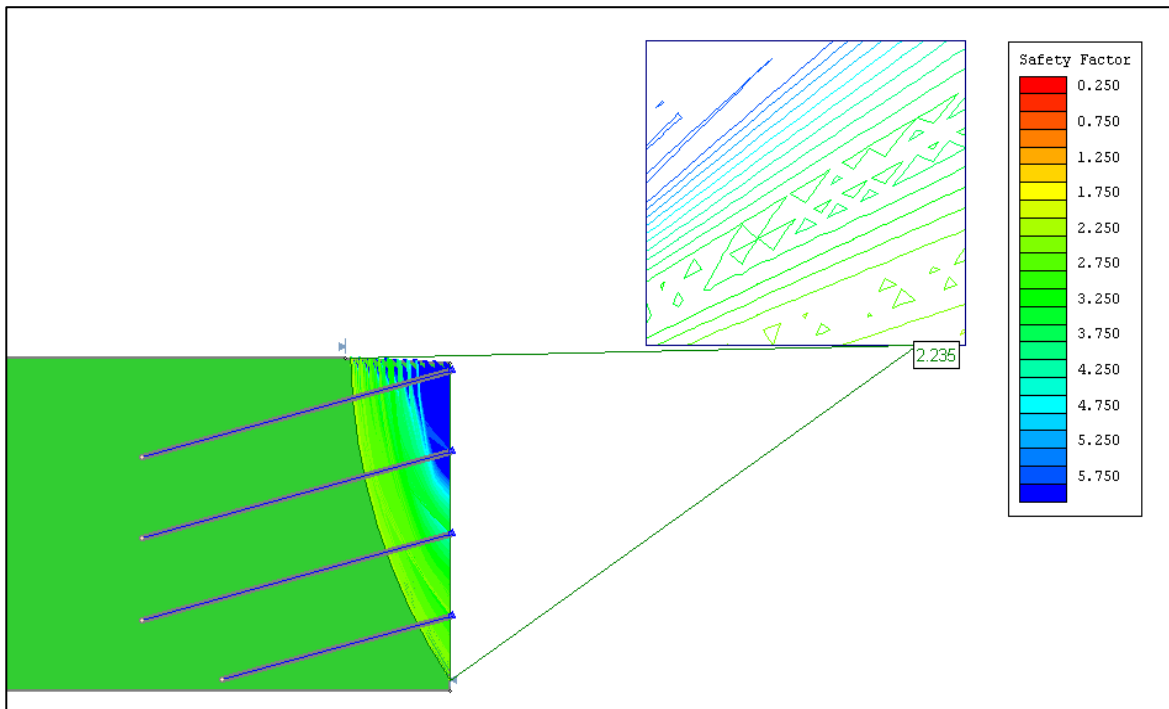


Figura 31. Modelo de análisis por Fellenius en la condición estática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 2.235.

Fuente: Propia

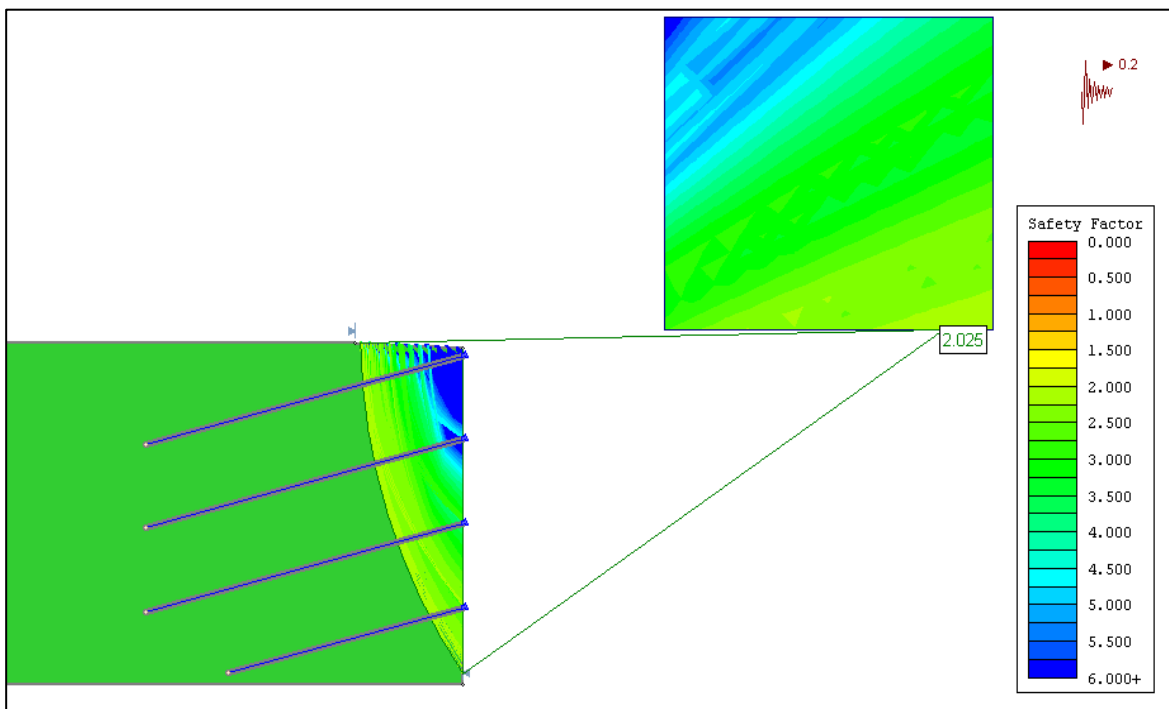


Figura 30. Modelo de análisis por Fellenius en la condición Pseudoestática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 2.025.

Fuente: Propia.

## Método de Análisis de Estabilidad Bishop Simplificado

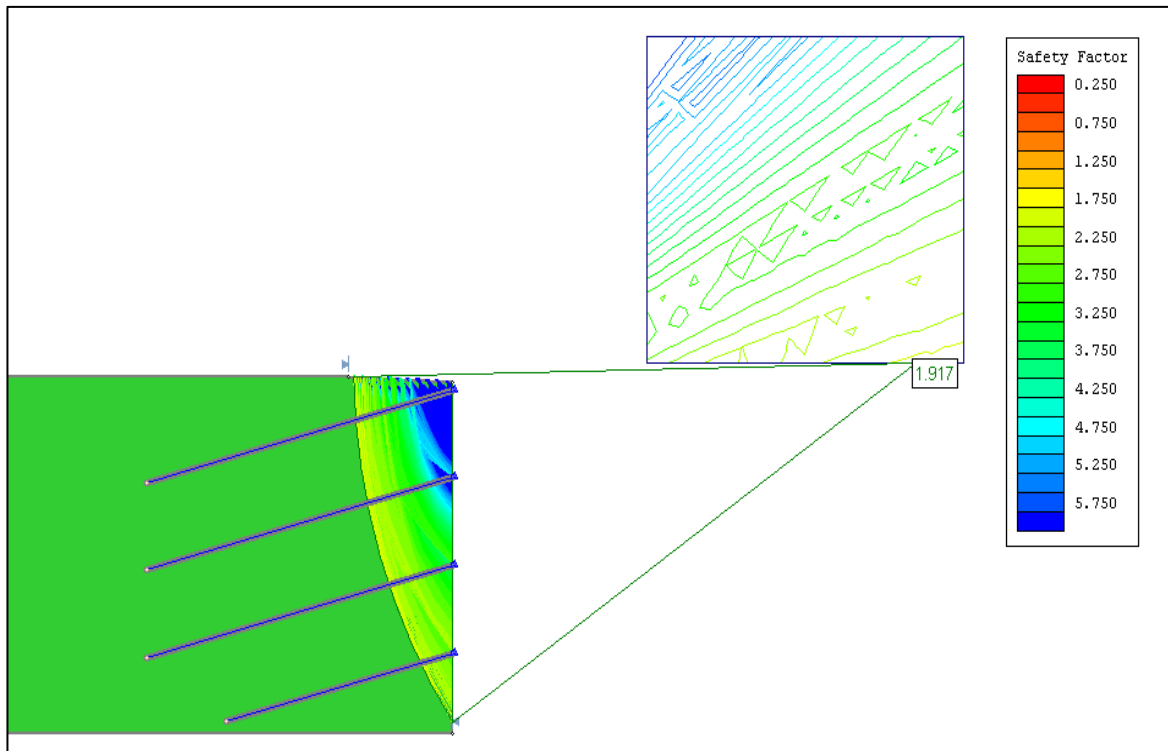


Figura 33. Modelo de análisis por Bishop Simplificado en la condición estática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.917.

Fuente: Propia

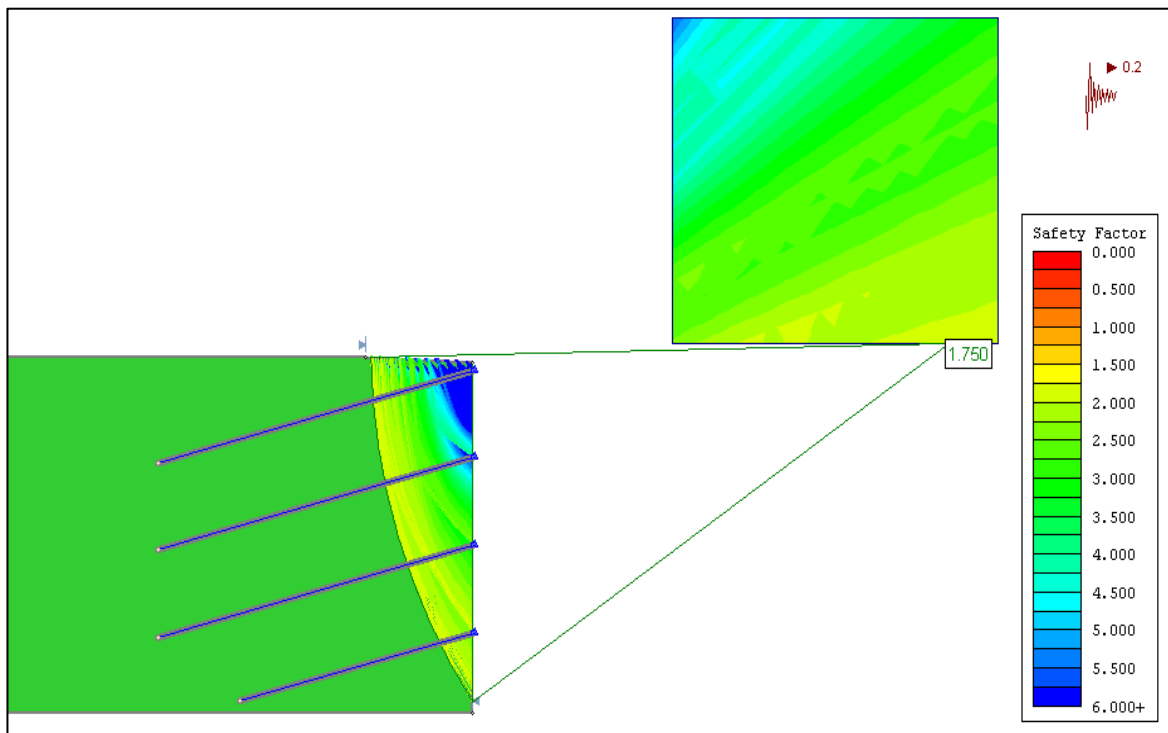


Figura 32. Modelo de análisis por Bishop Simplificado en la condición Pseudoestática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.750.

Fuente: Propia

## Método de análisis de estabilidad Jambu simplificado

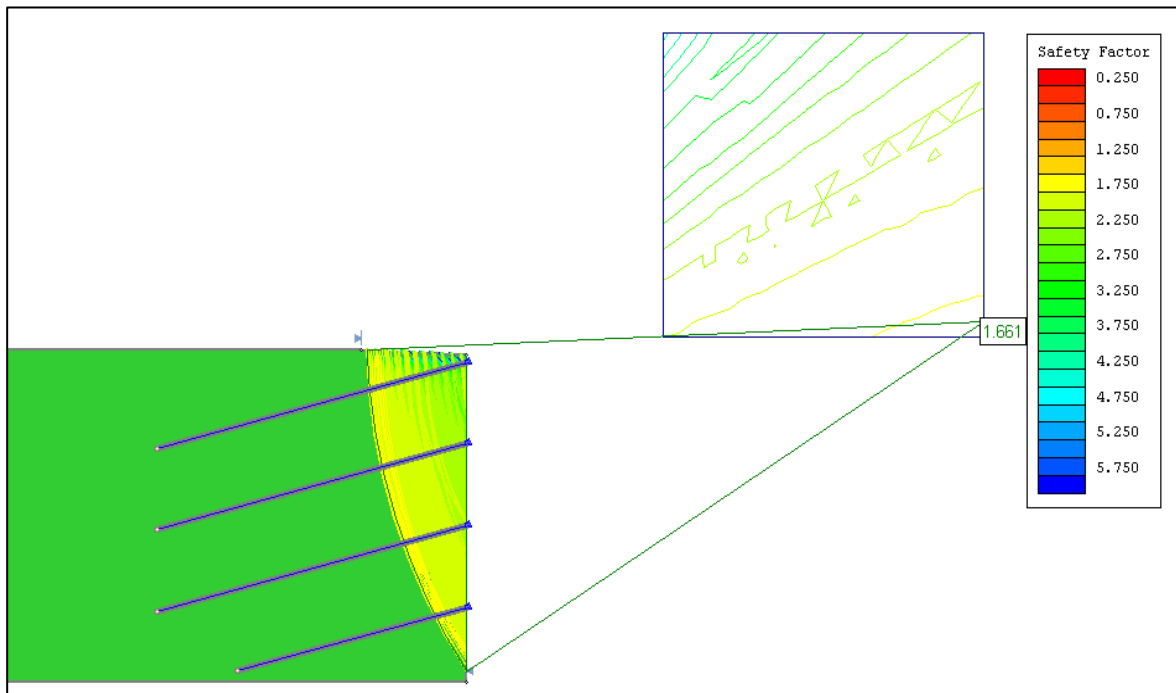


Figura 35. Modelo de análisis por Jambu Simplificado en la condición estática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.661.

