

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“FACTORES DE SEGURIDAD POR EL MÉTODO DE
DOVELAS PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN
LA CARRETERA COCHAS – INGENIO TRAMO
19+610 AL 20+424 KM, 2020”**

**PARA OPTAR: EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

PRESENTADO POR

Bach. ERICK FREDDY HURTADO FLORES

ASESOR: MSc. JULIO CÉSAR LLALLICO COLCA

Línea de Investigación: Nuevas tecnologías en procesos constructivos

Área de Investigación: Gestión de tecnologías en procesos constructivos

HUANCAYO, PERÚ

2023

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a mi esposa e hijos que han sido parte fundamental para desarrollar esta tesis, a mi familia quienes han sido apoyo en todo momento y han creído en mí.

Erick Freddy Hurtado Flores

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por darnos salud y sabiduría para salir siempre adelante.

A la Universidad Peruana los Andes y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por ser parte de nuestra formación profesional.

A los ingenieros Paul Mora Bonilla y Anthony Mora Bonilla, por sus conocimientos, experiencia, exigencia, asesoramiento y apoyo para realizar mi investigación.

Finalmente, a mis familiares y amigos quienes siempre estuvieron apoyándome en todo.



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

CONSTANCIA N° 366

Que, el (la) bachiller: Bachilleres, Bachiller, ERICK FREDDY, HURTADO FLORES, de la Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL, presentó la tesis denominada denominado: "FACTORES DE SEGURIDAD POR EL MÉTODO DE DOVELAS PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CARRETERA COCHASINGENIO TRAMO 19 + 610 AL 20+424 KM, 2020", la misma que cuenta con 130 Páginas, ha sido ingresada por el SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO obteniendo el 24% de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 28 de Noviembre del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DE JURADOS

DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA
DECANO

DR. SEVERO SIMEÓN CALDERÓN SAMANIEGO
JURADO

MSc. ALCIDES LUIS FABIAN BRAÑEZ
JURADO

ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA
JURADO

ING. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO DOCENTE

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	iii
HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DE JURADOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	15
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	17
1.1.- Planeamiento del Problema.....	17
1.2.- Delimitación del problema	18
1.2.1.- Delimitación espacial	18
1.2.2.- Delimitación temporal	19
1.2.3.- Delimitación conceptual.....	19
1.3.- Formulación de problema.....	19
1.3.1.- Problema general.....	19
1.3.2.- Problemas específicos.....	19
1.4. Justificación	20
1.4.1.- Justificación Práctica	20
1.4.2.- Justificación Teórica	20
1.4.3.- Justificación Metodológica	21
1.5.- Objetivos de investigación.....	21
1.5.1.- Objetivo general.....	21
1.5.2.- Objetivos específicos	21

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	22
2.1.- Antecedentes de la investigación	22
2.1.1.- Antecedentes internacionales.....	22
2.1.2.- Antecedentes nacionales.....	25
2.1.3.- Antecedentes locales.....	29
2.2.- Marco conceptual	32
2.2.1.- Factor de seguridad de métodos de dovelas.....	32
2.2.2.- Estabilidad de taludes.....	47
2.3.- Bases teóricas o científica.....	67
2.4. Hipótesis.....	68
2.4.1.- Hipótesis general	68
2.4.2.- Hipótesis específicas	68
2.5.- Variables.....	69
2.5.1. Definición conceptual.....	69
2.5.2. Definición operacional.....	69
2.5.3. Operacionalización de Variables.....	71
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	72
3.1.- Método de investigación.....	72
3.2.- Tipo de investigación.....	72
3.3.- Nivel de investigación.....	72
3.4.- Diseño de investigación.....	73
3.5.- Población y muestra de la investigación.....	73
3.5.1.- Población	73
3.5.2.- Muestra.....	73
3.6.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	74

3.6.1.- Técnicas de recolección de datos	74
3.6.2.- Instrumentos de recolección de datos	74
3.7.- Técnicas de procesamiento y análisis de datos	74
3.8.- Exploración de Campo	75
3.8.1.- Estado del tramo en Estudio	75
3.8.2.- Levantamiento Topográfico.....	77
3.8.3.- Calicatas	78
3.8.4.- Ensayos de Laboratorio	78
CAPITULO IV: RESULTADOS.....	80
4.1.- Resultados de trabajo de campo	80
4.2.- Calculo de factores de Seguridad.....	83
4.3.- Interpretación de los resultados con la dovela N° 15 por los diferentes Métodos	88
4.2.- Prueba de hipótesis general	92
4.3.- Prueba de hipótesis específicas	94
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	101
CONCLUSIONES.....	106
RECOMENDACIONES	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
ANEXOS	112
Anexo 1: Matriz de consistencia	113
Anexo 2: Estudios de suelos sobre corona del talud	114
Anexo 3: Estudios de suelos sobre pendiente o cuerpo del talud	119
Anexo 4: Estudios de suelos sobre pie del talud	124
Anexo 5: Ubicación Localización, Perfil del Talud y Levantamiento Topográfico	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	71
Tabla 2 Densidad del suelo.....	80
Tabla 3 Los parámetros de la resistencia al corte del suelo.....	81
Tabla 4 Resultados de factores de seguridad (FS)	86
Tabla 5 Fuerza de empuje entre las dovelas en la rebanada N° 15.....	90
Tabla 6 Fuerzas de corte entre dovelas en la rebanada N° 15	91
Tabla 7 Fuerza de corte o empuje en la base	91
Tabla 8 Cálculo del P-valor	93
Tabla 9 Coeficientes.....	93
Tabla 10 Cálculo del P-valor	95
Tabla 11 Coeficientes.....	95
Tabla 12 Cálculo del P-valor	97
Tabla 13 Coeficientes.....	97
Tabla 14 Cálculo del P-valor	99
Tabla 15 Coeficientes.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estado de fuerzas actuantes en una rebanada de terreno	32
Figura 2 Fuerzas que actúan sobre una dovela	34
Figura 3 Diagrama esquemático del análisis de estabilidad de taludes por el método de Ferrarius	38
Figura 4 Diagrama de fuerzas que actúan sobre el segmento ψ según el método de Fellenius.....	38
Figura 5 Método de Bishop para el análisis de estabilidad de taludes. (a) Un gráfico de fuerza que actúa sobre un fragmento. (b) Diagrama de fuerza de equilibrio para el párrafo η^{ma}	40
Figura 6 Representación esquemática del factor f_0 utilizado en el método de Janbu	42
Figura 7 Análisis de estabilidad de taludes mediante el método de Spencer.....	43
Figura 8 i -ésima rebanada de Morgenstern y Price.	45
Figura 9 Partes del talud y ladera	47
Figura 10 Falla por deslizamiento superficial	48
Figura 11 Falla local.....	49
Figura 12 Falla de pie.....	49
Figura 13 Falla de base.....	50
Figura 14 Falla por traslación.....	50
Figura 15 Falla por flujo.....	51
Figura 16 Dimensiones de movimiento de masa	51
Figura 17 Ángulo de desplazamiento	53
Figura 18 Dimensiones de movimiento de masa	54
Figura 19 Cambios en la geometría de la pendiente debido a la erosión.....	55

Figura 20 Talud sometido a lluvia	55
Figura 21 Fuerzas provocadas por sismos	56
Figura 22 Factores geológicos de falla de taludes	56
Figura 23 Sobre carga en la corona del talud	57
Figura 24 Talud sometido a lluvia	57
Figura 25 Excavación en el pie del talud.....	58
Figura 26 Métodos de cálculo para taludes.....	59
Figura 27 Superficie de falla y dirección de la resistencia al cortante	62
Figura 28 Formas de la superficie de falla	63
Figura 29 Superficie de falla y dirección de la resistencia al cortante	64
Figura 30 grietas longitudinales	75
Figura 31 grietas longitudinales 2	75
Figura 32 deslizamiento de talud	75
Figura 33 material deslizado	76
Figura 34 limpieza de plataforma	76
Figura 35 depósito de material.....	76
Figura 36 Raíces expuestas.....	77
Figura 37 Levantamiento Topografico en la zona de estudio.....	77
Figura 38 Excavacion de calicatas en la zona de estudio	78
Figura 39 Contenido de humedad y densidad de suelo	81
Figura 40 Cohesión efectiva y ángulo de fricción de suelo	82
Figura 41 Perfil longitudinal en estudio	82
Figura 42 Tipos de estratos encontrado.....	83
Figura 43 Método de la dovela aproximados “Bishop Simplificado “	84
Figura 44 Método de la dovela aproximados “Ordinario Fellenius “	84

Figura 45 Método de la dovela aproximados “Jambu”	85
Figura 46 Método de la dovela aproximados “Spencer”	85
Figura 47 Método de la dovela aproximados “Morgenstern & Price”	86
Figura 48 Resultados de factor de seguridad (FS).....	87
Figura 49 Bishop Simplificado.....	88
Figura 50 Ordinario Fellenius	88
Figura 51 Jambu Simplificado	89
Figura 52 SPENCER.....	89
Figura 53 Morgenstern & Price	90

RESUMEN

En la presente investigación se utilizarán el método de dovelas para la estabilidad de taludes. Estos métodos nos brindaran la obtención del factor de seguridad y analizar si el talud es estable o inestable. asimismo, para entender los problemas de estabilidad de talud se evaluarán los resultados obtenidos del factor de seguridad por cada método.

