



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación del factor de seguridad en taludes para la determinación
del sistemas de sostenimiento, carretera Huaypo Grande – Chinchero
– Urubamba, Cusco 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Quispe Huaman, Wolfran (ORCID: 0000-0002-8931-5652)

ASESOR:

Mg. Olarte Pinares, Jorge Richard (ORCID: 0000-0001-5699-1323)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA — PERÚ

2022

Dedicatoria

El presente trabajo de Investigación se la dedico a Dios por darme la oportunidad de la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, seguidamente a toda mi familia principalmente a mis padres Huaman De Quispe Lucia y Quispe Callañaupa Julián, por ser siempre un ejemplo de perseverancia, esfuerzo, respeto sobre todo por la comprensión y el apoyo incondicional que siempre me brindaron más que todo a lo largo de toda mi carrera universitaria lo cual hizo posible mi más anhelada meta, por enseñarme que todo esfuerzo vale la pena y también a todas las personas que aportaron en mi formación tanto profesional como personal.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por otorgarnos la vida y guiarnos correctamente en este camino profesional, a la Universidad Cesar Vallejo, por permitirnos formar parte de ella.

Así mismo a mi asesor el Ing. Jorge Richard Olarte Pinares por su apoyo y colaboración durante todo el proceso, quien con su dirección, conocimiento y enseñanza permitió el desarrollo de esta investigación de manera positiva, finalmente quiero agradecer a todo mis familiares y amistades que me brindaron su apoyo moral durante todo este proceso de mi tesis.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de figuras	v
Índice de tablas	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo y Diseño de investigación	19
3.2. Variables y operacionalización	20
3.3. Población, muestra y muestreo	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .	23
3.5. Procedimientos.....	26
3.6. Método de Análisis de datos	50
3.7. Aspectos Éticos	50
IV. RESULTADOS	51
V. DISCUSIÓN.....	73
VI. CONCLUSIONES.....	77
VII. RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS.....	80
ANEXOS	84

Índice de figuras

Figura 1. Tipos de taludes	12
Figura 2. Deslizamiento rotacional.....	15
Figura 3. Deslizamiento traslacional	15
Figura 4. Equilibrio de masas	16
Figura 5. Modelo numérico para estabilidad de taludes	17
Figura 6. Identificación de carretera para levantamiento topográfico	26
Figura 7. Importación de puntos del levantamiento topográfico	27
Figura 8. Importación de puntos del levantamiento topográfico	27
Figura 9. Puntos de levantamiento topográfico	28
Figura 10. Referencia de trazo	29
Figura 11. Trazo de alineaciones y secciones de carretera.....	29
Figura 12. Identificación de taludes con sección crítica	30
Figura 13. Progresiva final en el punto 2+320	30
Figura 14. Talud A – progresiva 0+640.00.....	31
Figura 15. Talud B – progresiva 0+660.00.....	32
Figura 16. Talud C – progresiva 0+680.00	32
Figura 17. Talud D – progresiva 0+700.00	33
Figura 18. Calicata N° 01 y N° 02	33
Figura 19. Curva granulométrica de la calicata N°1.....	35
Figura 20. Curva granulométrica de la calicata N°2.....	36
Figura 21. Procedimiento de ensayo de granulometría	37
Figura 22. Limite líquido para suelo de calicata N°1	38
Figura 23. Limite líquido para suelo de calicata N°2.....	40
Figura 24. Ensayo de límites de consistencia para muestras.....	40
Figura 25. Esfuerzo cortante vs esfuerzo normal de suelo – Calicata N°1	41
Figura 26. Esfuerzo cortante vs esfuerzo normal de suelo – Calicata N°2	42
Figura 27. Ensayo de corte directo	43
Figura 28. Modelo de talud A en software Geo 5	47
Figura 29. Configuración de tipo de suelo de Calicata N°1 – Tipo de suelo	48
Figura 30. Suelo Calicata N°1	48
Figura 31. Configuración de tipo de suelo de Calicata N°2 – Tipo de suelo	49
Figura 32. Suelo Calicata N°1	49
Figura 33. Circulo y planos de falla para Talud tipo A	52
Figura 34. Cálculo de Factor de seguridad para talud A.....	53
Figura 35. Circulo y planos de falla para Talud tipo B	54
Figura 36. Cálculo de Factor de seguridad para talud B.....	54
Figura 37. Circulo y planos de falla para Talud tipo C	55
Figura 38. Cálculo de Factor de seguridad para talud C	55
Figura 39. Circulo y planos de falla para Talud tipo D	56
Figura 40. Cálculo de Factor de seguridad para talud D	56
Figura 41. Dimensiones de muro de contención en gravedad.....	56

Figura 42. Parámetros del estudio de mecánica de suelos.....	57
Figura 43. Dimensiones de muro de contención en voladizo.....	57
Figura 44. Parámetros del estudio de mecánica de suelos.....	58
Figura 45. Planteamiento de banquetas en talud tipo A	58
Figura 46. Círculo y planos de falla para Talud tipo A con banquetas	58
Figura 47. Cálculo de Factor de seguridad para talud A con banquetas	59
Figura 48. Círculo y planos de falla para Talud tipo B con banquetas	60
Figura 49. Cálculo de Factor de seguridad para talud B con banquetas	60
Figura 50. Círculo y planos de falla para Talud tipo C con banquetas.....	61
Figura 51. Cálculo de Factor de seguridad para talud C con banquetas	62
Figura 52. Círculo y planos de falla para Talud tipo D con banquetas.....	64
Figura 53. Cálculo de Factor de seguridad para talud C con banquetas	64

Índice de tablas

Tabla 1. Estudios, ensayos e instrumentos.....	24
Tabla 2. Perfil estratigráfico de calicata N°1.....	34
Tabla 3. Perfil estratigráfico de calicata N°2.....	34
Tabla 4. Tamizado y pesos de suelo para calicata N°1	35
Tabla 5. Tamizado y pesos de suelo para calicata N°2	36
Tabla 6. Cálculo de limite líquido y limite plástico para calicata N°1	38
Tabla 7. Cálculo de limite líquido y limite plástico para calicata N°2	39
Tabla 8. Datos de muestras para ensayo de corte directo en calicata N°1	41
Tabla 9. Determinación de ángulo de fricción y cohesión de suelo en calicata N°1	41
Tabla 10. Determinación de ángulo de fricción y cohesión de suelo en calicata N°2	42
Tabla 11. Contenido de humedad en suelo de calicata N°1	43
Tabla 12. Contenido de humedad en suelo de calicata N°2	44
Tabla 13. Determinación de la densidad natural – Calicata N°1	44
Tabla 14. Determinación de la densidad mínima – Calicata N°1	45
Tabla 15. Determinación de la densidad máxima – Calicata N°1.....	45
Tabla 16. Determinación de la densidad natural – Calicata N°2	45
Tabla 17. Determinación de la densidad mínima – Calicata N°2	46
Tabla 18. Determinación de la densidad máxima – Calicata N°2.....	46
Tabla 19. Resumen de parámetros geotécnicos.....	52
Tabla 20. Factores de seguridad para Talud Tipo A 0+640 m	53
Tabla 21. Factores de seguridad para Talud Tipo B 0+660 m	54
Tabla 22. Factores de seguridad para Talud Tipo C 0+680 m	56
Tabla 23. Factores de seguridad para Talud Tipo C 0+680 m	57
Tabla 24. Verificación de muro de sistema a gravedad	57
Tabla 25. Verificación de muro de sistema a gravedad.....	58
Tabla 26. Factores de seguridad para Talud Tipo A 0+640 m con banquetas.....	59
Tabla 27. Factores de seguridad para Talud Tipo B 0+660 m con banquetas.....	61
Tabla 28. Factores de seguridad para Talud Tipo B 0+660 m con banquetas.....	63
Tabla 29. Factores de seguridad para Talud Tipo B 0+660 m con banquetas.....	65

Resumen

La presente tesis tiene el objetivo de evaluar del factor de seguridad en taludes para la determinación de sistemas de sostenimiento en la carretera Huaypo Grande – Chinchero – Urubamba, Cusco en el año 2021; estudio de tipo no experimental, de enfoque cuantitativo, la población es definido por los taludes de la carretera, la muestra se encuentra comprendido por 4 taludes críticos entre los puntos kilométricos de 0+640 a 0+700 m, se realizó un levantamiento topográfico, se realizaron un estudio de suelos, se realizó el análisis de la estabilidad por los métodos de equilibrio limite asistido por el software GEO5, además, se determinaron el diseño y verificación de muros de contención de sistema por gravedad y en voladizo, además, se propuso un sistema de banquetas con el objetivo de incrementar el factor de seguridad.

Los resultados mostraron que el factor de seguridad de los 4 taludes estudiados es inferior a 1.5, proponiendo sistemas de sostenimiento de concreto, además, se verifico que realizando banquetas se logra incrementar significativamente el factor de seguridad estabilizando el talud, se concluye que el método de estabilización por banquetas logra una estabilidad en todos los taludes, reduciendo el riesgo al deslizamiento, es factible el diseño de muros de contención.

Palabras clave: Taludes, estabilidad, Geo5, muro de contención, banquetas

Abstract

The objective of this thesis is to evaluate the safety factor in slopes for the determination of support systems on the Huaypo Grande - Chinchero - Urubamba highway, Cusco in the year 2021; a non-experimental study, with a quantitative approach, the population is defined by the slopes of the road, the sample is comprised of 4 critical slopes between the kilometer points of 0+640 to 0+700 m, a topographical survey was carried out, a soil study was carried out, the analysis of the stability by the limit equilibrium methods assisted by the GEO5 software, in addition, the design and verification of gravity and cantilever system retaining walls were determined, in addition, a sidewalk system was proposed with the aim of increasing the safety factor .

The results showed that the safety factor of the 4 slopes studied is less than 1.5, proposing concrete support systems, in addition, it was verified that making sidewalks significantly increases the safety factor by stabilizing the slope, it is concluded that the method of stabilization by sidewalks achieves stability on all slopes, reducing the risk of slipping, the design of retaining walls is feasible.

Keywords: Slopes, Stability, Geo5, Retaining Wall, Sidewalks

I. INTRODUCCIÓN

La construcción de tramos de carreteras implica el análisis de muchos factores dentro de los cuales se encuentra la orografía del terreno, pendientes, tipos de suelo, clima, precipitaciones pluviales, temperatura, entre otros; cada uno de estos factores determina la configuración de la carretera a diseñar, al realizar las secciones transversales de una carretera se determina los volúmenes de corte y relleno según la topografía del terreno natural encontrándose con múltiples taludes con distinta configuración geométrica, es de importancia poder determinar la seguridad de los taludes a través de un determinado factor, este se calcula con el objetivo de garantizar la funcionalidad de la carretera reduciendo el riesgo de obstrucciones por deslizamientos.

En un contexto mundial la estabilización de taludes ha sido investigado en diferentes contextos geográficos y condiciones particulares, el procedimiento de cada investigación es la de identificar posibles puntos o zonas inestables dentro de un carretera y que al tener una alta posibilidad de generar un riesgo del deslizamiento de los taludes, como un medio para mitigar estos problemas se plantean diversos métodos para contenerlos según el tipo de terreno y los parámetros obtenidos de los resultados de los parámetros del suelo en laboratorio, estos estudios son realizados en diferentes países tales como Ecuador, México y Nicaragua que buscaron utilizar herramientas de modelación digital para la determinación de un factor de seguridad, además, también compararon métodos empíricos y por elementos finitos para identificar superficies de falla y el factor de seguridad.

En el Perú el estudio de la estabilidad de los taludes se debe realizar en cada carretera diseñada, se ha verificado que los deslizamientos son propensos a fallar en épocas de precipitación pluviales o lluvias a partir de la erosión del suelo se ha verificado que los deslizamientos ocurren con mayor frecuencia en la época de la lluvia donde se generan la erosión del talud así mismo existen zonas como por ejemplo en la costa la brisa del mar y los viento también erosionan los taludes caso práctico de la costa verde de lima, además, se ha

comprobado que al no contar con un sistema de protección provocan que las carreteras se vean seriamente afectadas. En diferentes ciudades en el Perú se realizaron estudios de estabilidad combinando métodos empíricos tales como Janbu – Spencer que se basan en el análisis por cortes o dovelas, se buscaron también el análisis y diseño de la estabilidad basados en métodos no exactos para el estudio de los taludes, el análisis del factor de seguridad es aplicable a taludes de suelo como también donde se encuentre macizos rocosos o similares los cuales son más propensos a fallar de no identificar las zonas de falla.

El distrito de Chinchero, ubicado en la provincia de Urubamba en el departamento de Cusco, es actualmente uno de los más importantes debido a que se tiene proyectado la construcción de un aeropuerto internacional en la zona, el crecimiento poblacional ha ido en aumento lo cual demanda mayor infraestructura de transporte cambiando su configuración vial entre los centros poblados aledaños al distrito, tal es el caso del centro poblado de Huaypo Grande el cual cuenta con una red de caminos dada la intangibilidad de la zona aeroportaria, sin embargo, junto con la apertura de las carreteras se verifica la inestabilidad de los taludes a lo largo de nuevas vías, provocando constantes la obstrucciones de la red de caminos y más común en época de lluvias o temporadas con precipitaciones pluviales y al no contar con un análisis de los factores de seguridad en los taludes con mayor pendiente generan un mayor riesgo que se produzcan deslizamiento de los taludes afectando directamente a la población.

Dado el reordenamiento vial en el distrito de Chinchero, ante una necesidad de evaluar los taludes en estas nuevas carreteras o vías se plantea y se formula la siguiente problemática: **Problema general** ¿De qué manera se podría controlar y mitigar los deslizamientos en los taludes de la carretera Huaypo Grande - Chinchero? Los **problemas específicos**, ¿Que parámetros físicos son necesarios conocer para la definición de taludes en las carreteras?, ¿Qué parámetros mecánicos de los suelos son fundamentales para el análisis de la estabilidad de los taludes en carreteras?, ¿Qué metodologías de la estabilidad de taludes se puede considerar para las nuevas carreteras?

Las justificaciones son: **justificación teórica** para el presente estudio tiene como principal motivo la de aplicar el conocimiento de la geotecnia estructural aplicado al estudio de estabilidad de taludes. **La justificación técnica o práctica** permitirá analizar y estudiar la estabilidad de los taludes planteando las estructuras necesarias para su estabilidad. La **justificación metodológica** se basa en la aplicación del método científico que permite observar, plantear hipótesis y luego comprobando mediante el desarrollo de ensayos y análisis que demuestren la veracidad. En cuanto a la **justificación social**, busca beneficiar a los pobladores de la comunidad de Huaypo en el distrito de Chinchero, logrando beneficiar de manera directa a la población al contar con una infraestructura adecuada que mejore la estabilidad de los taludes.

Asimismo se establece el siguiente **objetivo general** Determinar sistemas de sostenimiento en la carretera Huaypo Grande - Chinchero a partir de evaluación de factor de seguridad de los taludes, se plantea también los **objetivos específicos**, primero, realizar ensayos de laboratorio para conocer las propiedades físicas básicas de los suelos para el análisis de la estabilidad de taludes, segundo, determinar los parámetros mecánicos geotécnicos de los suelos para la estabilidad de los taludes y por ultimo emplear métodos del equilibrio límite para el análisis de la estabilidad de taludes.

Finalmente, la **Hipótesis general** una manera de controlar y mitigar los deslizamientos de los taludes en la carretera Huaypo Grande - Chinchero sería planteando sistemas de sostenimiento a partir de evaluación de factor de seguridad de los taludes, asimismo se tiene las **hipótesis específicas** primero, Un estudio geotécnico básico para la estabilidad de taludes debería considerar los ensayos de clasificación de suelos, contenido de humedad y límites de Atterberg, segundo, mediante los ensayos de corte directo sería posible conocer las propiedades mecánicas de los suelos fundamentales para la análisis de la estabilidad de taludes, por último, una de las metodologías para la estabilidad de taludes sería la basada en principio del equilibrio limite.

II. MARCO TEÓRICO

Dentro del presente capítulo se mencionan los antecedentes a nivel internacional y nacional sobre el análisis del factor de seguridad de taludes a nivel nacional e internacional.

2.1. ANTECEDENTE NACIONAL

(Torres, 2019) En la tesis de pregrado, cuyo objetivo general fue la de realizar un diseño de un sistema de estabilización del talud crítico al tener un mayor índice de estabilidad en la carretera Monteseco, distrito Catache. Estudio de tipo descriptivo no experimental, la población se encuentra definida por los puntos críticos de la carretera en estudio, sin embargo, solamente la muestra consta de 1 tramo, este es elegido debido a que tiene un mayor índice de inestabilidad, luego se procede a determinar el sistema de estabilización correspondiente. Los instrumentos utilizados son GPS Satelital, fluxómetro, estación total con prisma, equipos de laboratorio tales como la copa Casagrande, máquina de corte directo, juego de tamices. Los resultados mostraron una topografía de terreno escarpado con pendiente de 437.50%, el tipo de falla por deslizamiento rotacional con factores de seguridad menores a 1.50 diseñando un muro tipo gavión para su sostenimiento. Se llega a la conclusión que el material del talud analizado tiene una clasificación de arcilla de baja plasticidad con arena y al realizar la clasificación del suelo por el método AASHTO este suelo es malo, cuando se calculan los factores de seguridad mediante los métodos de equilibrio límite se determina que son menores a 1.50 para casos estáticos y 1.25 para dinámicos.

1

(Carrion, 2019) En la tesis de pregrado, cuyo objetivo general fue la de analizar y diseñar un sistema efectivo para mejorar el método de estabilización diseñando las estructuras en el sector de Sausacocha. Estudio de tipo descriptivo, aplicativo no experimental, cuya población son los taludes en el sector Sausacocha – Pallar, por otro lado, la muestra se encuentra comprendido por los taludes

¹ Torres, Lincoln. 2019. *Estabilidad de taludes para mejorar la trnasitabilidad y seguridad en los tramos críticos de la carretera Monteseco, distrito Catache*. Chiclayo : Universidad Cesar Vallejo, 2019.

ubicados en los tramos del Km 8+000 a 9+000 de la misma carretera. Los instrumentos utilizados son GPS Satelital, Prisma, estación total, juego de tamices, copa Casagrande las técnicas de recolección de datos fueron el estudio de suelo y el levantamiento topográfico. Los resultados mostraron que los factores de seguridad menores a 1.50, donde el más bajo se calculó con el método de Bishop de 1.03. Se concluyó que tres métodos son necesarios para lograr una estabilización en el talud de estudio: el primero comprende un sistema de malla anclada con un costo de S/ 982,939.23 soles, el segundo es un sistema denominado Erdox bajo un monto de S/ 24,016,328.01 y por último se plantea un sistema de suelo reforzado con un monto total de S/11,863,768.19²

2.2. ANTECEDENTE INTERNACIONAL

(Prado, y otros, 2020) En la tesis de pregrado, cuyo objetivo general fue la realizar un análisis de la estabilidad de los taludes dentro de la carretera denominada Nic.7, en el Km 176 del departamento de Chontales. Estudio de tipo descriptivo, aplicativo de enfoque mixto, cuya población se considera los taludes en área del municipio de Santo Tomás, Chontales, la muestra está comprendida por los suelos y rocas componentes del talud inestable. Los instrumentos utilizados son mapas geológicos, estratigráficos se utilizaron técnicas para el análisis geológico y de laboratorio. Los resultados determinaron factores de seguridad con valores inferiores a 1.5, se logró solamente 0.46 indica que el talud es inestable y con riesgo al deslizamiento. Se concluyo que los factores más influyentes en la condición de estabilidad de los taludes son la geomorfología, litología, fracturas, pendientes, además, del clima y la alteración antrópico en la corona del talud, por otra parte, se determinó un factor de seguridad muy bajo de 0.338 identificaron un gran volumen de masa que se puede desprender. Se utilizaron varios modelos de análisis, sin embargo, todos

² Carrion, Carlos. 2019. *Análisis y diseño de la estabilidad de talud en el sector Sausacocha - Pallar Km. 8+000 al 9+000 provincia de Sanchez Carrion, Departamento de la Libertad*, 2017. Chiclayo : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2019.

estos mostraron un factor de seguridad de 0.4 sabiendo que el límite es de 1.5 para considerarlo como estable.³

(Monte, 2020) en la tesis de pregrado, cuyo objetivo general fue aplicar el método de elementos finitos y estudiar la estabilidad de taludes de roca. Estudio de tipo descriptivo, aplicativo de enfoque mixto, cuya población y muestra se encuentra comprendido por los taludes de roca en la localidad de El Patagual, en la comuna de Coronel, Provincia de Concepción, Región del Biobío, Chile. Los instrumentos utilizados son mapas geológicos, observación directa y ensayos de laboratorio. Los resultados mostraron que uno de los taludes analizados después de aplicar el método de elementos finitos alcanza un resultado de 1,6. Se concluyó que el análisis por el método SRR, basado en los elementos finitos se obtienen condiciones de estabilidad con factores de seguridad que son superiores a 1m lo cual no cumple con las características del terreno verificado con la falla de cuña que se presenta.⁴

2.3. ARTÍCULOS INTERNACIONALES

(EVALUACION DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN TALUDES DE TERRAPLENES CARRETEROS ALTOS ANTE CARGA SISMICA, 2020) estudio que identifica el comportamiento del factor de seguridad en los taludes originados por la construcción de terraplenes, se estudia los taludes con mayor altura y aplicándole la acción sísmica, estudio de carácter experimental. El proceso de experimentación consta de realizar una variación de las características geométricas del talud a 03 niveles, así como realizar una variación en el nivel de sismo, la aplicación del sismo se basa en la creación de espectros de diseño aplicando con lo indicado en el manual de diseño de obras civiles para la ciudad de México, se obtiene los resultados al aplicar el método de elemento de elementos finitos y el método de Newmark. Los resultados son

³ **Prado, Adan, Aguilar, Juan y Cruz, Rinath. 2020.** *Analisis de estabilidad de talud de la carretera NIC.7 en el Km 176, municipio de Santo Tomas, del departamento de Chontales.* Managua : Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua, Managua, 2020

⁴ **Monte, Ignacio. 2020.** *ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE ROCA MEDIANTE EL METODO DE ELEMENTOS FINITOS.* Santiago : Universidad de Concepcion, 2020.

obtenidos con el apoyo del software Geo Studio y para el análisis basado en sismo o cargas dinámicas se utilizó el QUAKE/W, mientras que para la condición estática el SLOPE/W, muestran que es importante verificar las condiciones dinámicas en todos los taludes cuando estos tengan alturas por encima de los 12 m, se concluye que, al aplicar la condición dinámica por sismo es permitido que el factor de seguridad se reduzca hasta un valor de 1, debido a que se presentan deformaciones permanentes y estos puedan estabilizar el talud posterior al evento sísmico, de proyectarse taludes en terraplenes en carreteras cuya altura sea mayor a los 12m se deberá aplicar un análisis dinámica para la zona en estudio⁵.

(Evaluación de la estabilidad de taludes rocosos a partir de nubes de puntos 3D obtenidas con un vehículo aéreo no tripulado, 2020) en este artículo se propuso un método para poder identificar las discontinuidades de forma semiautomática, este permitiría evaluar la condición de su estabilidad mediante la aplicación de un análisis estático, para demostrar la propuesta, se estudió un talud de roca en una línea férrea, las imágenes son obtenidas con el apoyo de un dron no tripulado aplicando la técnica Structure from Motion (SfM), con el soporte del software Agisoft Metashape se obtiene un análisis bajo una nube de puntos 3D, con esta información es posible la identificación de 4 taludes que afectan la estabilidad del talud. Por último, se procedió a analizar los posibles modos de falla mediante las discontinuidades, se identificó que se tienen por lo menos 3 fallas potenciales por cuña y solo una plana, estas situaciones son demostradas cualitativamente por el análisis de las características geométricas en la nube de puntos, se concluye que, el método propuesto ayuda significativamente a identificar de manera segura la información necesaria para identificar las discontinuidades y características geométricas de los taludes en zonas de difícil

⁵ *EVALUACION DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN TALUDES DE TERRAPLENES CARRETEROS ALTOS ANTE CARGA SISMICA.* Lavista, Milena, Alvarez, Jose y Chavez, Jorge. 2020. 103, Nuevo Leon, Mexico : Revista de Ingenieria Sismica, 27 de abril de 2020, Vol. II, págs. 1-17. ISSN-e 2395-8251

acceso y con elevadas alturas además es posible demostrar el mecanismo de falla en la rotura de bloques que ocasionarían las fallas de los taludes⁶.