Fuente: Propia

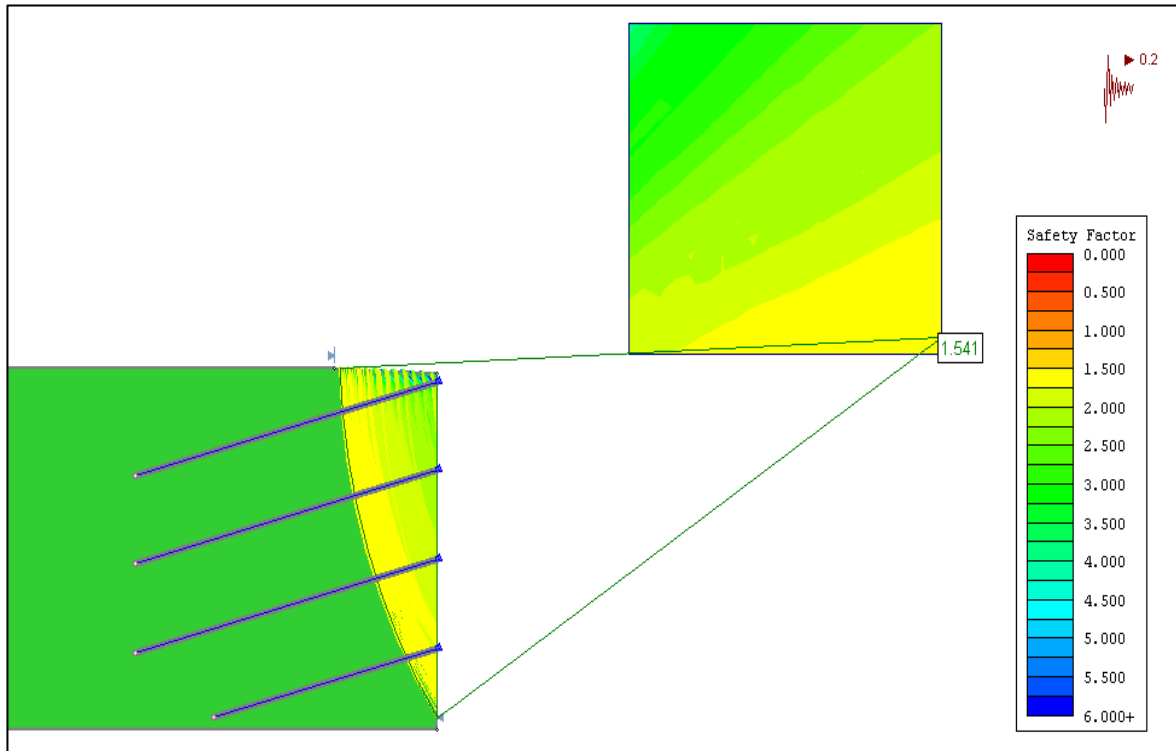


Figura 34. Modelo de análisis por Jambu Simplificado en la condición Pseudoestática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.541.

Fuente: Propia

### 3.5 Modelo de análisis de estabilidad con la inclusión del Sistema Soil Nailing con espaciamiento SH=2 m y SV=2 m

#### Método de Análisis de Estabilidad Fellenius

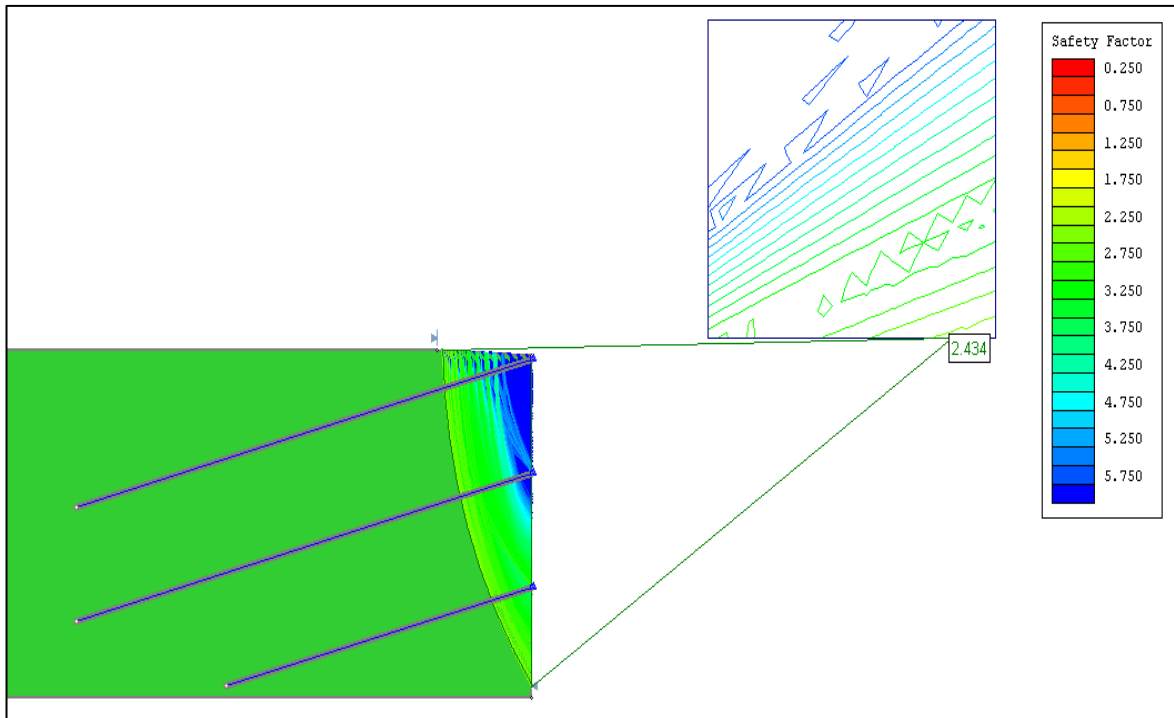


Figura 36. Modelo de análisis por Fellenius en la condición estática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 2.434.

Fuente: Propia

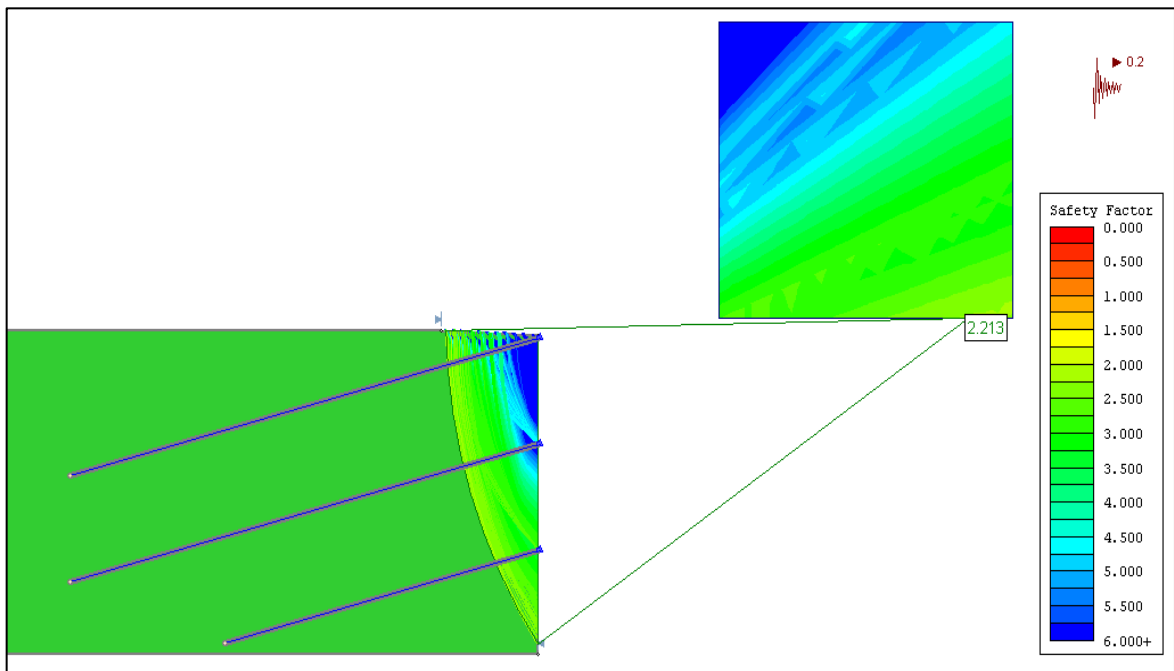


Figura 37. Modelo de análisis por Fellenius en la condición Pseudoestática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 2.213.

Fuente: Propia

## Método de Análisis de Estabilidad Bishop Simplificado

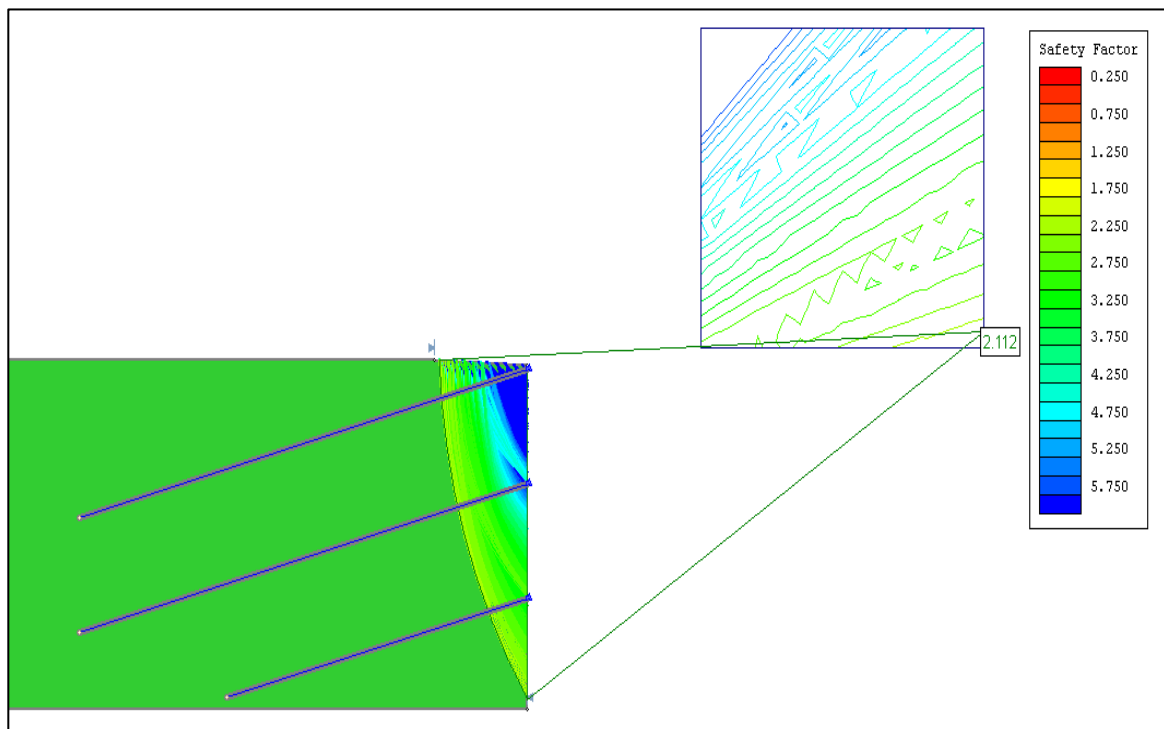


Figura 38. Modelo de análisis por Bishop Simplificado en la condición estática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 2.112.

Fuente: Propia

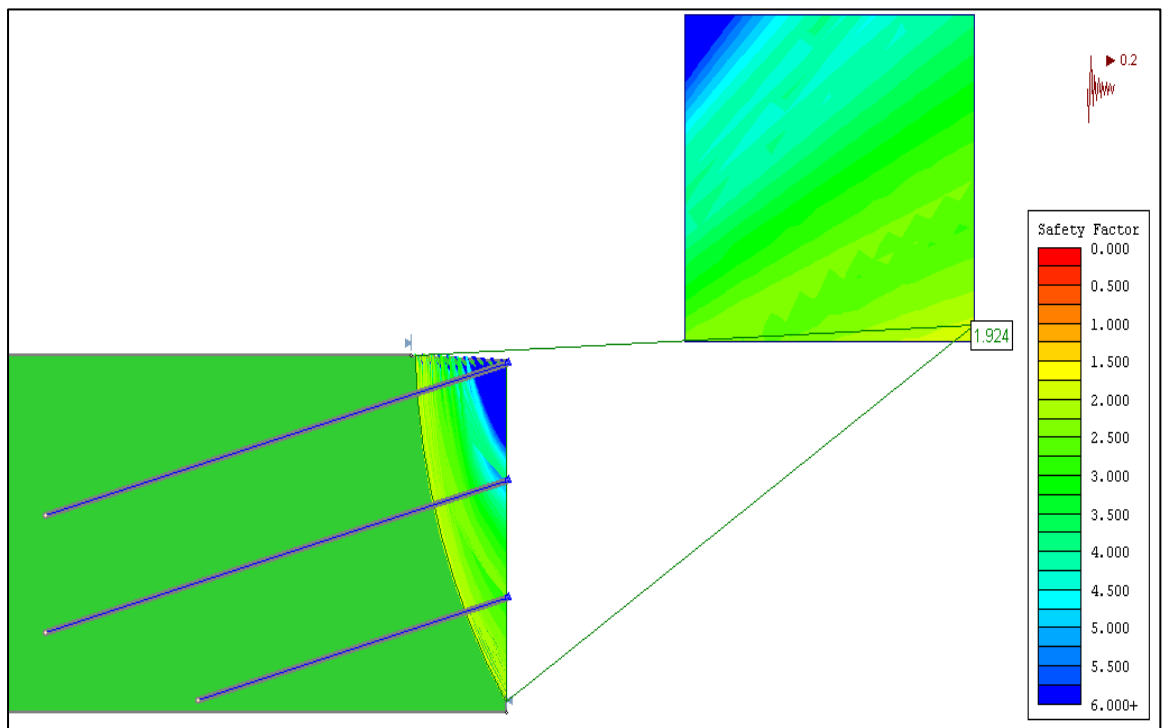


Figura 39. Modelo de análisis por Bishop Simplificado en la condición Pseudoestática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.924.

Fuente: Propia



## Método de análisis de estabilidad Jambu simplificado

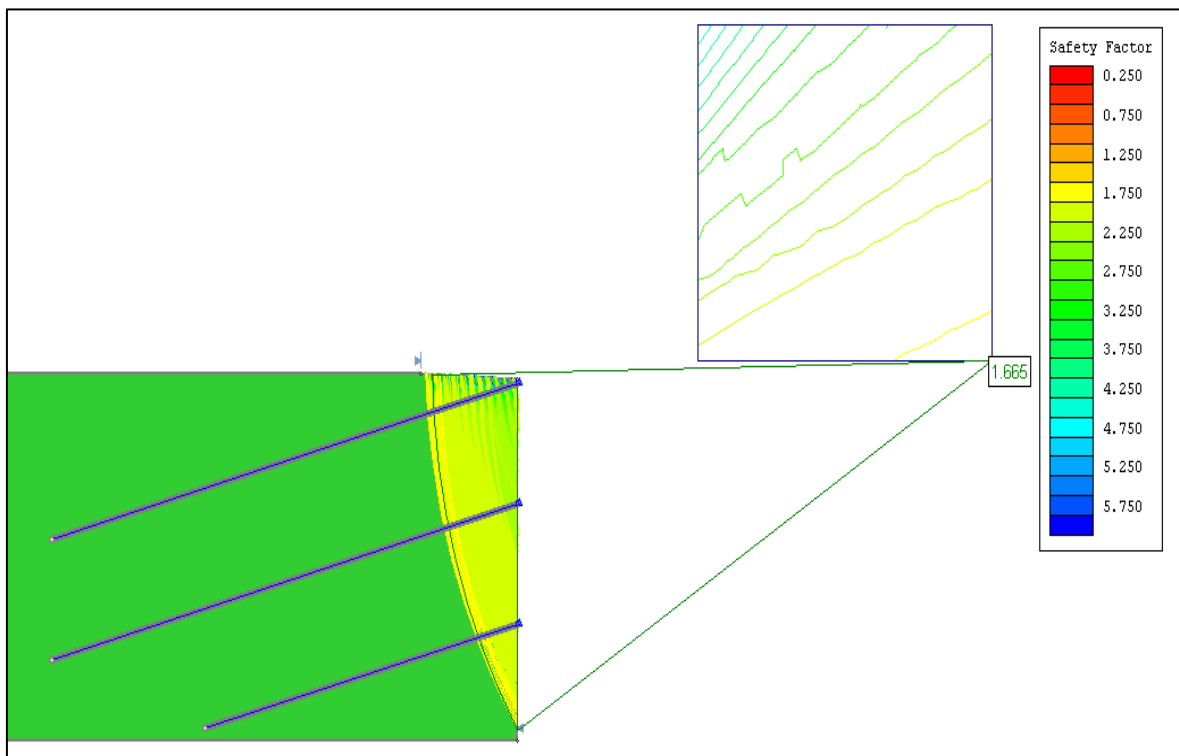


Figura 41. Modelo de análisis por Jambu Simplificado en la condición estática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.665.