El objetivo general del proyecto de tesis “Determinar los resultados de los factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera Cochabamba – Ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020”

El enfoque de la investigación es cuantitativo y de alcance explicativo. El diseño empleado es el experimental y de tipo cuasiexperimental. Para la investigación se utilizará la ficha de observación y el análisis documental para poder realizar el levantamiento de información en campo en función a la muestra el cual estará conformada por los taludes del Tramo km 19+610 al km 20+424.

Se concluye que la evaluación de resultados del factor de seguridad hallados mediante los métodos de dovelas, permitirá aclarar si el talud es estable o inestable y establecer un método adecuado para su estabilidad.

Palabras clave: Estabilidad de taludes, métodos de dovelas, factor de seguridad

ABSTRACT

In the present investigation, the voussoir method will be used for slope stability. These methods will allow us to obtain the safety factor and will analyze whether the slope is stable or unstable. As, to understand the problems of slope stability, the results obtained from the safety factor will be evaluated by each method.

The general objective of the thesis project "Determine the results of the safety factors by the voussoir method for the stability of slopes on the Cochabamba - Ingenio highway section 19 + 610 to 20 + 424 km, 2020"

The research approach is quantitative and explanatory in scope. The design used is experimental and quasi-experimental. For the investigation, the observation sheet and the documentary analysis were carried out in order to carry out the information gathering in the field based on the sample, which will be made up of the slopes of the Section km 19+610 to km 20+424.

It is concluded that the evaluation of the safety factor results found by means of the voussoir methods will allow clarifying whether the slope is stable or unstable and establishing an adequate method for its stability

Keywords: Slope stability, segment methods, safety factor

INTRODUCCIÓN

La presente tesis, titulada “factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera Cochas – Ingenio tramo 19+610 AL 20+424 KM, 2020”, tuvo como objetivo determinar la influencia de los factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera Cochas – Ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020. La estabilidad de un talud depende de factores geométricos, como la altura y la inclinación, factores geológicos, etc. los cuales determinan factores que pueden determinar la destrucción del suelo en una determinada superficie, permitiendo así el movimiento de la masa contenida en la superficie, por tanto el factor de seguridad expresa la relación entre la resistencia del suelo y las fuerzas desestabilizadoras, si el valor de FS mayor que 1 indica estabilidad y menor que 1 indica inestabilidad.

En la tesis se desarrollan los siguientes capítulos: En el Capítulo I, se desarrolla el planteamiento del problema donde se describe la descripción de la realidad problemática, delimitación del problema, formulación del problema, justificación y objetivos de la investigación.

En el capítulo II, se desarrolla el marco teórico estableciendo los antecedentes del caso, las bases teóricas, marco conceptual, definición de términos, la hipótesis y variables.

En el capítulo III, se desarrolla los aspectos metodológicos de la investigación: métodos de investigación, diseño, tipo y nivel de investigación; población y muestra; técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamientos de datos y aspectos éticos de la investigación.

En el capítulo IV, se desarrolla los resultados de la investigación.

En el capítulo V, se desarrolla la discusión de resultados obtenido de la tesis.

En el capítulo VI, se desarrolla la referencia bibliográfica y los anexos.

El autor.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1.- Planeamiento del Problema

Los deslizamientos de tierra en la carretera es uno de los factores que causan daños, devastan poblaciones, retrasan el transporte, ocasionan víctimas y destruyen infraestructura vial por cuantiosas cantidades de dinero y motivan problemas sociales cada año, según el Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), entre enero de 2021 y diciembre de 2021 se registraron un total de 203 derrumbes en todo el país. Estos deslizamientos se atribuyen a muchos factores, tales como: las características del suelo, su topografía, los factores hidrológicos de la zona, los movimientos sísmicos, etc. pero si estos problemas de deslizamiento de tierra se descubren a tiempo y se toman medidas preventivas o de control, la mayoría de estas pérdidas pueden evitarse,

Para calcular la estabilidad del talud resistencia depende de la tensión normal, por lo que es necesario calcular la tensión normal efectiva a lo largo de la superficie de falla. Por tanto no existe una solución estandarizada y estricta para el cálculo del factor de seguridad y esfuerzos normales, pero existe el método de dovelas, que propone diferentes procedimientos de cálculo para la obtención del factor de seguridad, los cuales están basados en el análisis estático de la superficie de rotura del terreno del tipo circular o rebanadas verticales, Estos valores nos permiten determinar la estabilidad del talud, estos valores tienden a ser los más aproximados a la realidad. (Suarez, 2009)

En un estudio realizado por Sanhueza & Rodriguez (2013) (Sanhueza & Rodriguez, 2013) en Colombia sobre el “Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales”, aplicaron tres métodos

de cálculo los cuales proporcionaron diferentes valores de factor de seguridad (FS) en condiciones estáticas, siendo los modelos comparados en función a la variación porcentual, obteniéndose los siguientes resultados: (Fellenius / Bishop) D + 9%, (Bishop / Jambú) D - 11% y (Jambú / Fellenius) D - 3%, de lo anterior se puede determinar que la diferencia entre los resultados de Fellenius y Jambú es la más pequeña, mientras que la diferencia entre Bishop y Jambú es la más grande, esto se puede explicar aunque se basan en supuestos diferentes (Jambú es el único uno que considera el equilibrio de fuerzas), que Fellenius y Bishop consideran menos simplificación de cálculo al resolver el problema, por tanto demostraron que la comparación de resultados obtenidos por diferentes métodos es imperante evaluarlos en función a ciertas características presentadas en un determinado territorio y de esta manera elegir el método más adecuado para la estabilidad del talud.

Por lo tanto, el propósito de la investigación fue obtener los resultados de los cálculos de los factores de seguridad de los taludes estudiados, con el fin de comprender el análisis de estabilidad y estimar la probabilidad de que estas fallas provoquen deslizamientos de la masa de suelo en la que se encuentran formado, y también para realizar un estudio comparativo de los resultados de diferentes métodos, permitiendo así que los futuros ingenieros civiles sepan cuál de estos métodos es el mejor, o bajo qué circunstancias utilizar cada método.

1.2.- Delimitación del problema

1.2.1.- Delimitación espacial

La investigación se desarrollará en la carretera Cochas – Ingenio, en el Km 19+610 al Km 20+424.

1.2.2.- Delimitación temporal

Esta investigación recopilará, analizará y comparará la información relacionado factores de seguridad de los métodos de dovelas, a partir de la aprobación del plan de tesis a 6 meses adelante, por considerar ser un periodo que permitirá establecer los objetivos planteados.

1.2.3.- Delimitación conceptual

La investigación comprende los aspectos teóricos y conceptuales referentes a las dos variables de estudio, siendo estas: factores de seguridad de métodos de dovelas y estabilidad de taludes.

1.3.- Formulación de problema

1.3.1.- Problema general

¿Cuáles son los factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera Cochas – ¿Ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020?

1.3.2.- Problemas específicos

- ¿Qué diferencias existen en los factores de seguridad entre los métodos aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera cochas – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020?
- ¿Qué diferencias existen en los factores de seguridad entre los métodos precisos para la estabilidad de taludes en la carretera cochas – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020?
- ¿Qué diferencias existen en los factores de seguridad entre métodos precisos y aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera cochas – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020?

1.4. Justificación

1.4.1.- Justificación Práctica

En la mayoría de los proyectos de construcción de taludes, los problemas de estabilidad se realizan mediante el análisis y cálculo del factor de seguridad haciendo uso de diferentes métodos, pero dependiendo de las condiciones del talud, estos métodos producirán resultados con errores más o menos significativos. Considerando la diversidad de tipo de falla existente en los taludes, no existe un método universal utilizado en todos los tipos de fallas, principalmente porque no existe un método práctico para calcular la fuerza interna en el punto de masa del terreno basado en la carga externa que actúa. Por tanto, la investigación busca comparar resultados del factor de seguridad de los diferentes métodos de dovelas que permitan analizar una determinada falla y relacionarlo a un método específico de solución, permitiendo de esta manera establecer un método constructivo adecuado.

1.4.2.- Justificación Teórica

La investigación aportará al desarrollo del conocimiento sobre el cálculo del factor de seguridad por métodos de dovelas para la consistencia de taludes, que una vez investigado y demostrado la hipótesis, permitirá la ampliación y mejoramiento del conocimiento sobre el uso y análisis de estos diferentes métodos de cálculo, los cuales deben ser utilizados en función al tipo de falla y método constructivo que se debe realizar para un determinado talud.

1.4.3.- Justificación Metodológica

En el desarrollo de la investigación se utilizará estrategias, métodos e instrumentos elaborados por el investigador los cuales serán validados por expertos, para luego ser utilizados para la toma de datos en el campo, e inmediatamente ser procesados y permitan comprobar nuestra hipótesis. Lugo de la experiencia logra en su aplicación en la investigación se propondrá su utilización en futuras investigaciones.

1.5.- Objetivos de investigación

1.5.1.- Objetivo general

Determinar los factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera Cochabamba – Ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.