(Evaluación de estabilidad en taludes del yacimiento Castellano mediante el cálculo del factor de seguridad, 2020) Con el objetivo de identificar la condición actual de la estabilidad de los taludes ubicados en el polimetálico castellano, se procedió a determinar tres factores de seguridad en diferentes taludes de estudio a los cuales se les analizó por 2 condiciones: el primero, donde se incluyó los cálculos de los valores de sismo y el segundo es sin considerarlo. Se procedió a utilizar una modelación y cálculo de la estabilidad a través del software Slide V.6.0, los factores de seguridad obtenidos son inestables para ambas condiciones evaluadas obteniendo valores de 0.281 y 0.444 están muy por debajo de 1,3 que es el valor límite de estabilidad. Por lo tanto, es necesario implementar medidas de estabilización⁷.

(Analysis slope stability based on physical properties in Cepoko Village, Indonesia, 2021) Semarang, una ciudad industrializada que está creciendo, como resultado de este crecimiento, las áreas urbanas en el distrito de Gunungpati se están expandiendo. Cepoko es uno de los subdistritos del distrito de Gunungpati donde se evidencia el mayor crecimiento de las condiciones urbanas. Una característica es que Cepoko se encuentra en una geografía donde se aprecian mayoritariamente zonas con pendientes, la mayoría con riesgo de derrumbes. En este contexto, el estudio de la estabilidad de taludes es importante. El grouting es un método para lograr una mejora en la estabilidad de un suelo, el método consiste en mejorar las fuerzas de cohesión o adherencia en las partículas del suelo componente de taludes con fuertes pendientes. El presente estudio tuvo como objetivo analizar los factores de seguridad antes y después de aplicar el método grouting o grouting, simulando la condición a través de un software de análisis, además, incluye el estudio de las condiciones

⁶ *Evaluación de la estabilidad de taludes rocosos a partir de nubes de puntos 3D obtenidas con un vehículo aéreo no tripulado.* **Tomas, R., Riquelme, A. y Cano, M. 2020.** 55, Alicante, España : Revista de Teledetección, 24 de febrero de 2020, Vol. I, págs. 1-15. ISSN 1133-0953.

⁷ *Evaluación de estabilidad en taludes del yacimiento Castellano mediante el cálculo del factor de seguridad.* **Vemba, Helder, Cartaya, Maday y Watson, Roberto. 2020.** 4, Moa, Cuba : Minería y Geología, octubre de 2020, Vol. 36, págs. 441-450. ISSN 1993 8012.

geológicas a través del análisis de ensayos de laboratorio. Se utiliza el análisis de estabilidad de taludes en el software Rockscience Slide 6.0, luego se aplica la simulación del procedimiento de inyección en el software para comparar la estabilidad inicial de taludes y después de la inyección. Los resultados muestran que la estabilidad del talud inicial, es decir, sin realizar un proceso de inyección, tuvo un factor de seguridad de 0.847. Para idealizar un mejor comportamiento de la lechada se realizó una variación de la cohesión hasta en seis condiciones, lo que demostró que se logra una influencia significativa en el factor de seguridad, mejorando su condición hasta que se encuentra en una condición estable, logrando un factor de 1,294 al deslizamiento⁸.

(Analysis of Slope Stability in Unsaturated Expansive Soil: A Case Study, 2019)

Para lograr una comprensión del mecanismo de falla en taludes con suelos con características expansivas en sus partículas componentes y que se encuentran en una condición donde se simula su inundación, se busca analizar su inestabilidad, es importante mencionar que para Para obtener estos resultados, los estudios son costosos y requieren más tiempo de análisis, por lo que es necesario buscar otras metodologías o simulaciones numéricas para lograr una interpretación de las situaciones en base a valores cuantitativos. Es en esta situación que se realiza un estudio de campo experimental, donde se simulan los flujos de agua dentro de los perfiles del talud a analizar, aplicando el método de los elementos finitos, además de lograr una cuantificación del potencial de falla en masa en base al método de corte. Se ha podido comprobar que la curva que idealiza el flujo de agua en el suelo altera su resistencia al corte, además en condiciones de permeabilidad es más eficaz para reproducir el cambio de régimen hídrico y su influencia en la estabilidad del talud. El análisis de estabilidad muestra que el comportamiento del talud bajo esfuerzos cortantes en suelos se describe mejor bajo una presión de confinamiento, esto implica que la resistencia real es posible obtenerla en campo donde se logrará mayor precisión

⁸ *Analysis slope stability based on physical properties in Cepoko Village, Indonesia.* **Setyawan, Agus, Alina, Ana y Suprpto, Dwiyanto.** 2021. 1, Semarang, Indonesia : Cogent Engineering, 2021, Vol. 8. 1940637.

en el análisis de suelos expansivos en capas con profundidad mínima y que estos deben ser modelados bajo un modelo no lineal en condiciones de tensión baja⁹.

(ANÁLISE DE AMEAÇA DE DESLIZAMENTOS PELO USO DE ABORDAGEM PROBABILÍSTICA APLICADA A UM MODELO DE ESTABILIDADE DE TALUDES TRIDIMENSIONAL, 2018) Este artículo aplica una formulación probabilística a un modelo tridimensional de estabilidad de taludes para definir el riesgo cuantitativo asociado con deslizamientos superficiales en términos de probabilidad de falla. El análisis del problema utiliza un modelo 3D de equilibrio límite de estabilidad de taludes que considera la acción de la precipitación a través de modelos de infiltración capaces de simular un avance en las condiciones del frente húmedo y la variación del nivel freático en función de un determinado evento de lluvia. . Adicionalmente, la probabilidad de falla se obtuvo a través de un método probabilístico de estimaciones puntuales, que inserta la variabilidad de algunos parámetros del suelo y proporciona la distribución probabilística del factor de seguridad. La metodología se utilizó para mapear la amenaza de deslizamientos por lluvias en una región del Distrito Federal, Brasil, considerada de alto potencial para eventos de esta naturaleza. Como resultado se lograron configuraciones con la distribución de probabilidades de falla, lo que permitió distinguir la condición de estabilidad de los taludes involucrados en el estudio.¹⁰

⁹ *Analysis of Slope Stability in Unsaturated Expansive Soil: A Case Study.* **Yang, Rong, Viao, Peiwei y Qi, Shunchao.** 2019. 292, Beijing, China : Frontiers in Earth Science, 2019, Vol. 7. doi: 10.3389.

¹⁰ *ANÁLISE DE AMEAÇA DE DESLIZAMENTOS PELO USO DE ABORDAGEM PROBABILÍSTICA APLICADA A UM MODELO DE ESTABILIDADE DE TALUDES TRIDIMENSIONAL.* **Azevedo, George, Carvajal, Hernar y Souza, Newton.** 2018. 3, São Paulo : Geociências, 2018, Vol. 37, págs. 655-668.

2.4. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

2.4.1. Talud

(Braja, 2012) El talud es definido como una superficie inclinada medida desde un plano de referencia horizontal donde se logra una condición estática para los suelos componentes del talud, es una estructura de alto nivel de complejidad en su análisis que a la vez se encuentran basados en los parámetros geotécnicos de los suelos. Cuando el talud tiene su origen por procedimientos naturales es denominado ladera, por otra parte, cuando es formado por actividad antrópica se le denomina cortes o taludes artificiales. Si la superficie del terreno no es horizontal, una componente de la gravedad ocasionara que el suelo se mueva hacia abajo. La condición de estabilidad generalmente se encuentra basado en la componente de la gravedad del peso del suelo, si esta es alterada se producirá una falla o deslizamiento en el talud, esta condición se presenta cuando las fuerzas actuantes superan significativamente a las fuerzas resistentes a lo largo de una línea o superficie de ruptura¹¹.

2.4.2. Estabilidad de Taludes

(Cervera, 2020) Definido como el procedimiento mediante el cual se verifica la estabilidad de los taludes basado en la posibilidad de ocurrencia de los deslizamientos o movimientos de masa, estos son producidos por los esfuerzos o tensiones de corte donde su resistencia es reducida por condiciones externos al que se encuentra cuando está en equilibrio. En el primer caso, se produce por sobrecargas en la corona y descarga en la base, vibraciones, etc., por otro lado, la reducción de fuerzas resistentes también es producido por fenómenos como la meteorización, modificaciones estructurales y de nivel freático.¹²

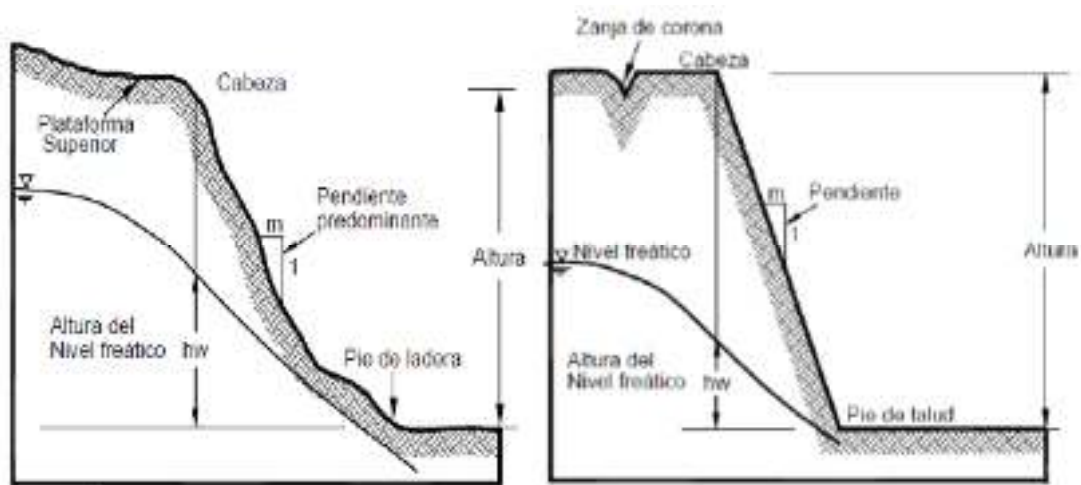
¹¹ **Braja, Das. 2012.** *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones.* Santa Fe - Mexico : Cengage Learning Editores, S.A., 2012.

¹² **Cervera, Luis. 2020.** *Introducción a la estabilidad de taludes. Caracterización geotécnica para taludes.* Madrid, España : Escuela Abierta de Desarrollo en Ingeniería y Construcción, S.L (EADIC), 2020.

2.4.3. Tipos de taludes

(Suarez, 2009) Se pueden identificar en 2 tipos de taludes, el primero son los taludes naturales: tipo de talud que se forma sin intervención humana, originados por procedimientos de erosión se le denomina comúnmente como ladera; el segundo, un talud artificial es originado como consecuencia de la intervención humana por obras de ingeniería, la formación de estos se debe al requerimiento de una superficie plana en una zona con determinada pendiente, es común en obras de carreteras, dentro de estos se distinguen los terraplenes y los cortes¹³.

Figura 1. Tipos de taludes



Nota: A la izquierda, talud natural, a la derecha talud artificial

Fuente: (Suarez, 2009)

2.4.4. Parte de un talud

Los componentes de un talud pueden ser identificados bajo algunos términos en común, básicamente una parte fundamental del talud es la parte alta o escarpe, zona en la que en su mayoría se producen fenómenos de erosión, la parte intermedia es aquella zona que muestra la altura del talud, finalmente se tiene una parte baja con forma cóncava en el cual se evidencia el depósito de los elementos que se desprenden:

¹³ Suarez, Jaime. 2009. *Deslizamientos, Analisis geotecnico*. Bucaramanga – Colombia : Publicaciones UIS, 2009.

a. Pie o base

La base del talud, es un punto donde se identifica el cambio de la pendiente del talud, generalmente tiene una forma cóncava, sin embargo, también se identificaron formas rectas o planas.

b. Cabeza o escarpe

Parte superior de un talud, es el punto donde inicia la pendiente de un talud, zona donde se producen erosiones y líneas de tracción generalmente de forma convexa.

c. Altura

Comprende la medida verticalmente entre el pie y la cabeza, el cual es bien definido en los taludes artificiales, sin embargo, debido a los accidentes topográficos no es posible determinarlo de una manera clara en las laderas o taludes naturales.

d. Altura de nivel freático

Distancia comprendida verticalmente desde el pie del talud hasta el nivel freático encontrado en el sub suelo, no todos los taludes poseen estas características, se mide la presión en el agua es igual a la presión atmosférica. Se determina desde el punto de la cabeza hasta la ubicación del nivel de suelo.

e. Pendiente

Es la medida de la inclinación de la superficie del talud. Generalmente medido en grados, en porcentaje o en relación m: 1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical.

2.4.5. Tipos de movimiento

(Instituto Geologico y Minero de España, 1991) La inestabilidad puede ser definido como una secuencia de movimientos, los cuales pueden ser originados en su mayoría por procedimientos antrópicos o naturales por fenómenos de erosión, depende de las características del suelo componente así como de la actividad sísmica en la zona, se identifican varios tipos de movimiento los cuales para obtener una envolvente se utilizan diversas metodologías los cuales

muestran el tipo de movimiento que condicionan el análisis y diseño de los métodos de sostenimiento para lograr su estabilidad¹⁴.

2.4.6. Deslizamientos

(Jimenez, 2002) Los deslizamientos consisten en movimientos del material componente del talud. En el término deslizamiento se incluyen tanto los procesos de erosión como del movimiento de las masas. Los movimientos son producidos en las superficies de falla debido a la caída libre o el desprendimiento del material componente del talud por erosión o una alteración en las fuerzas resistentes por la presencia de agua subterránea¹⁵.

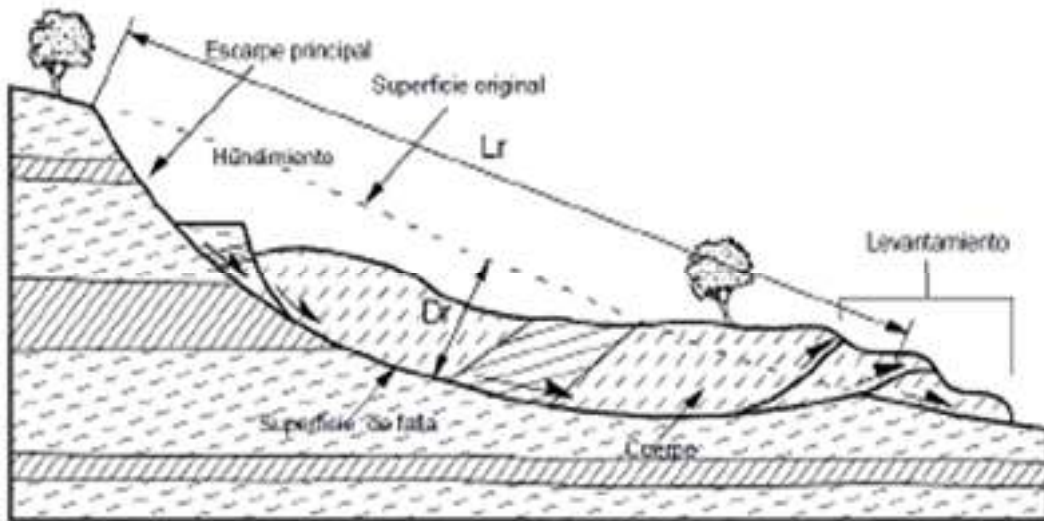
a. Deslizamiento rotacional

(Suarez, 2009) Se produce cuando el desplazamiento de la masa es en forma rotacional, es decir, se tiene una superficie de falla de forma cóncava, se identifica una rotación con respecto a un eje paralelo y que es transversal al deslizamiento, el centro de giro generalmente se encuentra ubicado por encima del centro de gravedad de todas las masas componentes del talud, visto en planta, se identifica que este tipo de deslizamiento muestran varios agrietamientos los cuales tienen formas concéntricas y cóncavas paralelas al movimiento. Este tipo de deslizamiento tiene como producto una mayor área de hundimiento en comparación a un deslizamiento traslacional.

¹⁴ **Instituto Geológico y Minero de España. 1991. *Manual de Taludes*. Madrid : Instituto Geológico y Minero de España (IGME), 1991.**

¹⁵ **Jimenez, Salas. 2002. *GEOTECNIA Y CIMENTOS II*. Madrid : Editorial Rueda, 2002.**

Figura 2. Deslizamiento rotacional

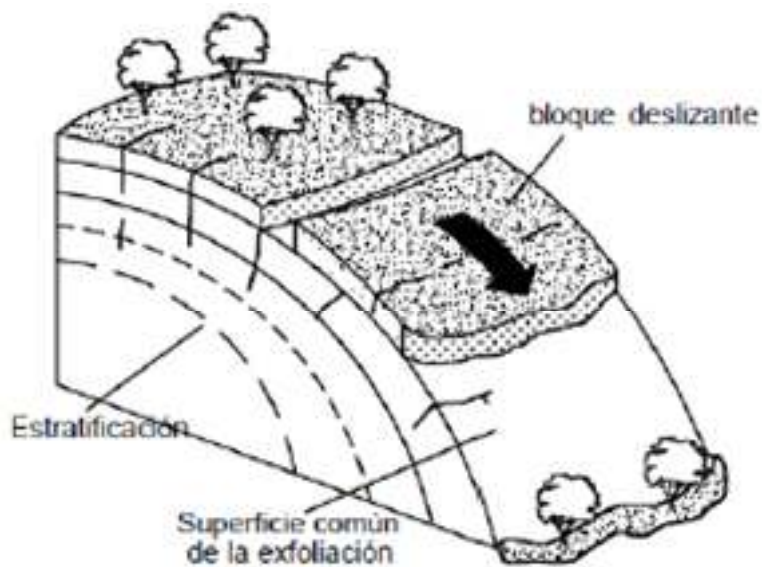


Fuente: (Suarez, 2009)

b. Deslizamiento de traslación.

(Suarez, 2009) Es el movimiento de la masa verificado en un movimiento de traslación donde se tiene una variación de la posición de hacia atrás hacia adelante; la mayoría de las veces, la masa del suelo se rompe o se deforma, quizás transformándose en un flujo; esto tiene un mayor impacto cuando el ángulo de inclinación es mayor.

Figura 3. Deslizamiento traslacional



Fuente: (Suarez, 2009)

2.4.7. Métodos de cálculo estabilidad de taludes

(Estabilidad de Taludes: Conceptos Basicos, parametros de diseño y metodos de calculo, 2015) Los métodos de cálculo para analizar la estabilidad de un talud se pueden clasificar en métodos numéricos y métodos de equilibrio límite.

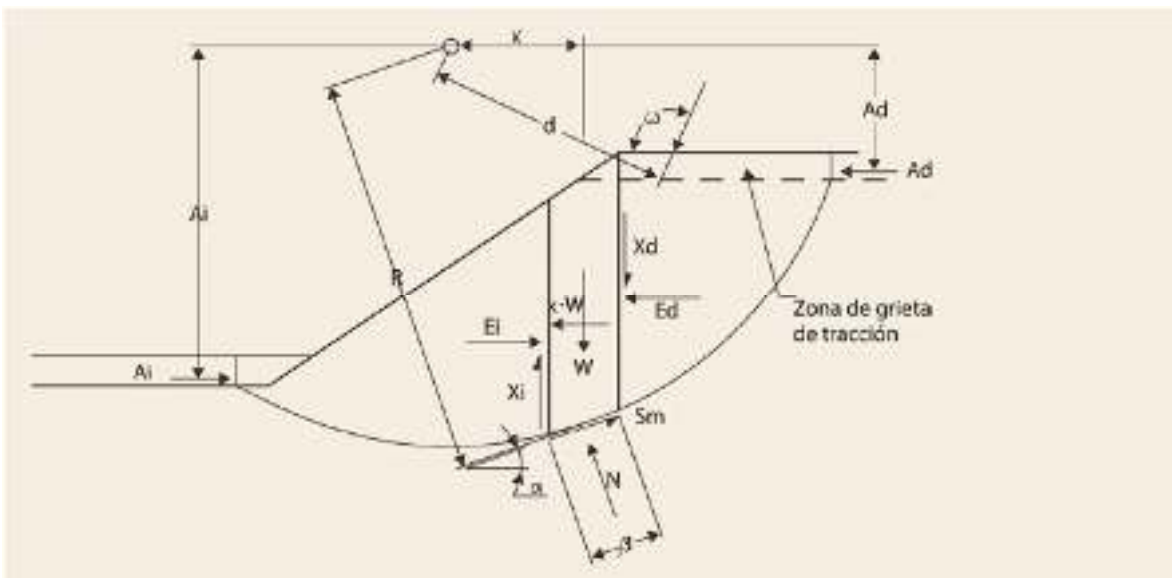
a. Cálculos con métodos de equilibrio límite

Los modelos de equilibrio límite son basados en las leyes de la estática para determinar el estado de equilibrio de una masa de terreno potencialmente inestable. La limitación existente se basa en suposiciones donde la resistencia al corte del terreno es constante a lo largo de la superficie de corte, esta metodología de cálculo no tiene en cuenta las deformaciones ni el estado tensional. Este método consiste en idealizar la masa total del suelo y dividirla en rebanas verticales idénticas previamente identificadas.

Se calculará el equilibrio de cada reban y se analizará el equilibrio global utilizando un factor de seguridad definido como una relación entre fuerzas resistentes y desequilibrantes.

Este proceso se repite para cada reban, el procedimiento concluye cuando se obtiene un valor mínimo de FS (curva deslizamiento pésima).

Figura 4. Equilibrio de masas

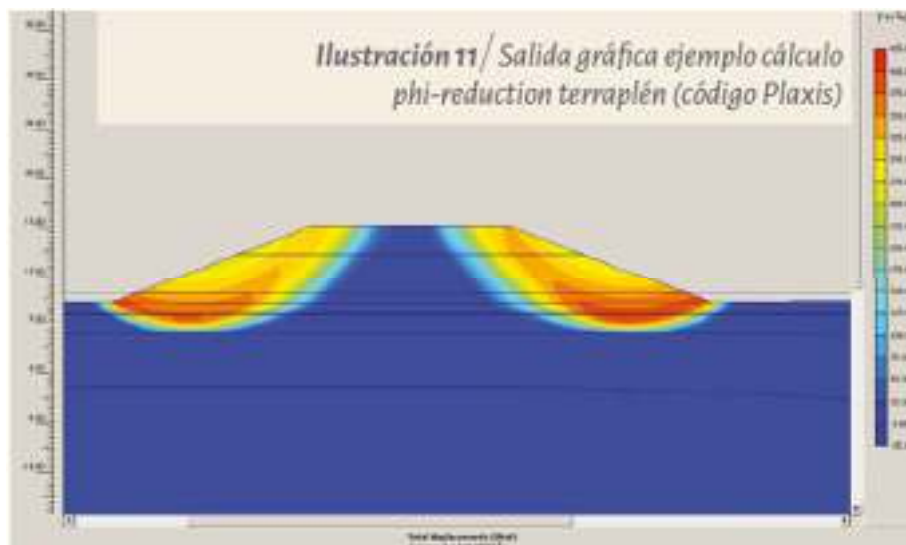


Fuente: (Estabilidad de Taludes: Conceptos Basicos, parametros de diseño y metodos de calculo, 2015)

b. Cálculos con modelos numéricos

Este método se diferencia con el equilibrio limite, debido a que, si contempla las deformaciones entre los cuerpos de la masa, esto mejora el análisis de los taludes en situaciones donde exista una carga en la corona del talud y es necesario la verificación de deformaciones en la cimentación, este método también es conocido como elementos finitos que estudian el estado tensional de cada elemento, así como de sus deformaciones. Para proceder con este método es necesario la división o discretización mediante una malla de análisis, como primer paso es necesario identificar los parámetros geotécnicos del suelo a través de ensayos de laboratorio (c , ϕ), luego se definen las condiciones iniciales del estado tensional del terreno, así como la identificación del nivel freático de ser el caso¹⁶.

Figura 5. Modelo numérico para estabilidad de taludes



Fuente: (Estabilidad de Taludes: Conceptos Basicos, parametros de diseño y metodos de calculo, 2015)

¹⁶ *Estabilidad de Taludes: Conceptos Basicos, parametros de diseño y metodos de calculo.* Valiente, Ricardo, Sobrecases, Marti y Dias, Anibal. 2015. 7, Lima : Revista CIVILIZATE, 2015, págs. 50-54.

2.4.8. Factor de seguridad

(Suarez, 2016) Este factor es un concepto que se aplica en los métodos de análisis basados en el equilibrio límite, bajo este parámetro estas metodologías logran analizar la estabilidad de los taludes, es definido como la relación entre la resistencia del corte del suelo en una superficie o línea de falla y es comparado con la resistencia de corte necesaria para mantener estable las masas componentes del suelo, además, también depende de las características del suelo obtenido por pruebas y ensayos de laboratorio.

También es definida como la relación cuantitativa de la resistencia de corte y los esfuerzos de corte que son originados el movimiento de las masas, se deberá de tomar en cuenta los esfuerzos que resisten y los que se contraponen que ofrecen resistencia, en los métodos de equilibrio límite se identifica franjas o dovelas y se analizan las fuerzas que intervienen en estos elementos¹⁷.