Fuente: Propia

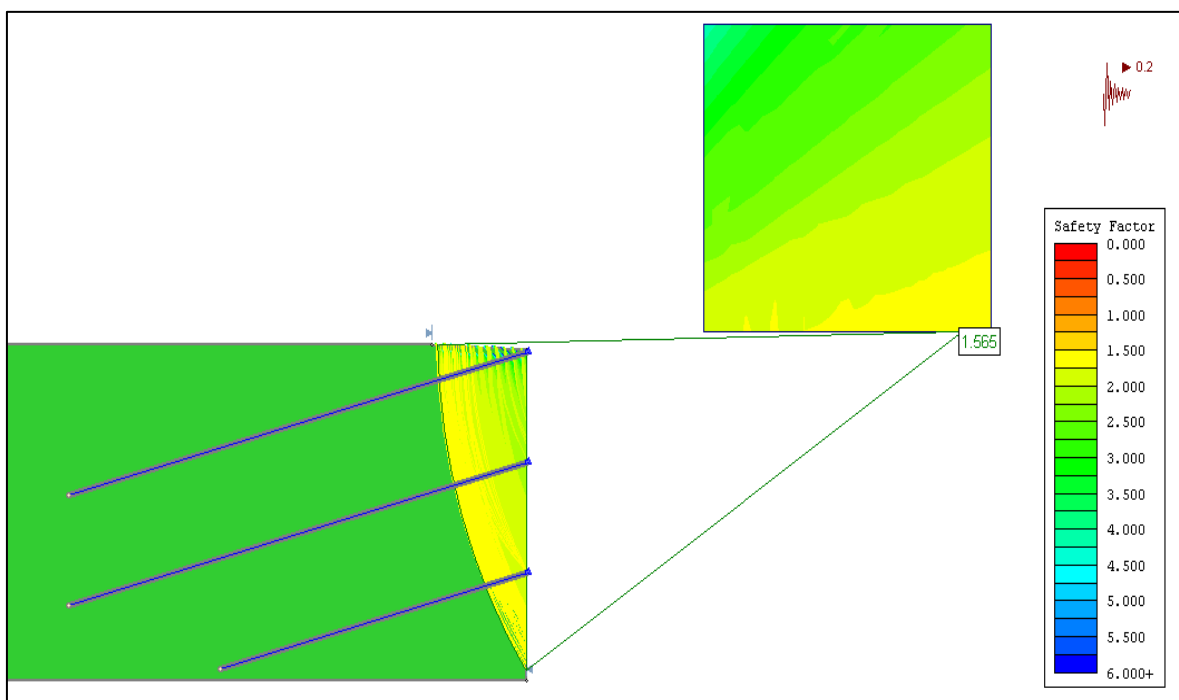


Figura 40. Modelo de análisis por Jambu Simplificado en la condición Pseudoestática con el sistema Soil Nailing para el talud del Megacentro comercial 30 de enero. Factor de seguridad de 1.565.

Fuente: Propia

<b>Proyecto Estabilización de talud del Megacentro comercial 30 de enero</b>		 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
<b>Elaborado por</b>	<b>Danel Antonio Mendo Taquire</b>	
<b>Escuela de Ingeniería Civil</b>		

**Propuesta de diseño de un sistema de anclajes pasivos (Soil Nailing)**

**1. Parámetros de diseño**

**1.1. CARACTERÍSTICAS DEL TALUD**

<b>Parámetros del talud</b>		
Altura de talud (m)	H	6,0
Inclinación de talud posterior (°) (Con respecto a la horizontal)	$\square$	80°
Inclinación cara de talud (°) (Con respecto a la vertical)	$\Theta$	10°

<b>Puntos obtenidos del modelo geotécnico</b>		
	Coordenada X	Coordenada Y
Punto 1	0	6
Punto 2	10	6
Punto 3	11	0



<b>Parámetros del suelo para diseño ingenieril</b>		
Cohesión (kN/m <sup>2</sup> )	C <sub>u</sub>	18.4
Angulo phi (°)	$\square_u$	28°
Peso unitario (kN/m <sup>3</sup> )	$\square$	21
Esfuerzo último de unión (kN/m <sup>2</sup> )		65

**Table 4.4a: Estimated Bond Strength for Soil Nails in Coarse-Grained Soils (Modified after Elias and Juran 1991)**

Drill-Hole Drilling Method	Soil Type	Bond Strength, q <sub>u</sub> (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. Calculo de longitud preliminar del Nail

### Calculo del angulo de fricción factorado del suelo $\phi_D$ (Tabla 4.7)

TABLA 4.7. FACTORES DE RESISTENCIA DEL NAIL - LRFD		
ELEMENTO	FACTOR DE RESISTENCIA (ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA)	FACTOR DE RESISTENCIA (SISMICO)
Resistencia en la cabeza	$\Phi_F =$ Tabla 4.8	Ver tabla 4.8
Resistencia a la tensión del tendón	$\Phi_N = 0.90$	1.00
Resistencia a la extracción Suelo - Grout	$\Phi_G = 0.70$	0.80
Cohesión del suelo	$\Phi_c = 0.90 (0.9^\circ)$	1.00 (1.0 $^\circ$ )
Fricción del suelo	$\Phi_\phi = 0.75 (0.65^\circ)$	1.00 (0.9 $^\circ$ )

ELEMENTO	FACTOR DE RESISTENCIA (ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA) $\Phi_F$	FACTOR DE RESISTENCIA (SISMICO)
Cohesión del suelo-condición temporal†	$\Phi_c = 1.0 (1.0^\circ)$	N/A
Fricción del suelo-condición temporal†	$\Phi_\phi = 0.85 (0.75^\circ)$	N/A

Se hace uso de la siguiente formula

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

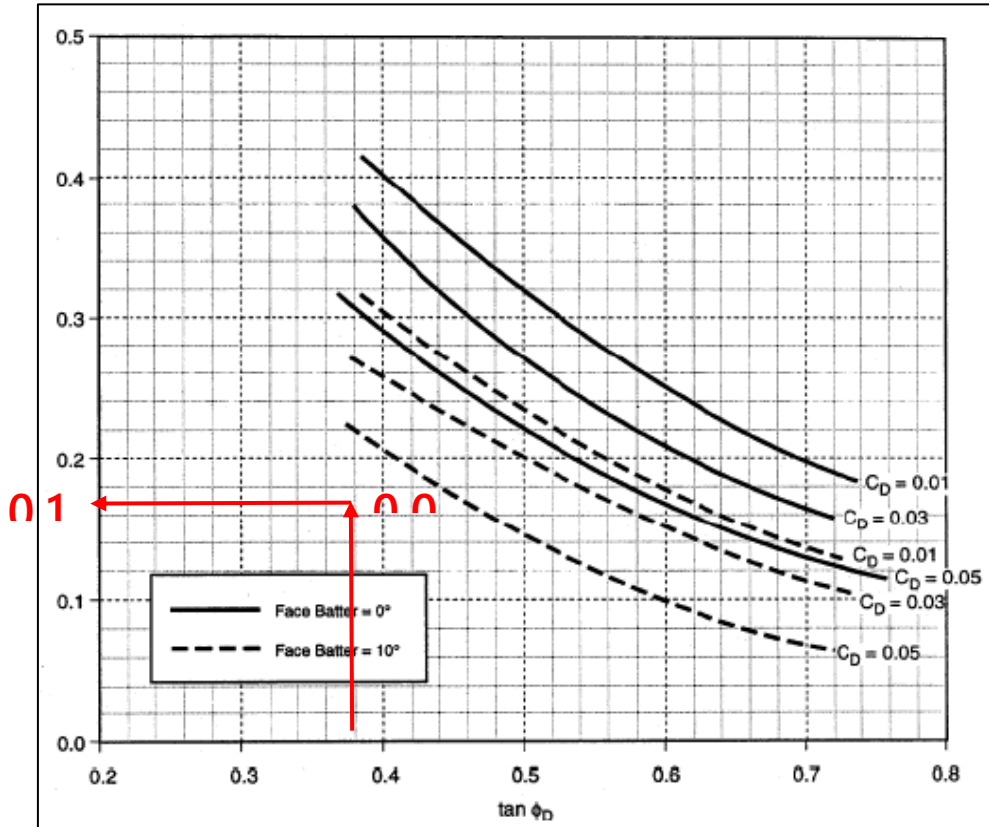
$\phi_\phi =$	0.75
$\phi =$	28 $^\circ$
Tan ( $\phi$ ) =	0.53
$\phi_D =$	21.74
Tan ( $\phi_D$ ) =	0.4

### Calculo de la Cohesión adimensional del muro (CD)

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

$\phi_c =$	0.9
$c_u =$	18.4
$\Gamma_w =$	2
$\gamma =$	21
$H =$	6
$CD =$	0.065

$r_w =$	Factor de seguridad del sistema.
---------	----------------------------------



Entonces, la capacidad de tensión adimensional (TD):

CD =	0.065
TD =	0.17

**Calculo de la resistencia nominal requerida del Nail (TNN)**

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

TD =	0.17
$\Gamma_w$ =	2
$\gamma$ =	21
H =	6
SH =	1.5
SV =	1.5
$\phi_N$ =	0.9
TNN =	107.1

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

### Calculo de área de acero Nail (Az)

Para una resistencia de fluencia del acero de refuerzo de nail de:

fy =	60	Ksi =	0.42	KN/mm2
------	----	-------	------	--------

y aumentando el area un 10% por efectos de protección contra la corrosión, se tiene:

TNN =	107.1	KN
fy =	0.42	KN/mm2
AS =	255.00	mm2

Adicionando 10% más, entonces sera:  $1.00 + 0.10 = 1.10$

AS =	280.50	mm2
------	--------	-----

DIMENSIONES NOMINALES NOMINAL DIMENSIONS					
Calibre Pulgadas Gauge Inches	Calibre mm Gauge mm	No. Designación Designation Number	Peso Nominal en Kg./m. Nominal Weight in Kg./m.	Área Sección Transversal mm <sup>2</sup> Cross Section Area mm <sup>2</sup>	Perimetro mm. Perimeter mm.
3/8	9.5	3	0.560	71	29.8
1/2	12.7	4	0.994	127	39.9
5/8	15.9	5	1.552	198	50.0
3/4	19.1	6	2.235	285	60.0
1	25.4	8	3.973	507	79.8
1 1/4	31.7	10	6.225	794	99.9
1 1/2	38.1	12	8.938	1140	119.7

Ahora escogiendo de la tabla siguiente la designación de la barra para el Nail con la resistencia nominal requerida, se escoge la barra número 6 que es la de 3/4"

### Calculo de la resistencia adimensional del suelo (Q<sub>D</sub>)

Escogiendo un valor de 65 KN/m<sup>2</sup> para un agujero perforado de 15 cm, se procede a calcular la resistencia ultima de adherencia o extracción (Q<sub>e</sub>)

$$Q_e = (\text{Esfuerzos unitarios ultimos}) (\pi) (D_a)$$

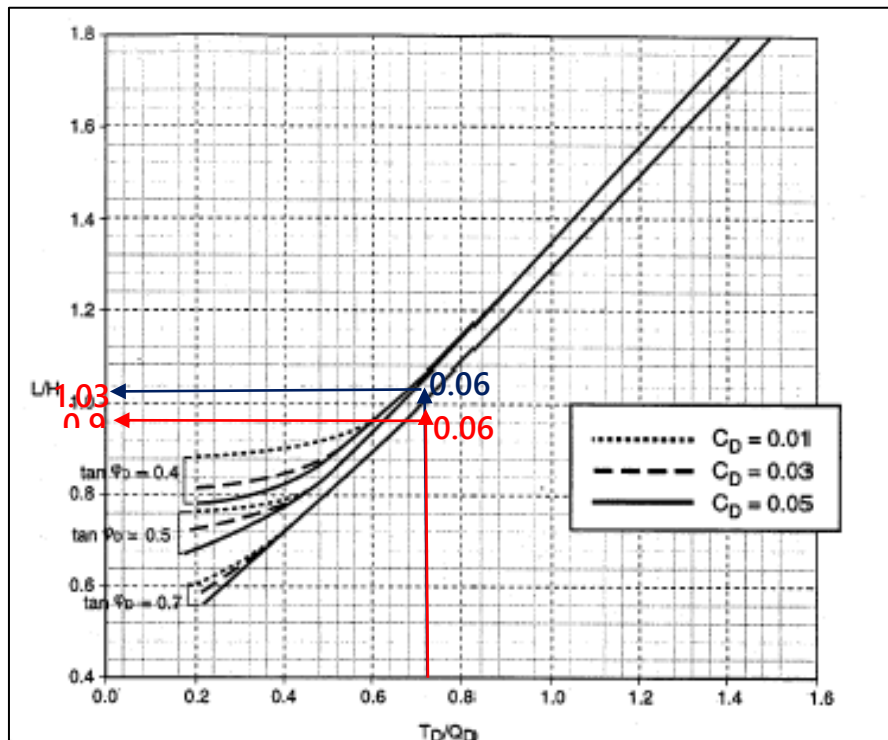
Esfuerzos unitarios ultimos	65
$\pi =$	3.1416
Diámetro Perforación D <sub>a</sub>	0.15
Q <sub>e</sub>	30.63

Ahora para separaciones verticales y horizontales de 1.5 m entre cada Nail, se procede a calcular la resistencia adimensional del suelo con un factor de reducción  $\phi Q$  de 0.7

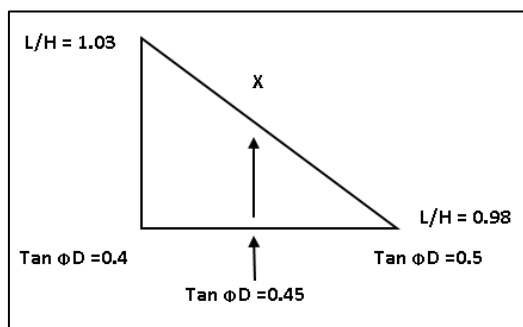
$$Q_D = \frac{\phi Q_e}{\Gamma_v \Gamma_s (S_v) (S_H)}$$

$$\frac{T_D}{Q_D}$$

Q <sub>D</sub>	0.23
T <sub>D</sub> /Q <sub>D</sub>	0.75



Para el valor de cohesión adimensional  $C_D = 0.065$  se debe realizar una interpolación entre los valores de  $L/H$  de 1.03 y 0.98 para  $\tan(\phi)$  de 0.4 y 0.5 de la gráfica anterior.



$$\frac{1.03 - x}{0.45 - 0.4} = \frac{1.03 - 0.98}{0.5 - 0.4} = 1.005$$

De la interpolación anterior se obtiene un valor de 1.005 para la relación de longitud de Nail para un valor de  $\tan(\phi)$ . Ya que se conoce la altura del muro ( $H = 6.0$  m), se procede a calcular la longitud de Nail como se muestra a continuación:

$$\frac{L}{H} = 1.005 = 1.005(H) \quad 6.03 \quad \text{m}$$

### Longitud de anclaje

Se debe considerar que la longitud del anclaje debe sobrepasar la superficie de falla, en este caso según el análisis del programa Slide la superficie de falla está cercana a la cara del talud, por lo tanto, la longitud de los pernos no será muy elevada.