1.5.2.- Objetivos específicos

- Precisar los factores de seguridad entre los métodos aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera Cochabamba – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.
- Especificar los factores de seguridad entre los métodos precisos para la estabilidad de taludes en la carretera Cochabamba – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.
- Detallar los factores de seguridad entre métodos precisos y aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera Cochabamba – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1.- Antecedentes de la investigación

2.1.1.- Antecedentes internacionales

(Poveda, y otros, 2020) en su investigación titulado "Análisis comparativo de los métodos utilizados para el cálculo del factor de seguridad del talud ubicado en el sector portal de la Martinica de la Ciudad de Ibagué", presentado en la Universidad. Tuvo como objetivo general la comparación y análisis de métodos de cálculo del factor de seguridad de taludes en el Puerto de Ibagué - Martinica. Su investigación fue descriptiva. Llego al siguiente resultado: Al comparar directamente los resultados obtenidos por el método manual con los resultados obtenidos por el software SLIDE, se puede determinar que la diferencia entre el método Fellenius (manual) y Fellenius (software) es de 0.67%, así mismo difiere entre 0.67% y 4,68% Fellenius (manual) en comparación con los resultados del software. En comparación con los resultados dados por el software, la diferencia de Bishop (manual) simplificado estuvo entre 8% y 14,19%, mientras que la diferencia de Janbú simplificado estuvo entre 5,43% y 11,49%. Es importante notar que al comparar los métodos Fellenius (manual y software) directamente, el valor manual fue 0.299 y el software fue 0.297, dando un cambio porcentual de 0.67%, que es el método con el cambio porcentual más pequeño. Así mismo llego a la siguiente conclusión: El cálculo del factor de seguridad adopta métodos de equilibrio límite como Fellenius, Bishop simplificado y Janbú simplificado, y métodos de ábaco como Janbú, Hoek y Bray, y analiza la pendiente en el estado inicial para obtener el factor de seguridad, este tiene un alto riesgo de falla porque el resultado es menor que 1.

(Delgado, 2018) en su investigación titulado "Estudio de estabilización de taludes en el Barrio La Merced Baja - Cantón Huaranda", presentado en la Universidad Central de Ecuador. Tuvo como objetivo general la comprobación de la estabilidad del suelo en la comunidad La Merced Baja en Guaranda. Su investigación fue aplicada. Llego al siguiente resultado: En este caso, se analizará qué ocurre con la estabilidad de taludes del sector cuando se suma el coeficiente freático medio ($R_u = 0,6$) al peso muerto y la actividad sísmica. Observe que el factor de seguridad es cercano a 1, lo que significa que las pendientes en los perfiles A, B (izquierda) estarán en equilibrio límite. En las secciones C y B (derecha), el factor de seguridad es menor a 1 y el suelo es inestable. Así mismo llego a la siguiente conclusión: Loma San Jacinto se asienta en el basamento de lavas andesíticas pertenecientes a la Unidad Macuchi, las cuales están alineadas NW-SE, estas rocas verdes se caracterizan por amígdalas rellenas de cuarzo, clorita. Su matriz criptocristalina de vidrio volcánico, plagioclasa y anfíbol rodea fenocristales de plagioclasa, piroxeno y una pequeña cantidad de anfíbol. Las discontinuidades existentes en las rocas se concentran en las direcciones NE, NW y SW, produciendo principalmente fallas en forma de cuña. Geomecánicamente son rocas de calidad media (Clase IV), propensas a la alteración, oxidación y por ser arcillosas.

(Rojas, 2016) en su investigación titulado "El cálculo del factor de seguridad como elemento principal para el diseño de obras de estabilización de taludes en la vía Latacunga – La Maná sector Cruz Blanca", presentado en la Universidad Técnica de Ámbato. Tuvo como objetivo general el cálculo de factores críticos de seguridad en el diseño de ingeniería del reforzamiento de taludes de la

carretera Latacunga-La Mana en el distrito de Cruz Blanca. Su investigación fue aplicada. Llego al siguiente resultado: Mediante los estudios Geotécnicos que comprende la Zonificación geológica-geotécnica, Ensayos de Mecánica de suelos, Ensayos de Geofísica, Análisis de estabilidad, se afirma que el Factor de Seguridad sirve para el diseño de Sistemas de Estabilización de Taludes descritos es de vital importancia para evitar los deslizamientos provocados por varios factores y mejorar el mantenimiento de la vía Latacunga – La Maná. Así mismo llego a la siguiente conclusión: En el modelo aplicable para la estabilidad de taludes, para obtener una mayor precisión de los resultados entre el modelo aproximado y el modelo de solución, se debe preferir el método exacto, es decir, aplicar la solución de Morgenstern & Price con un factor de seguridad de 1,904.

(Rodríguez, y otros, 2016) en su investigación titulado "Evaluación de estabilidad de talud en carretera de Cacaopera-corinto, tramos 1+450 y 1+690", presentado en la Universidad. Tuvo como objetivo general es la evaluación Geotécnica de Estabilidad de Taludes de los Tramos 1+450 y 1+690 de la Autopista Cacaopera-Corinto. Su investigación fue aplicada. Llego al siguiente resultado: El cálculo del factor de seguridad inicial se determina utilizando la hoja de cálculo de Ferronius y Bishop, la cual consiste en realizar una serie de cortes para obtener un número determinado de superficies imperfectas y a partir de ello, se determina el factor mínimo de seguridad del sistema, considerando únicamente la carga gravitacional. Los parámetros se determinan en función de los resultados obtenidos de las pruebas en la habitación y los datos in situ de estudios topográficos anteriores. Así mismo llego a la siguiente conclusión: Los valores más débiles del factor de seguridad se deben a que la humedad del

suelo está cerca de la saturación y afecta la resistencia al corte del suelo, ya que estos materiales tienen una fuerza adhesiva importante debido a la acción capilar. Riego en condiciones normales de humedad. La cohesión aparente tiende a desaparecer cuando el espacio entre las partículas del suelo se llena de agua, es decir, cuando el suelo se satura con un exceso de agua.

(Kerguelen, 2009) en su investigación titulado "Análisis probabilístico de estabilidad de taludes", presentado en la Universidad de Los Andes. Tuvo como objetivo general determinar y evaluar los resultados del análisis estadístico de estabilidad de taludes. Su investigación fue aplicada. Llego al siguiente resultado: 1977 Pitot 10 -1982 Meyerhof 1-0.001, 1983 Priest 0.3-20, 1988 Hunts 15-30, 1991 Hook 10-15, 1991 Genske 0.1-1, 1993 Sandroni 2, 1995 Whittlestone 0.5. Por lo tanto, los métodos utilizados para determinar el margen de seguridad tienen un valor de hasta 0,3%, en EE. UU. se reportaron casos de 3,9%. Así mismo llego a la siguiente conclusión: el método probabilístico para el análisis de estabilidad de taludes da como resultado una información más completa y realista sobre la seguridad de la estructura.

2.1.2.- Antecedentes nacionales

(Ardiles & Ahumada, 2018) en su investigación titulado "Estudio de factor de seguridad y caracterización geotécnica para la estabilidad del talud minado en Concesión Sojo Piura, 2017", presentado en la Universidad Privada del Norte. Tuvo como objetivo general el estudio de factor de seguridad y caracterización Geotécnica para determinar la estabilidad de taludes en la Concesión Piura Sojo 2017. Su investigación fue experimental. Llego al siguiente resultado: El análisis

de estabilidad se realizó mediante el programa informático Slide versión 6.0 del paquete informático Rocscience, en base a las propiedades del material, la configuración de taludes del perfil de análisis y la ubicación del nivel freático, lo que permitió determinar el estado de equilibrio límite y tienen el análisis de cualquier especificado por diferentes métodos de análisis capacidad para tipificar fallas, se utiliza el método de Spencer porque tiene en cuenta las fuerzas normales y cortantes entre elementos que satisfacen los equilibrios de fuerzas y momentos, mientras que los métodos simplificados de Bishop y Janbú no utilizan estas consideraciones. Así mismo llego a la siguiente conclusión: Los resultados del análisis de estabilidad muestran que, bajo la condición de gravedad y fuerza estática, el factor de seguridad de daño profundo de la cantera del proyecto Sojo 03 cumple con el estándar establecido (factor de seguridad es mayor o igual a 1.5).

(Silva, 2018) en su investigación titulado "Análisis comparativo de estabilidad de talud y propuesta de solución con muros anclados en la Carretera Las Pirias-Cajamarca, 2018", presentado en la Universidad César Vallejo. Tuvo como objetivo general la determinación de la Influencia de los Muros de Anclaje en la Estabilidad de Taludes de la Autopista Las Pirias-Cajamarca, 2018. Su investigación fue cuasiexperimental. Llego al siguiente resultado: Se realiza análisis de estabilidad en la progresivo km 15+280, y se concluye que la zona de estudio es inestable por el bajo factor de seguridad, y es propensa a deslizamientos, utilizar soportes de barras de refuerzo para mantener estable el terreno. Así mismo llego a la siguiente conclusión: El análisis de estabilidad de taludes de la vía expresa Pirias-Cajamarca adopta el programa plaxis 8.2,

pertenece al método de elementos finitos, que incide en el cálculo de estabilidad de taludes, y obtiene un factor de seguridad de 0.90 y un deslizamiento de 15.46×10^3 , por lo que el área de estudio es inestable, y el método anterior. Nuevamente, se implementa refuerzo de anclaje, es decir, F_s es 1.43 y el desplazamiento es $480 \times 10^{-3} m$, lo que significa que el área de estudio es estable.