2.4.9. Métodos de estabilización de taludes

(MVCS, 2018) Los métodos de estabilidad de los taludes son diseñados y propuestos según la identificación de peligros y/o riesgos al movimiento de las masas estos resultados permiten identificar el mecanismo de falla del talud, entonces, existe la necesidad de proponer métodos para mitigar el riesgo al deslizamiento, en grandes grupos la normativa peruana indica los siguientes métodos:

- a) Disminución de presiones hidrostáticas
- b) Disminución de esfuerzos cortantes solicitantes
- c) Introducción de fuerzas resistentes
- d) Mejora de propiedades del depósito y/o macizo
- e) Incorporación de inhibidores o controladores de energía¹⁸.

¹⁷ **Suarez, Ludger. 2016.** *Análisis de estabilidad de taludes con aplicaciones en MATLAB*. Medellín : Independiente, por el autor, 2016.

¹⁸ **MVCS. 2018.** *CE.020 ESTABILIZACION DE SUELOS Y TALUDES*. Lima : Ministerio de Vienda, Construcción y Saneamiento, 2018.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

(LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA, 2009) La investigación de tipo aplicada busca la demostración de conocimientos teóricos o técnicos que han sido adquiridos los cuales buscan una aplicación en el contexto de la realidad, este estudio tiene el objetivo de demostrar los conocimientos teóricos en una situación real¹⁹.

Esta investigación es de **tipo aplicada**, busca aplicar los conocimientos previos de conocimientos de geotecnia y estabilidad de taludes aplicando a la realidad de taludes artificiales en una carretera previamente identificada.

3.1.2. Enfoque de investigación

(Hernández, y otros, 2014) Un enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos con el objetivo de proceder a la validación, a través de los resultados, de una hipótesis previamente formulada, esto es comprobado en función del cálculo o medición numérica para probar las teorías inicialmente formuladas²⁰.

La presente investigación es de enfoque cuantitativo, puesto que se realizaron la recolección de datos de las muestras de suelo de los taludes a analizar para luego obtener el factor de seguridad de la estabilidad del talud y con este factor proponer el método de sostenimiento ideal, estos parámetros son obtenidos mediante cálculos y ensayos de laboratorio que se basa íntegramente en la medición numérica.

¹⁹ LA INVESTIGACION APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTIFICA. Vargas, Zoila. 2009. 1, San Pedro, Montes de Oca, Costa Rica : Revista Educacion, 2009, Vol. 33, págs. 155-165. ISSN: 0379-7082.

²⁰ Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, Pilar. 2014. *Metodología de la investigación*. 6ta Edic. México : Mc Graw Hill, 2014.

3.1.3. Nivel de investigación

Según Hernández, Fernández, & Baptista (pág. 152) se trata de “estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos” ²¹.

El presente trabajo de investigación es de diseño No Experimental, se analiza la situación actual de los taludes, se basa en las características y contextos de la zona de estudio para comprobar el factor de seguridad de la estabilidad necesaria planteando metodologías de estabilidad según sea el caso, mas no se realiza experimentos que manipulen la concepción o características de una o más variables.

(Diseño de investigación de corte transversal, 2018) Se clasifica como un estudio descriptivo y analítico cuando se procede a realizar un análisis de los datos en un determinado tiempo para evaluar los datos de estudio²².

Esta investigación es de tipo transversal, debido a que el estudio se desarrollará en un tiempo único donde se detallará y estudiará las variables en un tiempo o periodo determinado por el investigador.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variable Independiente: Talud

(Gerscovich, 2015) Talud se puede definir a la superficie inclinada compuesto íntegramente de suelo, roca o una combinación de ambos, este puede ser de origen natural o ladera y de otro tipo artificial que son los cortes o terraplenes, ambos tienen características similares en cuanto a dimensiones con altura e inclinación donde se encuentra un punto de equilibrio o estabilidad, sin embargo, este puede ser alterado ocasionando su falla²³

²¹ **Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, Pilar. 2014. Metodología de la investigación.** 6ta Edic. México : Mc Graw Hill, 2014.

²² *Diseño de investigación de corte transversal.* **Rodríguez, Milena y Mendivelso, Fredy. 2018.** 2018, Revista Médica Sanitas, vol. 21, núm.3, págs. 141-146.

²³ **Gerscovich, Denise. 2015. ESTABILIDAD DE TALUDES.** Bogota, Colombia : Lemoine Editores, 2015. ISBN 978-958-59035-0-0.

Los taludes pueden permanecer estables a lo largo de los años, sin embargo, puede producirse fallas por variaciones en su orografía, en sus condiciones sísmicas o dinámicas, en la influencia del nivel freático que hace variar las presiones del suelo, procesos naturales de erosión entre otros.

3.2.2. Variable Dependiente: Estabilidad del Talud

(Suarez, 2009) La estabilidad del talud se produce por la alteración de los factores externos e internos que afectan el equilibrio inicial del talud, estos pueden ser determinados de 2 maneras, mediante una disminución de la resistencia al cortante, así como el aumento de los esfuerzos cortantes, es importante poder anticipar los cambios que ocurren en el talud con el tiempo y la variación de carga²⁴

Para el estudio de la estabilidad de los taludes es necesario identificar y caracterizar los distintos tipos de comportamiento, y clasificarlos adecuadamente. La clasificación clásica mayormente aceptada se basa en el mecanismo de rotura y propagación del movimiento. De acuerdo a criterios morfológicos, se diferencian los siguientes tipos de movimientos: deslizamiento, rotacional, local y traslacional.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

(EL protocolo de investigación III: la población de estudio, 2016) La población se puede definir como todos aquellos casos accesibles que son limitados mediante ciertos criterios según el contexto de la investigación, es recomendable que se encuentre en términos técnicos y tenga relación directa con el título de la investigación.²⁵

²⁴ **Suarez, Jaime. 2009. Deslizamientos, Analisis geotecnico.** Bucaramanga – Colombia : Publicaciones UIS, 2009.

²⁵ *EL protocolo de investigación III: la población de estudio.* **Arias, Jesus y Villasis, Miguel. 2016.** 2, abril de 2016, Revista Alergia México, Vol. 63, págs. 201-206.

En la presente investigación la población en estudio son todos los taludes identificados en la carretera de la comunidad de Huaypo grande con una distancia de 2+320 Km desde el punto inicial hasta el punto final.

3.3.2. Muestra:

(López, y otros, 2015) La muestra es definida como un grupo representativo que es menor al de la población, sin embargo, cumple con las características establecidas por el investigador los cuales representan a la población total, estos pueden ser seleccionados de manera aleatoria donde se pueden obtener resultados válidos para toda la población dentro de límites de error establecidos por el investigador.²⁶

La muestra para la presente investigación corresponderá los taludes con una alta pendiente y altura, los cuales por testimonio verbal de los pobladores son propensos al colapso, se identificaron 04 taludes con pendientes significativas en comparación con otros, los taludes a analizar se encuentran entre los puntos kilométricos 0+640 a 0+700.

3.3.3. Muestreo:

(MÉTODOS DE MUESTREO, 2014) Un muestreo de carácter no probabilístico se basa en cumplir con el total de las unidades requeridas para los ensayos, no depende de la estadística o la probabilidad para su elección, generalmente es a criterio del investigador.²⁷

Al no depender de la selección aleatoria o de un valor estadístico, esta investigación se clasifica como no probabilístico, debido a que la elección de las muestras de los taludes en estudio es definida por elección del investigador, el número de muestras a analizar depende de las características y objetivos de la investigación.

²⁶ **López, pedro y Fachelli, Sandra. 2015.** *Metodología de la investigacion social cuantitativa.* Barcelona : Universitat de Barcelona, 2015.

²⁷ *MÉTODOS DE MUESTREO.* **Salinas, Ana. 2014.** 2014, Ciencia UANL, págs. 121-123.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

(TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS EN ENTORNOS VIRTUALES MÁS USADAS EN LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA, 2006) Las técnicas de recolección de datos se encuentran basadas en la observación y participación, en un contexto geográfico determinado, se encuentran comprendidos en la observación in situ que el investigador realiza de manera directa en un plazo o tiempo determinado, estos se encuentran directamente relacionados con los objetivos y variables de la investigación.²⁸

Por lo tanto, el método a utilizar es de la observación directa y la obtención de datos para realizar la caracterización de los materiales para evaluar la estabilidad del factor de seguridad del talud, al recopilar la información mediante los resultados observados de los ensayos realizados se puede dar algunas soluciones a la problemática identificada planteando estructuras de contención, y comprobar cada una de las hipótesis formuladas. Se basaron en teorías y normativas descritas en el marco teórico para cada variable.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

(Carrero, 2018) Los instrumentos de recolección de datos son utilizados para el proceso de recopilación de información correspondiente a la investigación. Esto con el objetivo de tener con el suficiente material para aplicar las técnicas y realizar los ensayos de la investigación, además, sirven para tener un registro ordenado y clasificado de cada muestra.²⁹

Para esta investigación se realizarán los instrumentos de recolección de datos de acuerdo a los ensayos realizados, por lo tanto, se tiene lo siguiente:

²⁸ *TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS EN ENTORNOS VIRTUALES MÁS USADAS EN LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA*. Orrellana, Dania y Sanchez, M^a. 2006. 1, Murcia, España : Asociacion Interuniversitaria de Investigacion, 2006, Revista de Investigacion Educativa, Vol. 24, págs. 205-222. ISSN: 0212-4068.

²⁹ Carrero, Elisa. 2018. todosobretesis.com. *todosobretesis.com*. [En línea] 12 de junio de 2018. <https://todosobretesis.com/tecnicas-e-instrumentos-de-recoleccion-de-datos/>.

- a) Observación
- b) Levantamiento topográfico
- c) Instrumentos de medición superficial de secciones y taludes
- d) Fichas de laboratorio (Ver anexo)
- e) Software de cálculo GEO5 para el análisis de factor de seguridad FS.
- f) Hojas de cálculo para el diseño de estructuras de contención

Tabla 1. Estudios, ensayos e instrumentos

Estudio y ensayos	Instrumentos
Topográfico	<ul style="list-style-type: none"> • Estación total • Prisma • Yeso en polvo • GPS • Flexómetro • Distanciómetro
Estudio de Mecánica de Suelos	<ul style="list-style-type: none"> • Calicatas – muestreo
Análisis Granulométrico	<ul style="list-style-type: none"> • Juego de tamices • Muestra de suelo • Tamizadora • Balanza de precisión de 0.5 gr
Contenido de Humedad	<ul style="list-style-type: none"> • Taras • Horno de laboratorio • Balanza de precisión de 0.5 gr
Limite Líquido y plástico	<ul style="list-style-type: none"> • Copa Casagrande • Vidrio • Balanza de precisión de 0.5 gr
Peso Específico de Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza de precisión de 0.5 gr • Horno de laboratorio • Balanza de precisión de 0.5 gr
Corte directo	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de laboratorio

Fuente: Elaboración Propia

3.4.3. Confiabilidad

(Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach, 2010) Una definición técnica de confiabilidad es la medición del error en las mediciones realizadas a través de un instrumento de medición, considerando de manera directa la variación en los resultados por el procedimiento aleatorio.³⁰

Para esta investigación, se empleó la confiabilidad en función de los resultados de las muestras obtenidas de las calicatas exploradas en cada talud, se recopila como mínimo 03 muestras para cada ensayo a realizar, los cuales recibirán el tratamiento recomendado por la normativa, además, los equipos de las pruebas de laboratorio se desarrollan en un centro específico el cual brindará certificados de calibración del instrumento a utilizar en los ensayos.

3.4.4. Validez

(Metodos optimos para determinar validez de contenido, 2014) La validez es un criterio de evaluación cuyo objetivo es la determinación de los procedimientos utilizados los cuales muestran el grado de coherencia o aceptabilidad de la medición realizada.³¹

En cuanto a las pruebas de laboratorio son desarrollados en base a lo normado en el manual de laboratorio estipulando la secuencia de pasos a seguir para obtener cada uno de los parámetros necesarios para determinar y caracterizar el tipo de suelo componente del talud, dichas normativas se encuentran basadas en lo dispuesto por el MTC y el ASTM.

³⁰ *Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach.* **Quero, Milton. 2010.** 2010, Telos, págs. 248-252.

³¹ *Metodos optimos para determinar validez de contenido.* **Urrutia, Marcela y Barrios, Silvia. 2014.** 2014, Educacion medica superior, págs. 547-558.

3.5. Procedimientos

3.5.1. Levantamiento topográfico

En primer lugar, se realizó un levantamiento topográfico de la zona, obteniendo las secciones e identificando las dimensiones, pendientes y secciones de la carretera, tomando en consideración el alineamiento principal y la toma de puntos en toda la sección, la carretera llega hasta un estacionamiento, que actualmente se utiliza como estacionamiento, en total se tomaron 596 puntos los cuales se muestran en el anexo N°2.

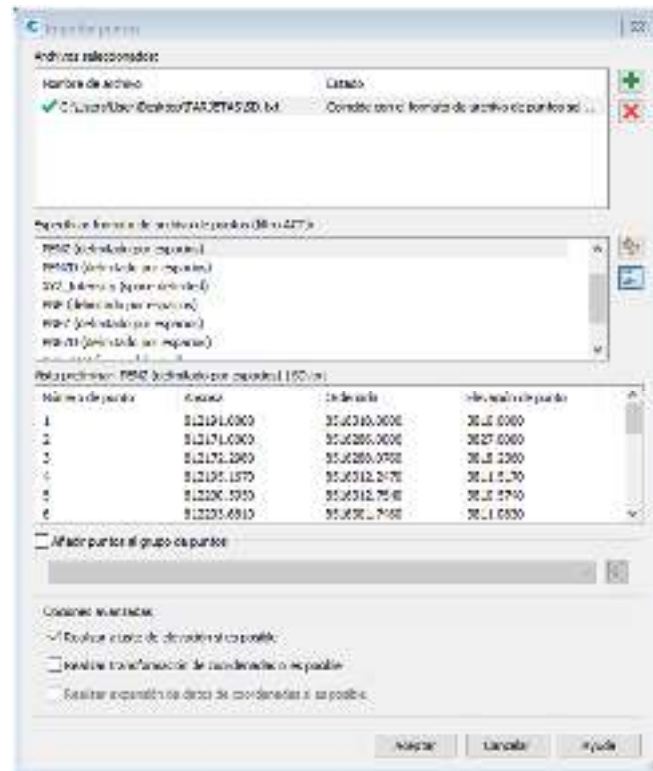
Figura 6. Identificación de carretera para levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración propia

Se procede a importar los puntos en el software AutoCAD Civil 3D en su versión 2022, en su versión de prueba como se muestra a continuación:

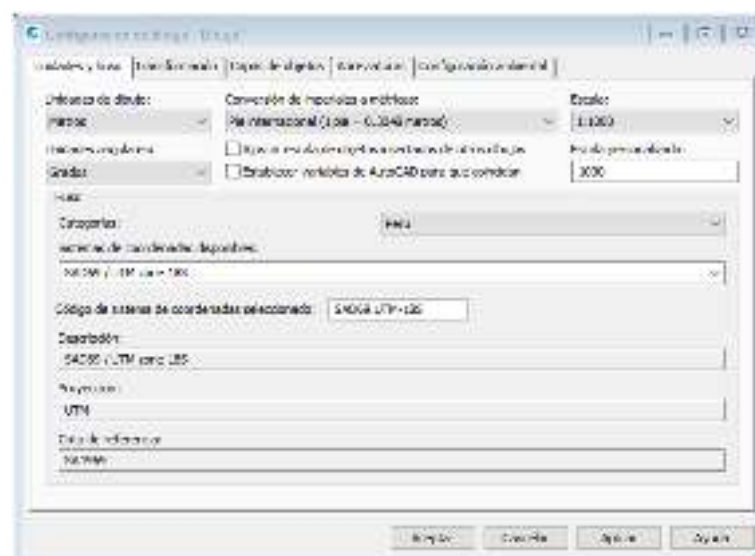
Figura 7. Importación de puntos del levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración propia

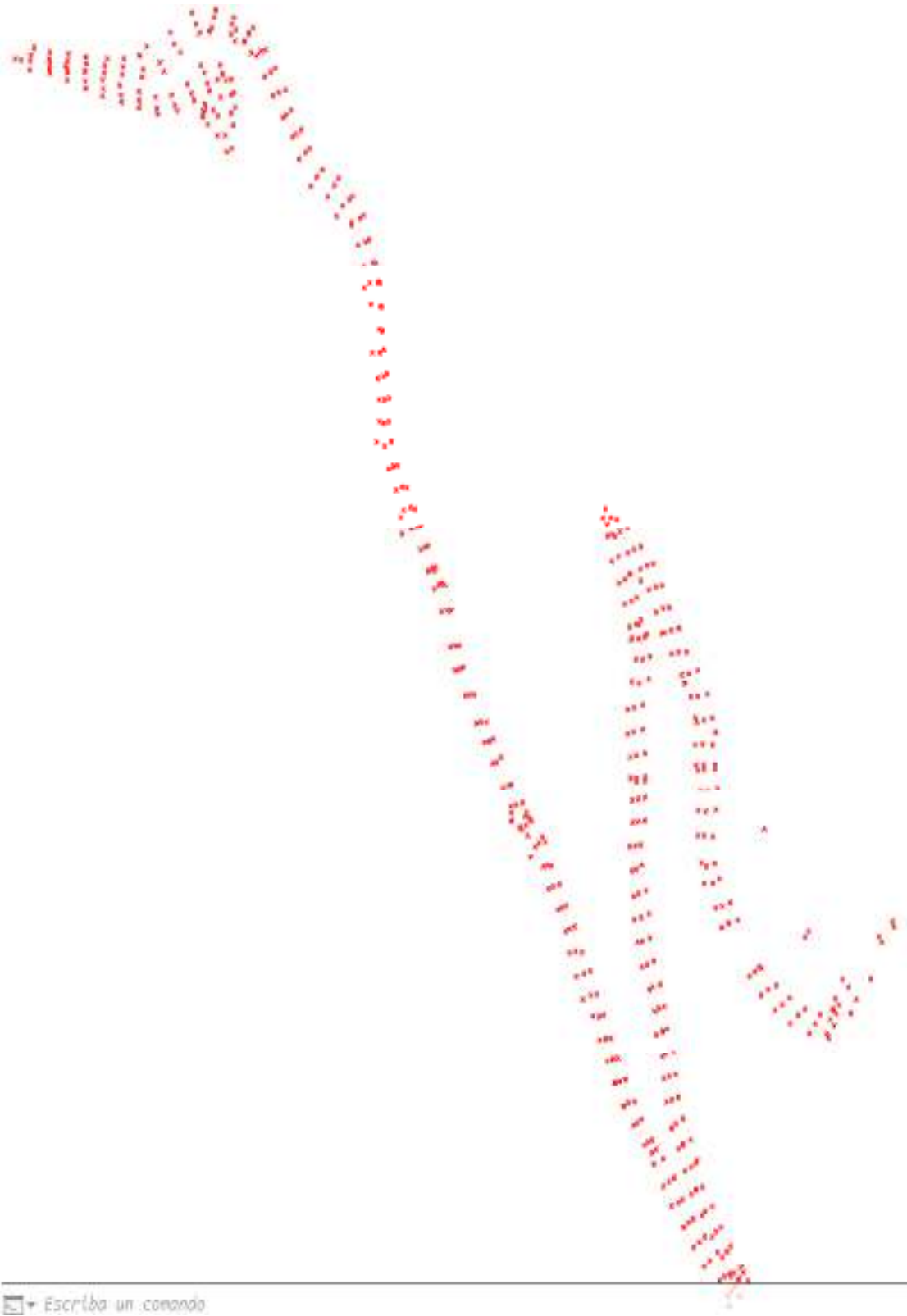
Posteriormente se procede a configurar su ubicación geográfica y luego se obtiene los puntos, los cuales fueron previamente identificados en campo mediante una nomenclatura para el eje central y los lados de la carretera.

Figura 8. Importación de puntos del levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Puntos de levantamiento topográfico



✎ Escriba un comando

Fuente: Elaboración propia

Como una ubicación del tramo de carretera se procede a identificar el trazo en base a las coordenadas UTM obtenidas del levantamiento topográfico mostrado a continuación:

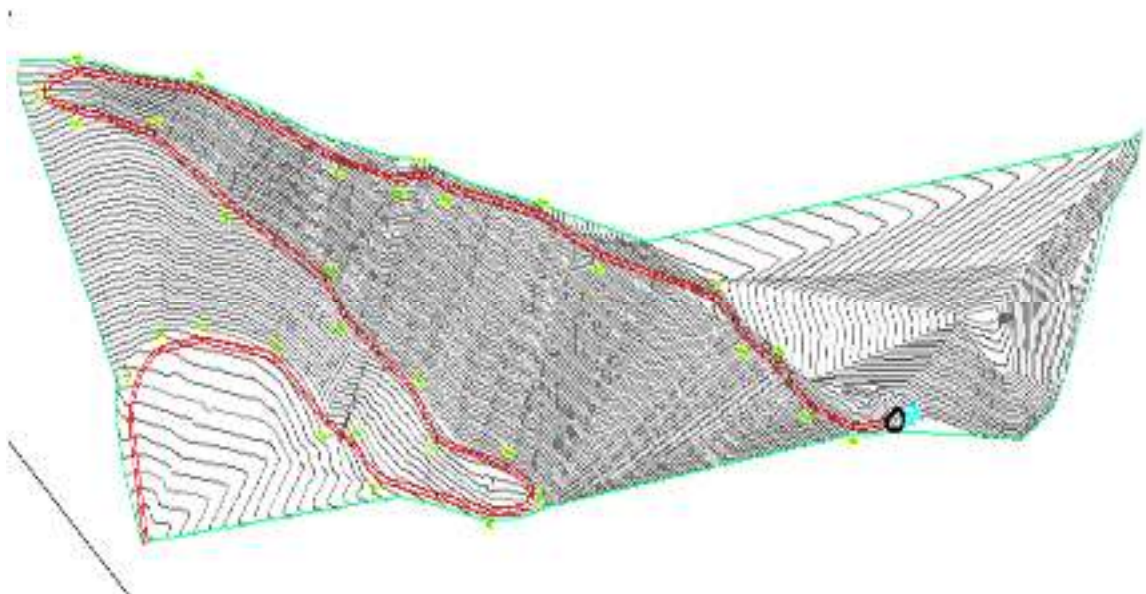
Figura 10. Referencia de trazo



Fuente: Google Earth, 2021

Con la ubicación del proyecto es el siguiente trazo de carretera, donde se aprecia el alineamiento del mismo:

Figura 11. Trazo de alineaciones y secciones de carretera



Fuente: Elaboración propia

Se crearon las curvas de niveles en la superficie del levantamiento topográfico, se procedió a unir los puntos de las secciones de lado a lado de la carretera.

3.5.2. Identificación de taludes críticos

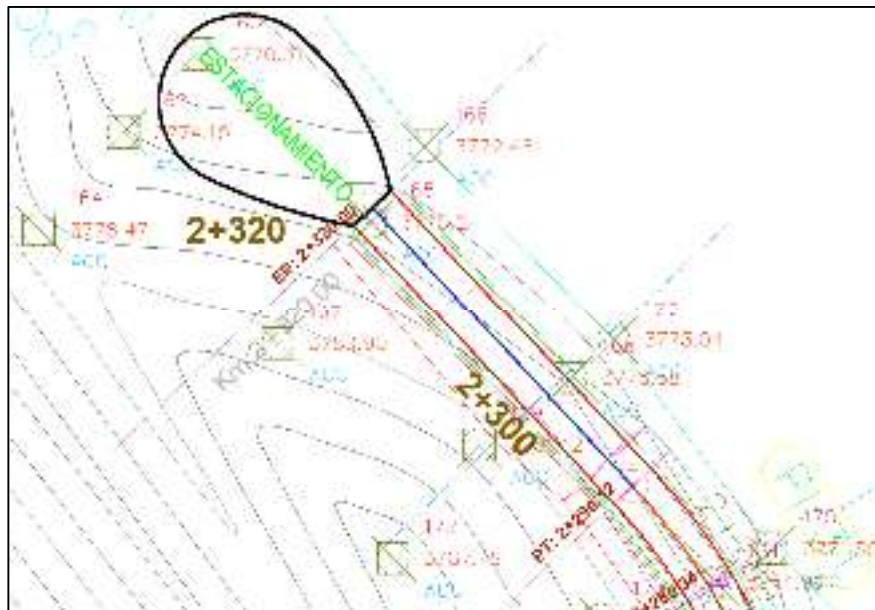
Realizado el levantamiento topográfico se procedió a crear un alineamiento desde el punto inicial hasta el punto final, esto con el objetivo de identificar las progresivas del total del trazo logrando identificar la longitud total de la carretera de estudio llega a la progresiva 2+320.00 m.