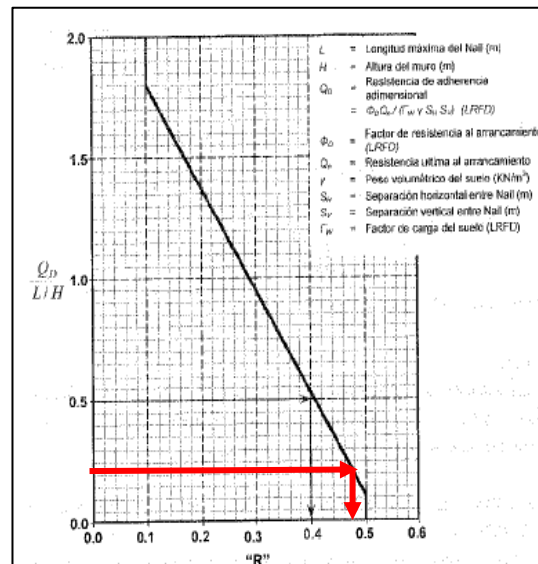
### Inclinación del anclaje

La inclinación de los anclajes debe permitir la fluidez de la lechada de concreto, es por ello que el ángulo de inclinación debe ser de 15°, En el caso de que el ángulo fuera menor a 10° este se expone a que al momento de echar la lechada esta no haga muy bien su recorrido, y por lo tanto generaría vacíos que disminuirán el esfuerzo de unión suelo-anclaje, mayor de 20 grados no es recomendable, debido a que la tensión sería muy grande y entonces esta pasaría a ser considerada al diseño del muro.

### Calculo de la reducción de longitudes de Nails en la mitad inferior del muro

Una longitud de Nail preliminar de 6.03 m a un espaciamiento horizontal y vertical de 1.5 m fue seleccionado. Sin embargo, esta longitud representa a los Nails de la parte superior del muro. Las longitudes de los Nails en la parte inferior del muro necesitan acortarse con la formula siguiente:

$$\frac{Q_D}{L/H} = \frac{0.23}{6,03/6} = 0.228$$



Luego de determinar el valor ( $Q_D/L/H$ ) se debe proyectar a la figura mostrada para luego calcular el factor "R". Para este diseño se obtuvo un valor  $R=0.47$ . Luego se debe calcular el factor de reducción de la longitud de los Nails situados en la mitad inferior del muro con la siguiente ecuación.

$$r = \frac{L}{\left(\frac{H}{2}\right)} (1 - R) + R \quad \frac{1.5}{\left(\frac{6}{2}\right)} (1 - 0.47) + 0.47 = 0.735 \text{ m}$$

$$r(L) = 0.735(6.03) = 4.43$$

**Propuesta**

Usar Nailing con longitudes de 6.1 m en la parte superior del muro (3 filas superiores de Nails) y 4.5 m para la parte inferior del muro (una fila inferior) con 15 cm de diámetro de perforación e inyectado con lechada a gravedad.

## 2. Revisión de resistencia en la pantalla de concreto

### 2.1. Resistencia a la flexión en la cabeza del anclaje:

Una vez calculado los momentos resistentes procedemos a calcular la resistencia nominal a flexión en la cabeza de Nail

#### Cálculos de momento en la pantalla

Momento vertical negativo		
$A_{S,NEG 1}$	442.2	mm <sup>2</sup>
$M_{V,NEG}$	5.76	kN-m/m

Momento vertical positivo		
$A_{S,POS 1}$	184.2	mm <sup>2</sup>
$M_{V,POS}$	2.50	kN-m/m

Para hacer el cálculo de la resistencia nominal en la cabeza del anclaje, se utilizará la siguiente

$$T_{FNf} = C_f \left( M_{neg} + M_{pos} \left( \frac{8S_H}{S_V} \right) \right)$$

Para realizar el cálculo de la TFN, se estima un factor (CF) que considera el efecto de la presión no uniforme del suelo actuando detrás de la cara del muro (ver siguiente cuadro).

Nominal Facing Thickness (mm)	Temporary Facings		Permanent Facings	
	Flexure Pressure Factor $C_F$	Shear Pressure Factor $C_S$	Flexure Pressure Factor $C_F$	Shear Pressure Factor $C_S$
100	2.0	2.5	1.0	1.0
150	1.5	2.0	1.0	1.0
200	1.0	1.0	1.0	1.0

$$T_{FNf} = 2(5.76 + 2.50) \frac{8(1.5)}{1.5} = 132.16 \text{ KN}$$

Entonces la resistencia de diseño en la cabeza del Nail para flexión debe calcularse multiplicando la resistencia nominal por un factor de resistencia ( $\phi$ ), de 0.90, se emplea la siguiente formula quedando así:

$$T_{Ff} = \phi_f T_{FNf}$$

$$T_{Ff} = (0.90)(132.16) = 118.94 \text{ KN}$$



### 3.6 Resultados del Diseño de Soil Nailing

Para este sitio se ha propuesto el uso el sistema Soil Nailing. Como se explicó en la sección de metodología, se proponen pernos de anclaje, para que trabajen por fricción en una masa de suelo que no experimenta posibilidad de deslizamiento. De esta manera, se presenta el siguiente cuadro con las características del diseño.

Tabla 13  
*Diseño del muro de Soil Nailing*

<b>Características de la pantalla del muro de Soil Nailing</b>		
Espaciamiento horizontal de los anclajes (m)	S <sub>H</sub>	1.0, 1.5 y 2.0
Espaciamiento vertical de pernos (m)	S <sub>V</sub>	1.0, 1.5 y 2.0
Espesor de pantalla de concreto (mm)	h <sub>C</sub>	100,00
Resistencia a la compresión de concreto (MPa) (A/C = 0.45)	f'c	420

*Fuente:* Elaboración propia

Este cuadro contiene información sobre las características de la pantalla del muro de Soil Nailing, se sometieron a distintas separaciones de anclajes, pero con las mismas condiciones del muro, esto debido a que el manual de diseño de Soil Nailing nos dice que: la separación entre Nails es entre 1 a 2 m, En este caso se analizaron con separaciones de 1m, 1.5m y 2 metros.

Tabla 14  
*Resultados del diseño de anclaje de 1m x 1m*

<b>Detalle de Anclajes con separaciones de 1m x 1m</b>		
Longitud de pernos de anclaje	L	4.5 y 3.5 (m)
Varilla #	ASTM-A706	#4 (1/2")
Área transversal de varilla	mm <sup>2</sup>	127 mm <sup>2</sup>
Acero de refuerzo grado		60
Módulo de fluencia	kN/mm <sup>2</sup>	0.42
Resistencia a la compresión	kN/cm <sup>2</sup>	2,1
Diámetro de perforación	D <sub>GC</sub>	150 mm
Resistencia Nominal Requerida	T <sub>NN</sub>	47.6 KN

*Fuente:* Elaboración propia

Las características de los anclajes propuestos para controlar los posibles deslizamientos, son descritas en la tabla 16 donde podemos observar todas las características de los anclajes a separación de 1m en sentido horizontal y 1 m en sentido vertical para así, controlar los posibles deslizamientos. Así mismo se observa los datos introducidos en el programa con los resultados adquiridos en el diseño. Ver Figura 42.

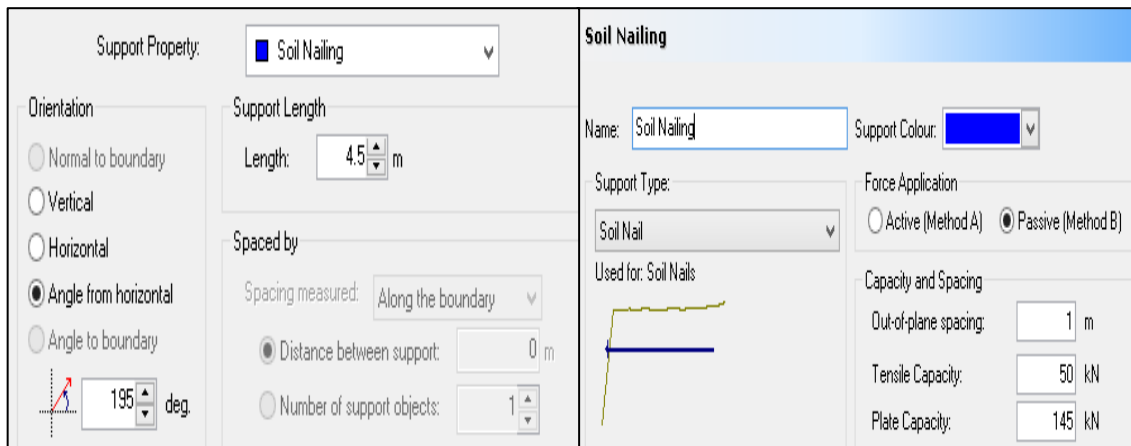


Figura 42: Introducción del diseño de anclaje con separación de 1m x 1m.

Fuente: Propia

Tabla 15

Resultados del diseño de anclaje de 1.5m x 1.5m

<b>Detalle de Anclajes con separaciones de 1.5m x 1.5m</b>		
Longitud de pernos de anclaje	L	6.03 y 4.43 (m)
Varilla #	ASTM-A706	#6 (3/4")
Área transversal de varilla	mm <sup>2</sup>	285 mm <sup>2</sup>
Acero de refuerzo grado		60
Módulo de fluencia	kN/mm <sup>2</sup>	0.42
Resistencia a la compresión	kN/cm <sup>2</sup>	2,1
Diámetro de perforación	D <sub>GC</sub>	150 mm
Resistencia Nominal Requerida	T <sub>NN</sub>	107.1 KN

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla observamos las características del anclaje con separaciones de 1.5 m en sentido vertical y 1.5 m en sentido horizontal, a comparación de resultado anterior se incrementa el área de acero y la resistencia nominal requerida. En la figura 43 se puede observar los datos introducidos al software Slide con los resultados del diseño obtenido.

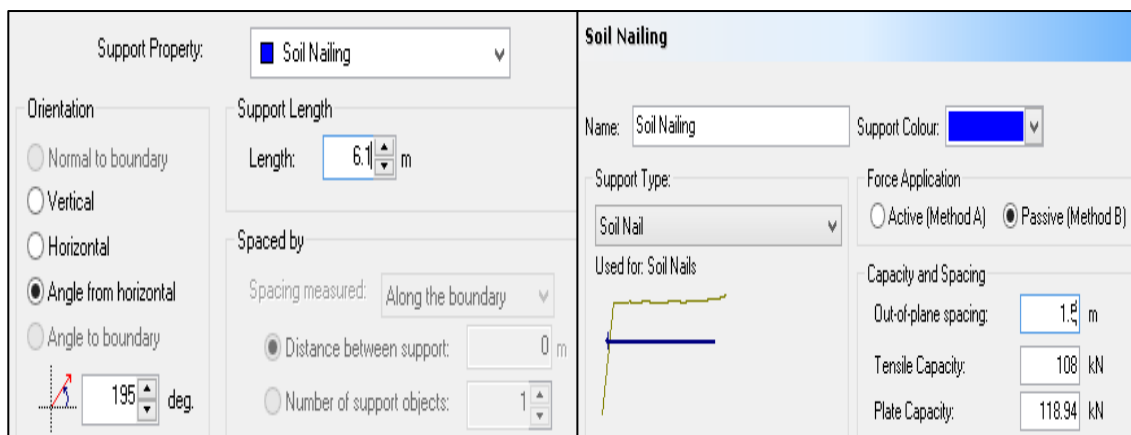


Figura 43: Introducción del diseño de anclaje con separación de 1.5m x 1.5m.

Fuente: Propia

Tabla 16  
Resultados del diseño de anclaje de 2m x 2m

Detalle de Anclajes con separaciones de 2m x 2m		
Longitud de pernos de anclaje	L	9.9 y 6.7 (m)
Varilla #	ASTM-A706	#8 (1")
Área transversal de varilla	mm <sup>2</sup>	507 mm <sup>2</sup>
Acero de refuerzo grado		60
Módulo de fluencia	kN/mm <sup>2</sup>	0.42
Resistencia a la compresión	kN/cm <sup>2</sup>	2,1
Diámetro de perforación	D <sub>GC</sub>	150 mm
Resistencia Nominal Requerida	T <sub>NN</sub>	190.4 KN

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla observamos las características del anclaje con separaciones de 2 m en sentido vertical y 2 m en sentido horizontal, a comparación de resultado anterior se incrementa el área de acero y la resistencia nominal requerida. En la figura 44 se puede observar los datos introducidos al software Slide con los resultados del diseño obtenido

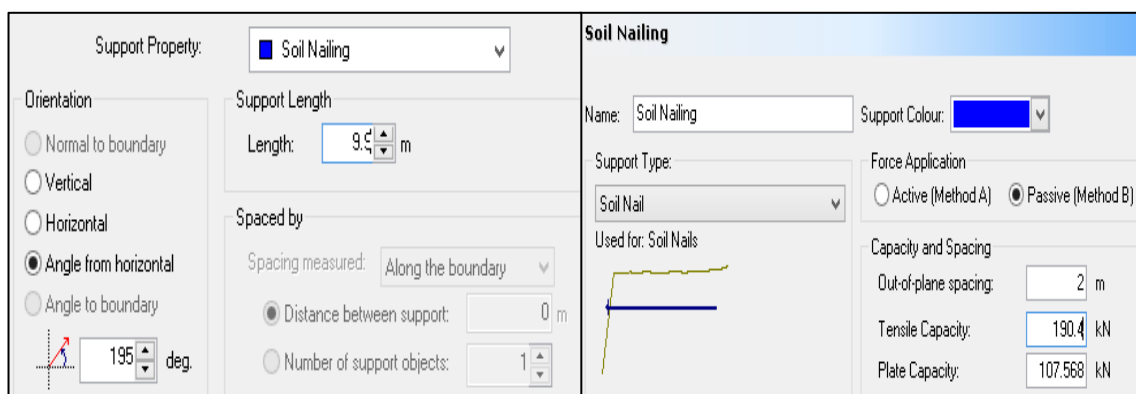


Figura 44: Introducción del diseño de anclaje con separación de 2m x 2m.