(Rodrigo, 2017) en su investigación titulado "Análisis de estabilidad de taludes en la carretera Lajas – Ajipampa", presentado en la Universidad Nacional de Cajamarca. Tuvo como objetivo general fue el análisis de la Estabilidad del Talud de la Autopista Lajas-Ajipampa. Su investigación fue descriptiva y explicativa no experimental. Llego al siguiente resultado: Mediante las pruebas y el cálculo del factor de seguridad, se ha comprobado que la estabilidad de taludes de la Autopista Lajas-Ajipampa está limitada por las características de los factores geométricos (pendiente alta, pendiente corta); En términos de geología, las calizas y lutitas de las formaciones Pariatambo, Puluicana, Kilkinyan-Muharrun y Cajamarca se encuentran bastante fragmentadas, con gran cantidad de sedimentos cuaternarios de ríos, aluviones y ríos, y a su vez por factores geomecánicos, material frágil. prevalece sobre el plástico, provocando inestabilidad de taludes. Así mismo llego a la siguiente conclusión: El factor de seguridad del talud del macizo rocoso bajo el estado saturado y el estado de actividad sísmica es mayor a 1.086, pero la estación No. 06 es inestable, $FS=0.080$, los taludes del suelo y los bloques de roca con $FS < 0.988$ son inestables; para el muro de gravedad, $FS=1.570$, Para muros de gaviones, $FS=0.716$.

(Alave, 2017) en su investigación titulado "Propuesta de estabilización de taludes empleando el método de dovelas en la Carretera Lampa – Caracara de la Región Puno", presentado en la Universidad. Su investigación fue aplicada. Llego al siguiente resultado: La estabilización de deslizamientos de tierra activos o potencialmente inestables es una tarea relativamente compleja que requiere técnicas especiales de diseño y construcción. Cada sistema tiene su propia fundamentación teórica y proceso de construcción. En este capítulo se describen algunos de los sistemas de reparación que se utilizan en todo el mundo. La resolución de cualquier problema requiere un análisis conceptual e identificación de la causa y mecanismo del problema, así como un diseño detallado basado en el factor de seguridad calculado, que es un factor importante. Así mismo llego a la siguiente conclusión: El método de dovelas-Fellenius para el análisis de estabilidad de taludes es un método ampliamente utilizado que equilibra las fuerzas que actúan sobre cada dovela para hacer que el problema sea estáticamente determinista. Proporciona el FS más seguro y confiable para pequeños bultos y cuevas redondas.

(Tardeo, y otros, 2016) en su investigación titulado "Análisis dinámico de estabilidad de taludes por elementos finitos en la zona de Huayllapampa del distrito de Cuenca Huancavelica", presentado en la Universidad Nacional de Huancavelica. Tuvo como objetivo general el factor de seguridad de taludes mediante análisis dinámico de elementos finitos en la zona de Huillapampa en la Cuenca-Distrito de Huancavelica 2016. Su investigación fue aplicada. Llego al siguiente resultado: Partiendo del supuesto de que la pendiente es inestable si su FS es menor que 1, la Tabla 1 nos muestra que la pendiente está en la región de

Wailapampa, los métodos usuales de Spencer y Jambu advierten de un área inestable mayor 1 con un factor menor que el factor de seguridad. Del mismo modo, llego a la siguiente conclusión: del análisis estático, la región de Wylapamp es inestable porque su FS <1. Porque el estándar E-050 dice que si FS es menor que 1 es inestable.

2.1.3.- Antecedentes locales

(Condezo, 2019) en su investigación titulado "Análisis de estabilidad de taludes, empleando métodos aproximados de dovelas, en depósito de desmonte de Mina Excelsior Pasco", presentado en la Universidad Peruana Los Andes. Tuvo como objetivo general fue la evaluación de los resultados de un análisis de estabilidad de taludes en el patio de desechos de la mina Excelsior Pasco utilizando un método de aproximación, su investigación fue aplicada. Llego al siguiente resultado: Para obtener un cálculo cuidadoso de los factores de seguridad y, por lo tanto, para evaluar el análisis de la estabilidad de la tendencia por diferentes métodos, dos datos muy importantes, los parámetros de voltaje específicos son obligatorios: el modelo de presentación de la esquina de fricción y la fuerza y actualmente, necesarios para los parámetros del programa de pendiente utilizado en el análisis dinámico, que se puede decir que la pendiente en la zona 1 es estable cuando el resultado del resultado es mayor que 1.25, pero en las regiones 2 y 3 antes de que las fuerzas sísmicas no tengan estabilidad. Nuevamente, según los casos propuestos: los resultados de un análisis de la estabilidad inclinada no se aceptan utilizando el método Developas en el RUDA estéril de Excelsior-Pasco, más de 1.5 para el análisis estático. Y más de 1.25 para el análisis sísmico. Obtenga un valor inferior a 1,25 en el análisis sísmico. Así mismo llego a la siguiente conclusión: En

los residuos de la mina Excelsior Pasco, los resultados del análisis de estabilidad de taludes superaron aproximadamente 1,5 para el análisis estático y 1,25 para el análisis sísmico. En la sección S1, después del análisis estático y sísmico, el talud es estable, además de cumplir con los requisitos mínimos de la CE 020, en la sección S2, después del análisis estático, la pendiente es estable de acuerdo con los requisitos de la CE 020. valor mínimo, pero según los resultados de tres métodos de análisis sísmico, el talud es inestable porque no cumple con el factor de seguridad mínimo de 1,25 exigido por la norma CE 020. Zona S3, en clasificación Para análisis sísmico, el método simplificado de Bishop es estable, mientras que los métodos de Janbu y Fellenius no son estables.

(Torres, 2017) en su investigación titulado "Estabilización de taludes para el mantenimiento de la carretera "Huancayo - El Tambo - San Agustín de Cajas - Hualhuas - Saños - Quilcas - San Jerónimo de Tunan - Ingenio, provincia de Huancayo - Junín 2016", presentado en la Universidad. Tuvo como objetivo general analizó el impacto de un complejo sistema de estabilización de taludes en la longevidad del sendero público de la ruta turística Catalina-Wanca. Su investigación fue aplicada. Llegó a los siguientes resultados: los resultados de la encuesta muestran que el 71,429 % de las personas piensa que la estabilidad de la pendiente casi siempre se considera en el mantenimiento vial, el 21,429 % cree que la estabilidad de la pendiente a veces se considera en el mantenimiento vial y solo el 7,1429 % dijo que la pendiente es siempre considerada para el mantenimiento de las carreteras. mantener la estabilidad de la pendiente del camino. Además llegó a la siguiente conclusión: la estabilización de taludes incrementa el ciclo de mantenimiento de la vía 'Huancayo-El Tambo-San Agustín

de Cajas-Halhuas-Saños-Quilcas-San Jerónimo de Tunan-Ingenio, provincia de Huancayo-Junín. ".

(De La Cruz, y otros, 2013) en su investigación titulado "Sistemas de estabilización al deslizamiento de taludes en la Carretera Cochabamba-San Agustín de Cajas . Ingenio tramo km 19+610 al km 20+424, Huancayo", presentado en la Universidad. Tuvo como objetivo fue identificar los factores que provocan los deslizamientos en la carretera Cochabamba-San Agustín de Cajas-Ingenio, Km 19+61 al Km 20+424, tramo Huancayo y proponer un sistema de estabilización adecuado. Su investigación fue aplicada. Llego al siguiente resultado: Luego de un análisis de estabilidad de los sistemas y comparación con los criterios de selección del análisis, se determinó que para los taludes estudiados todos los sistemas eran adecuados, pero los factores económicos siempre fueron el criterio de decisión para determinar las alternativas más adecuadas. por lo general, tanto en una sociedad como en el campo de estudio es limitado. Considerando que el método más costoso no siempre es el más factible, pero no se pasa por alto la parte técnica. Así mismo llego a la siguiente conclusión: Luego de un análisis de estabilidad del sistema y comparación con los criterios de selección del análisis, se determinó que para los taludes estudiados todos los sistemas eran aplicables, pero siempre los factores económicos fueron el criterio de decisión para determinar la alternativa más adecuada. son por lo general en una sociedad, así como en el campo de estudio es limitado. Considerando que el método más costoso no siempre es el más factible, pero no se pasa por alto la parte técnica.