Figura 12. Identificación de taludes con sección crítica



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Progresiva final en el punto 2+320



Fuente: Elaboración propia

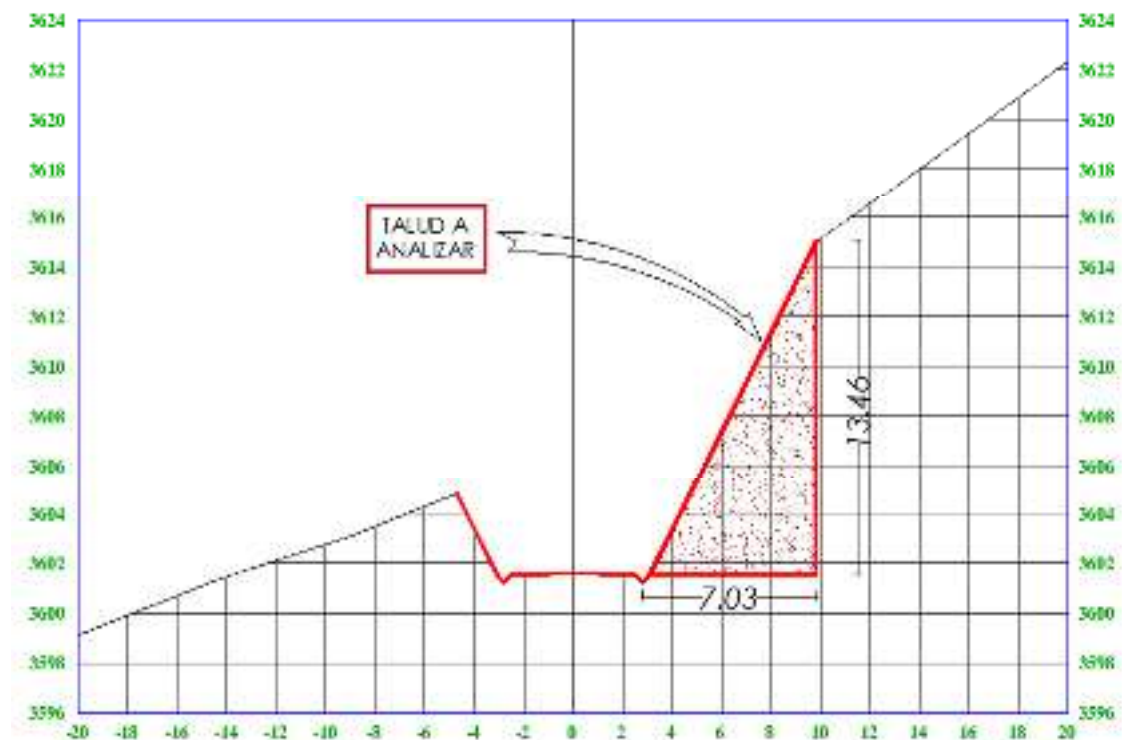
Con la ayuda de las progresivas se procedió a identificar los puntos kilométricos donde se tienen los taludes con una mayor altura o una geometría, identificándose 04 taludes que se analizaran, la nomenclatura será la siguiente:

- a) Talud A: Progresiva 0+640.00
- b) Talud B: Progresiva 0+660.00
- c) Talud C: Progresiva 0+680.00
- d) Talud D: Progresiva 0+700.00

Al realizar las secciones transversales cada 20 m en el alineamiento se obtuvieron las siguientes secciones, donde es posible determinar las dimensiones del talud para su posterior análisis de estabilidad.

Figura 14. Talud A – progresiva 0+640.00

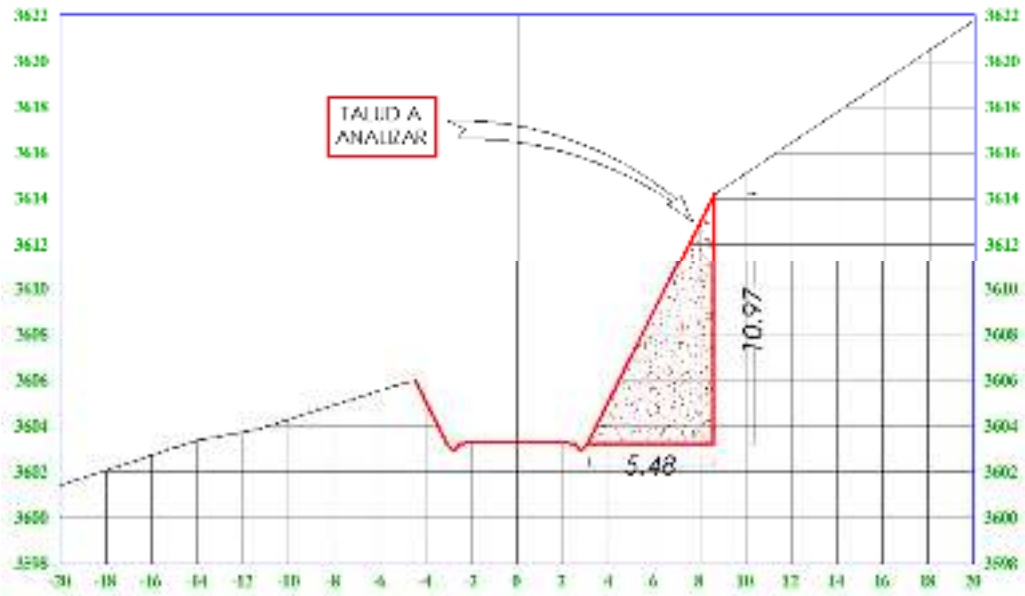
SECCIÓN 0+640.00



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Talud B – progresiva 0+660.00

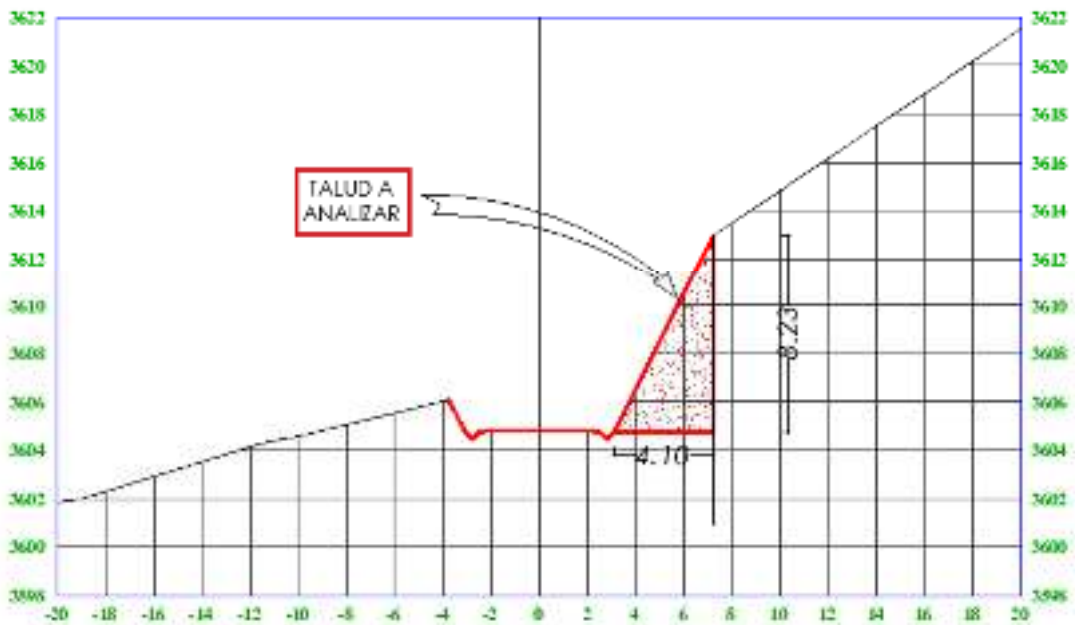
SECCIÓN 0+660.00



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Talud C – progresiva 0+680.00

SECCIÓN 0+680.00



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Talud D – progresiva 0+700.00

SECCIÓN 0+700.00



Fuente: Elaboración propia

3.5.3. Parámetros geotécnicos del suelo

Identificado los taludes de sección crítica se procede a determinar las características del suelo que componen las muestras de suelo, se realizaron 02 calicatas ubicados en puntos intermedios de los taludes previamente identificados, hasta una altura de al menos 3.00 m donde se obtuvieron los parámetros físicos y mecánicos de los suelos.

Figura 18. Calicata N° 01 y N° 02



Fuente: Elaboración propia

a. Perfil estratigráfico del suelo

Se obtuvo los siguientes perfiles para cada calicata, en caso de la calicata N° 1 se identificó un primer estrado a hasta una profundidad de -0.30m que corresponde a un depósito natural. Luego se identificó un estrato de grava limosa con arena sin presencia de nivel freático.

Tabla 2. Perfil estratigráfico de calicata N°1

ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. I.	OBSERVACIONES
			0.00		
		DEPÓSITO NATURAL SUPERFICIAL CONSTITUIDO POR SUELO ORGÁNICO DE COLOR NEGRO, GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PEDREGOS Y RAÍCES CON COBERTURA VEGETAL.	0.30		MARRÓN
-0.50					
-1.00		SUELO GRANULAR			
-1.50		GRAVA LIMOSA CON ARENA GN, SEGÚN SACS			
-2.00		QUE PRESENTA UNA COERCIÓN MARBÓN MATERIAL PREDOMINANTE COMPACTADO CON PARED DE CALICATA FIRME.			MARRÓN
-2.50					
			-3.00		

Fuente: Elaboración propia

En la calicata N° 2, se identificó hasta una profundidad de -0.50m un depósito natural, luego un estrato de grava arcilloso – limosa con arena sin presencia de nivel freático.

Tabla 3. Perfil estratigráfico de calicata N°2

ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. I.	OBSERVACIONES
			0.00		
		DEPÓSITO NATURAL SUPERFICIAL CONSTITUIDO POR SUELO ORGÁNICO DE COLOR NEGRO, GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PEDREGOS Y RAÍCES CON COBERTURA VEGETAL.	0.50		MARRÓN
-0.50					
-1.00		SUELO GRANULAR			
-1.50		GRAVA LIMOSA CON ARENA GN, SEGÚN SACS			
-2.00		QUE PRESENTA UNA COERCIÓN MARBÓN MATERIAL PREDOMINANTE COMPACTADO CON PARED DE CALICATA FIRME.			MARRÓN
-2.50					
			-3.00		

Fuente: Elaboración propia

b. Granulometría

Se obtuvieron las muestras de las calicatas y se procedió a determinar la clasificación del suelo a través de ensayos, en primer lugar, se realizó el ensayo de granulometría siguiendo lo dispuesto en la normativa MTC E-107.

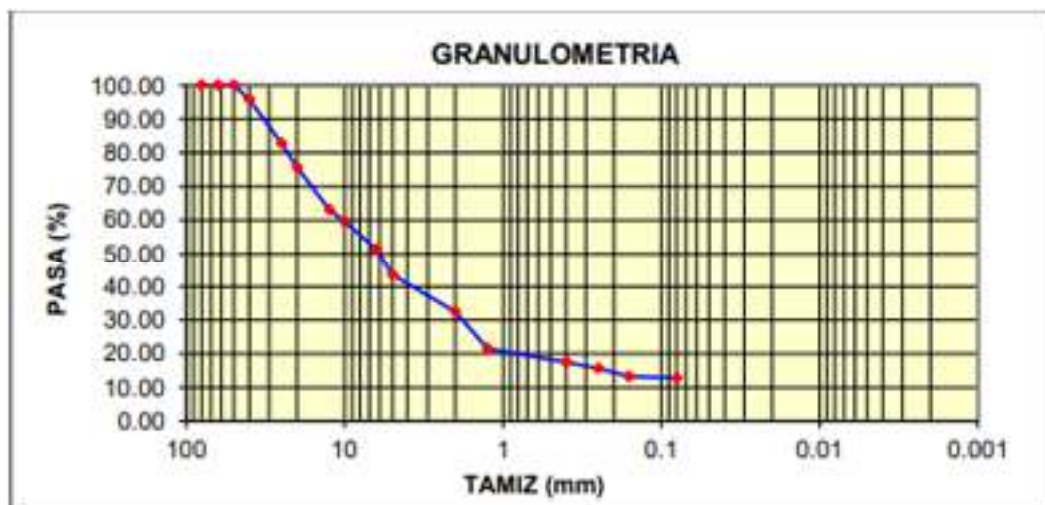
i) Calicata N°01:

Tabla 4. Tamizado y pesos de suelo para calicata N°1

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)
80	100.00	100.00	0.00	0.00
63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	100.00	100.00	0.00	0.00
40	95.77	95.77	4.23	4.23
25	82.79	82.79	17.21	12.98
20	75.64	75.64	24.36	7.15
12.5	63.05	63.05	36.95	12.59
10	59.61	59.61	40.39	3.44
6.3	51.34	51.34	48.66	8.27
5	43.58	43.58	56.42	7.76
2	32.51	32.51	67.49	11.07
1.25	21.54	21.54	78.46	10.97
0.4	17.48	17.48	82.52	4.06
0.25	15.64	15.64	84.36	1.84
0.160	13.25	13.25	86.75	2.39
0.080	12.79	12.79	87.21	0.46

Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Curva granulométrica de la calicata N°1



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al realizar el ensayo granulométrico por tamizado se pudo demostrar que el material de correspondiente a la calicata N°1 tiene un 43.58% de material que pasa el tamiz N°4 siendo un material de tipo grava arenosa, además, se tiene un 12.79 % de material que pasa por el tamiz N° 200.

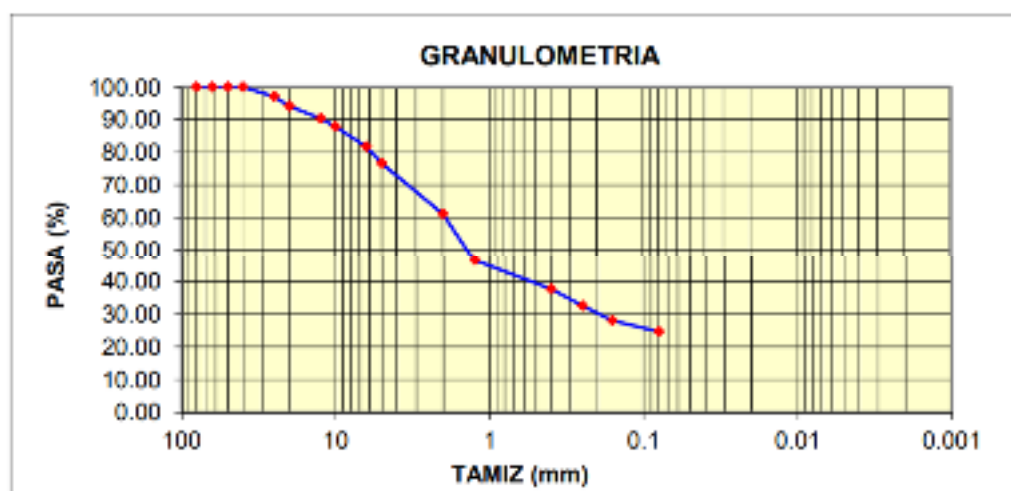
ii) Calicata N°02:

Tabla 5. Tamizado y pesos de suelo para calicata N°2

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)
80	100.00	100.00	0.00	0.00
63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	100.00	100.00	0.00	0.00
40	100.00	100.00	0.00	0.00
25	97.20	97.20	2.80	2.80
20	94.20	94.20	5.80	3.00
12.5	90.44	90.44	9.56	3.76
10	87.95	87.95	12.05	2.49
6.3	81.82	81.82	18.18	6.13
5	76.68	76.68	23.32	5.14
2	61.12	61.12	38.88	15.56
1.25	46.53	46.53	53.47	14.59
0.4	37.70	37.70	62.30	8.83
0.25	32.56	32.56	67.44	5.14
0.160	28.08	28.08	71.92	4.48
0.080	24.67	24.67	75.33	3.41

Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Curva granulométrica de la calicata N°2



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al realizar el ensayo granulométrico por tamizado se pudo demostrar que el material de correspondiente a la calicata N°1 tiene un 78.68% de material que pasa el tamiz N°4 siendo un material de tipo grava arenosa, además, se tiene un 24.67% de material que pasa por el tamiz N° 200, pudiendo ser con presencia de limos a arcillas.

Figura 21. Procedimiento de ensayo de granulometría



Fuente: Elaboración propia

c. Límites de consistencia

Se prepara como mínimo 3 muestras para proceder a obtener los resultados promedios obteniendo los siguientes resultados para cada calicata.

i) Calicata N°01:

Tabla 6. Cálculo de limite líquido y limite plástico para calicata N°1

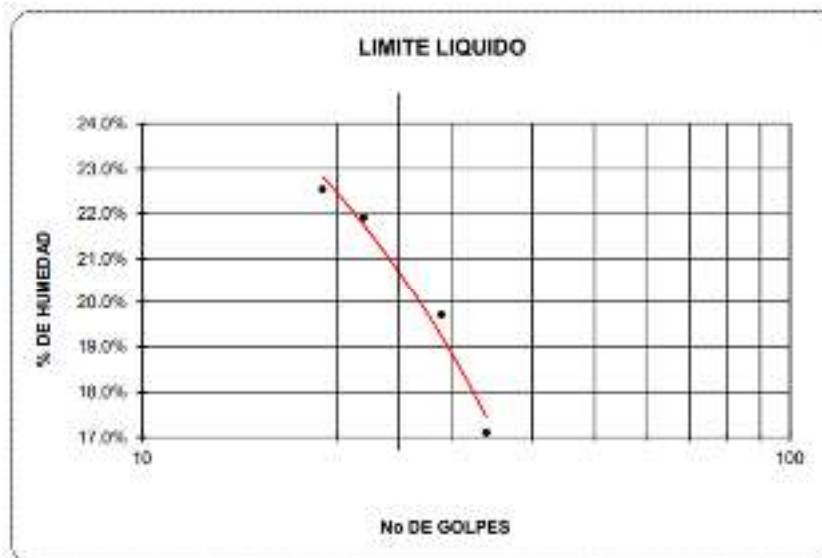
LIMITE LIQUIDO				
Muestra N°	1	2	3	4
Peso de la capsula	15.94	15.47	15.35	14.37
Peso capsula + suelo humedo	31.48	38.18	34.49	45.41
Peso capsula + suelo seco	29.21	34.44	31.05	39.7
Numero de golpes	34	29	22	19
Peso suelo seco	13.27	18.97	15.7	25.33
Peso agua	2.27	3.74	3.44	5.71
% humedad	17.11%	19.72%	21.91%	22.54%

LIMITE PLASTICO				
Muestra	1	2	3	
Peso de la capsula	14.53	15.38	15.70	
Peso capsula + suelo humedo	19.90	20.81	20.13	
Peso capsula + suelo seco	19.04	19.97	19.43	
Peso suelo seco	4.51	4.59	3.73	
Peso agua	0.86	0.84	0.70	
% humedad	19.07%	18.30%	18.77%	

LIMITE LIQUIDO	21%
LIMITE PLASTICO	19%
INDICE PLASTICO	2%

Fuente: Elaboración propia

Figura 22. Limite líquido para suelo de calicata N°1



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al realizar el ensayo de límites de consistencia en las muestras de la calicata N°1 se analizaron 4 muestras para analizar el límite líquido obteniéndose que el porcentaje de humedad es en promedio de 20.32%, en cuanto al límite plástico se calculó que el porcentaje de humedad se encuentra en promedio de 18.71% encontrándose un índice de plasticidad de 1.61.

ii) Calicata N°02:

Tabla 7. Cálculo de límite líquido y límite plástico para calicata N°2

LIMITE LIQUIDO				
Muestra N°	1	2	3	4
Peso de la capsula	14.76	14.75	15.53	14.61
Peso capsula + suelo humedo	33.37	35.17	28.84	41.56
Peso capsula + suelo seco	30.21	31.42	26.15	35.78
Numero de golpes	34	29	22	18
Peso suelo seco	15.45	16.67	10.62	21.17
Peso agua	3.16	3.75	2.69	5.78
% humedad	20.45%	22.50%	25.33%	27.30%
LIMITE PLASTICO				
Muestra	1	2	3	
Peso de la capsula	14.65	14.48	14.06	
Peso capsula + suelo humedo	20.28	20.01	21.03	
Peso capsula + suelo seco	19.41	19.19	19.98	
Peso suelo seco	4.76	4.71	5.92	
Peso agua	0.87	0.82	1.05	
% humedad	18.28%	17.41%	17.74%	

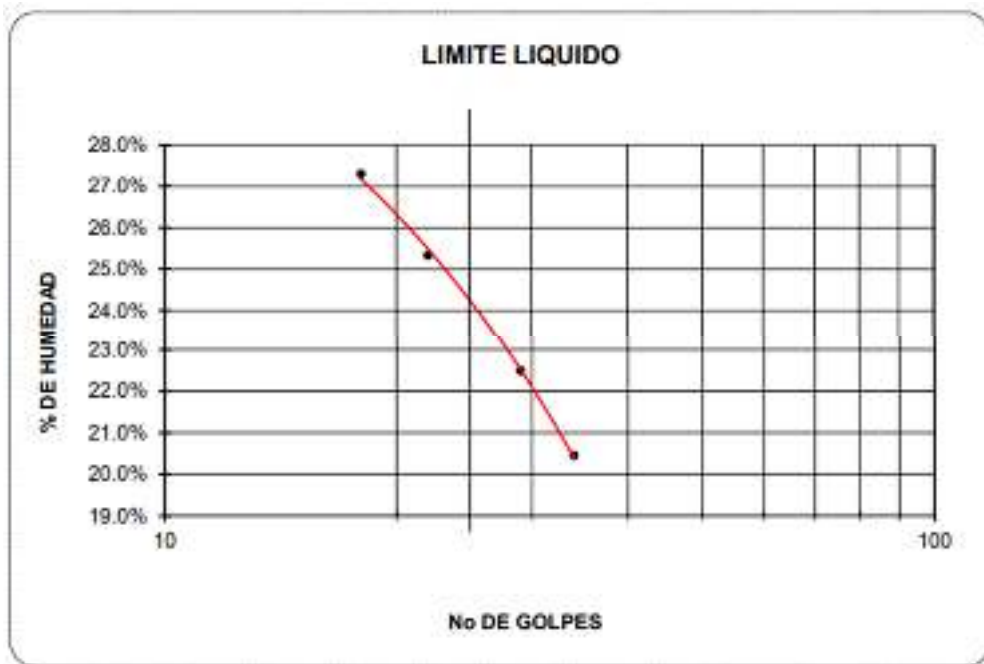
LIMITE LIQUIDO 24%

LIMITE PLASTICO 18%

INDICE PLASTICO 6%

Fuente: Elaboración propia

Figura 23. Limite luido para suelo de calicata N2



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al realizar el ensayo de límites de consistencia en las muestras de la calicata N2 se analizaron 4 muestras para analizar el límite liquido obteniéndose que el porcentaje de humedad es en promedio de 23.89%, en cuanto al límite plástico se calculó que el porcentaje de humedad se encuentra en promedio de 17.81% encontrándose un índice de plasticidad de 6.08.

Figura 24. Ensayo de límites de consistencia para muestras



Fuente: Elaboración propia

d. Corte directo

Se obtuvo las muestras necesarias para desarrollar el ensayo, se aplicará una carga normal al plano de movimiento y se verifica el plano de falla de las muestras por cargas normales o verticales, basado en la normativa ASTM D3080-72.

i) Calicata N°01:

El ensayo se realizó con 3 muestras de formas cuadradas de 10 cm de lado obteniendo un área de contacto de 100 cm², la altura es de 3.5 cm, por lo tanto, se obtiene un volumen de 350 m³.