Fuente: Propia

Tabla 17

Resultado de los factores de seguridad arrojados del modelo Slide

### Resultado del modelo de análisis del talud sin anclaje

Método de análisis de estabilidad	Factores de Seguridad	
	Análisis Estático	Análisis Dinámico
Ordinario/Fellenius	1.661	1.414
Bishop Simplificado	1.555	1.350
Jambu Simplificado	1.839	1.459

Fuente: Elaboración propia

La tabla 17 contiene información sobre los resultados del modelo de análisis de estabilidad realizado en el programa Slide para el talud sin inclusión de anclajes mediante métodos de análisis de estabilidad de Fellenius, Bishop simplificado y Janbú simplificado, también se puede apreciar que tanto el método ordinario y Bishop simplificado tiene un factor de seguridad casi similar, mientras que el método Jambu tiene un factor de seguridad más elevado que estos. Pero en general estos métodos nos brindan un factor de seguridad por encima del valor de 1, es decir es un talud estable, pero este análisis se realizó con el talud matriz, mas no con el corte vertical propuesto.

Tabla 18

*Resultado de los factores de seguridad arrojados del modelo Slide con el sistema Soil Nailing*

<b>Resultado del modelo de análisis del talud con anclajes</b>						
<b>Método de análisis de estabilidad</b>	<b>Factores de Seguridad</b>					
	<b>Anclaje de 1m x 1m</b>		<b>Anclaje de 1.5m x 1.5m</b>		<b>Anclaje de 2m x 2m</b>	
	<b>Caso Estático</b>	<b>Caso Pseudoestático</b>	<b>Caso Estático</b>	<b>Caso Pseudoestático</b>	<b>Caso Estático</b>	<b>Caso Pseudoestático</b>
Ordinario/ Fellenius	2.0303	2.089	2.235	2.025	2.434	2.213
Bishop Simplificado	2.020	1.847	1.917	1.750	2.112	1.924
Jambu Simplificado	1.672	1.555	1.661	1.541	1.665	1.565

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 18 podemos observar los distintos valores de factor de seguridad tanto en el caso estático así como Pseudoestático de los distintos espaciamientos de anclajes, se interpreta que todos los espaciamientos son factibles debido a que su factor de seguridad es mayor a los factores de seguridad recomendados por normas nacionales e internacionales, también se puede apreciar que a pesar que el método Jambu es el que arroja el menor factor de seguridad este sigue siendo estable en condiciones estáticas y pseudoestáticas, así mismo queda en consideración elegir cualquiera de estos diseños de anclajes debido a que manejando cualquier espaciamiento de anclajes este talud será estable ya sea en caso estáticos o Pseudoestático.

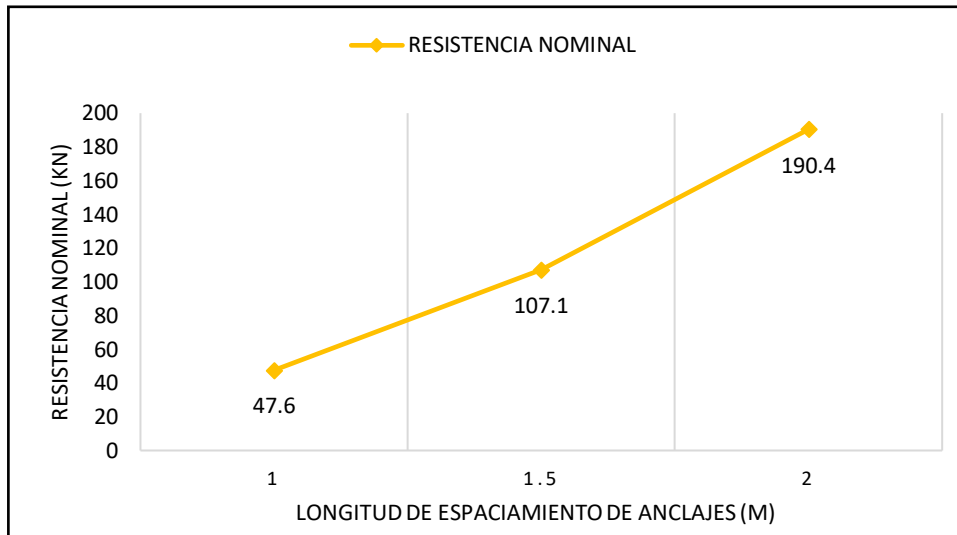


Figura 45. Análisis de los datos de diseño de la resistencia nominal de los anclajes  
Fuente: Propia

En la figura mostrada se puede observar que a medida el espaciamiento de anclajes va en aumento la resistencia nominal va creciendo, en este caso el máximo valor vendría hacer 190.4 debido a que según la norma de diseño del Sistema Soil Nailing no permite espaciamientos mayores que 2, por otro lado, este valor máximo puede ir disminuyendo hasta alcanzar el valor mínimo que es de 47.6 esto también se da porque la norma también nos dice que los espaciamientos deben ser como mínimo 1 metro.

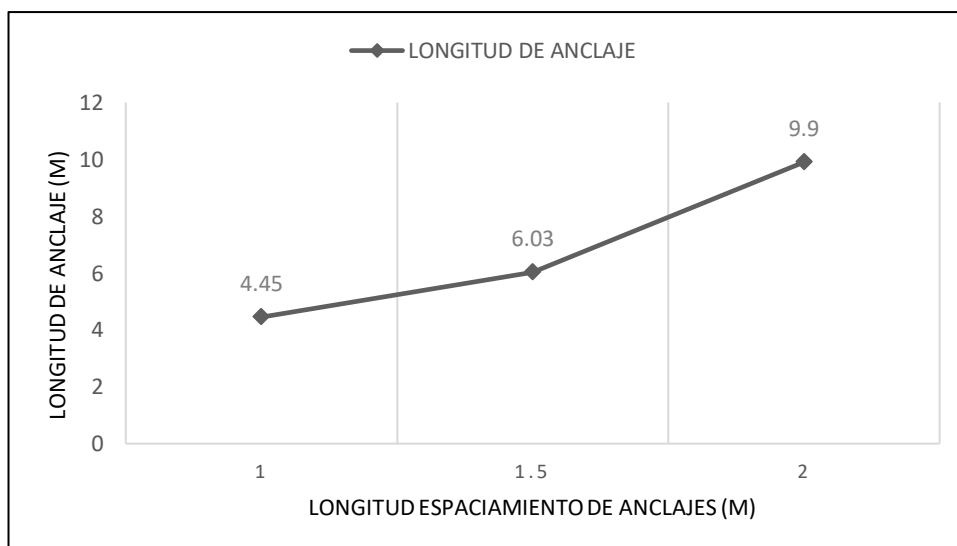
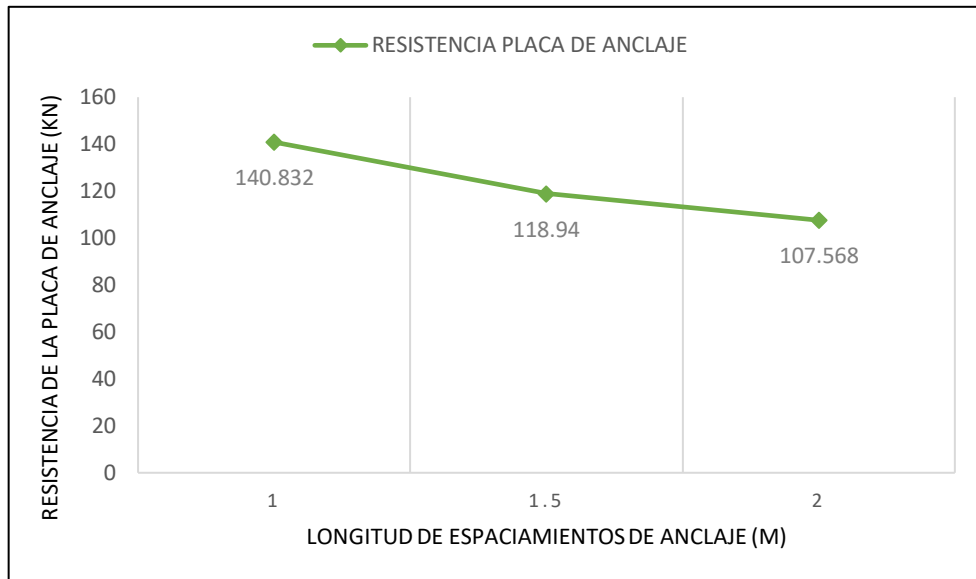


Figura 46. Análisis de los datos de diseño de la longitud de los anclajes  
Fuente: Propia

En la figura observada podemos observar que existe un incremento de longitud de los anclajes dependiendo el espaciamiento que se les pueda dar, es decir si mi espaciamiento de anclajes es mayor entonces mi longitud de anclaje también será mayor.



*Figura 47: Análisis de los datos de diseño de la resistencia de la placa de anclaje*  
*Fuente: Propia*

En esta figura se observa que, a comparación de los otros valores de diseño obtenidos, esta muestra que a medida el espaciamiento de anclajes va en aumento su resistencia en la placa de anclajes va disminuyendo, esto es porque a mayor longitud de anclaje se necesita menos fuerza en la placa de anclaje debido a que en la zona resistente del talud se encuentra la mayor parte del anclaje pudiendo así no ser tan necesario incrementar la resistencia en la placa.

### 3.7 Ventajas y desventajas de los diferentes espaciamientos de anclajes

Tabla 19

*Ventajas y desventajas de la separación de los Nailings*

Soil Nailing	Separación de anclajes 1m x 1m	Separación de anclajes 1.5m x 1.5m	Separación de anclajes 2m x 2m
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada una de estos anclajes requieren un área de acero menor a comparación de las otras, por lo tanto, sería reducido el precio de acero</li> <li>• Las perforaciones serían de menor longitud, por consiguiente, sería más rápido el tiempo de construcción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se usa de acero de mediano costo ni tan elevado ni tan caro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor rapidez al momento de colocación de los Nailing debido a que posee solo 3 Nailing</li> <li>• El tiempo de trabajo se reduce debido a los pocos Nailing que se colocaran</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe mayores anclajes es decir 6 anclajes en la altura total del muro eso genera un mayor costo</li> <li>• El tiempo de realizar de trabajo sería mucho mayor a comparación de los otros debido a la cantidad de Nailing que se colocaran</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor tiempo en hacer las perforaciones y colocación de Nailing debido a que son 4 anclajes en el muro</li> <li>• Su área de acero viene hacer elevada y generaría mayor costo y la longitud de perforación también</li> <li>• El tiempo de la instalación de los Nailings</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su área de acero viene hacer elevada y generaría mayor costo y la longitud de perforación también</li> <li>• El tiempo que se demoraría en la instalación generaría retaso debido a que su longitud es de 10 metros</li> </ul>

*Fuente:* Elaboración propia

En la tabla 19 se puede observar que existen ventajas y desventajas en los distintos diseños de los Nailing debido al costo, tiempo y proceso al momento de emplear este sistema.

## **IV. DISCUSIÓN**



1. En este capítulo se discutieron los problemas que hicieron más complicado el poder realizar el análisis de los distintos cálculos para el diseño del Soil Nailing ya que no se pudo contar con datos más relevantes, así mismo nos referimos al CISMID ya que no cuenta con data sobre movimientos telúricos en la zona de Jicamarca ya que estos datos nos sirven para determinar mejor la estabilidad del talud en condiciones Pseudoestáticas. Sin embargo se ha podido recolectar información y datos sobre el levantamiento topográfico incluyendo la medición de estas gracias a la ayuda de la constructora Proyectos y construcciones ROMAN SAC, también se pudo obtener datos de fuentes confiables que fueron de mucha utilidad para este proyecto de tesis dándonos datos como: el plano de localización y ubicación que se obtuvieron de la municipalidad distrital de San Antonio
2. Los profesionales especialistas en geotecnia y geología mayormente realizan los análisis de estabilidad mediante los métodos de Jambu, Bishop y Fellenius, sin embargo, en la tesis de Aguilar y Zúñiga (2015) se realizaron análisis por medio de todos los métodos, eso sería algo innecesario debido a que los métodos de Morgenstern Price y Spencer tiene valores realmente semejantes.
3. La otra discusión que se trato fue definir si era conveniente usar el sistema Soil Nailing como propuesta de estabilización, se entra en discusión con la tesis de Rengifo(2015) debido a que en esa tesis se emplea el uso de anclajes Post tensados, a mi parecer este método es más costoso que el método Soil Nailing y su nivel de riesgo es mucho mayor a comparación de esta debido a las peligrosas excavaciones masivas que se realizan, perforación y perfilado por el ruido generado, mientras que en el uso del Soil Nailing se realizan dos trabajos a la vez es decir se excava una cierta altura y luego se estabiliza y así sucesivamente, esto disminuye el riesgo de deslizamiento del talud.
4. Por otro lado, se tiene el aporte de Valladares (2015) quien propone una alternativa de solución de estabilidad de taludes con anclas, el presente trabajo no concuerda con ese tipo de propuesta debido a que suelen ser muy costosos y difíciles en el proceso de construcción.
5. El análisis de estabilidad de taludes sin incluir el sismo, nos da un factor de seguridad aproximadamente de  $FS=1.5-1.8$ , en todos los métodos de análisis, dicho resultado es mayor a 1 tal como nos indica DSG-CDA (2007). Además, si se le agrega una carga sísmica de 0.2 en el estado natural dándonos un factor de seguridad  $FS=1.4$ , el cual muestra una considerable disminución y aun así sigue estable debido a que sigue siendo

mayor a 1. Así mismo se propone un corte vertical en el talud, y esta se vuelve crítica, pudiendo así realizar la propuesta de diseño de Soil Nailing. En la tesis de Sánchez (2014) se propone hacer cortes verticales denominadas banquetas para lograr mayor estabilidad, estos no representan una mayor confiabilidad antes movimientos sísmicos debido a que al pasar de los años estas serían afectadas por la erosión del suelo pudiendo así provocar deslizamientos.

6. En la tesis de Niño (2017) se realizó un análisis mediante dos softwares el Slide y el Snap 2. En esta tesis se desarrolló con el Software Slide y se concluyó que este software es muy completo al momento de realizar los análisis dándonos resultados muy factibles, desviando así la posibilidad de usar otros softwares. Además de esto el software Slide tiene opciones de ingresar datos más relevantes en el análisis de taludes, mientras que el Software Snap está limitado a introducir estos datos.