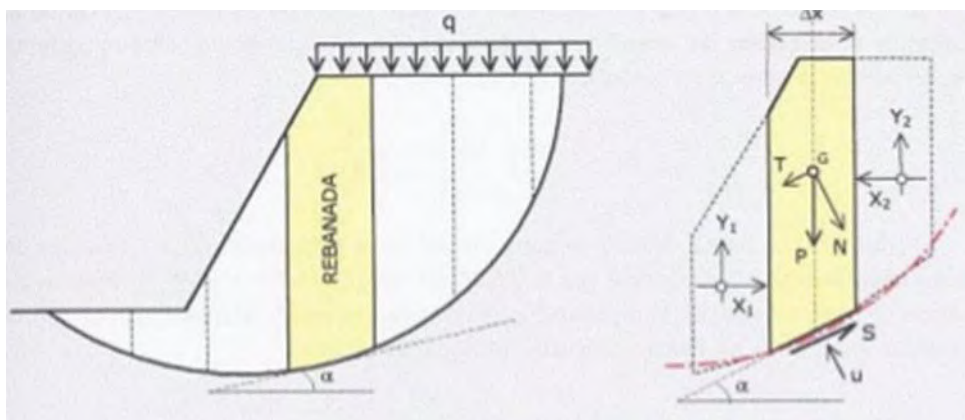
2.2.- Marco conceptual

2.2.1.- Factor de seguridad de métodos de dovelas

Para (Belandrya, 2015) es un método que asume una superficie de falla circular, para lo cual divide el área de falla en cortes verticales, la cual permite obtener la fuerza actuante y la fuerza resultante de cada corte y mediante una sumatoria de ambas fuerzas se obtiene el factor de seguridad.

Así mismo (IGME, 2006) describe que este método se supone que las fuerzas que actúan sobre las cras de cualquier dovela tienen una resultante nula en dirección normal al arco de deslizamiento para esa dovela, permitiendo establecer las fuerzas que se ejercen en ella y de esta manera poder calcularlo y establecer matemáticamente su factor de seguridad.

Figura 1
Estado de fuerzas actuantes en una rebanada de terreno



Fuente: (IGME, 2006)

A.- Características

Este método solo satisface el equilibrio de momento pero no el equilibrio de fuerza:

- El primer método aceptado ampliamente.

- Ignore la fuerza entre los segmentos para que el problema se determine estáticamente.
- Considere el peso (W) y la presión de poro (u).
- El más simple y conservador de todos los métodos de segmentación, que proporciona el nivel más bajo de seguridad.
- Solo apto para superficie redonda.
- El momento de estabilización es creado por la resistencia al corte de la superficie de fractura.
- El momento destructivo es generado por el peso del suelo incluido el peso del agua.

La fuerza que actúa sobre el dobel es:

- a. El peso o la gravedad se pueden dividir en una fuerza tangencial a la superficie fracturada y una fuerza normal.
- b. Fuerzas cohesivas y de fricción en contacto con la superficie de fractura.
- c. Ferenius no considera la presión de la tierra y las fuerzas de corte en los muros entre las dovelas, pero se consideran en otros métodos de análisis más detallados.
- d. Calculando el momento en el centro del círculo da la siguiente expresión:

$$F.S. = \frac{\sum [C' \Delta l + (W \cos \alpha - u \Delta l \cos^2 \alpha) \tan \phi']}{\sum W \sin \alpha}$$

Donde:

α = ángulo entre el radio del círculo de falla y la vertical debajo del centroide de cada sección.

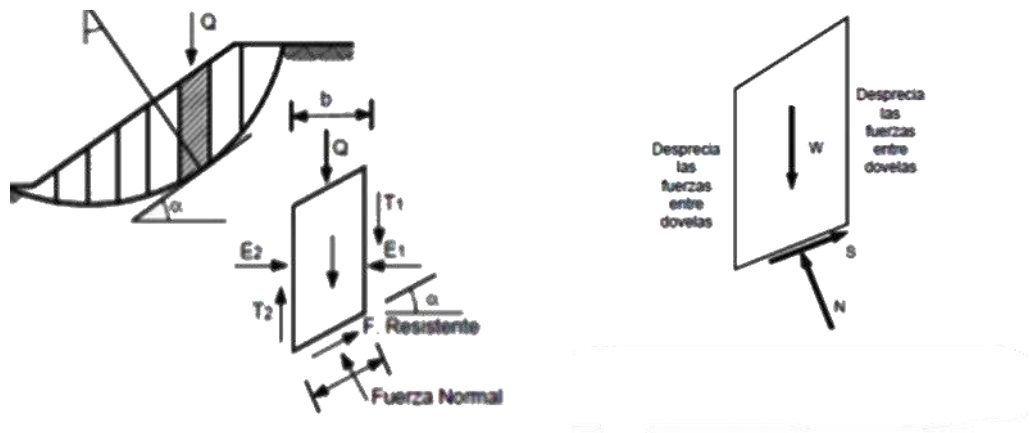
W = peso total de cada rebanada.

$u = \text{Presión intersticial} = \gamma_w \gamma_w h_w h_w$

$b = \text{Ancho de la tajada}$

$C', \varphi = \text{Parámetros de resistencia del suelo.}$

Figura 2
Fuerzas que actúan sobre una dovela



Fuente: (IGME, 2006)

Equilibrio de una dovela.

Equilibrio de fuerzas.- Independientemente de la forma y consideración de la superficie de falla, el equilibrio de la dovela se establece de la siguiente manera:

- Análisis bidimensional: El problema de idealización es uno de los problemas de deformación plana. Dado que la longitud L es mucho mayor que el tamaño de la sección transversal, el análisis de la sección transversal no tiene en cuenta los efectos de los factores que aumentan la deformación, es decir tiene las mismas propiedades que cualquiera en toda la longitud L , sección transversal nace en él, por lo que obtienes el mismo resultado.
- Superficie de falla.- Cuando el suelo se mueve, se mueve en un plano que define la falla. En el modelo de evaluación de firmeza de taludes, esta

situación está representada por una geometría más cercana a la cualidad del talud.

- Movimiento de la masa terrestre en forma de cuerpo sólido. - Considerando que el cuerpo de la masa se mueve sobre el espacio fallido del cuerpo sólido, la deformación o cambio de volumen del cuerpo de suelo no se considera cuando ocurre la falla.
- Uniformidad de las propiedades del suelo. - Esta simplificación tiene en cuenta el hecho de que las propiedades del suelo no dependen de la forma o profundidad de la pendiente.
- Deterioro general en toda la superficie dañada. - Se considera la resistencia al corte del suelo a lo largo de la superficie de falla. Para un talud multicapa, el esfuerzo cortante será la suma de las fuerzas de resistencia de cada tipo de suelo que se extiende a lo largo de la superficie cortante de cada capa.
- Análisis de estabilidad bidimensional. - Los métodos de análisis bidimensional de taludes se pueden dividir según su complejidad en los siguientes métodos: métodos empíricos, métodos simplificados y detallados o métodos rigurosos.

Para (Rico, 2005) cuando se utiliza el método de dovelas para el cálculo del factor de seguridad este se puede realizar de dos formas:

- Uso de métodos aproximados
 - Jambú
 - Fellenius
 - Bishop simplificado

- Uso de métodos precisos
 - Morgenstern-Price
 - Spencer

Teniendo presente que estos procesos de cálculo de dovelas no están enfocados y utilizados para suelos rocosos.

B.- Factor de seguridad

Según (González, 2001) El factor de seguridad, también llamado factor de seguridad, es el cociente de la capacidad máxima calculada del sistema y la demanda real esperada soportada por el sistema. Por lo tanto, un número mayor a 1 indica que el sistema ha excedido su capacidad requerida en base a la demanda esperada.

El factor de seguridad es una medida de la seguridad esperada de un diseño particular en términos de resistencia mecánica. Las formas más comunes de definir un factor de seguridad de diseño mecánico son:

- Como el cociente de la resistencia del material y la tensión real.
- Como el cociente de la fuerza final o máxima y la fuerza real para el correcto funcionamiento.

Los proyectos de piezas mecánicas, por otro lado, tienen dos opciones para incorporar la seguridad en su diseño:

- Multiplique la fuerza real esperada por el factor de seguridad (para cada carga adicional).
- Divida la resistencia real esperada del material reducido por el factor de seguridad (factor de seguridad para resistencia reducida).

Las dos cercanías preliminares son constantemente semejantes que el esfuerzo permanezca proporcional a la carga externa aplicada, lo que sucede en el conjunto de dificultades técnicas, aunque no siempre.

Un valor de coeficiente de certeza debe ser mayor que 1 indica seguridad contra fallas, cuanto mayor sea el valor, y un valor menor que 1 indica inseguro o alta probabilidad de fallas. Dependiendo de la variación de cargas concentradas y de las cualidades del elemento, cada valoración del coeficiente de seguridad puede asociarse con la probabilidad de falla o supervivencia de Proción examinada.

Siendo lo habitual:

$$FS = \frac{X_{pas}}{X_{act}} > FS_{req}$$

Donde:

FS: Calculo del elemento de certeza

X_{pas} : Variables de resistencia fuerza.

X_{act} : Variables de origen de fallas.