Tabla 8. Datos de muestras para ensayo de corte directo en calicata N°1

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DE LA MUESTRA	
Lado	10	Lado	10	Lado	10
Área	100.00	Área	100.00	Área	100.00
C.D.D =	1.00	C.D.D =	1.00	C.D.D =	0.001
R.C =	0.85	R.C =	0.85	L.I.D =	0.06
Alzura =	350.00	Alzura =	350.00	Volumen =	350.00
Peso =	30.22	Peso =	30.22	Peso =	316.22

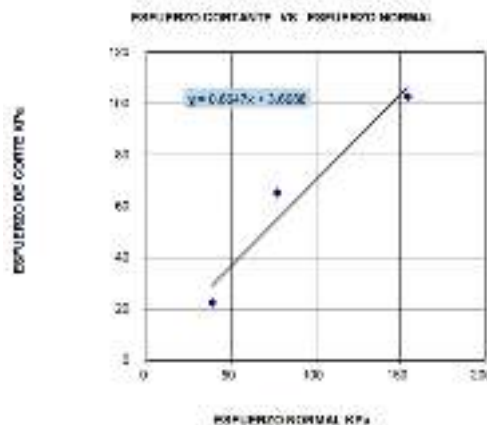
Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Determinación de ángulo de fricción y cohesión de suelo en calicata N°1

Nm.	ESFUERZO NORMAL Kpa	ESFUERZO TANGENCIAL Kpa	φ	C Kpa
1	38.54	12.47	33.612	3.67
2	77.17	25.23		
3	154.34	102.84		

Fuente: Elaboración propia

Figura 25. Esfuerzo cortante vs esfuerzo normal de suelo – Calicata N°1



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al realizar el ensayo de corte directo se procede a medir la lectura de la carga y la deformación generada, encontrando así las relaciones de esfuerzo, para esta muestra se obtuvo un ángulo de fricción de 33.612° y una cohesión de 3.67 Kpa.

ii) Calicata N°02:

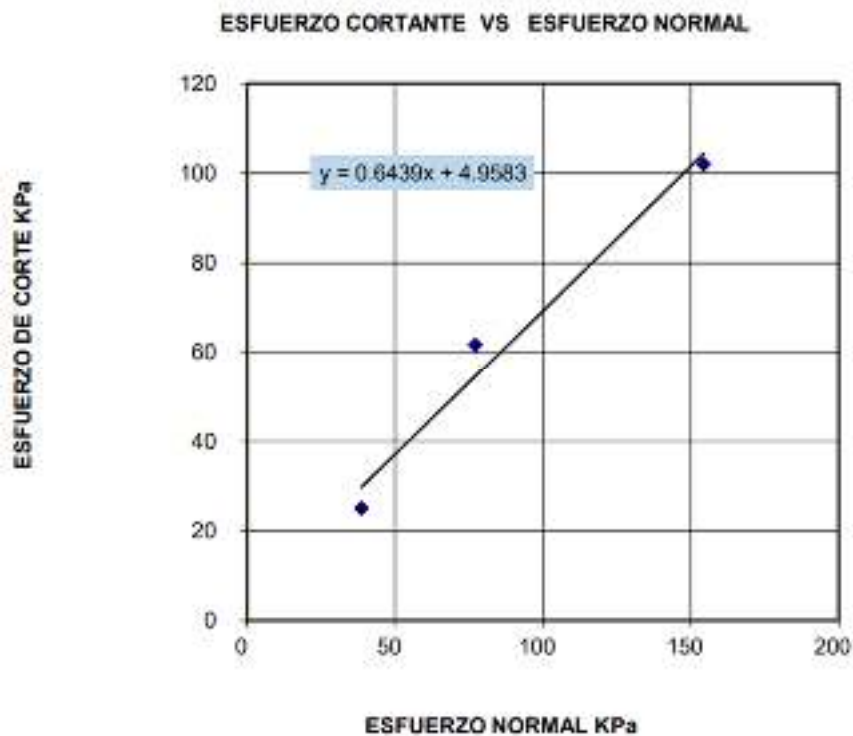
Al igual que en el caso anterior, el ensayo se realizó con 3 muestras de formas cuadradas de 10 cm de lado, se obtuvo los siguientes resultados de ángulo de fricción y factor de cohesión.

Tabla 10. Determinación de ángulo de fricción y cohesión de suelo en calicata N°2

Nro.	ESFUERZO NORMAL Kpa	ESFUERZO TANGENCIAL Kpa	ϕ	C Kpa
1	38.59	25.07	32.7775	4.96
2	77.17	61.75		
3	154.34	101.97		

Fuente: Elaboración propia

Figura 26. Esfuerzo cortante vs esfuerzo normal de suelo – Calicata N°2



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al realizar el ensayo de corte directo se procede a medir la lectura de la carga y la deformación generada de las 3 muestras estudiadas, encontrando así las relaciones de esfuerzo, para esta muestra se obtuvo un ángulo de fricción de 33.77° y una cohesión de 4.96 Kpa.

Figura 27. Ensayo de corte directo



Fuente: Elaboración propia

e. Contenido de humedad

Se procedió a seguir con lo dispuesto en la normativa MTC E 108, consiste en contar con resultados promedios del contenido de humedad de los suelos y medir el contenido de humedad que se encuentre en relación con el peso del agua con respecto al peso del suelo.

i) Calicata N°01:

Tabla 11. Contenido de humedad en suelo de calicata N°1

muestra Profundidad (mt)	N- 01 2.00		N 02 2.00
Peso de Capsula (gr)	52.34		61.25
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	821.35		789.65
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr)	754.26		725.64
Peso del Suelo Humedo (gr)	769.01		728.40
Peso del Suelo Seco (gr)	701.92		664.39
Peso del Agua (gr)	67.09		64.01
Contenido de Humedad (w)	9.56 %		9.63 %
Promedio :			9.60 %

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al realizar el ensayo de contenido de humedad se determinó que el contenido de humedad es en promedio de 9.60% para las muestras obtenidas de la calicata N°1.

ii) Calicata N°02:

Se procedió a estudiar la misma cantidad de muestras que en la calicata N°1 obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 12. Contenido de humedad en suelo de calicata N°2

muestra Profundidad (ml)	N- 01 2.00		N 02 2.00
Peso de Capsula (gr)	57.32		69.21
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	684.69		789.51
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr)	602.31		694.32
Peso del Suelo Humedo (gr)	627.37		720.30
Peso del Suelo Seco (gr)	544.99		625.11
Peso del Agua (gr)	82.38		95.19
Contenido de Humedad (w)	15.12 %		15.23 %
Promedio : 15.17 %			

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al realizar el ensayo de contenido de humedad se determinó que el contenido de humedad es en promedio de 15.17% para las muestras obtenidas de la calicata N°2.

f. Densidad natural de suelo granular

Basado en lo indicado en la normativa, el objetivo es determinar la densidad natural y la densidad máxima.

i) Calicata N°01:

Tabla 13. Determinación de la densidad natural – Calicata N°1

DENSIDAD NATURAL	
Volumen Referencial (Vr)	2.45
Masa Material Extraído	14.85
Volumen de Excavación (V2)	6.06
Volumen Real (V2-Vr)	
Densidad Natural	2.02
γ _{nat} = 2.02 T/m ³	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Determinación de la densidad mínima – Calicata N°1

DENSIDAD MINIMA			
UNE-103-106-93			
MATERIAL SUELTO			
	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
DENSIDAD MINIMA			
Masa de Molde (M1)	2.41	2.58	2.57
Masa Molde + Material (M2)	7.35	7.45	7.39
Volumen Molde	2.813	2.813	2.813
D _{min}	1.756	1.738	1.713
γ _{min} = 1.74 Tn/m³			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Determinación de la densidad máxima – Calicata N°1

DENSIDAD MAXIMA			
UNE-103-106-93			
MATERIAL COMPACTADO			
	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
DENSIDAD MAXIMA			
Masa de Molde (M1)	2.42	2.56	2.45
Masa Molde + Material (M2)	8.45	8.67	8.57
Volumen Molde	2.81	2.81	2.81
D _{max}	2.14	2.17	2.18
γ _{max} = 2.16 Tn/m³			

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se realizó el ensayo de densidad con el objetivo de conocer los parámetros de densidad natural 2.02 tn/m³, densidad mínima de 1.74 tn/m³ y de densidad máxima de 2.16 tn/m³ para el suelo obtenido de la calicata N°1.

ii) Calicata N°02:

Tabla 16. Determinación de la densidad natural – Calicata N°2

DENSIDAD NATURAL	
Volumen Referencial (V1)	2.45
Masa Material Extraído	13.25
Volumen de Excavación (V2)	5.48
Volumen Real (V2-V1)	
Densidad Natural	1.97
γ _{nat} = 1.97 Tn/m³	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Determinación de la densidad mínima – Calicata N°2

DENSIDAD MINIMA			
UNE-103-105-93			
MATERIAL SUELTO			
	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
DENSIDAD MINIMA			
Masa de Molde (M1)	2.43	2.55	2.53
Masa Molde + Material (M2)	7.34	7.45	7.49
Volumen Molde	2.813	2.813	2.813
D _{min}	1.745	1.742	1.763
$\gamma_{min} =$		1.75 Tn/m ³	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Determinación de la densidad máxima – Calicata N°2

DENSIDAD MAXIMA			
UNE 103-106-93			
MATERIAL COMPACTADO			
	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
DENSIDAD MAXIMA			
Masa de Molde (M1)	2.53	2.52	2.47
Masa Molde + Material (M2)	8.34	8.42	8.49
Volumen Molde	2.81	2.81	2.81
D _{max}	2.07	2.10	2.14
$\gamma_{max} =$		2.10 Tn/m ³	

Fuente: Elaboración propia

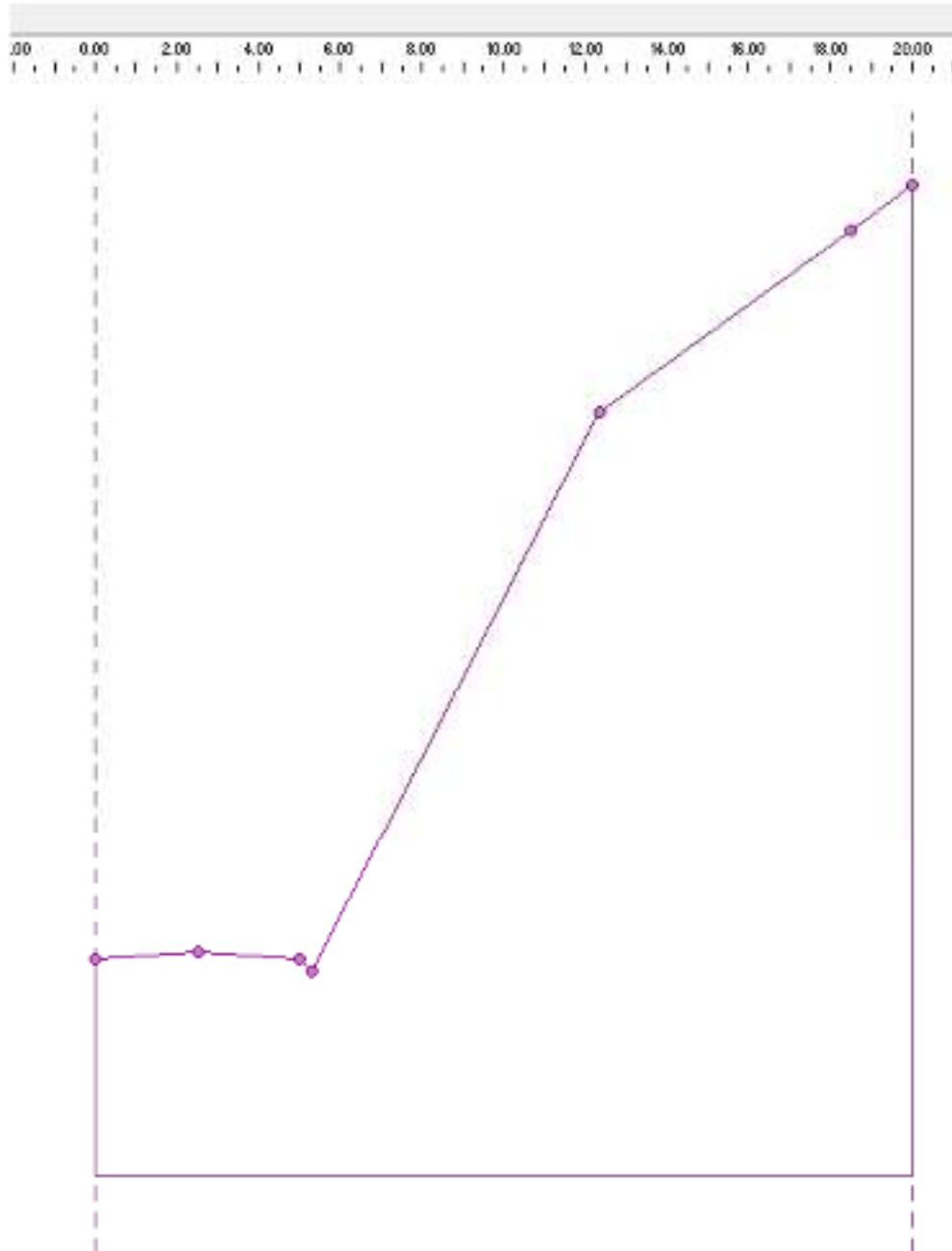
Interpretación: Se realizó el ensayo de densidad con el objetivo de conocer los parámetros de densidad natural 1.97 tn/m³, densidad mínima de 1.75 tn/m³ y de densidad máxima de 2.10 tn/m³ para el suelo obtenido de la calicata N°2.

3.5.4. Estabilidad de taludes

Se evaluará la estabilidad de los taludes mediante los métodos de equilibrio limite, este cálculo se apoya con los resultados obtenidos del software GEO5, el cual analiza todas estas metodologías de equilibrio limite además de mostrar todas las posibles líneas de falla, se realizó el cálculo para cada talud en estudio. En primer lugar, se procede a insertar los datos en el software Geo 5 tales como el nombre de la investigación y el autor, luego se procede a definir las

características geométricas de los taludes a analizar, a continuación, se muestra un dibujo del talud tipo A en el kilómetro 0+640.00.

Figura 28. Modelo de talud A en software Geo 5



Fuente: Elaboración propia

Luego se procede a configurar las características de los suelos, estos parámetros son obtenidos del estudio de mecánica de suelo, se sabe que la

calicata N°1 corresponde a las características de los taludes tipo A y B, mientras que la calicata N°2 corresponde a las características de los taludes tipo C y D.

Figura 29. Configuración de tipo de suelo de Calicata N°1 – Tipo de suelo

Configuración de suelos

Clasificación, consistencia, dureza

Tipo de clasificación: Extensible

Clasificación de suelo: CG - Arena gruesa

Dorsalencia: Consistencia blanda (Act) de deformar al apretar con la mano

Características estándares de suelo

Arenilla gruesa (CG), consistencia suave:

Característica	Simbolo	Unidad	Valor
Coefficiente de Poisson	ν	[-]	0.35
Peso unitario	γ	[kN/m ³]	15.5
Modulo de deformación	E_{50}	[MPa]	6 - 8
Parámetros efectivos:			
Ángulo de fricción interna	ϕ_{ef}	[°]	24 - 30
Cohesión de suelo	c_{ef}	[kPa]	6 - 14
Parámetros totales:			
Ángulo de fricción total	ϕ_u	[°]	3
Resistencia al corte	c_u	[kPa]	30
Diseño de resistencia:			
Ancho < 3.0 m	R_u	[kPa]	133
Coeff. de resistencia estructural para $E_{50} < 1.0$ MPa, no sobrecarga	α	[-]	0.2
	β	[-]	0.1

Manualmente OK OK + Aceptar Cancelar

Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Suelo Calicata N°1

Añadir suelo

Identificación

Nombre: Suelo Calicata N°1

Arenilla gruesa (CG), consistencia suave

Datos Básicos

Peso unitario: $\gamma = 15.81$ [kN/m³] 20.5

Estado de tensión: efectivo

Ángulo de fricción interna: $\phi_{ef} = 33.61$ [°] 24 - 30

Cohesión de suelo: $c_{ef} = 3.67$ [kPa] 6 - 14

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión: Extensible

Peso unitario de suelo saturado: $\gamma_{sat} = 20.20$ [kN/m³]

Polvo

Polvo de suelo: no considerar

Dibujar

Color: [Green]

Categoría de trama: CGD

Trama: Lino

Clasificación

Clasificar

Limpiar

Añadir

Cancelar

Fuente: Elaboración propia

Figura 31. Configuración de tipo de suelo de Calicata N°2 – Tipo de suelo

Clasificación de suelos

Clasificación, consistencia, densidad

Tipo de clasificación: Estándar

Clasificación de suelos: GC - Grava arenosa

Densidad: Suelo de densidad media

Características estándares de suelos

Grava arenosa (GC)

Característica del suelo	Marca	Unidad	Valor
Coefficiente de Poisson	ν	[-]	0.30
Peso unitario	γ	[kN/m ³]	19.5
Módulo de deformación	E_{def}	[MPa]	40 - 60
Parámetros efectivos:			
Ángulo de fricción interna	ϕ_{ef}	[°]	28 - 32
Cohesión de suelo	c_{ef}	[kPa]	2 - 10
Disco de capacidad portante:			
Ancho < 0.5 m	R_d	[kPa]	150
Ancho < 1.0 m	R_d	[kPa]	200
Ancho < 3.0 m	R_d	[kPa]	250
Coef. de resistencia estructural	m	[-]	0.3

Manualmente OK GC + Asignar Cancelar

Fuente: Elaboración propia

Figura 32. Suelo Calicata N°1

Añadir suelo

Identificación

Nombre: Suelo Calicata N°2

Grava arenosa (GC)

Datos Básicos

Peso unitario: $\gamma = 19.52$ [kN/m³] 19.5

Estado de tensión: efectivo

Ángulo de fricción interna: $\phi_{ef} = 32.78$ [°] 28 - 32

Cohesión de suelo: $c_{ef} = 4.98$ [kPa] 2 - 10

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión: Estándar

Peso unitario de suelo saturado: $\gamma_{sat} = 23.45$ [kN/m³]

Foliación

Foliación de suelo: no considerar

Dibujar

Color: [Color]

Categoría de trama: GEO

Trama: [Trama]

Clasificación

Clasificar

Limpiar

Añadir Cancelar

Fuente: Elaboración propia

3.6. Método de Análisis de datos

(EL ANÁLISIS PROSPECTIVO: UN RETO TECNOLÓGICO, 2018) El método de análisis prospectivo es una herramienta útil, se aplica cuando el estudio es realizado en un tiempo determinado los cuales son desarrollados en condiciones más críticas con el objetivo de poder prever futuras situaciones. ³²

3.6.1. Estabilidad del talud

En cuanto a la selección de los datos, se ejecutaron de la observación y calculo directo a través de los ensayos, lo que permite al investigador realizar una inferencia de los posibles resultados a obtener, además, este procedimiento cumple con los objetivos y las hipótesis planteadas dando una respuesta fehaciente comprobada a través de los resultados de los ensayos.

3.6.2. Ensayos y pruebas de laboratorio

Se basará la validez en las normas descritas del NTP y ASTM utilizadas y designadas para cada ensayo.

3.7. Aspectos Éticos

Como investigadores de la carrera profesional de Ingeniería Civil, la presente investigación es producto de un estudio desarrollado en la actualidad cumpliendo con la ética y honestidad sin incurrir en plagios o copias literales de otras investigaciones y/o publicaciones, con el objetivo de cumplir con la honradez, respeto y confianza la obtención de la información referenciada en la presente investigación es previamente citado mediante la norma ISO-690-2010, respetando los aportes, también se referencian las normas utilizadas e instrumentos utilizados en la investigación, toda esta información redactada será comparado al final por la herramienta web turnitin.

³² *EL ANÁLISIS PROSPECTIVO: UN RETO TECNOLÓGICO*. Castillo, José. 2018. 2018, Alta Gestion Logistica, págs. 115-125.

IV. RESULTADOS

Ubicación política:

La presente investigación se realizó en la Comunidad Huaypo Grande del distrito de Chinchero de la Provincia de Urubamba, en el departamento de Cusco.

Ubicación:

Departamento : Cusco
 Provincia : Urubamba
 Distrito : Chinchero



Figura 33. Mapa del Perú

Fuente: Google Search



Figura 34. Mapa de la región Cusco

Fuente: Google Search



Figura 35. Mapa de la provincia de Canchis

Fuente: Google Search

4.1. Caracterización de suelos

El resumen de parámetros correspondientes al suelo de fundación o analizado, son los siguientes:

Tabla 19. Resumen de parámetros geotécnicos

CAL.	SUCS	Df (m)	Cohesión (Kpa)	γ (t/m ³)	Φ (°)	Asiento Total (cm)	Q adm. (Kg/cm ²)	N.F (m)
01	GC	1.50	3.67	2.02	33.61°	0.281	1.66	NP
02	GC-GM	1.50	4.96	1.97	32.78°	0.302	1.46	NP

Fuente: Elaboración propia

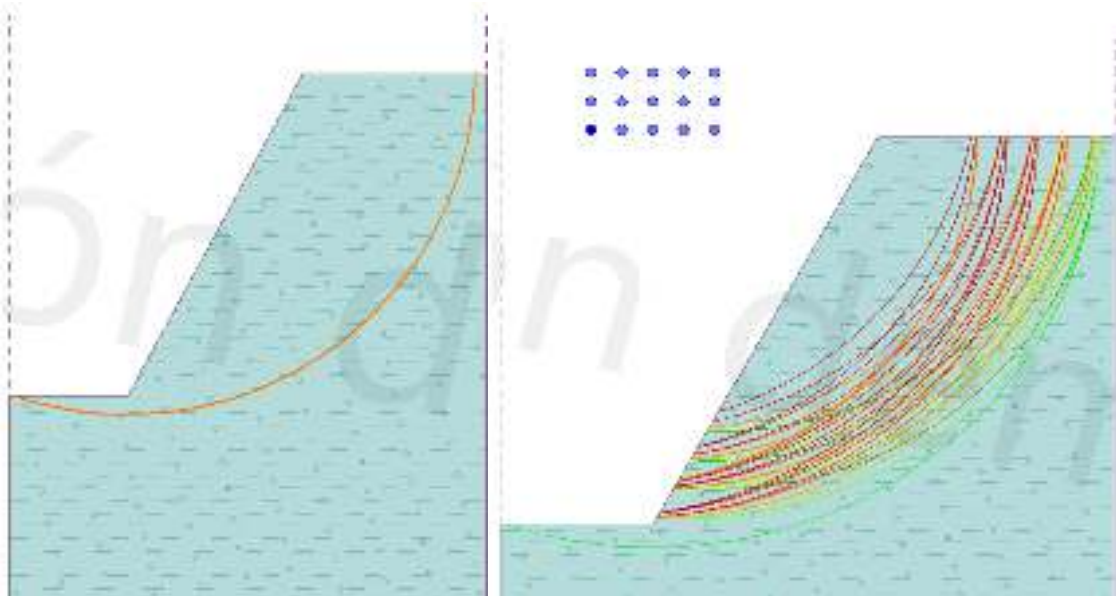
El terreno de fundación de la calicata N°1, corresponda un suelo GRAVA LIMOSA CON ARENA GM según la clasificación SUCS, por otro lado, el suelo correspondiente a la calicata N°2 es clasificado como GRAVA ARCILLOSO-LIMOSO CON ARENA GC-GM.

El nivel de fundación deberá de ser de -1.50 m como mínimo con respecto al nivel de corte al pie del talud.

4.2. Estabilidad de talud

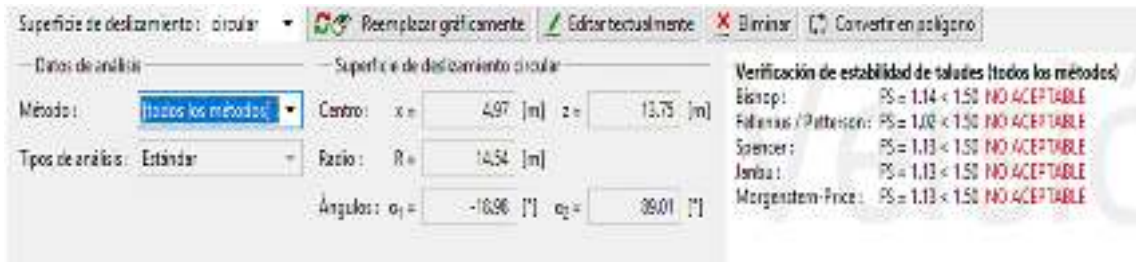
4.2.1. TALUD TIPO A: 0+640.00 m

Figura 36. Circulo y planos de falla para Talud tipo A



Fuente: Elaboración propia

Figura 37. Cálculo de Factor de seguridad para talud A



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Para el talud tipo A ubicado en el punto kilométrico 0+640 m se encuentra compuesto del tipo de suelo de la calicata N°1, al realizar un análisis del factor de seguridad por todos los métodos de equilibrio limite se encuentra los siguientes resultados:

Tabla 20. Factores de seguridad para Talud Tipo A 0+640 m

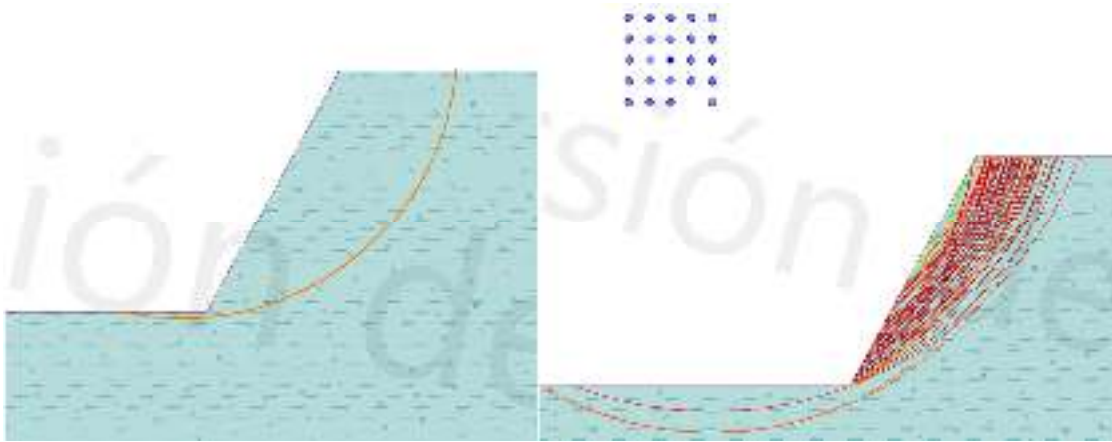
Método de equilibrio limite	Factor de Seguridad	Condición
Bishop	1.14	NO ACEPTABLE
Fellenius / Petterson	1.02	NO ACEPTABLE
Spencer	1.13	NO ACEPTABLE
Janbu	1.13	NO ACEPTABLE
Morgenstem – Price	1.13	NO ACEPTABLE

Fuente: Elaboración propia

Se verifica que para este talud los factores de seguridad son menores al límite establecido por la normativa, por lo tanto, tiene el riesgo a deslizamiento, esto aumenta debido a las dimensiones del talud, se tiene que el punto más alto del talud se encuentra a una altura de 13.46 m.