## **V. CONCLUSIONES**

1. Se realizó una visita al área de estudio, donde se ubicó una calicata representativa en el talud con mayor altura, la cual tiene una profundidad de 3 m; se hizo el estudio de suelos, obteniendo los ensayos estándares como el análisis granulométrico del cual se obtuvo que el material es grava arcillosa (GC) según la clasificación SUCS. Así mismo Se determinaron los parámetros geotécnicos mediante el ensayo de corte directo como son la Cohesión ( $\text{Kg/cm}^2$ ), Peso Unitario( $\text{KN/m}^3$ ) y ángulo de Fricción cuyos valores resultaron 0.184, 21.03 y 28 respectivamente.
2. El uso del sistema Soil Nailing es un método de estabilidad muy fácil de emplear además de eso requiere menor tiempo en su proceso constructivo, en este caso los factores de seguridad arrojados en este análisis con el Sistema Soil Nail incorporado tuvieron resultados muy aceptables ya que los factores de seguridad arrojados son  $FS > 1$ , por consiguiente, se puede asegurar que este método mejora la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, además se concluye que los diseños ingenieriles tipo Soil Nailing, se adecúan efectivamente a las condiciones del talud del Megacentro comercial 30 de enero, generando estabilidad a su problemática.
3. Se concluyó que el diseño del Nailing con separación e 1m en sentido vertical y 1m en sentido horizontal es la mejor a comparación de los otros dos diseños debido a que genera menores costos en el uso de acero, menores costos en el tiempo de construcción y mayor rapidez en su proceso constructivo.
4. Se concluyó que las distintas separaciones entre Nailings de 1m, 1.5m y 2m influyen en el factor de seguridad debido a que sus resultados dependen de la separación que están tengan, sin embargo, los análisis realizados con las separaciones mencionadas anteriormente nos arrojan un valor mayor a 1, por ende, se estaría cumpliendo con normas nacionales e internacionales que nos dicen que para que un talud sea estable esta debe tener un  $F.S > 1$

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. A la empresa encargada de la construcción del Megacentro comercial 30 de enero que establezca dicho talud mediante la construcción del sistema de Soil Nailing, pues al analizar se demostró que los factores de seguridad son mayores a uno tanto estáticamente como pseudoestáticamente.
2. A futuros investigadores continuar con el estudio de estabilidad de taludes en la zona de Jicamarca, pero esta vez en las zonas más altas donde la población va en aumento y consigo la construcción de grandes viviendas.
3. A la Municipalidad de San Antonio, ubicada en el Departamento de Lima –provincia de Huarochirí, tomar en cuenta las investigaciones realizadas para lograr en un futuro proyectos grandes que requieran sótanos, ya que la zona de Jicamarca está en total crecimiento en lo que industria y comercio.
4. A los pobladores del sector de Jicamarca aceptar el ingreso de los estudiantes futuros y considerarles el permiso para las actividades en campo como calicatas para la extracción de la muestra del suelo, fotografías etc., todo esto para evitar conflictos entre pobladores y estudiantes.
5. A futuros investigadores a utilizar este software como análisis de estabilidad, mas no como diseño de muros. Por lo que se recomienda realizar el análisis estructural del muro y sus esfuerzos y deformaciones por medio de otros programas.

## **VII. REFERENCIAS**

- Alvarado, D. B. (2009). *Procedimientos de investigación y comparación de los métodos bishop modificado, janbu y felleius paa el calculo de estabilidad de taludes*. Guatemala: Unversidad de San Carlos de Guatemala.
- Ander-Egg, E. (1995). *Tecnicas de Investigacion Social* . Buenos Aires: Editorial LUMEN.
- barrages, c. d. (s.f.). 2013: Dam Safety Guidelines.
- Bernal, C. A. (2010). *Metodologia de la investigacion administración, economía, humanidades*. Bogota, D.C: PEARSON EDUCACION.
- Braja M. Das. (2001).Principios de la ingeniería de cimentaciones. 4. ed. México: International Thomson Editores, 862 p.
- Calla, J. (2012). GEOTECNA I. Puno, Puno: Universidad Nacional del Altiplano
- Canadian Dam Association Association Canadienne des Barrages (2007). Dam Safety Guidelines. Cánada
- Carlos Lazarte, V. E. (2003). *Manual Técnico 2001-2002 de ingenieria Geotecnica Circular No.7 Muros Soil Nailing*. Washington D.C Estados Unidos de Norteamerica: FHWA Consultas Tecnnicas.
- Carrasco, D. (2005). *metodología de la investigacion científica*. Lima: San Marcos.
- CLOUTERRE., F. N., & Federal Highway Administration, W. D. (1991). *Soil Nailing Recommendation*. French francs: Federal Highway Administration.
- Dr. Roberto Hernández Sampieri, D. C. (2010). *Metodologia de la Investigacion*. México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Fellenius.W. (1936). W. Calculation of the stability of earth dams. 2nd international congress on larg dams. Washinston: D.C.
- Gerscovich, D. M. (2016). *Estabilidad de taludes*. Sao Paulo: Oficina de Textos.
- Hernández, R. (2014). Metodología de la investigación. México: MC GRAW HILL.
- Jesús Torres, R. T. (2013). análisis de estabilidad de taludes en la vía hacia el sector "la mucuy alta, municipio santos marquina, estado mérida. *geominas*, 158.

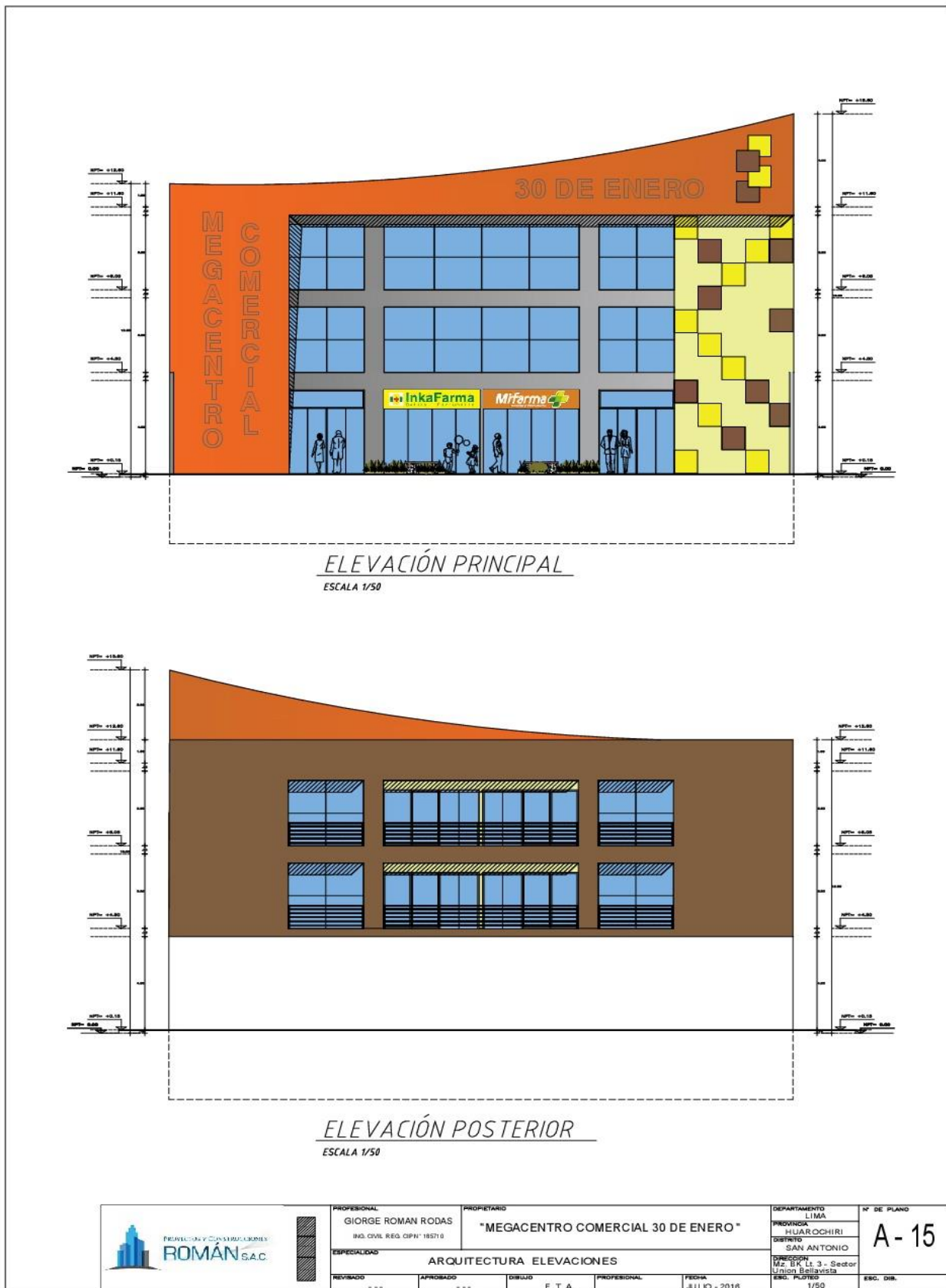


- Joel, M. L. (2016). *análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina antapaccay*. lima: pontifica universidad catolica del peru.
- Juarez, E., & Rico, A. (2005). *Fundamentos de la mecánica de suelos*. México: Limusa.
- Medina, P., Barra, E., Y Guzmán, L. (2008). *Guía de laboratorio de geotécnia*.
- Morales, D.B.(2009). *Procedimientos de investigación y comparación de los métodos de bishop modificado, janbú y fellenius para el cálculo de estabilidad de taludes*. Facultad de ingeniería, Universidad de san Carlos de Guatemala.
- Niño, M. C. (2017). *Métodos de análisis y diseño para la resolución de problemas de estabilidad de taludes y excavaciones mediante técnicas de soil nailing*. Bogotá, D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garanto.
- Oscar Alejandro Aguilar Goenaga, C. E. (2015). *análisis comparativo de estabilidad de taludes mediante los metodos de equilibrio limite aplicado a taludes o laderas aledañas al cerro de la popa, caso urbano de cartagena*. cartagena d. t. y c. – bolivar: universidad de cartagena.
- Pantoja, P. J. (2008). *protección de taludes usando el metodo soil nailing*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Raygada, R. L. (2011). *análisis de estabilidad y deformaciones en el alcantarillado de la costa verde*. Lima-Peru: Uniersidad Nacional de Ingeniería .
- Reglamento Nacional de Edificaciones. CE. 020 Suelos y taludes. Método del factor de seguridad global (FSG). (2016). Lima, Perú: ICG
- Rengifo, R. j. (2015). *muros anclados en arenas, análisis y comparación de técnicas de anclaje*. lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ricardo Valiente Sanz, S. S. (s.f.). *Estabilidad de Taludes: Conceptos Basicos, Parentros de diseño y metodos de calculo*. *CIV informacion*, 50-54.
- Saez, E. (2010). *Fundamentos de Geotecnia*. Chile: Pontificia Universidad Catolica de Chile Departamento de Ingeniería Estructural y Geotécnia.

- Sánchez, M. (2014). Aplicación del programa GEOSLOPE para el análisis de la estabilidad de taludes en la I.E La Libertad de taludes en la I.E. La Libertad. La Libertad, Huaráz.
- Sanhueza Plaza, C., & Rodríguez Cifuentes, L. (2013). Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales. *Revista de la Construcción*, 17-29.
- Saucedo, M. (2010). Uso de Soil Nailing para estabilización de obras de interés histórico. Caso práctico: Hotel Marriot Cusco. *PILOTES TERRATEST PERÚ SAC*, 8.
- Silgado, F. E. (2012). *Historia de los sismos mas notables ocurridos en el Perú*. Lima-Peru: guzlop editoras.
- Suarez. (2009). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Universidad Industrial de Santander.
- Suarez, L.(2016). Análisis de estabilidad de taludes 1. ed. Español: independiente, por el autor, 167p.
- Valladares, I. P. (2015). *estabilidad de taludes con anclas*. México, df.: universidad nacional autónoma de México, facultad de ingeniería.
- Véliz, C (2009) estabilización de taludes con pantallas de concreto lanzado con malla electro soldada y anclajes de concreto reforzado. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala

## **VIII. ANEXOS**

Anexo 1: Plano Arquitectónico del Megacentro comercial 30 de enero



Fuente: Elaboración propia



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

Facultad de Ingeniería Civil



"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
ASTM D3080**

**INFORME** : 003 - LMS 2018  
**SOLICITANTE**: DANIEL ANTONIO MENDO TAQUIRE  
**PROYECTO** : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA SOIL NAILING PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EL MEGA CENTRO COMERCIAL 30 DE ENERO, JICAMARCA - HUAROCHIRI 2018  
**UBICACIÓN** : JICAMARCA - DISTRITO SAN ANTONIO - PROVINCIA HUAROCHIRI - DEPARTAMENTO LIMA  
**FECHA** : 11 DE JUNIO DEL 2018

Calicata : C - 1  
Muestra : M - 1

Profundidad : 3,00 m  
Estado : Remoldeado

**ESPECIMEN 1**

Diametro : 36,00 cm<sup>2</sup>  
D. Seca: 1,46 gr/cm<sup>3</sup>  
Humedad: 4,21 %

**ESPECIMEN 2**

Diametro : 36,00 cm<sup>2</sup>  
D. Seca: 1,46 gr/cm<sup>3</sup>  
Humedad: 4,21 %

**ESPECIMEN 3**

Diametro : 36,00 cm<sup>2</sup>  
D. Seca: 1,46 gr/cm<sup>3</sup>  
Humedad: 4,21 %

ESPECIMEN 1		ESPECIMEN 2		ESPECIMEN 3	
Esf. Normal :	0,56 kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal :	1,11 kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal :	1,67 kg/cm <sup>2</sup>
Esf. Corte:	0,53 kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	0,91 kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	1,24 kg/cm <sup>2</sup>
Def. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Def. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Def. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,03	0,23	0,03	0,40	0,03	0,61
0,06	0,25	0,06	0,40	0,06	0,66
0,12	0,26	0,12	0,41	0,12	0,67
0,18	0,26	0,18	0,44	0,18	0,71
0,30	0,27	0,30	0,46	0,30	0,73
0,45	0,28	0,45	0,49	0,45	0,76
0,60	0,29	0,60	0,52	0,60	0,80
0,75	0,31	0,75	0,55	0,75	0,83
0,90	0,33	0,90	0,58	0,90	0,86
1,05	0,34	1,05	0,60	1,05	0,89
1,20	0,35	1,20	0,62	1,20	0,91
1,50	0,36	1,50	0,66	1,50	0,95
1,80	0,38	1,80	0,69	1,80	0,99
2,10	0,40	2,10	0,72	2,10	1,04
2,40	0,42	2,40	0,74	2,40	1,06
2,70	0,43	2,70	0,78	2,70	1,09
3,00	0,45	3,00	0,81	3,00	1,13
3,60	0,48	3,60	0,85	3,60	1,18
4,20	0,51	4,20	0,89	4,20	1,21
4,80	0,53	4,80	0,91	4,80	1,24

OBSERVACIONES: Remoldeado ( material que pasa el tamiz N° 4)