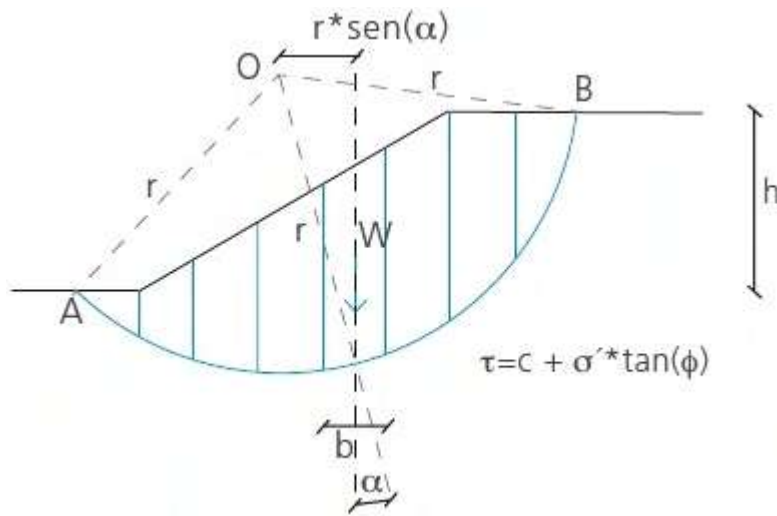
FS_{req} : Elemento de certeza solicitado.

Cuando hacemos el análisis utilizando el "factor de seguridad", ni la carga ni los parámetros del suelo se reducen por ningún factor de diseño.

C.- Método de Fellenius

Para (Sanhueza, y otros, 2013) el talud con una zona de falla potencial definida por el arco AB. El volumen de terreno que se localiza adentro del espacio de este defecto se fracciona en varias dovelas. La pendiente en cuestión debe representar la pendiente real y se verificará cada vez que se ejecute.

Figura 3
Diagrama esquemático del análisis de estabilidad de taludes por el método de Ferrarius



Fuente: (Sanhueza, y otros, 2013)

Las fuerzas que actúan sobre la pendiente se pueden ver en la Figura 3 cuando se utilizan dovelas η^{ma} .

Donde,

W: Carga de la dovela producida

R: Energía en respuesta a la carga de dovela

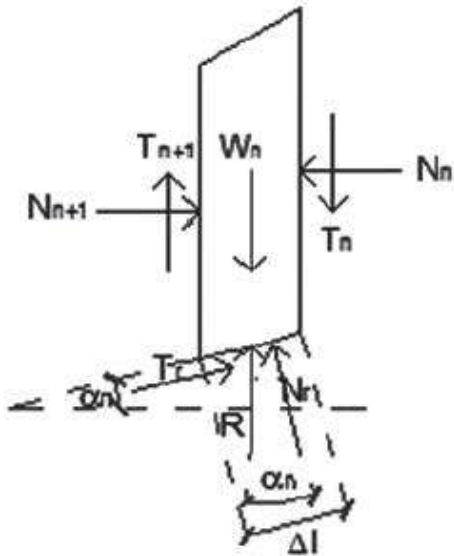
N_n y $N_{(n+1)}$: Energía usual que ejerce en cada lugar del segmento

T_n y $T_{(n+1)}$: Energía secundario que ejerce a cada lugar de la dovela

N_r : Factorr ordinario de la oposición R

T_r : Factorr secundario de la oposición R

Figura 4
Diagrama de fuerzas que actúan sobre el segmento ψ según el método de Fellenius



Fuente: (Sanhueza, y otros, 2013)

Dado que la determinación de las fuerzas N_n , $N_{(n+1)}$, T_n y $T_{(n+1)}$ es muy complicada, se puede considerar que la fuerza resultante N_n y T_n es igual a la fuerza resultante de $N_{(n+1)}$ y $T_{(n+1)}$, y que sus rectas de operación encajan.

Tomando en contemplación equilibrada (ec.1):

$$N_r = W_n * \cos(\alpha_n)$$

Además, la resistencia a la corte proporcionada por el suelo se escribe como (ec.2):

$$T_r = \tau * (\Delta l) = \frac{\tau * (\Delta l)}{FS} = \frac{1}{FS} * [c + \sigma' * \tan(\phi)] * \Delta l$$

La tensión común σ' , estimado en la ecuación anterior, es (ec.3):

$$\frac{N_r}{\Delta l} = \frac{W_n * \cos(\alpha_n)}{\Delta l}$$

Una de las peculiaridades de la regla de Fellenius es que satisface el balance de momentos, por lo que cuando se considera esta condición, el producto de los

momentos movilizadores en el centro O del círculo de ruptura es igual a la resistencia a O (ec.4):

$$\sum_{n=1}^{n=p} W_n * \sin (\alpha_n) = \sum_{n=1}^{n=p} \frac{1}{FS} * \left[c + \frac{W_n * \cos (\alpha_n)}{\Delta l} * \tan (\phi) \right] * \Delta l * r$$

Del dato anterior (ec.5):

$$FS = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} [c * \Delta l + W_n * \cos (\alpha_n) * \tan (\phi)]}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n * \sin (\alpha_n)}$$

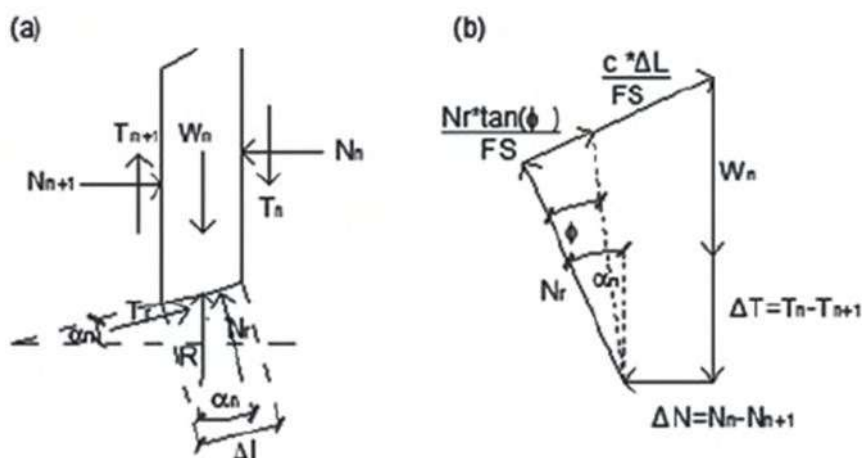
Para encontrar el FS del círculo de fisura crítico, es decir, la pendiente mínima del FS, debe hacerse varias veces moviendo el centro del círculo de fisura.

D.- Método de Bishop simplificado

El método propuesto por Bishop en 1955 analizó la estabilidad de taludes con SPF circular, considerando el efecto de presión intersegmentarias. Dado que este es un enfoque segmentado, la masa de suelo uniforme debe dividirse en η franjas verticales para examinar las fuerzas y los momentos asociados con cada sección definida para determinar el FS apropiado para el caso

Figura 5

Método de Bishop para el análisis de estabilidad de taludes. (a) Un gráfico de fuerza que actúa sobre un fragmento. (b) Diagrama de fuerza de equilibrio para el párrafo η^{ma} .



Fuente: (Sanhueza, y otros, 2013)

Por tanto las ecuaciones que se utilizarán serán:

$$T_r = N_r * \tan(\phi) + c * \Delta l = N_r * \left[\frac{\tan(\phi)}{FS} \right] + \frac{c * \Delta l}{FS}$$

$$N_r = \frac{W_n + \Delta T - \left[\frac{c * \Delta l}{FS} \right] * \sin(\alpha_n)}{\cos(\alpha_n) + \frac{\tan(\phi) * \sin(\alpha_n)}{FS}}$$

Una vez obtenido el diagrama de cuerpo libre para cada dovela, se pueden desarrollar ecuaciones de equilibrio para fuerzas y momentos, obteniendo expresiones que permitan determinar el FS para cada SPF analizado.

$$\sum_{n=1}^{n=p} W_n * r * \sin(\alpha_n) = \sum_{n=1}^{n=p} T_r * r$$

Donde (ec.9),

$$T_r = \frac{1}{FS} * [c + \sigma' * \tan(\phi)] * \Delta l = \frac{1}{FS} * [c * \Delta l + N_r * \tan(\phi)]$$

Analizando el balance de las fuerzas verticales para cada dovela, se pueden obtener los valores de la fuerza N para que puedan ser reemplazadas en la ecuación 9 y siguientes:

$$FS = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} [c * b + W_n * \tan(\phi) + \Delta T * \tan(\phi)] * \frac{1}{m_{\alpha(n)}}}{\sum_{n=1}^{n=p} [W_n * \sin(\alpha_n)]}$$

Donde:

$$m_{\alpha(n)} = \cos(\alpha_n) + \frac{\tan(\phi) * \sin(\alpha_n)}{FS}$$

Este método tiene en cuenta en su supuesto básico el hecho de que se tienen en cuenta la precisión de roce entre dos dovelas, pero no tienen ningún efecto porque están equilibradas.