4.2.2. TALUD TIPO B: 0+660.00 m

Figura 38. Circulo y planos de falla para Talud tipo B



Fuente: Elaboración propia

Figura 39. Cálculo de Factor de seguridad para talud B



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Para el talud tipo B ubicado en el punto kilométrico 0+660 m se encuentra compuesto del tipo de suelo de la calicata N°1, al realizar un análisis del factor de seguridad por todos los métodos de equilibrio limite se encuentra los siguientes resultados:

Tabla 21. Factores de seguridad para Talud Tipo B 0+660 m

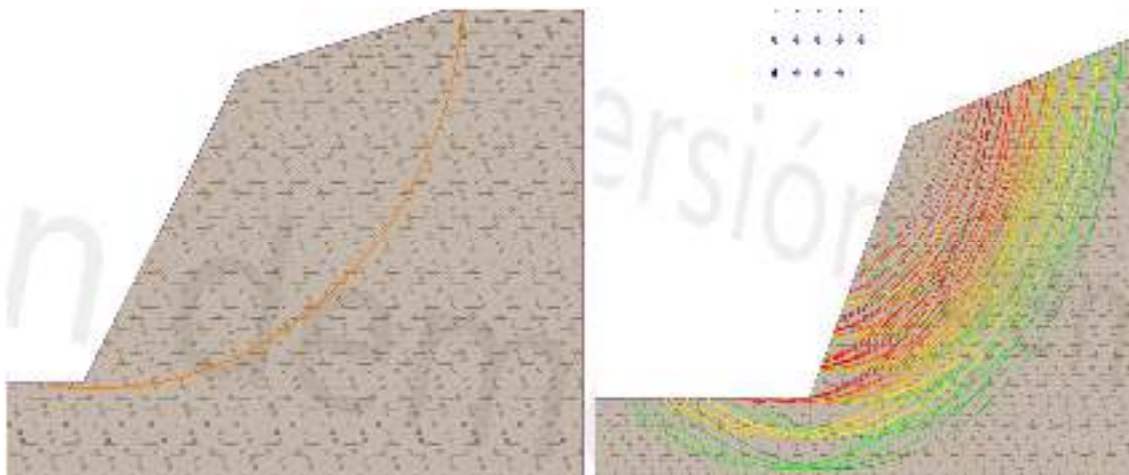
Método de equilibrio limite	Factor de Seguridad	Condición
Bishop	1.09	NO ACEPTABLE
Fellenius / Petterson	1.01	NO ACEPTABLE
Spencer	1.09	NO ACEPTABLE
Janbu	1.10	NO ACEPTABLE
Morgenstem – Price	1.10	NO ACEPTABLE

Fuente: Elaboración propia

Se verifica que para este talud los factores de seguridad son menores al límite establecido por la normativa, por lo tanto, tiene el riesgo a deslizamiento, esto aumenta debido a las dimensiones del talud, se tiene que el punto más alto del talud se encuentra a una altura de 10.97 m.

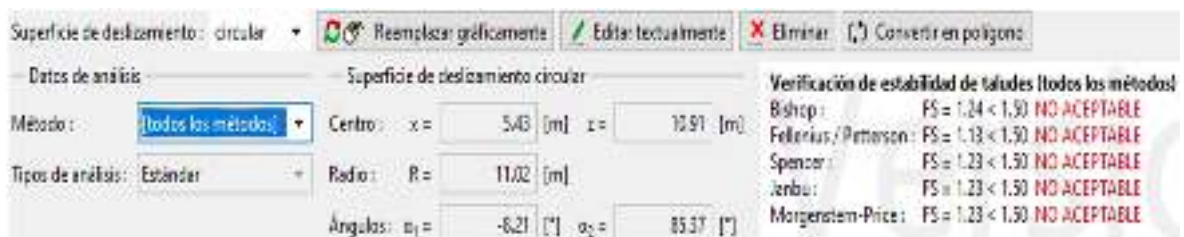
4.2.3. TALUD TIPO C: 0+680.00 m

Figura 40. Circulo y planos de falla para Talud tipo C



Fuente: Elaboración propia

Figura 41. Cálculo de Factor de seguridad para talud C



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Para el talud tipo C ubicado en el punto kilométrico 0+680 m se encuentra compuesto del tipo de suelo de la calicata N°2, al realizar un análisis del factor de seguridad por todos los métodos de equilibrio limite se encuentra los siguientes resultados:

Tabla 22. Factores de seguridad para Talud Tipo C 0+680 m

Método de equilibrio limite	Factor de Seguridad	Condición
Bishop	1.24	NO ACEPTABLE
Fellenius / Petterson	1.13	NO ACEPTABLE
Spencer	1.23	NO ACEPTABLE
Janbu	1.23	NO ACEPTABLE
Morgenstem – Price	1.23	NO ACEPTABLE

Fuente: Elaboración propia

Se verifica que para este talud los factores de seguridad son menores al límite establecido por la normativa, por lo tanto, tiene el riesgo a deslizamiento, esto aumenta debido a las dimensiones del talud, se tiene que el punto más alto del talud se encuentra a una altura de 8.23 m.

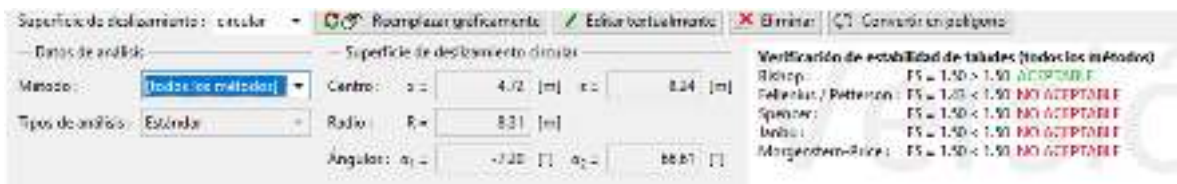
4.2.4. TALUD TIPO D: 0+700.00 m

Figura 42. Circulo y planos de falla para Talud tipo D



Fuente: Elaboración propia

Figura 43. Cálculo de Factor de seguridad para talud D



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Para el talud tipo D ubicado en el punto kilométrico 0+700 m se encuentra compuesto del tipo de suelo de la calicata N°2, al realizar un análisis del factor de seguridad por todos los métodos de equilibrio limite se encuentra los siguientes resultados:

Tabla 23. Factores de seguridad para Talud Tipo C 0+680 m

Método de equilibrio limite	Factor de Seguridad	Condición
Bishop	1.50	ACEPTABLE
Fellenius / Petterson	1.43	NO ACEPTABLE
Spencer	1.50	NO ACEPTABLE
Janbu	1.50	NO ACEPTABLE
Morgenstem – Price	1.50	NO ACEPTABLE

Fuente: Elaboración propia

Se verifica que para este talud la mayoría de los factores de seguridad son menores al límite, sin embargo, son más próximos en comparativa a los demás taludes analizados, por lo tanto, se podría afirmar y se encuentra demostrado por los resultados que conforme la altura de los taludes es mayor, menor es el factor de seguridad aumentando el riesgo al deslizamiento y la falla del talud.

4.3. Propuesta de solución para el sostenimiento

4.3.1. Sistema de banquetas

Al efectuar el análisis de estabilidad muchas veces el talud se encuentra inestable, por tal motivo se tiene la necesidad de modificar el talud, aplicando el criterio de banquetas.

a) Topográficamente

Al disminuir la pendiente del talud, el círculo crítico de falla se hace más largo y más profundo para el caso de un talud estable aumentándose de esta forma el factor de seguridad. El abatimiento de la pendiente del talud es económicamente posible en taludes de poca altura, pero no ocurre lo mismo en taludes de gran altura. Antes de iniciar el proceso de corte debe calcularse

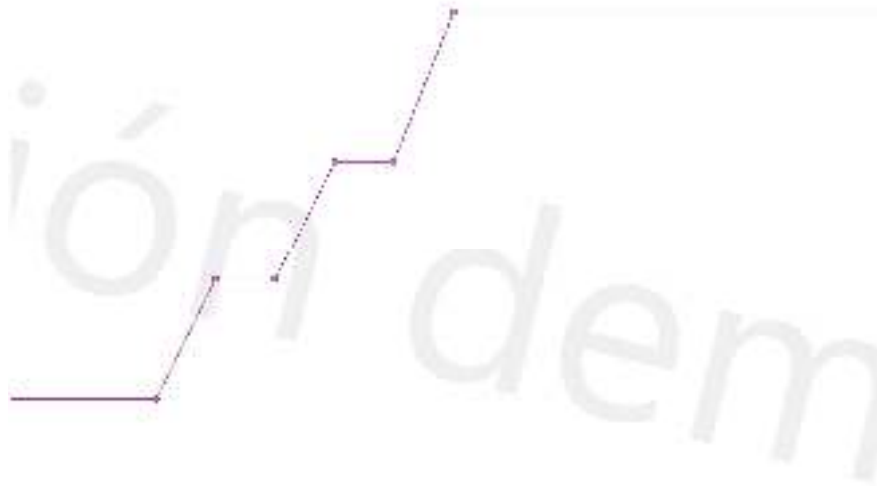
la cantidad de material que se requiere remover con base en un análisis de estabilidad para un factor de seguridad propuesto.

b) Geotécnicamente

Al aumentar la meteorización se requieren taludes más tendidos, menores alturas entre bermas y mayor ancho de las gradas. Los materiales muy meteorizados requieren de taludes inferiores a 1H: 1V, en la mayoría de las formaciones geológicas no permiten alturas entre bermas superiores a 7 metros y requieren anchos de berma de mínimo 4 metros.

i) **TALUD TIPO A: 0+640.00 m**

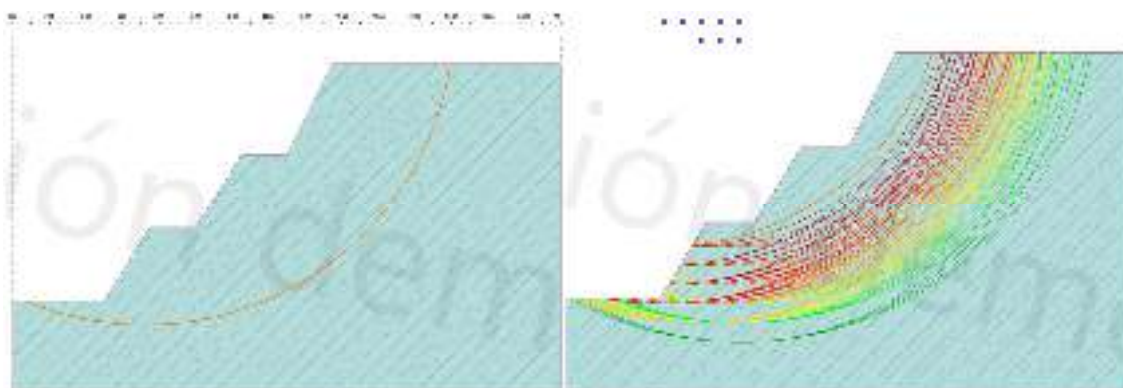
Figura 44. Planteamiento de banquetas en talud tipo A



Fuente: Elaboración propia

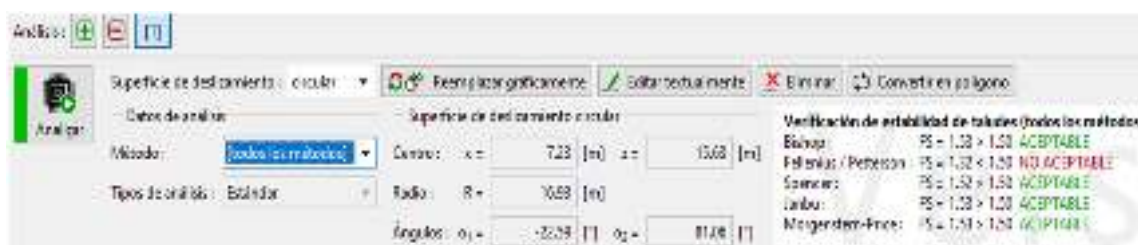
Al realizar el análisis del talud con la implementación de banquetas con 2.5 m de ancho se determina el siguiente factor de seguridad para el talud con una altura de 13.95m.

Figura 45. Circulo y planos de falla para Talud tipo A con banquetas



Fuente: Elaboración propia

Figura 46. Cálculo de Factor de seguridad para talud A con banquetas



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Para el talud tipo A ubicado en el punto kilométrico 0+640 m se encuentra compuesto del tipo de suelo de la calicata N°1, al realizar un análisis del factor de seguridad por todos los métodos de equilibrio limite se encuentra los siguientes resultados:

Tabla 24. Factores de seguridad para Talud Tipo A 0+640 m con banquetas

Método de equilibrio limite	Factor de Seguridad	Condición
Bishop	1.53	ACEPTABLE
Fellenius / Petterson	1.32	NO ACEPTABLE
Spencer	1.52	ACEPTABLE

Janbu	1.53	ACEPTABLE
Morgenstem – Price	1.53	ACEPTABLE

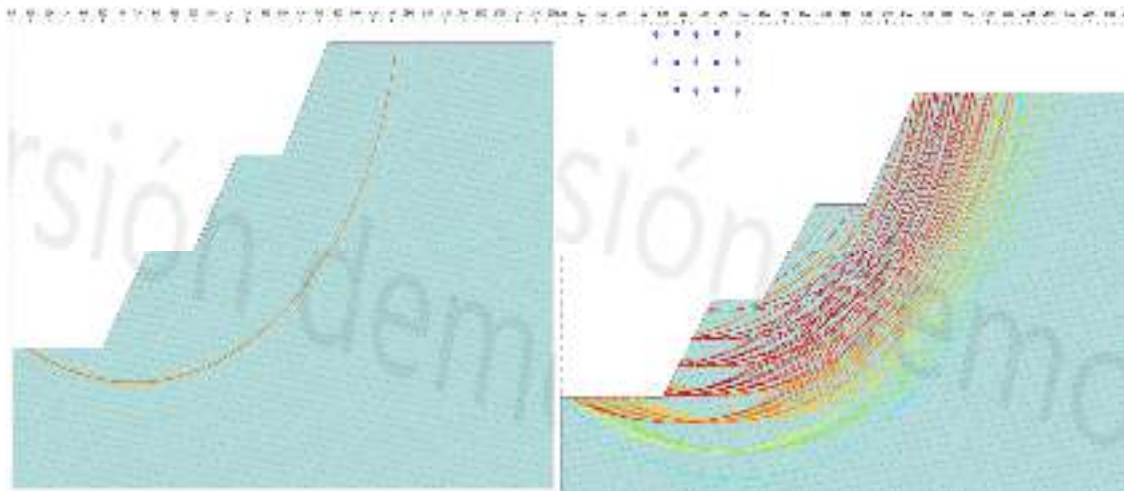
Fuente: Elaboración propia

Se verifica que para este talud los factores de seguridad al realizar un sistema de banquetas mejoran considerablemente, por lo tanto, se reduce el riesgo a deslizamiento, las banquetas planteadas tienen 2.5 m de ancho se colocaron las mismas pendientes con las que se encuentra inicialmente el talud.

ii) TALUD TIPO B: 0+660.00 m

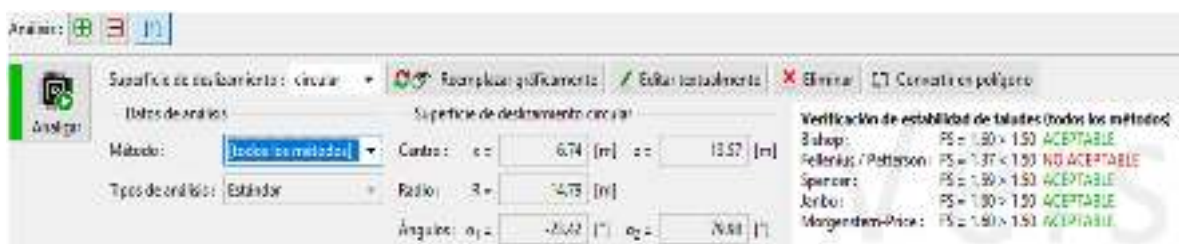
De igual manera se realiza el análisis para la estabilidad del talud tipo B analizado en la progresiva 0+660.0 m al igual que en el talud tipo A se plantean banquetas de 2.5m de ancho, para la altura del talud de 10.97 m.

Figura 47. Circulo y planos de falla para Talud tipo B con banquetas



Fuente: Elaboración propia

Figura 48. Cálculo de Factor de seguridad para talud B con banquetas



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Para el talud tipo B ubicado en el punto kilométrico 0+660 m, al realizar un análisis del factor de seguridad por todos los métodos de equilibrio límite se encuentra los siguientes resultados:

Tabla 25. Factores de seguridad para Talud Tipo B 0+660 m con banquetas

Método de equilibrio límite	Factor de Seguridad	Condición
Bishop	1.60	ACEPTABLE
Fellenius / Petterson	1.37	NO ACEPTABLE
Spencer	1.59	ACEPTABLE
Janbu	1.60	ACEPTABLE
Morgenstem – Price	1.60	ACEPTABLE

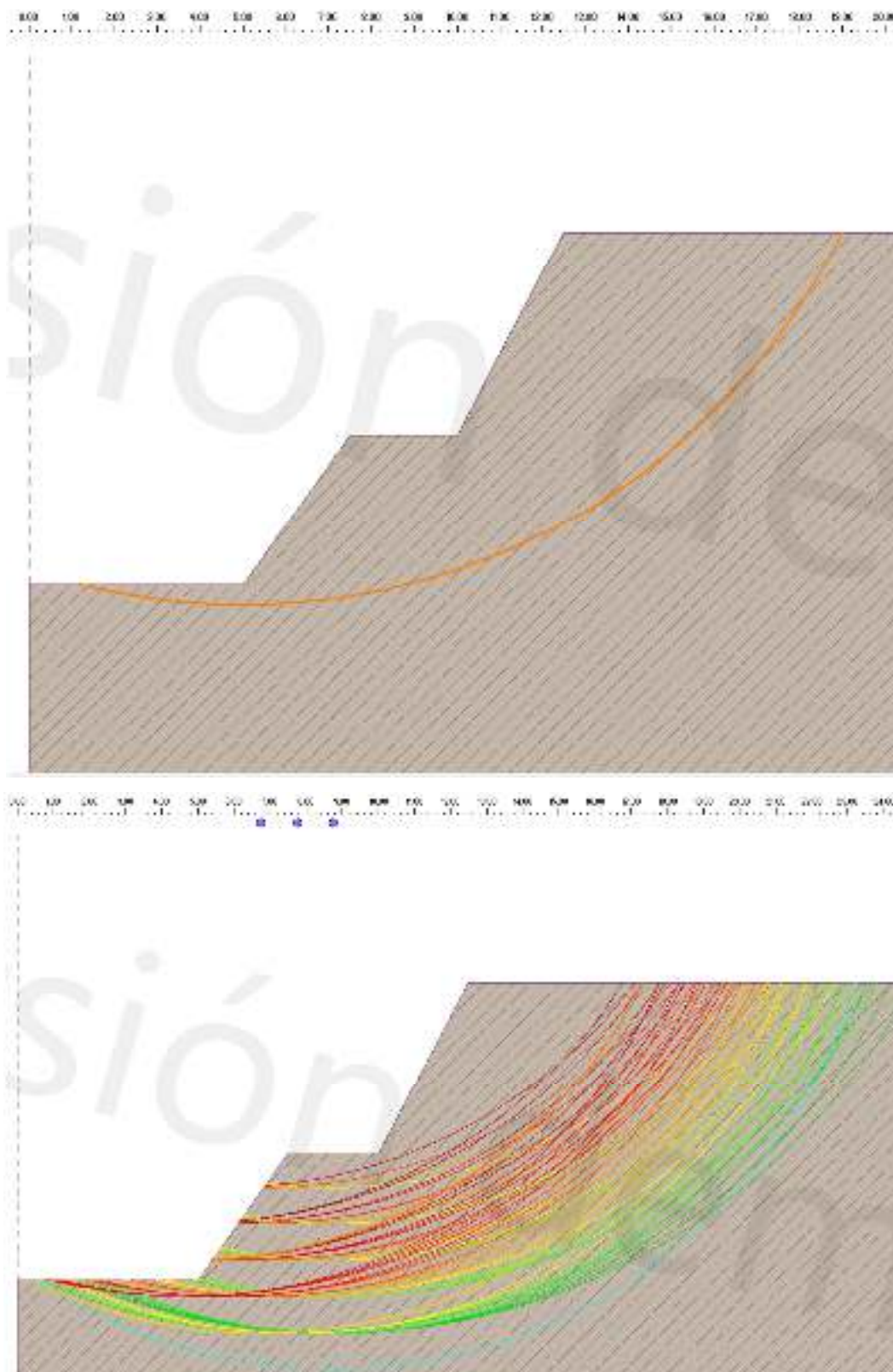
Fuente: Elaboración propia

Se determina que para este talud los factores de seguridad al realizar un sistema de banquetas mejoran considerablemente con respecto al caso anterior, por lo tanto, las banquetas planteadas tienen 2.5 m de ancho se colocaron las mismas pendientes con las que se encuentra inicialmente el talud.

iii) **TALUD TIPO C: 0+680.00 m**

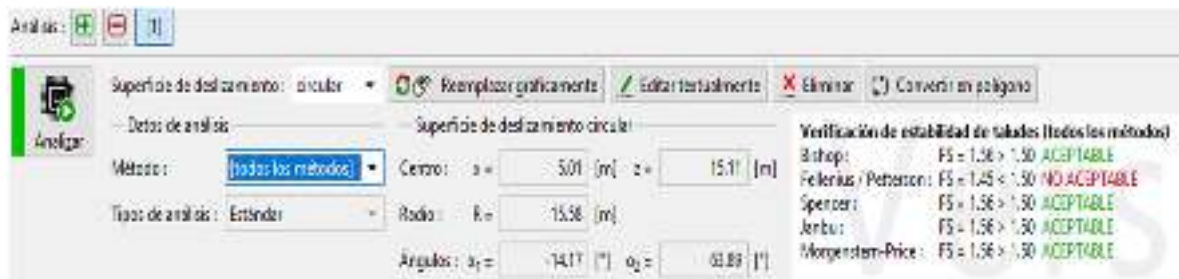
De igual manera se realiza el análisis para la estabilidad del talud tipo C analizado en la progresiva 0+680, se plantean banquetas de 2.5m de ancho, para la altura del talud de 8.23 m.