OPERADOR: TEC. FREDY VILLANUEVA OSORIO

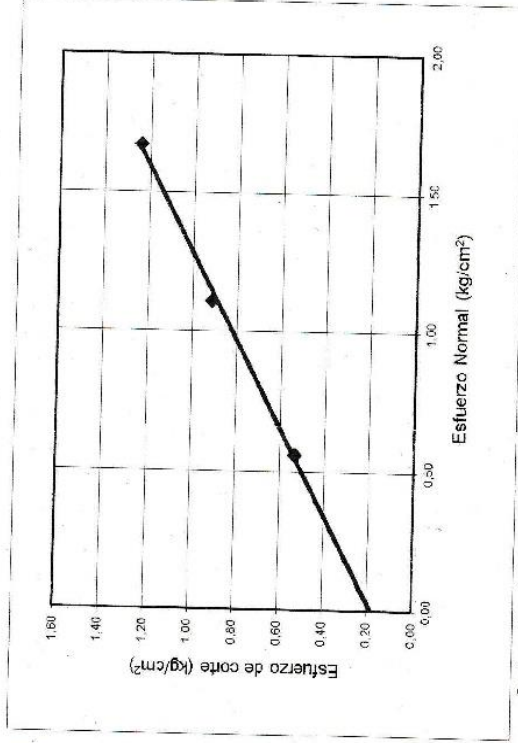
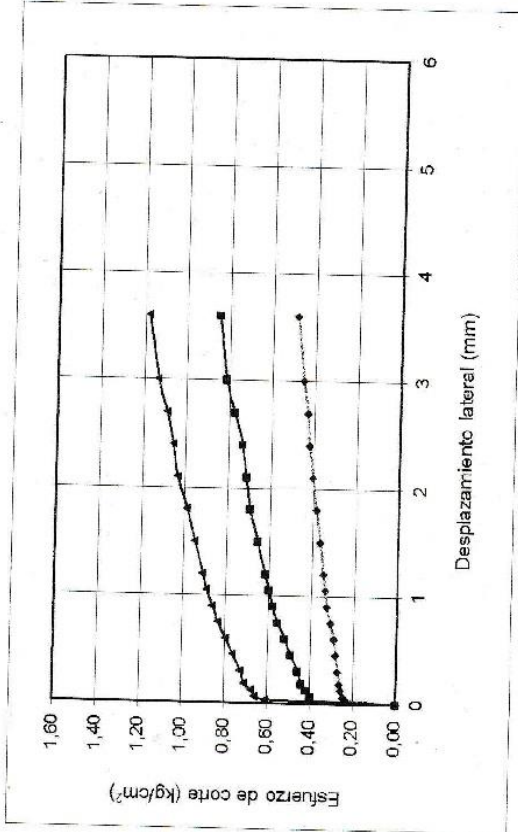
FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV.  
Laboratorio de Mecánica de Suelos  
COORDINADOR

# ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

ESTADO : Remoldeado  
CALICATA : C - 1  
MUESTRA : M - 1  
Prof:(m) 3,00 m

SOLICITANTE : DANIEL ANTONIO MENDO TAQUIRE  
PROYECTO : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA SOIL NAILING PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EL MEGA CENTRO COMERCIAL 30 DE ENERO, JICAMARCA - HUAROCHIRI 2018

UBICACIÓN : JICAMARCA - DISTRITO SAN ANTONIO - PROVINCIA HUAROCHIRI - DEPARTAMENTO LIMA  
FECHA : 11 DE JUNIO DEL 2018



OPERADOR: TEC. FREDY VILLNUEVA OSORIO

Cohesión (c): 0,184 kg/cm<sup>2</sup>  
Ang. Fricción (φ): 28 °

  
FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV.  
Laboratorio de Mecánica de Suelos  
COORDINADOR



## DENSIDAD DE CAMPO NATURAL

**INFORME** : 004 - LMS 2018  
**SOLICITA** : DANIEL ANTONIO MENDO TAQUIRE  
**PROYECTO**: ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA SOIL NAILING PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EL MEGA CENTRO COMERCIAL 30 DE ENERO, JICAMARCA - HUAROCHIRI 2018  
**LUGAR** : JICAMARCA - DISTRITO SAN ANTONIO - PROVINCIA HUAROCHIRI - DEPARTAMENTO LIMA  
**FECHA** : 22 DE MAYO DEL 2018

MUESTRA N°	01	02	03	04	05	06
Contenido de humedad (%)	3,95	*	*	*	*	*
peso del frasco con arena calibrada (gr)	36850,0	*	*	*	*	*
peso del frasco con arena que queda (gr)	16500,0	*	*	*	*	*
peso de la arena en el cono (gr)	7461,0	*	*	*	*	*
volumen del material extraído (cm <sup>3</sup> )	9306,1	*	*	*	*	*
peso humedo de la muestra extraída (gr)	20350,0	*	*	*	*	*
peso de la muestra seca (gr)	19576,7	*	*	*	*	*
volumen material extraído (cm <sup>3</sup> )	9306,1	*	*	*	*	*
<b>Densidad Natural (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2,104</b>	*	*	*	*	*

**OBSERVACIONES** : La densidad natural se realizó en la calicata N° 1 - profundidad: 3,00 m  
**ESPECIFICACIONES** : Los ensayos se realizaron según norma ASTM D-4944, AASHTO T-191

OPERADOR: TEC. FREDY  
 VILLANUEVA OSORIO



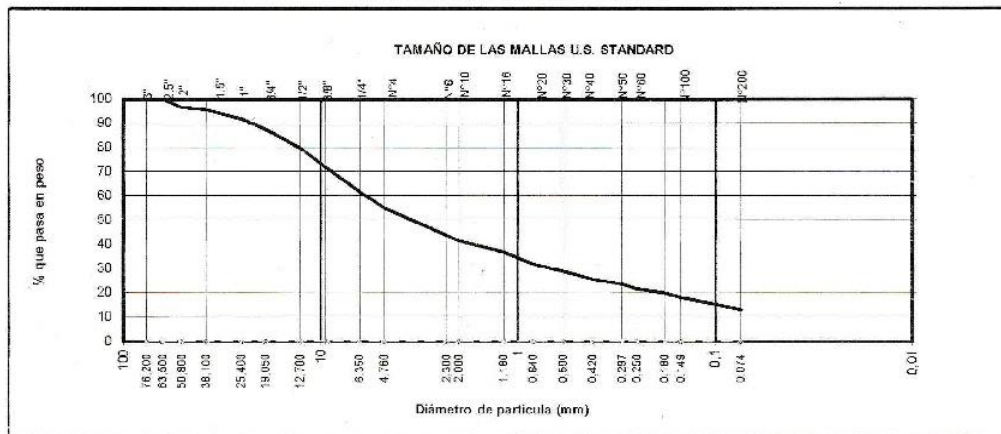
"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
**ASTM D 422**

INFORME : 001 - LMS 2018  
 PROYECTO : ANÁLISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA SOIL NAILING PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EL MEGA CENTRO COMERCIAL 30 DE ENERO, JICAMARCA - HUAROCHIRI 2018  
 UBICACIÓN : JICAMARCA - DISTRITO SAN ANTONIO - PROVINCIA HUAROCHIRI - DEPARTAMENTO LIMA  
 SOLICITANTE : DANIEL ANTONIO MENDO TAQUIRE  
 FECHA : 01 DE JUNIO DEL 2018

Calicata: C- 1		Muestra: M - 1		Prof. : 3,00 m		Progresiva:	
Diámetros (mm)	TAMICES ASTM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Descripción de la Muestra	
76,2	3"					CLASIFICACION DE SUELOS: AASHTO = <b>A-2-6</b> ( 0 ) SUCS = <b>GC</b>  COEFICIENTES: Cc = 0,86 Cu = 106,96  LIMITES ATTEMBERG: L.L= 31,88 L.P= 19,82  I.P= 12,06 % H.N = 4,10  Observaciones: - Grava erollosa - El material fue muestreado por el solicitante.	
63,5	2 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0		
50,8	2"	321,9	3,4	3,4	96,6		
38,1	1 1/2"	80,8	0,8	4,2	95,8		
25,4	1"	366,0	3,8	8,0	92,0		
19	3/4"	429,5	4,5	12,5	87,5		
12,7	1/2"	732,7	7,7	20,2	79,8		
9,525	3/8"	732,7	7,7	27,9	72,1		
6,35	1/4"	1001,8	10,5	38,4	61,6		
4,76	Nº 4	630,5	6,6	45,0	55,0		
2,3	Nº 8						
2	Nº 10	1282,4	13,4	58,4	41,6		
1,18	Nº 16						
0,84	Nº 20	914,4	9,6	68,0	32,0		
0,59	Nº 30						
0,42	Nº 40	596,8	6,2	74,2	25,8		
0,297	Nº 50						
0,25	Nº 60	394,7	4,1	78,3	21,7		
0,18	Nº 80						
0,149	Nº 100	333,7	3,5	81,8	18,2		
0,074	Nº 200	466,3	4,9	86,7	13,3		
	< Nº 200	1269,5	13,3	100,0	0,0		
	Peso Inicial	9553,7	100,0				

**CURVA GRANULOMETRICA**



NOTA.- LAS MUESTRA FUERON TRAIAS POR EL SOLICITANTE A ESTE LABORATORIO

OPERADOR: TEC. FREDY VILLANUEVA OSORIO

*[Firma]*  
**FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV.**  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos  
**COORDINADOR**





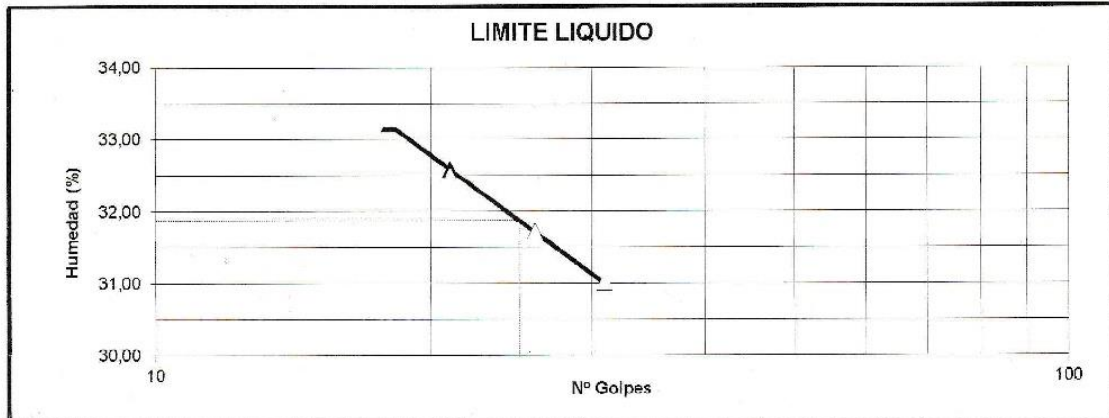
"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD  
ASTM D 4318**

INFORME : 002 - LMS 2018  
 PROYECTO : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA SOIL NAILING PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EL MEGA CENTRO COMERCIAL 30 DE ENERO, JICAMARCA - HUAROCHIRI 2018  
 UBICACIÓN : JICAMARCA - DISTRITO SAN ANTONIO - PROVINCIA HUAROCHIRI - DEPARTAMENTO LIMA  
 SOLICITANTE : DANIEL ANTONIO MENDO TAQUIRE  
 FECHA : 01 DE JUNIO DEL 2018

Calicata:	<b>C-1</b>	Muestra:	<b>M-1</b>	Prof.:	<b>3,00</b>	m.		
	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
Nº DE GOLPES	31	26	21	18				
TARRO Nº	11	2	1	16	1	16	15	
Suelo húmedo+tarro	27,37	28,79	25,07	24,57	14,47	14,60	13,65	
Suelo seco+tarro	24,76	25,28	21,88	21,94	14,30	14,45	13,50	
Peso del Agua	2,61	3,51	3,19	2,63	0,17	0,15	0,15	
Peso del Tarro	16,35	14,21	12,06	14,04	13,46	13,70	12,72	
Peso del Suelo Seco	8,41	11,07	9,82	7,90	0,84	0,75	0,78	
Humedad (%)	31,03	31,71	32,48	33,29	20,24	20,00	19,23	
L.L.	<b>31,88 %</b>			L.P.	<b>19,82 %</b>		I.P.	<b>12,05 %</b>



OPERADOR: TEC. FREDY VILLANUEVA OSORIO

*[Signature]*  
 FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV.  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 COORDINADOR



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CCB-208-2015**

Peticionario : UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Atención : UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Lugar de calibración : Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos - Jr. Yungay N° 206  
Magdalena del Mar - Lima

Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automático

Marca : AND Clase : III

Número de serie : P1837705 Tipo : Electrónica

Código UNFV : 076536 Modelo : EK-6100i

Capacidad máxima : 6000 g Procedencia : Japón

División de escala (d) : 0,1 g

División de verificación (e) : 1,0 g

Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII - PC 001 - Indecopi - tercera edición

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 23,6 °C / 85%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 23,6 °C / 85%

Patrones de referencia : Trazabilidad INDECOPI , 01 jgo. de pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 g a 500g con certificado de calib. N° LM-C-507-2014, 01 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 kg con certificado de calib. N° LM-C-497-2014, 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 2 kg con certificados de calib. N° LM-1007-2014, LM-1008-2014, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 5 kg con certificado de calib. N° LM-1011-2014

Número de páginas : 3

Fecha de calibración : 2015-12-23

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello

Fecha

Hecho por

Revisado por



2015-12-28




*Vilma...*

*Raul*

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CAC-092-2015**

Peticionario : UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 Atención : UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL  
 Lugar de calibración : Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos - Jr. Yungay N° 206  
 Magdalena del Mar - Lima  
 Tipo de equipo : Anillo de carga equipo de Corte Directo  
 Capacidad del equipo : 1,000 lbf (4.5 kN ó 450 Kgf)  
 División de escala : 0,002 mm.  
 Marca : ELE - INTERNATIONAL  
 Código UNFV : 045048  
 Modelo de dial indicador : No presenta  
 N° de serie dial indicador : No presenta  
 N° de serie del anillo : No presenta, se identificará con el código UNFV 045048  
 Procedencia : USA  
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 23,3°C / 86%  
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 23,4°C / 85%  
 Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"  
 Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards &  
 Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8295, clase A,  
 calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración  
 reporte N° C-8295F1314  
 Número de páginas : 2  
 Fecha de calibración : 2015-12-23

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
 Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2015-12-28	 Vladimir Tello Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 Jorge Francisco Ramírez Japaja INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

CAC-092-2015

Página 1 de 2



### ACTA DE AUTORIZACIÓN

Yo Roger Roman Rodas con DNI 17925380, Gerente general de la constructora PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ROMAN SAC, empresa encargada de la construcción y diseño del Megacentro comercial 30 de enero. Por la presente **Autorizo a:**

El alumno: Daniel Antonio Mendo Taquire con DNI 74898757, para recoger y hacer uso de los datos más relevantes de la construcción del Megacentro comercial 30 de enero. Y para que así conste y surta efectos oportunos, firmo el presente documento.

Lima, 27 de Julio del 2018

A handwritten signature in blue ink is written over a circular stamp. The stamp contains the text 'PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ROMAN SAC' and 'RUC: 20603246972'. Below the signature, the text 'Roger Roman Rodas' and 'Gerente General' is printed.