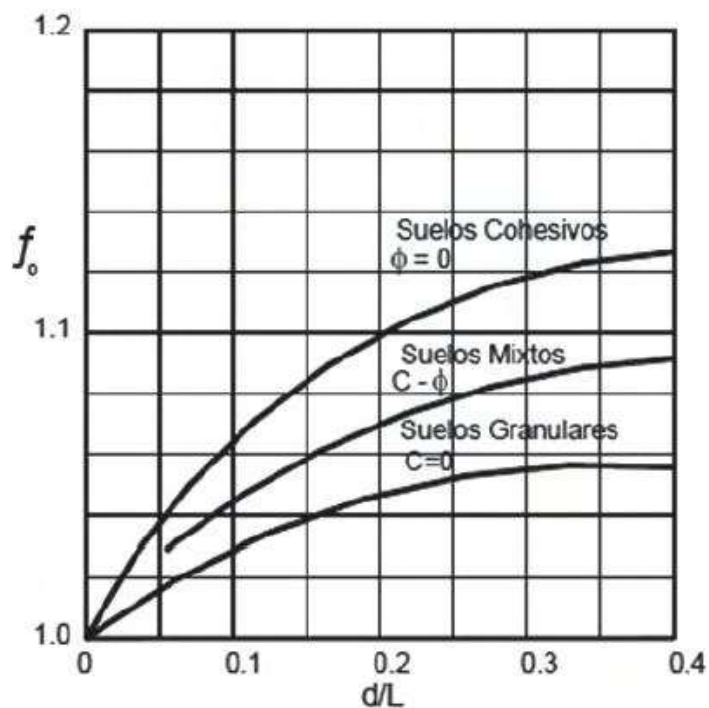
$$FS = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} [c + b + W_n \cdot \tan(\phi)] \cdot \frac{1}{m_{\alpha(n)}}}{\sum_{n=1}^{n=p} [W_n \cdot \sin(\alpha_n)]}$$

Tenga en cuenta que el valor de FS no aparece explícitamente porque aparece en la ecuación, por lo que es necesario un desarrollo de iteración.

E.- Método de Janbú

Considerando que las potencias entre los segmentos son ejercidas en el plano y no se consideran las potencias de corte. En este caso, el SPF no necesariamente tiene que ser redondo. El cual se da como factor de modificación f_0 , cuya dependencia está basada en el nivel de curvatura de la superficie de fractura.

Figura 6
Representación esquemática del factor f_0 utilizado en el método de Janbu



Fuente: (Sanhueza, y otros, 2013)

Janbú estima el FS que satisface el balance de esfuerzo:

$$FS = \frac{f_0 \cdot \sum \left\{ [c \cdot b + W \cdot \tan(\phi)] \cdot \frac{1}{\cos(\alpha) \cdot m \cdot a} \right\}}{\sum W \cdot \tan(\alpha)}$$

El procedimiento de la tabla de Janbú tiene dos métodos, uno para suelos cohesivos ($\phi = 0$) y otro para suelos abrasivos ($\phi > 0$). Para suelos cohesivos, el procedimiento es el mismo que para Taylor. Para ciclomotores o pisos mixtos, el procedimiento es un poco más complicado.

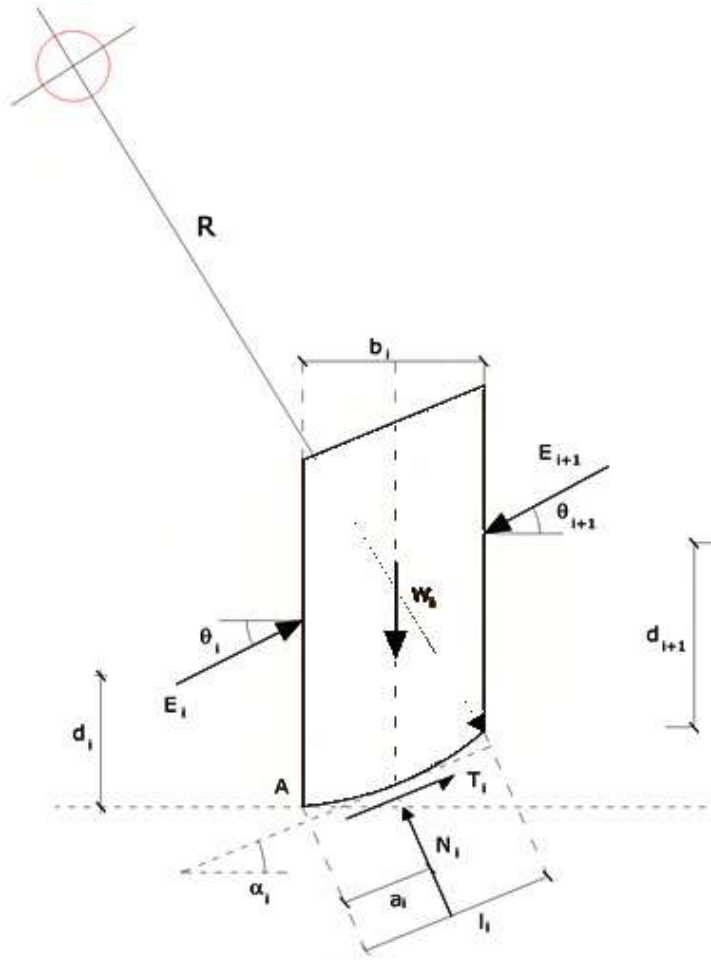
F.- Método de Spencer

El método se basa en los siguientes supuestos:

- Las fuerzas de conexión a lo largo de cada plano divisorio de corte paralelo y forman ángulos θ con el plano.
- Los momentos son cero $M_i = 0 \quad i = 1 \dots n$

Básicamente, este método satisface todas las ecuaciones estáticas y la función es $f(x) = 1$.

Figura 7
Análisis de estabilidad de taludes mediante el método de Spencer.



Fuente: (GeoStru, 2017)

Aplicando un balance de momento deslizante, tenemos:

$$1.- \Sigma(Q_i \times R \times \cos(\alpha-\theta))=0$$

Donde: $Q_i=0$, siendo las fuerzas de acción en los cortes:

Donde:

R: Radio de arco.

θ : La inclinación de la fuerza Q_i en relación con el plano horizontal.

Aplicando el balance de fuerzas, obtenemos: $\Sigma(Q_i \times \cos\theta)=0$ y $\Sigma(Q_i \cdot x \sin\theta)=0$ respectivamente.

Suponiendo que la potencia es correspondiente entre sí, también se puede expresar como:

$$2.- \Sigma Q_i=0$$

Donde:

$$Q_i = \{c/F_s \cdot (W \cos \alpha - \gamma_w h \sec \alpha) \cdot \tan \alpha / F_s - W \sin \alpha\} / \{\cos(\alpha - \theta) \cdot [(F_s + \tan \phi \cdot \tan(\alpha - \theta)) / F_s]\}$$

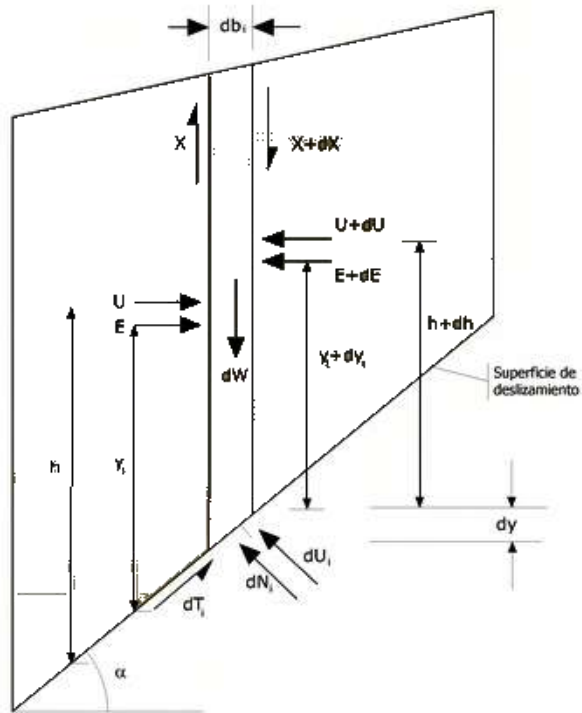
Para calcular dos factores de certeza: el primero (F_{sm}) dará estabilidad de momentos, el segundo (F_{sf}) dará 2 más el equilibrio de fuerzas. Entonces procedemos despejando las sumas 1 y 2 dado el ángulo θ , tratando el factor de certeza para obtenerlo como: $F_{sm} = F_{sf}$

H.- Método de Morgenstern y Price

Determina la relación entre las componentes de una fuerza de tipo $X = \lambda f(x)$ E, donde λ es un factor de escala y $f(x)$ es una función de E y la posición X, determina la relación entre la fuerza X que actúa entre la convierte la Fuerza E sobre la masa deslizante. La función $f(x)$ se puede elegir arbitrariamente (constante, seno, medio seno, trapezoidal, decimal), lo que tiene poco efecto en el resultado, pero se debe verificar si el valor resultante de la incógnita es físicamente aceptable.

La particularidad del método consiste en subdividir la masa en franjas infinitesimales y aplicar ecuaciones de equilibrio de traslación horizontal, vertical y ruptura en el fondo de las franjas. Obtenga una ecuación diferencial de primer orden que combine las fuerzas de conexión desconocidas E, X, el factor de seguridad F_s , los pesos de banda infinitesimales dW y la resultante dU de la presión neutra subyacente

Figura 8
i-ésima rebanada de Morgenstern y Price.



Fuente: (GeoStru, 2017)

Se obtiene la llamada "ecuación de las fuerzas":

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + \operatorname{tg} \phi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) =$$

$$= \frac{dE}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$

La ecuación de momento determina la rotación alrededor de la base:

$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

Estas dos ecuaciones se extienden a toda la masa deslizante integrando.

2.2.2.- Estabilidad de taludes

Según (Crespo, 2004) Se entiende por talud la pendiente de cualquier superficie inclinada con respecto a la horizontal que debe adoptar permanentemente la estructura terrestre.