Figura 49. Circulo y planos de falla para Talud tipo C con banquetas



Fuente: Elaboración propia

Figura 50. Cálculo de Factor de seguridad para talud C con banquetas



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Para el talud tipo C ubicado en el punto kilométrico 0+680 m, al realizar un análisis del factor de seguridad por todos los métodos de equilibrio límite se encuentra los siguientes resultados:

Tabla 26. Factores de seguridad para Talud Tipo B 0+660 m con banquetas

Método de equilibrio limite	Factor de Seguridad	Condición
Bishop	1.56	ACEPTABLE
Fellenius / Petterson	1.45	NO ACEPTABLE
Spencer	1.56	ACEPTABLE
Janbu	1.56	ACEPTABLE
Morgenstem – Price	1.56	ACEPTABLE

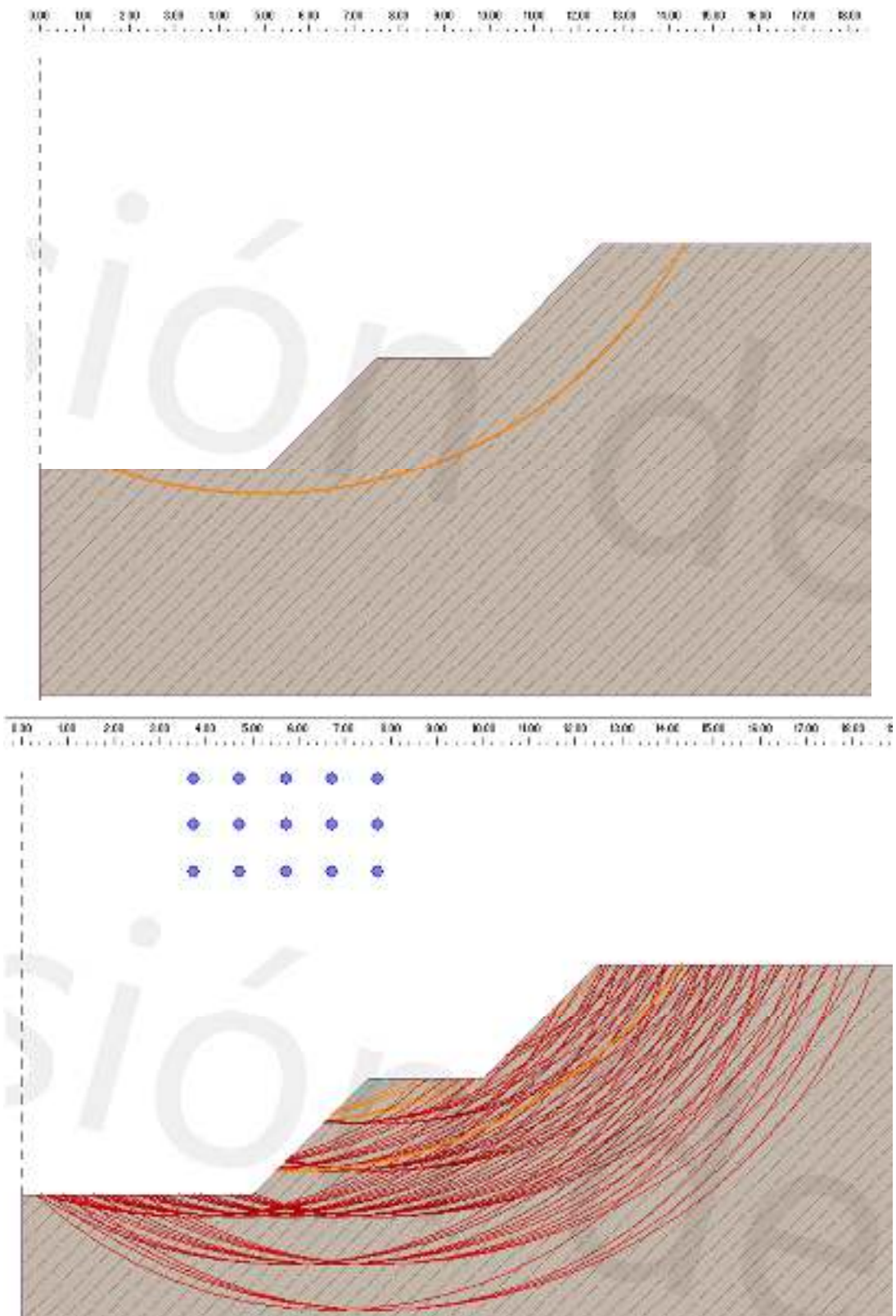
Fuente: Elaboración propia

Se determina que para este talud los factores de seguridad al realizar un sistema de banquetas de 2.5 m mejoran considerablemente con respecto al caso anterior, por lo tanto, todos los factores de seguridad son superiores al límite establecido de 1.50.

iv) TALUD TIPO D: 0+700.00 m

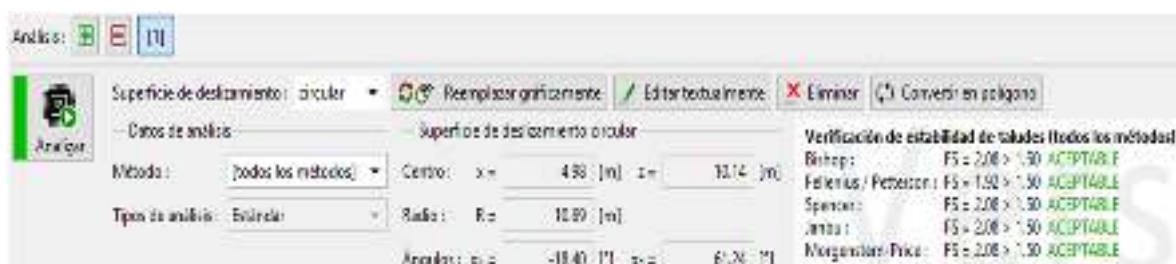
De igual manera se realiza el análisis para la estabilidad del talud tipo D analizado en la progresiva 0+700, se plantean banquetas de 2.5m de ancho, para la altura del talud de 4.77 m.

Figura 51. Circulo y planos de falla para Talud tipo D con banquetas



Fuente: Elaboración propia

Figura 52. Cálculo de Factor de seguridad para talud C con banquetas



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Para el talud tipo D ubicado en el punto kilométrico 0+700 m, al realizar un análisis del factor de seguridad por todos los métodos de equilibrio límite se encuentra los siguientes resultados:

Tabla 27. Factores de seguridad para Talud Tipo B 0+660 m con banquetas

Método de equilibrio límite	Factor de Seguridad	Condición
Bishop	2.08	ACEPTABLE
Fellenius / Petterson	1.92	ACEPTABLE
Spencer	2.08	ACEPTABLE
Janbu	2.08	ACEPTABLE
Morgenstem – Price	2.08	ACEPTABLE

Fuente: Elaboración propia

Se determina que para este talud los factores de seguridad al realizar un sistema de banquetas de 2.5 m mejoran considerablemente con respecto al caso anterior, por lo tanto, todos los factores de seguridad son superiores al límite establecido de 1.50 logrando una mejor estabilidad al desplazamiento.

4.3.2. Geomallas

Castro y Gil, (2000). Son geosintéticos que están formados con tiras o hilos unidos entre, pueden ser soldadas, extruidas o tejidas. Las geomallas son elementos muy resistentes a esfuerzos de tracción, poseen un alto módulo de elasticidad, son usados para refuerzos de estructuras planas abiertas creando

un elemento geomalla-suelo componentes para recibir cargas y distribuir las uniformemente.

Las geomallas tienen un diseño en forma de costillas paralelas tensionadas. Aporta un mejor soporte y distribuye la carga uniformemente en un área mayor. Por lo que se utilizan para reforzar y estabilizar suelos blandos, terraplenes, taludes y muros de contención, entre otros. Las geomallas según su diseño y aplicaciones para las que fueron creadas. Se catalogan en uniaxiales o monorientadas y en biaxiales o bioorientadas.

Una uniaxial, refuerza en una sola dirección y se utiliza especialmente en suelos estabilizados mecánicamente con todo tipo de materiales de relleno; se emplea en el refuerzo de taludes, muros y terraplenes.

a) Geomalla Uniaxial

La geomalla uniaxial está diseñada con el propósito específico de soportar la tensión en una sola dirección. Se forman estirando las costillas en una dirección de longitud y su resistencia a la tracción se estira en la dirección de la máquina. Esto significa que son perfectos para aplicaciones tanto en paredes como en pendientes, como muros de contención, sistemas de revestimiento de vertederos, terraplenes sobre suelos blandos y pendientes de terraplenes más empinadas.

b) Geomalla Biaxial

La geomalla biaxial está diseñada para tener un equilibrio igual de resistencia a la tracción tanto en la máquina como en las direcciones transversales. Esto le da a la geomalla la capacidad de distribuir cargas en un área más amplia de lo habitual, lo que aumenta su capacidad en aplicaciones de estabilización de bases. Las geomallas biaxiales se usan comúnmente en aplicaciones tales como cimientos para camas de caminos, plataformas de camiones ferroviarios, caminos permanentes sin pavimentar, pistas de aeropuertos, caminos de acarreo de construcción, plataformas de trabajo en subgrados débiles y estacionamientos.

c) Geomalla Triaxial

Para proporcionar un nivel mejorado de rigidez en el plano, las geomallas Triax® están hechas de una lámina de polipropileno perforada orientada en múltiples direcciones equiláteras para formar aberturas triangulares. Esto crea un producto más eficiente que ofrece una transferencia óptima de tensión en servicio desde el agregado a la geomalla.

4.3.3. Muros de contención

Se denomina muro de contención, destinada a contener algún material, que en la mayoría de los casos es suelo.

El propósito de una estructura de contención es resistir las fuerzas ejercidas por la tierra contenida y transmitir esas fuerzas a la fundación o a un sitio por fuera de la masa analizada de movimiento. En el caso de un deslizamiento de tierra el muro ejerce una fuerza para contener la masa inestable y transmite esa fuerza hacia una cimentación o zona de anclaje por fuera de la masa susceptible de moverse.

El presente capítulo documenta el método de análisis empleado para el diseño de los muros de contención en voladizo, se considerarán los estados de empuje activo y empuje pasivo de tierras , además deberán estimarse los incrementos en el empuje de tierra ocasionados por sobrecargas superficiales, para finalizar con las revisiones de estabilidad correspondientes que deben satisfacerse, todo esto será analizado según la normativa del Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas.

a) Diseño de muros

Una vez conocidas las características del suelo donde se emplazará el muro de contención, se debe proceder al diseño del mismo. Un diseño adecuado debe considerar los siguientes aspectos:

- Los componentes del muro deben ser capaces de resistir los esfuerzos de corte y momento internos generados por las presiones del suelo y demás cargas.
- El muro debe ser seguro contra un desplazamiento lateral.
- El muro debe ser seguro contra un posible volcamiento.

- Las presiones no deben sobrepasar la capacidad de soporte del piso de fundación

b) Procedimiento

Para proceder al diseño una vez conocida la topografía del sitio y la altura necesaria del muro de contención debe procederse a:

1. Escoger el tipo de muro a emplearse.
2. Dibujar a escala la topografía en perfil de la sección típica del muro.
3. Conocidas las propiedades del suelo y escogida la teoría de presiones a usarse, se deben calcular las fuerzas activa y pasiva, su punto de aplicación y dirección.
4. Calcular los factores de seguridad por capacidad de carga, deslizamiento y volcamiento.
5. Si los factores de seguridad no satisfacen los requerimientos deben variarse las dimensiones supuestas y repetir los pasos anteriores.

c) Consideraciones para el diseño.

La siguiente figura muestra el detalle de todas las solicitaciones consideradas para el diseño de los muros de contención:

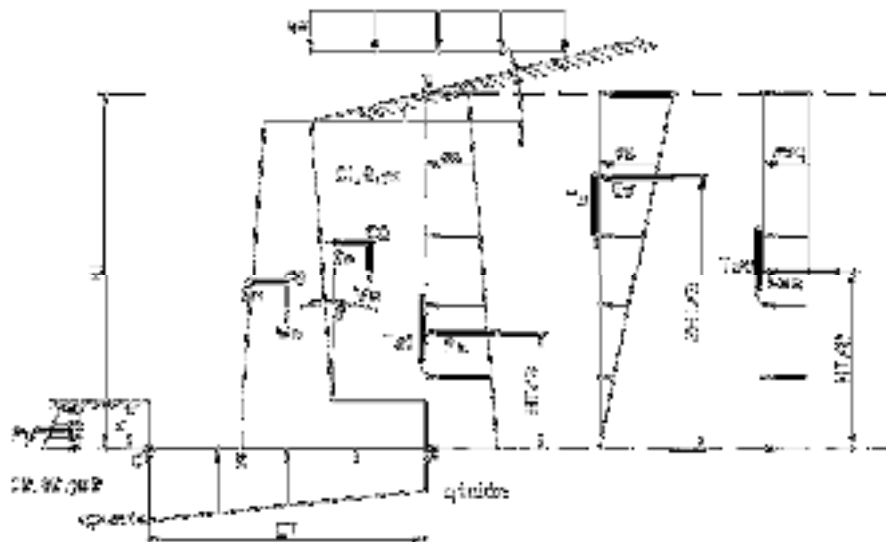
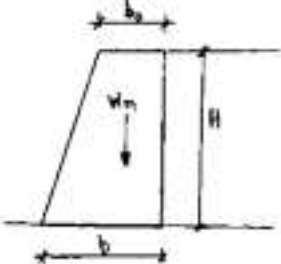
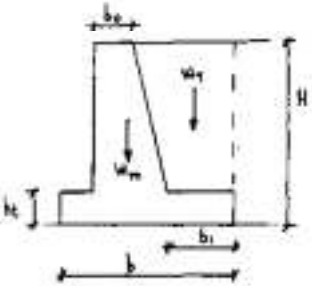
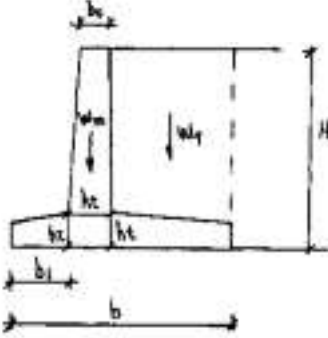
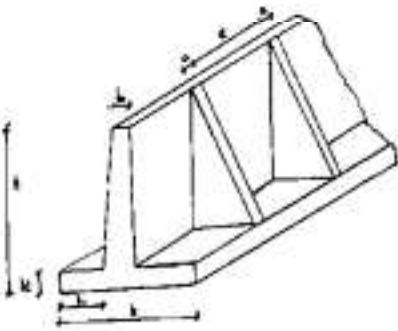


Figura 54: Solicitaciones

De acuerdo a la normativa CE 0.20 El Profesional Responsable debe pre dimensionar y diseñar geotécnicamente un tipo de muro, considerando como mínimo, las etapas siguientes:

- a) Seguridad al posible vuelco del muro.
- b) Seguridad al posible deslizamiento del muro.
- c) Seguridad de la cimentación del muro:
- d) Capacidad resistente de la base
- e) Deformación (asentamiento)

El diseño del muro debe presentar seguridad al vuelco, deslizamiento y se deberá evaluar la capacidad de carga

Tipo	Esquema	Predimensiones
<p>MUROS DE GRAVEDAD</p> <p>$H \leq 5 \text{ m}$</p>		<p>$b_0 = (0,25 - 0,3) H$ $b = (0,4 - 0,6) H$</p>
<p>MUROS DE SEMIGRAVEDAD</p> <p>$H \leq 5 \text{ m}$</p>		<p>$b = (0,5 - 0,7) H$ $b_0 = 0,3 - 0,5 \text{ m}$ $ht = (1/4 - 1/10) H$ $b_1 = 0,5 ht$</p>
<p>MUROS EN VOLADIZO</p> <p>$H \leq 10 \text{ m}$</p>		<p>$b_0 = 0,2 - 0,5 \text{ m}$ $b_1 = (1/4 - 1/5) B$ $ht = (1/6 - 1/12) H$ $b = (0,4 - 0,7) H$</p>
<p>MUROS EN VOLADIZO CON CONTRAFUERTE</p> <p>$H > 10 \text{ m}$</p>		<p>$b_0 = 0,2 - 0,3 \text{ m}$ $b_1 = (1/4 - 1/5) H$ $ht = (1/14 - 1/12) H$ $b = (0,4 - 0,7) H$ $e = (0,3 - 0,6) H$ $a = 0,2 \text{ m}$</p>

4.3.4. gaviones

Son paralelepípedos rectangulares contruidos a base de un tejido de alambre de acero, el cual lleva tratamientos especiales de protección como la galvanización y la plastificación. El relleno es piedra de canto rodado o piedra chancada con determinado tamaño y peso específico.

a) Muro De Gavión

Pérez, (2017). El gavión es una estructura que se caracteriza por su resistencia y su flexibilidad, se acondiciona a la fuerza de a tierra, alterándose sin romperse, además que el gavión es más sencillo de construir, en caso de colapsar una estructura por empuje o esfuerzo, la misma que puede soltarse y repararse, ya sea con alambres, gaviones o piedras.

Asimismo, su mantenimiento, ejecución y rehabilitación son más económicos y su construcción se ejecuta en menor tiempo posible a diferencia de las demás alternativas de solución.

Se ha diseñado un muro de gavión para estabilizar nuestro talud objeto de estudio en nuestra investigación teniendo en cuenta siempre la zona más crítica donde el factor de seguridad sea mayor a 1.5. en cada demostración, es por ello que para cada factor de seguridad que resulte menos de 1.5, se deduce que el talud e inestable y que puede ocurrir derrumbes y/o deslizamientos que causen daños en la zona



Figura 55: Muro de gaviones

Puede ser utilizado para sostener un relleno estabilizador en un talud de carretera Los muros de gaviones trabajan por gravedad.

La gran resistencia mecánica de la malla metálica garantiza que esta no se desarme ó rompa manteniendo sin embargo la flexibilidad para las posibles deformaciones.

La galvanización pesada de los alambres, así como el revestimiento de P.V.C. permiten una gran durabilidad.

V. DISCUSIÓN

Objetivo 1: Determinar sistemas de sostenimiento en la carretera Huaypo Grande - Chinchero a partir de evaluación de factor de seguridad de los taludes.

Antecedente: (Carrion, 2019) El objetivo general fue la de analizar y diseñar un sistema efectivo para mejorar el método de estabilización diseñando las estructuras en el sector de Sausacocha. Los resultados mostraron que los factores de seguridad menores a 1.50, donde el más bajo se calculó con el método de Bishop de 1.03. Se concluyó que tres métodos son necesarios para lograr una estabilización en el talud de estudio: el primero comprende un sistema de malla anclada con un costo de S/ 982,939.23 soles, el segundo es un sistema denominado Erdox bajo un monto de S/ 24,016,328.01 y por último se plantea un sistema de suelo reforzado con un monto total de S/11,863,768.19

Resultados: Los métodos de sostenimiento diseñados y contextualizados para la carretera de la presente investigación son de dos tipos, el primero un sistema de contención de muros de gravedad de concreto simple, el segundo es un sistema de muro de contención en voladizo, ambos fueron diseñados debido a que el factor de seguridad del talud era menor a la permitida.

Comparación: Según el estudio mencionado, es necesario el planteamiento de uno o más métodos de sostenimiento el cual garantizara un factor de seguridad mayor a 1.5, por lo tanto, al igual en el estudio referenciado como antecedente se plantea dos sistemas de sostenimiento, los cuales son diseñados con los parámetros geotécnicos obtenidos en el EMS, las dimensiones son planteadas según las características de los taludes en estudio.

Objetivo 2: Realizar ensayos de laboratorio para conocer las propiedades físicas básicas de los suelos para el análisis de la estabilidad de taludes.

Antecedente: (Torres, 2019) en la tesis de pregrado, el objetivo general fue la de realizar un diseño de un sistema de estabilización del talud crítico al tener un mayor índice de estabilidad en la carretera Monteseco, distrito Catache. Los

instrumentos utilizados son GPS Satelital, fluxómetro, estación total con prisma, equipos de laboratorio tales como la copa Casagrande, máquina de corte directo, juego de tamices. Los resultados mostraron una topografía de terreno escarpado con pendiente de 437.50%, el tipo de falla por deslizamiento rotacional con factores de seguridad menores a 1.50 diseñando un muro tipo gavión para su sostenimiento. Se llega a la conclusión que el material del talud analizado tiene una clasificación de arcilla de baja plasticidad con arena y al realizar la clasificación del suelo por el método AASHTO este suelo es malo, cuando se calculan los factores de seguridad mediante los métodos de equilibrio limite se determina que son menores a 1.50 para casos estáticos y 1.25 para dinámicos.

Resultados: A través de calicatas realizadas en campo es posible la obtención de muestras alteradas, los cuales fueron analizados en laboratorio, se realizaron ensayos de granulometría, contenido de humedad y límites de consistencia con el fin de obtener los parámetros tales como clasificación del suelo, contenido de humedad, peso específico entre otras propiedades físicas que determinarían el factor de seguridad de los taludes analizados.

Comparación: Una de las semejanzas es la de realizar estudios de mecánica de suelos con muestras del suelo obtenidas en campo, estos representarían la masa de suelo componente del talud, con estos parámetros es posible analizar y determinar el factor de seguridad al deslizamiento a través de diversos métodos análisis y con estos resultados plantear el sistema de sostenimiento a fin de garantizar la estabilidad del talud.

Objetivo 3: Determinar los parámetros mecánicos geotécnicos de los suelos para la estabilidad de los taludes.

Antecedente: (Monte, 2020) en la tesis de pregrado, cuyo objetivo general fue aplicar el método de elementos finitos y estudiar la estabilidad de taludes de roca. Estudio de tipo descriptivo, aplicativo de enfoque mixto, cuya población y muestra se encuentra comprendido por los taludes de roca en la localidad de El Patagual, en la comuna de coronel, Provincia de Concepción, Región del

Biobío, Chile. Los instrumentos utilizados son mapas geológicos, observación directa y ensayos de laboratorio. Los resultados mostraron que uno de los taludes analizados después de aplicar el método de elementos finitos alcanza un resultado de 1,6. Se concluyó que el análisis por el método SRR, basado en los elementos finitos se obtienen condiciones de estabilidad con factores de seguridad que son superiores a 1m lo cual no cumple con las características del terreno verificado con la falla de cuña que se presenta.

Resultados: A través de calicatas realizadas en campo es posible la obtención de muestras alteradas, los cuales fueron analizados en laboratorio con el fin de conocer los parámetros geotécnicos que indican el comportamiento del talud tales como el ángulo de fricción interna del suelo y el factor de cohesión del suelo.

Comparación: Se realizaron para ambos estudios los ensayos que determinan los parámetros geotécnicos que son fundamentales para la determinación del factor de seguridad, así como para el diseño de los sistemas de contención al realizar comprobaciones tales como el factor de seguridad al volteo y al deslizamiento en la base.

Objetivo 4: Emplear métodos del equilibrio límite para el análisis de la estabilidad de taludes.

Antecedente: (Carrion, 2019) el objetivo general fue la de analizar y diseñar un sistema efectivo para mejorar el método de estabilización diseñando las estructuras en el sector de Sausacocha. Los resultados mostraron que los factores de seguridad menores a 1.50, donde el más bajo se calculó con el método de Bishop de 1.03.

Resultados: Se ha empleado los métodos de equilibrio límite para el análisis de los taludes que componen ambos tipos de suelo obtenidos en campo, los resultados mostraron que todos los factores de seguridad son inferiores a 1.50, donde el factor de seguridad menor se obtiene por el método de Fellenius con valores de 1.01 y 1.13 para la calicata N°1 y N°2 respectivamente.

Comparación: Ambos estudios analizaron la estabilidad de los taludes a través del método de equilibrio límite y en un primer análisis estos no logran superar el límite permitido por normativa, por lo tanto, se plantea métodos de sostenimiento para aumentar el factor de seguridad y lograr la estabilidad de los taludes analizados.

VI. CONCLUSIONES

Objetivo General: Determinar sistemas de sostenimiento en la carretera Huaypo Grande - Chinchero a partir de evaluación de factor de seguridad de los taludes.

Se determinó que el método de sostenimiento correspondiente a las secciones más críticas de la carretera Huaypo Grande es la banquetta o sistema de terrazas ya que logra una mejora significativa en el cálculo del Factor de seguridad, alternativamente se podría utilizar el método de estabilización con geotextiles y con muros de contención.

Objetivo Específico 1: Realizar ensayos de laboratorio para conocer las propiedades físicas básicas de los suelos para el análisis de la estabilidad de taludes.

Se realizaron los ensayos de laboratorio para la obtención de las propiedades físicas básicas para la clasificación y determinación del peso específico del suelo a contener por los sistemas de sostenimiento, así como para el análisis de la estabilidad del talud.

CAL	SUCS	Df (m)	Cohesión (Kpa)	γ (t/m ³)	Φ (°)	Asiento Total (cm)	Q adm. (Kg/cm ²)	N.F (m)
01	GC	1.50	3.67	2.02	33.61°	0.281	1.66	NP
02	GC-GM	1.50	4.96	1.97	32.78°	0.302	1.46	NP

Se concluye que el terreno de fundación de la calicata N°1, corresponda un suelo GRAVA LIMOSA CON ARENA GM según la clasificación SUCS con un peso específico de 2.02 t/m³, por otro lado, el suelo correspondiente a la calicata N°2 es clasificado como GRAVA ARCILLOSO-LIMOSO CON ARENA GC-GM con un peso específico de 1.97 t/m³.

Objetivo Específico 2: Determinar los parámetros mecánicos geotécnicos de los suelos para la estabilidad de los taludes.

Se determinó que para la calicata N°1 se obtuvo a través de ensayos de laboratorio un ángulo de fricción de 33.61° y una cohesión de 3.67 Kpa, por otra

parte, para la calicata N°2 se obtuvo un ángulo de fricción de 32.78° y una cohesión de 4.96 Kpa.