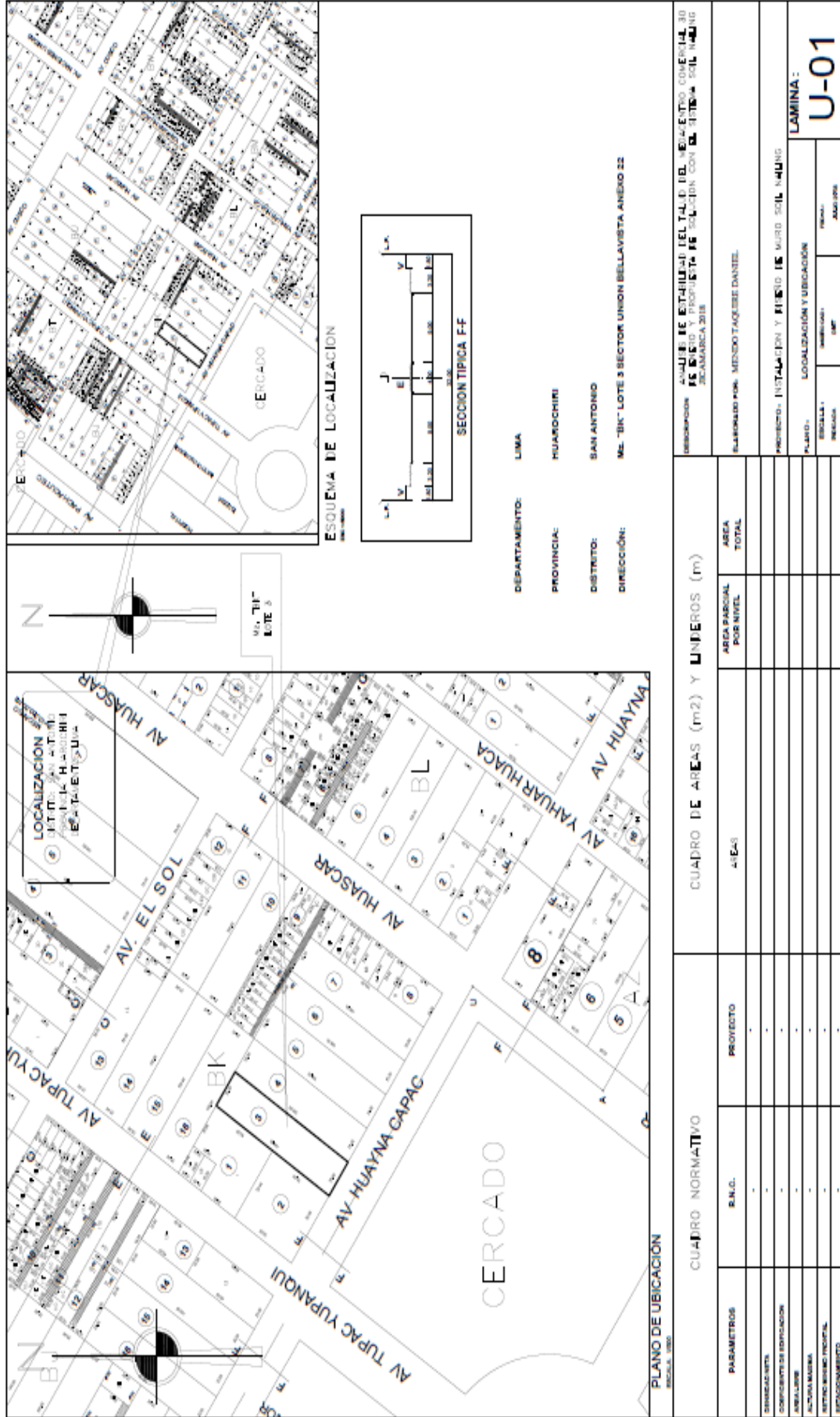
PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ROMAN SAC  
RUC: 20603246972  
Roger Roman Rodas  
Gerente General

---

Ingeniero Roger Roman Rodas



Anexo 5. Localización de la zona del proyecto del sistema Soil Nailing

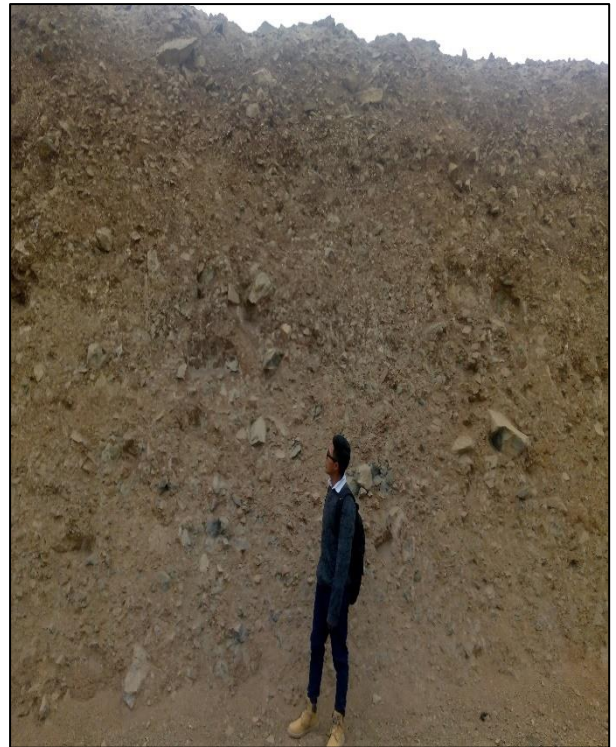


Anexo 6. Ensayos de laboratorio

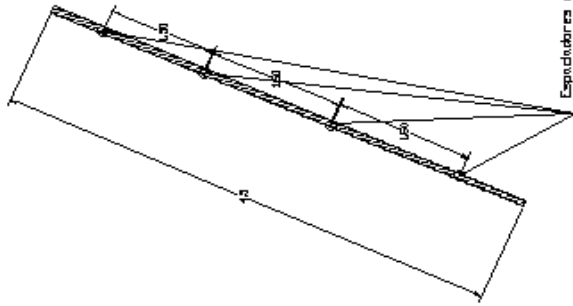




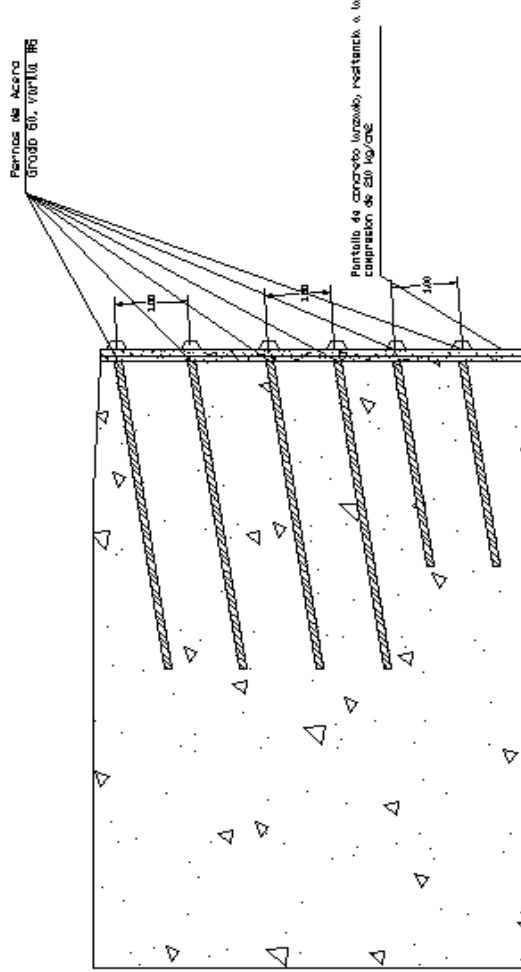
Anexo 7. Registro topográfico de la Zona de estudio



# DETALLE DE LA PROPUESTA CONSTRUCTIVA DEL TALUD DEL MEGACENTRO COMERCIAL 30 DE ENERO



DETALLE DE ANCLAJE SOIL NAILING



**NOTAS GENERALES**

- 1) Bastilla de concreto laminado con una resistencia a la compresión de 200 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.
- 2) Perforas pasivas de anclaje con 3.5 y 4.5 m de longitud\* de 200 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.
- 3) Mortero de fijación con relación agua-cemento A/C 0.40 y un F/C 200 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

DETALLE DE SISTEMA CONSTRUCTIVO

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD DEL MEGACENTRO COMERCIAL 30 DE ENERO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN CON EL SISTEMA SOIL NAILING-JCMARCA, 2018

PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD EN EL MEGACENTRO COMERCIAL 30 DE ENERO

ESTUDIANTE

DANIEL ANTONIO MENDO TAQUORE

ASESOR

Mtro. Cosual Iberico German Fernando

FECHA:



# DETALLE DE LA PROPUESTA CONSTRUCTIVA DEL TALUD DEL MEGACENTRO COMERCIAL 30 DE ENERO



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD  
DEL MEGACENTRO COMERCIAL 30 DE ENERO  
Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN CON EL SISTEMA  
SOIL NAILING-JICAMARCA, 2018

PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN  
DE TALUD EN EL MEGACENTRO  
COMERCIAL 30 DE ENERO

ESTUDIANTE

DANIEL ANTONIO MENDO TAGUIRE

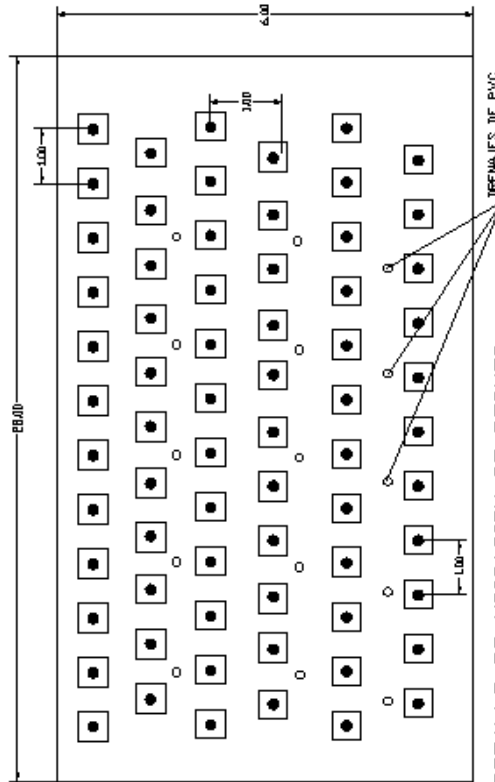
ASESOR

Mtro. Cosual Iberico German Fernando

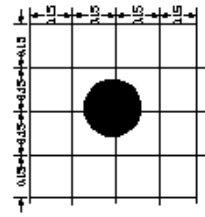
FECHA:

### NOTAS GENERALES

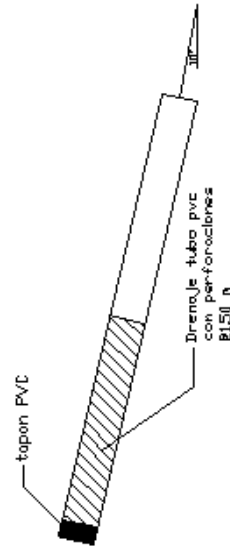
- 1) Se colocan los pernos en la ubicación que se especifica en el diseño, cualquier variación del punto de anclaje se debe consultar al ingeniero o cargo.
- 2) El sistema de drenaje correro, con anillos pero evitar la saturación del terreno, además iron utilizados con una inclinación de 10° con respecto a lo horizontal, en el pie del talud se ubica un sistema de canalización de aguas.



DETALLE DE UBICACION DE PERNOS



ESQUEMA DE MALLA Y PLACA DE REFUERZO



DETALLE DE DRENAJE

<b>“ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD DEL MEGACENTRO COMERCIAL 30 DE ENERO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN CON EL SISTEMA SOIL NAILING- JICAMARCA, 2018”</b>						
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSION</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>				
¿De qué manera influye el uso del sistema Soil Nailing en el análisis de la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca-Huarochiri, 2018?	Determinar la influencia del uso del sistema Soil Nailing en el análisis de la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca, 2018	El uso del Sistema Soil Nailing influye significativamente en el análisis de la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca, 2018	Estabilidad del talud	Método del equilibrio límite	Factor de seguridad	
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>HIPOTESIS ESPECIFICAS</b>				
¿Cómo el estudio de mecánica de suelos influye en el diseño del sistema Soil Nailing para la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca-Huarochiri, 2018?	Realizar el estudio de mecánica de suelos para obtener los datos y luego analizar la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca, 2018	El estudio de mecánica de suelos nos permite obtener datos para analizar la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca, 2018.		Parámetros Geotécnicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación de Suelos</li> <li>• Peso Unitario</li> <li>• Angulo de fricción</li> <li>• cohesión</li> </ul>	Modelamiento con el Software Slide
¿Cuáles son los resultados del diseño del sistema Soil Nailing para lograr la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca-Huarochiri, 2018?	Determinar los resultados del diseño del sistema Soil Nailing para la estabilidad del talud en el Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca, 2018	Los resultados de diseño del sistema Soil Nailing nos permite determinar la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca, 2018.	Soil Nailing			
¿Cuál es la influencia del sistema Soil Nailing en separaciones de 1m, 1.5m y 2m con el factor de seguridad para la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca-Huarochiri, 2018?	Determinar cómo las separaciones de 1m, 1.5 y 2m influyen en el factor de seguridad para la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca-Huarochiri, 2018	Las separaciones de los Nailing influyen en el factor de seguridad para la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca-Huarochiri, 2018		Diseño	Factor de seguridad	



**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD  
DE TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo, Dra María Ysabel García Alvarez, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Lima Este, revisora de la tesis titulada

"Análisis de estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero y propuesta de solución con el sistema Soil Nailing- Jicamarca, 2018", del estudiante Daniel Antonio Mendo Taquire, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 23% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, 11 de julio del 2018

Firma

Dra. María Ysabel García Alvarez

DNI: 21453567



Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	---------------------------------



FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis de estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de  
enero y propuesta de solución con el sistema Soil Nailing-  
Jicamarca, 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL

AUTOR:  
Daniel Antonio Mendo Taquire

ASESORORES  
Dra. María Ysabel García Alvarez,  
Mg. German Fernando Casusol Iberico

Resumen de coincidencias

23 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

Rank	Source	Percentage
1	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	4 %
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3 %
3	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	2 %
4	es.scribd.com Fuente de Internet	2 %
5	repositorio.unasam.ed... Fuente de Internet	2 %
6	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	2 %
7	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	2 %
8	www.scribd.com Fuente de Internet	1 %

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE          TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL          UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo Daniel Antonio Mendo Taquire, identificado con DNI N°74898757, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Análisis de estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero y propuesta de solución con el sistema Soil Nailing-Jicamarca, 2018"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA

DNI: 74898757

FECHA: 11 de 03 del 2018.

 Elaboró	 Dirección de Investigación	Revisó	 Responsable del SGC	 Aprobó	 Vicerrectorado de Investigación
--	---	--------	--	--	--



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL, LA Dra. MARÍA YSABEL GARCIA ALVAREZ.

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

DANIEL ANTONIO MENDO TAQUIRE

INFORME TITULADO:

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD DEL MEGACENTRO COMERCIAL 30 DE ENERO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN CON EL SISTEMA SOIL NAILING- JICAMARCA, 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

TÍTULO PROFESIONAL DE :

---

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: San Juan de Lurigancho, 11 de Julio del 2018

NOTA O MENCIÓN: 12 (Doce)



*9.00*

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

*Dra. María Ysabel García Álvarez*