Objetivo Específico 3: Emplear métodos del equilibrio límite para el análisis de la estabilidad de taludes.

Se determinó el factor de seguridad de los taludes aplicando todos los métodos de equilibrio límite, determinando que para el talud tipo A ubicado a 0+640.00 m el F.S es de 1.02, para el talud B ubicado a 0+660.00 m es de 1.01, en cuanto al talud C que se encuentra ubicado a 0+680.00 m el factor de seguridad es de 1.13, por último, para el talud tipo D en la progresiva 0+700.00 se obtiene un factor de seguridad 1.43, cabe resaltar que estos valores son los menores de todos los calculados por el método de equilibrio límite, siendo los más críticos para cada caso de estudio.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que para obtener los parámetros físicos de los suelos se realicen la mayor cantidad de muestras, además, se recomienda que las muestras obtenidas de las calicatas sean de tipo inalterado, a fin de determinar con mayor precisión estas características.
2. El investigador deberá de aplicar ensayos en condiciones drenadas y no drenadas y verificar la variación de este efecto en el ángulo de rozamiento y en la cohesión, además, de contar con la posibilidad de realizar un ensayo triaxial se recomienda realizarlo para obtener una mejor idealización de los taludes a analizar.
3. Se recomienda ampliar la metodología para la determinación del factor de seguridad con el método de elementos finitos que, si considera las deformaciones internas de las dovelas o rebanas de análisis de los suelos, por lo tanto, con estos métodos de análisis se obtendrá mayor precisión en el análisis de la estabilidad de los taludes.
4. Se recomienda el uso de tecnologías modernas de levantamiento topográfico tal como el uso de drones y nube de puntos que permitirán que el terreno sea analizado para zonas menos accesibles.
5. de acuerdo a la evaluación de las soluciones lo más apropiado para esta sección crítica que es representativa de toda la carretera Huaypo Grande – Chinchero es la siguiente. Lo más adecuado de todo lo evaluado es Sistema de banquetas

REFERENCIAS

ACI Committee 211. 2002. *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91)*. Detroit : American Concrete Institute, 2002.

ANÁLISE DE AMEAÇA DE DESLIZAMENTOS PELO USO DE ABORDAGEM PROBABILÍSTICA APLICADA A UM MODELO DE ESTABILIDADE DE TALUDES TRIDIMENSIONAL. **Azevedo, George, Carvajal, Hernar y Souza, Newton.** 2018. 3, São Paulo : Geociências, 2018, Vol. 37, págs. 655-668.

Analysis of Slope Stability in Unsaturated Expansive Soil: A Case Study. **Yang, Rong, Viao, Peiwei y Qi, Shunchao.** 2019. 292, Beijing, China : Frontiers in Earth Science, 2019, Vol. 7. doi: 10.3389.

Analysis slope stability based on physical properties in Cepoko Village, Indonesia. **Setyawan, Agus, Alina, Ana y Suprpto, Dwiyanto.** 2021. 1, Semarang, Indonesia : Cogent Engineering, 2021, Vol. 8. 1940637.

Braja, Das. 2012. *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. Santa Fe - Mexico : Cengage Learning Editores, S.A., 2012.

Carrero, Elisa. 2018. todosobretesis.com. *todosobretesis.com*. [En línea] 12 de junio de 2018. <https://todosobretesis.com/tecnicas-e-instrumentos-de-recoleccion-de-datos/>.

Carrion, Carlos. 2019. *Analisis y diseño de la estabilidad de talud en el sector Sausacocha - Pallar Km. 8+000 al 9+000 provincia de Sanchez Carrion, Departamento de la Libertad*, 2017. Chiclayo : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2019.

Cervera, Luis. 2020. *Introducción a la estabilidad de taludes. Caracterización geotécnica para taludes*. Madrid, España : Escuela Abierta de Desarrollo en Ingeniería y Construcción, S.L (EADIC), 2020.

Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach. **Quero, Milton.** 2010. 2010, Telos, págs. 248-252.

Diseño de investigación de corte transversal. **Rodríguez, Milena y Mendivelso, Fredy. 2018.** 2018, Revista Médica Sanitas, vol. 21, núm.3, págs. 141-146.

EL ANALISIS PROSPECTIVO: UN RETO TECNOLOGICO. **Castillo, José. 2018.** 2018, Alta Gestion Logistica, págs. 115-125.

EL protocolo de investigacion III: la poblacion de estudio. **Arias, Jesus y Villasis, Miguel. 2016.** 2, abril de 2016, Revista Alergia México, Vol. 63, págs. 201-206.

Estabilidad de Taludes: Conceptos Basicos, parametros de diseño y metodos de calculo. **Valiente, Ricardo, Sobrecases, Marti y Dias, Anibal. 2015.** 7, Lima : Revista CIVILIZATE, 2015, págs. 50-54.

Evaluacion de estabilidad en taludes del yacimiento Castellano mediante el calculo del factor de seguridad. **Vemba, Helder, Cartaya, Maday y Watson, Roberto. 2020.** 4, Moa, Cuba : Minería y Geología, octubre de 2020, Vol. 36, págs. 441-450. ISSN 1993 8012.

Evaluacion de la estabilidad de taludes rocosos a partir de nubes de puntos 3D obtenidas con un vehiculo aereo no tripulado. **Tomas, R., Riquelme, A. y Cano, M. 2020.** 55, Alicante, España : Revista de Teledeteccion, 24 de febrero de 2020, Vol. I, págs. 1-15. ISSN 1133-0953.

EVALUACION DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN TALUDES DE TERRAPLENES CARRETEROS ALTOS ANTE CARGA SISMICA. **Lavista, Milena, Alvarez, Jose y Chavez, Jorge. 2020.** 103, Nuevo Leon, Mexico : Revista de Ingenieria Sismica, 27 de abril de 2020, Vol. II, págs. 1-17. ISSN-e 2395-8251.

Gerscovich, Denise. 2015. *ESTABILIDAD DE TALUDES.* Bogota, Colombia : Lemoine Editores, 2015. ISBN 978-958-59035-0-0.

Harmsen, Teodoro. 2017. *Diseño de estructuras de concreto armado.* Lima : Fondo Editorial, Pontificia Universidad Catolica del Peru, 2017.

Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, Pilar. 2014. *Metodología de la investigación.* 6ta Edic. México : Mc Graw Hill, 2014.

Instituto Geologico y Minero de España. 1991. *Manual de Taludes*. Madrid : Instituto Geológico y Minero de España (IGME), 1991.

Jimenez, Salas. 2002. *GEOTECNIA Y CIMENTOS II*. Madrid : Editorial Rueda, 2002.

LA INVESTIGACION APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTIFICA. **Vargas, Zoila. 2009.** 1, San Pedro, Montes de Oca, Costa Rica : Revista Educacion, 2009, Vol. 33, págs. 155-165. ISSN: 0379-7082.

López, pedro y Fachelli, Sandra. 2015. *Metodologia de la investigacion social cuantitativa*. Barcelona : Universitat de Barcelona, 2015.

METODOS DE MUESTREO. **Salinas, Ana. 2014.** 2014, Ciencia UANL, págs. 121-123.

Metodos optimos para determinar validez de contenido. **Urrutia, Marcela y Barrios, Silvia. 2014.** 2014, Educacion medica superior, págs. 547-558.

Monte, Ignacio. 2020. *ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE ROCA MEDIANTE EL METODO DE ELEMENTOS FINITOS*. Santiago : Universidad de Concepcion, 2020.

MVCS. 2018. *CE.020 ESTABILIZACION DE SUELOS Y TALUDES*. Lima : Ministerio de Vienda, Construccion y Saneamiento, 2018.

Prado, Adan, Aguilar, Juan y Cruz, Rinath. 2020. *Analisis de estabilidad de talud de la carretera NIC.7 en el Km 176, municipio de Santo Tomas, del departamento de Chontales*. Managua : Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua, Managua, 2020.

Suarez, Jaime. 2009. *Deslizamientos, Analisis geotecnico*. Bucaramanga – Colombia : Publicaciones UIS, 2009.

Suarez, Ludger. 2016. *Analisis de estabilidad de taludes con aplicaciones en MATLAB*. Medellin : Independiente, por el autor, 2016.

TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS EN ENTORNOS VIRTUALES MAS USADAS EN LA INVESTIGACION CUALITATIVA. Orrellana, Dania y Sanchez, M^a. 2006. 1, Murcia, España : Asociacion Interuniversitaria de Investigacion, 2006, Revista de Investigacion Educativa, Vol. 24, págs. 205-222. ISSN: 0212-4068.

Torres, Lincoln. 2019. *Estabilidad de taludes para mejorar la trnasitabilidad y seguridad en los tramos críticos de la carretera Monteseco, distrito Catache.* Chiclayo : Universidad Cesar Vallejo, 2019.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable 1 TALUD	(Braja, 2012) Se entiende por talud a cualquier superficie inclinada respecto la horizontal que haya de adoptar permanentemente las estructuras de tierra. El talud constituye una estructura compleja de analizar debido a que en su estudio coinciden los problemas de mecánica de suelos y de mecánica de rocas, tomando en cuenta el papel geológico. Cuando un talud se produce de forma natural se le llama ladera y cuando se produce artificialmente se le llama cortes o taludes artificiales. Una superficie de terreno expuesta situada a un ángulo con la horizontal se llama talud o pendiente no restringida y puede ser natural o construido. Si la superficie del terreno no es horizontal, una componente de la gravedad ocasionara que el suelo se mueva hacia abajo. Si la componente de la gravedad es suficientemente grande ocurrirá la falla de talud, es decir, la masa de suelo en la zona se deslizará hacia abajo. La fuerza actuante vence a la fuerza de la resistencia al corte del suelo a lo largo de la superficie de ruptura	Los taludes pueden permanecer estables a lo largo de los años, sin embargo puede producirse fallas debido a cambios topográficos, sísmicos, flujos de agua subterránea, resistencia, meteorización entre otros	Estudios preliminares	Estudio de <u>mecánica</u> de suelo Estudio de flujo de agua <u>Topografía</u>	<u>m,m2</u>
			<u>Caraterización</u> de talud	a) tipo de Talud b) Dimensiones del talud c) Pendientes, <u>Lineas</u> de falla	a) natural, artificial b) <u>m,m2,m3</u> c) % , °
Variable 2 ESTABILIDAD DE TALUDES	(Cervera, 2020) Procedimiento mediante el cual se verifica la estabilidad de los taludes basado en la posibilidad de ocurrencia de los deslizamientos o movimientos de masa, estos son inducidos por los esfuerzos (tensiones de corte) o por la reducción de su resistencia. En el primer caso, se produce por sobrecargas en la corona y descarga en la base, vibraciones, etc. El segundo caso se refiere a factores más comunes para la reducción de la resistencia son: la meteorización, modificaciones estructurales y de nivel freático	Para el estudio de la estabilidad de los taludes es necesario identificar y caracterizar los distintos tipos de comportamiento, y clasificarlos adecuadamente. La clasificación clásica mayormente aceptada se basa en el mecanismo de rotura y propagación del movimiento. De acuerdo a criterios morfológicos, se diferencian los siguientes tipos de movimientos: deslizamiento, rotacional, local y traslacional	Tipos de falla	a) Falla por deslizamiento superficial b) Falla por deslizamiento rotacional	a) <u>m,m3</u> b) <u>m,m3</u>
			Factor de Seguridad	a) <u>Metodo</u> de <u>Fellenius</u> . b) <u>Metodo</u> de <u>Bishop</u>	a) <u>Qu/Qadm</u>
			<u>Metodos</u> de <u>estabilización</u>	a) Estructuras de <u>contencion</u> .	<u>und</u>

Anexo 2. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable dependiente				
En la actualidad el distrito de Chinchero que se encuentra en el Departamento de Cusco, viene cambiando su configuración vial, dada la construcción del nuevo aeropuerto internacional del Cusco, esto ha generado la apertura de nuevas carreteras de comunicación dada la intangibilidad de la zona aeroportuaria, junto con la apertura de la carretera se puede verificar la inestabilidad de taludes a lo largo de las nuevas vías, provocando deslizamientos y paralizaciones de tránsito. ¿De qué manera se podría controlar y mitigar los deslizamientos en los taludes de la carretera Huaypo Grande - Chinchero?	Determinar sistemas de sostenimiento en la carretera Huaypo Grande - Chinchero a partir de evaluación de factor de seguridad de los taludes en dicha carretera .	Una manera de controlar y mitigar los deslizamientos de los taludes en la carretera Huaypo Grande - Chinchero sería planteando sistemas de sostenimiento a partir de evaluación de factor de seguridad de los taludes en dicha carretera .	Sistemas de Sostenimiento	Factor de seguridad	Esfuerzos	Ensayos de laboratorio	Tipo de investigación Aplicado Enfoque de investigación Cuantitativo
Problemas Específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:	Variable Independiente				
Durante la construcción de las nuevas carreteras en el distrito de Chinchero, sin tener en cuenta las propiedades físicas de los suelos existentes, los contratistas han definido una geometría inadecuada en las taludes exponiendo la vía a los deslizamientos continuos. ¿Qué parámetros físicos son necesarios conocer para la definición de taludes en las carreteras?	Realiza ensayos de laboratorio para conocer las propiedades físicas básicas de los suelos para el análisis de la estabilidad de taludes.	Un estudio geotécnico básico para la estabilidad de taludes debería considerar los ensayos de clasificación de suelos, contenido de humedad y límites de atterberg.	Propiedad física de los suelos	Ensayos de laboratorio	Tipo de suelo, IP porcentaje de humedad. Índice de plasticidad Porcentaje de humedad	Ensayos de manual de carreteras	El diseño de la investigación cuasi experimental El nivel de la investigación: Cuasi experimental - transversal Población: Taludes de la carretera de Huaypo Grande Chinchero
Los taludes en determinados puntos críticos de la carretera presentan deslizamientos continuos, los cuales se producen dada la ineficiente condición mecánica de los suelos ¿Qué parámetros mecánicos de los suelos son fundamentales para el análisis de la estabilidad de los taludes en carreteras?	Determinar los parámetros mecánicos geotécnicos de los suelos para la estabilidad de los taludes	Mediante los ensayos de corte directo y Triaxiales sería posible conocer las propiedades mecánicas de los suelos fundamentales para el análisis de la estabilidad de taludes	Propiedad mecánica de los suelos	Ensayos corte directo y triaxial	Ángulo de fricción interna cohesión	Ensayo de materiales de manual de carreteras	Muestra: 04 Taludes de la carretera entre el km 0+640 a 0+900
Durante la concepción del proyecto de las nuevas carreteras en el distrito de Chinchero no se consideró métodos de la estabilidad de los taludes por lo cual los inminentes deslizamientos generan inseguridad vial a los usuarios de la carretera . ¿Qué metodologías de la estabilidad de taludes se puede considerar para las nuevas carreteras ?	Emplear el método del equilibrio límite para el análisis de la estabilidad de taludes	Una de las metodologías para la estabilidad de taludes sería la basada en principio del equilibrio libre	Método de análisis de estabilidad de taludes	Equilibrio límite	Superficie de ruptura	Método de análisis	Muestreo: No Probabilístico

Anexo 3. Certificados de laboratorio de ensayos



INFORME GEOTÉCNICO



PROYECTO:

“EVALUACION DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN TALUDES PARA LA DETERMINACION DEL SISTEMA DE SOSTENIMIENTO EN LA CARRETERA HUAYPO GRANDE - CHINCHERO - URUBAMBA - CUSCO”.

SOLICITA : WOLFRAN QUISPE HUAMAN.

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: CUSCO
PROVINCIA: URUBAMBA
DISTRITO: CHINCHERO
ENERO- 2022.


Ing. Emilio Alvarez Escobar
CIP N° 184003

Cusco: Urb. Tolo-Calle Perú X-15-Wanchaq - Cusco, Tlf.: (084) 242700, Cel. Claro: 984351790 89M F 939946495, RPO 987252150
Quillabamba: General Gamarra Nº 450, Quillabamba - Cusco, RPO: 987252150
Arequipa: Av. Tumburo Iste: 5- frente al grifo Petro Gas-Repool
www.Unitestperu.com, unitestperu@hotmail.com, unitestperu2@gmail.com

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1. El resumen de parámetros correspondientes al suelo de fundación, son los siguientes:

CAL	SUCS	Df (m)	Cohesión (Kpa)	γ (γ/m^3)	Φ (°)	Asiento Total (cm)	Q adm. (Kg/cm ²)	N.F (m)
01	GC	1.50	3.67	2.02	33.61°	0.281	1.66	NP
02	GC-GM	1.50	4.96	1.97	32.78°	0.302	1.66	NP

2. El terreno de fundación de la Calicata C-01, corresponde a un suelo granular, identificado como una **GRAVA LIMOSA CON ARENA GM**, según SUCS, que presenta una coloración marrón, material medianamente compactado con pared de calicata firme.
3. El terreno de fundación de la Calicata C-02, corresponde a un suelo granular, identificado como una **GRAVA ARCILLOSO-LIMOSA CON ARENA GC-GM**, según SUCS, que presenta una coloración marrón, material medianamente compactado con pared de calicata firme.
4. El nivel de fundación deberá ser de **-1.50m**, como mínimo con respecto al nivel de corte al pie de talud.
5. Los parámetros de diseño sísmico son:

PARAMETRO	MAGNITUD	DESCRIPCION
Zona	2	Mapa de Zonificación Sísmica
Factor de Zona	0.25g.	Tabla N° 1
Perfil de Suelo	Tipo S2	Suelos Intermedios
Parámetros del Suelo (Tabla N° 4)	$T_p = 0.60$ seg. $T_L = 2.00$ seg. $S = 1.20$	Periodo Predominante Factor de Amplificación del Suelo

6. Los resultados obtenidos en el presente estudio, así como las conclusiones y recomendaciones establecidas solo son válidos para la zona investigada y no garantiza a otros proyectos que lo tomen como referencia.
7. Es importante indicar que toda conclusión expuesta en relación a la cimentación es complementario con criterios estructurales que puedan definirse después de realizar el correspondiente análisis estructural del comportamiento de la edificación a proyectar, por lo que en esta etapa puede definirse otros conceptos que pudieran ser adoptados como válidos para cimentar.

Ing. Emiliano Alvarez Escobar
 INGENIERO EN GEOTECNIA Y VÍAS TERRESTRES
 CIP N° 184035

Anexo 4. Certificados de calibración de equipos de laboratorio



UNITEST-UNIVERSAL TESTING
LABORATORIO GEOTÉCNICO AUTOMATIZADO
LABORATORIO AUTOMATIZADO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES



PROYECTO: "EVALUACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN TALUDES BAJA LA DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE SOSTENIMIENTO EN LA CARRETERA HUAYPO GRANDE - CHICHICO - URUBAMBA - CUSCO".



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
 EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
 INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 03128 - 2021

PROFORMA : 5011A Fecha de emisión : 2021-04-08

SOLICITANTE : UNIVERSAL TESTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
 Dirección : CALLE PERU N° 13, WANCHAG, CUSCO, PERU

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA
 Tipo : ELECTRONICA
 Marca : OHAUS
 Modelo : N111P2
 N° de Serie : 8451493102
 Capacidad Máxima : 4100g
 Resolución : 0.01g
 Clase de Verificación : C1a
 Clase de Exactitud : 0
 Capacidad Mínima : 0g
 Procedencia : CHINA
 N° de País : Noruega
 Identificación : No indica
 Ubicación : LABORATORIO
 Variación de T Local : 2 °C
 Fecha de Calibración : 2021-03-24

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana NTC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración cumple con los requisitos de ISO 9001:2015, ISO 17025:2017 e internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN
 Instalaciones de UNIVERSAL TESTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

Con el fin de asegurar la calidad de las mediciones, se le recomienda al usuario seguir las instrucciones e instrucciones apropiadas.

METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesos patrones según procedimiento PC-011 Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase 1 y F. Cuarta Edición - Abril 2012. INMI - INDECOP.

Los resultados son válidos solamente para el fin acordado a calibrar, no deben ser utilizados como una indicación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, o de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lita Nilda Ramos Pizarro
 Gerente Técnico
 CIP: 8316

PGC-16-r08/ Diciembre 2018/Rev.04

Página : 1 de 3



Av. Condesa de Larrea N° 117
 San Miguel, Lima

011 242 8008
 011 988 801 800

informes@testcontrol.com.pe
 www.testcontrol.com.pe



Hoy Emilliano Alvarez Escobar
 Gerente de Operaciones
 CIP N° 184054

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 03129 - 2021

PROPONA : 100kg Fecha de emisión: 2021-09-29

SOLICITANTE : UNIVERSAL TESTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
Dirección : CAL PERUANZA, X LOTE 13 NRS. FID CUSCO-CUSCO WASHIAD

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN : BALANZA
Tipo : ELECTRÓNICA
Marca : SR
Modelo : JZR-30
N° de S/N : N113024

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado en el Sistema Técnico Peruano ISO/IEC 17025.

Método de Calibración:
 Se realizó la calibración de la balanza electrónica de pesaje mediante pesas patrón según el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la Calibración de Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático Clase B1 y B2". Primera Edición - Mayo 2019. DM - INACAL.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN
 La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrón según procedimiento PC-001 "Procedimiento para la Calibración de Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático Clase B1 y B2". Primera Edición - Mayo 2019. DM - INACAL.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.


Lc. Nicolás Ramos Pausar
 Gerente Técnico
 CFP: 6218

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

T0-00143-2021

Modelo : 201001 Fecha emisión : 02/04/2021 Lugar : Lima

1. **CLIENTE :** **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - UNIN**
DIRECCIÓN : **Av. Tarma 481, 15018 - Lima - Perú**

2. **INSTRUMENTOS MEDIDOS :** **INDICADOR**
 Marca : **DELTA** Capacidad/Marca : **2000-0.001g**
 Modelo : **SURF99** Método de Medida : **1000-0.1-0.01mg**
 Resolución : **0.0000001g** Precisión : **1000**
 Configuración : **00-00000** Material : **ALUMINIO**
 Referencia : **N/A**

3. **CONDICIONES DE CALIBRACIÓN :**
 Lugar : **Lima**
 Fecha : **02/04/2021**

4. **CONDICIONES DE USO :**
 Lugar : **Lima**
 Fecha : **02/04/2021**

5. **CONCLUSIONES :**

CONDICIONES	CONFORMIDAD	CONFORMIDAD
CONDICIONES DE CALIBRACIÓN	CONDICIONES DE CALIBRACIÓN	CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

6. **CONDICIONES AMBIENTALES:**

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	12.3 °C	12.3 °C
HUMEDAD RELATIVA	48.0 %	49.0 %

7. **OBSERVACIONES:**

Los resultados de las mediciones efectuadas en muestras en la página 02 del presente documento.
 La incertidumbre de la medición se determinó con un factor de cobertura k=2, para un nivel de confianza de 95%.
 Con fines de identificación se utilizó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.
 Verificar la indicación de cero del instrumento antes de cada medición.



Lic. Anselmo Ramos Pizarro
 Gerente Técnico
 CPF 9218



• J. Condessa de Lemos Nº117
 San Miguel, Lima

• 011 262 9536
 • 011 989 901 065

• informes@testcontrol.com.pe
 • www.testcontrol.com.pe

Ing. Gerardo Alvarez Escobar
 INGENIERO EN VÍAS TERRESTRES
 CIP Nº 184095

PROYECTO: "EVALUACION DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN TALUDES PARA LA DETERMINACION DEL SISTEMA DE SOSTENIMIENTO EN LA CARRETERA HUAYPO GRANDE - CHINCHERO - URUBAMBA - CUSCO".



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TS-0001-2024

CLIENTE : UPEL Servicio: Tipo :

DIRECCIÓN : UNITEST S.A.S.
 Dirección : Cárdenas N.º 1200, Santiago de Surco, Lima

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO : ESCALA DE PESOS
 Marca : Modelo : Capacidad :

OBJETIVO DE LA CALIBRACIÓN : Verificar el funcionamiento de la escala de pesos en las pesadas de laboratorio para la determinación de la capacidad de soporte de las muestras de suelo de tipo arcilloso.

CONDICIONES DE CALIBRACIÓN : Temperatura ambiente de 20 ± 2 °C, humedad relativa de 60 ± 5%.

CONDICIONES DE CALIBRACIÓN : Temperatura ambiente de 20 ± 2 °C, humedad relativa de 60 ± 5%.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	TOLERANCIA
Peso nominal	1000	kg	± 0,1
Peso real	1000,0	kg	± 0,1

TEST & CONTROL S.A.S. es la responsable de los resultados que podrá ser verificados de la calibración de la misma pertenencia de este laboratorio, de una efectiva adherencia de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lt. Nicolás Ramos Ponce
 Gerente Técnico
 C.F.P. N° 8218



Ing. Amilcar Alvarez Escobar
 INGENIERO EN SISTEMAS DE VÍAS TERRESTRES
 CIP: N° 164093