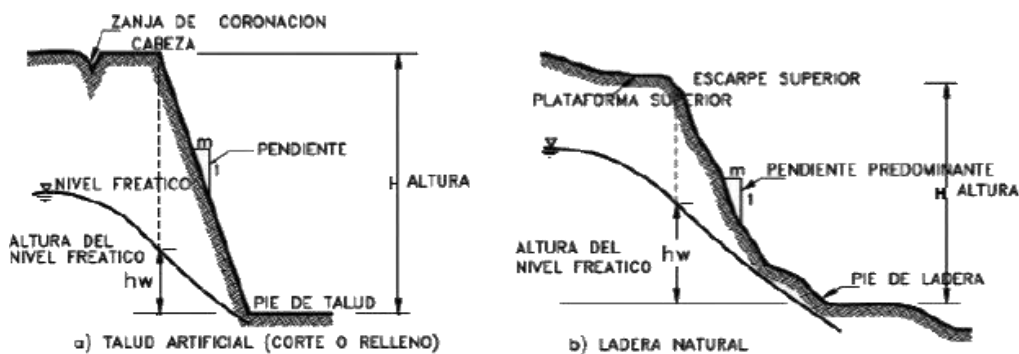
Así mismo (Pérez de Ágreda, 2005) es la pendiente especificada es la pendiente de la superficie del suelo y la roca hacia el plano, cuando la pendiente se forma naturalmente, se llama ladera, y la pendiente es causada por la intervención humana, se llama talud.

Por otro lado (De Matteis, 2003) conceptualiza la estabilidad como la seguridad de la masa de tierra frente a roturas o movimientos. En primer lugar, es necesario definir criterios de estabilidad de taludes, lo que significa que siempre que se debe establecer el talud apropiado según el corte o terraplén analizado. Por tanto el campo de la estabilidad de taludes estudia la estabilidad o posible inestabilidad del talud durante la construcción.

A.- Partes de un talud

Para (Suárez, 1998) el talud o ladera se definen una serie de elementos constitutivos, los cuales son:

Figura 9
Partes del talud y ladera



Fuente: (Suárez, 1998)

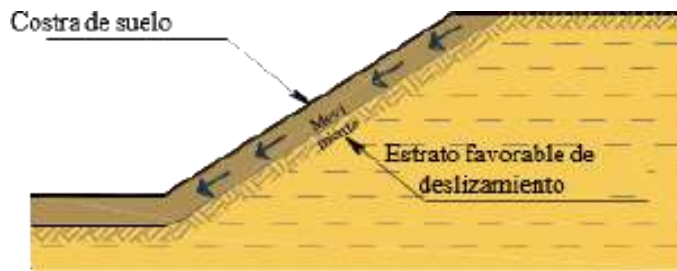
1. **Altura.-** La distancia vertical definida en la pendiente artificial, pero la pendiente es difícil de cuantificar porque la marca del pie y la cabeza no es una buena característica topográfica.
2. **Pie.-** Corresponde al lugar donde la pendiente cambia repentinamente en la parte inferior
3. **Cabeza o acantilado.-** Se refiere al lugar donde la pendiente de la cima cambia repentinamente.
4. **La altura del nivel freático.-** La vertical del pie de una pendiente o talud hasta el nivel del agua.
5. **Pendiente.-** Es declive del talud, el cual es la distancia horizontal correspondiente a la vertical.

B.- Clasificación de tipos de fallas de taludes

Para (Hunt, 1984) fallas de taludes se clasifican con base en el conocimiento de causas de estratificación que contribuyeron a la falla. Los deslizamientos de laderas ocurren en una variedad de formas, y todavía existe incertidumbre en cuanto a su previsibilidad, incidencia y superficie afectada. Sin embargo, ciertos modos pueden ayudarlo a identificar posibles superficies de falla para que pueda realizar rampas para eliminar o minimizar el riesgo de falla.

- Daños por deslizamiento superficial. - Un proceso de deslizamiento cuesta abajo más o menos continuo, generalmente lento, que se produce en la superficie de algunos taludes naturales, afectando a grandes extensiones de terreno.

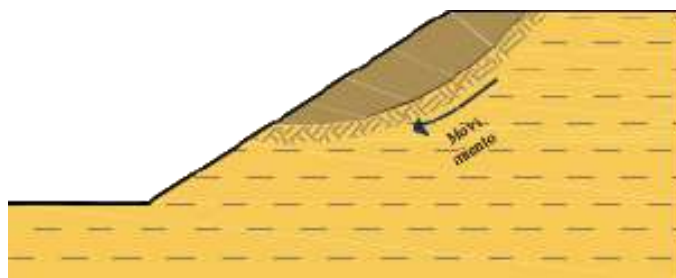
Figura 10
Falla por deslizamiento superficial



Fuente: (Hunt, 1984)

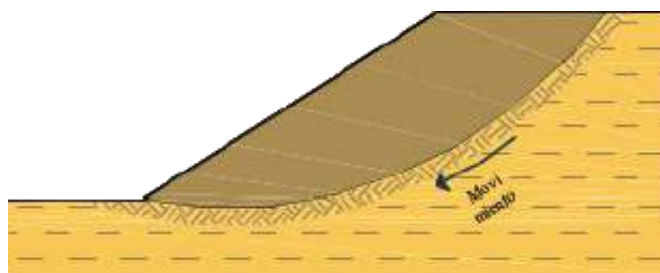
- Falla por rotación.- Los deslizamientos de tierra ocurren donde se cubren grandes cantidades de suelo, lo que afecta la geometría de la pendiente profunda. La falla en superficie cilíndrica produce movimientos bruscos. La falla se clasifica de acuerdo con la profundidad de falla y el punto en el que la superficie intersecta el plano que forma la geometría exterior del talud.

*Figura 11
Falla local*



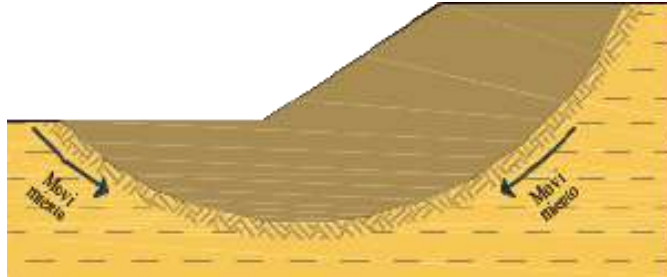
Fuente: (Hunt, 1984)

*Figura 12
Falla de pie*



Fuente: (Hunt, 1984)

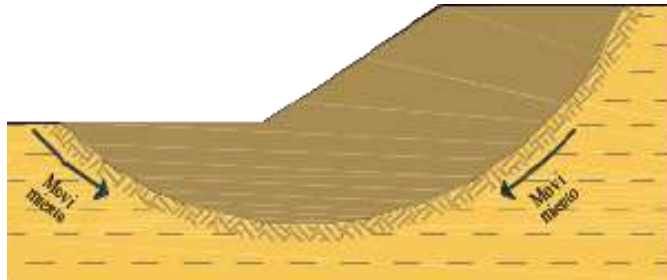
Figura 13
Falla de base



Fuente: (Hunt, 1984)

- Falla de traslación.- Esta falla fue causada por una gran cantidad de movimiento de la pendiente está en una superficie relativamente plana, lo cual está relacionado con la capa de baja resistencia ubicada cerca del pie del talud.

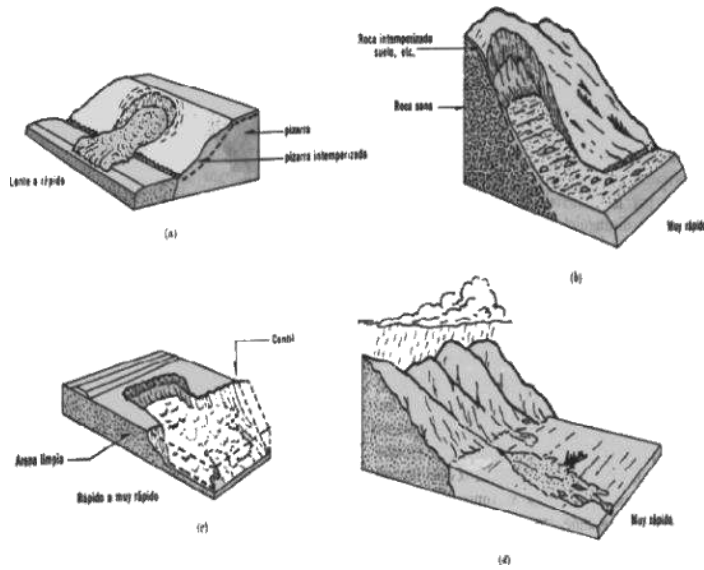
Figura 14
Falla por traslación



Fuente: (Hunt, 1984)

- Falla por flujo.- Comprende un desplazamiento relativamente rápido de una parte de la inclinación, por lo que estos movimientos y la velocidad a la que ocurren corresponden al comportamiento que exhibirán los líquidos viscosos. La superficie de deslizamiento es indistinguible porque lleva poco tiempo. La falla ocurre con mayor frecuencia en pendientes.

Figura 15
Falla por flujo



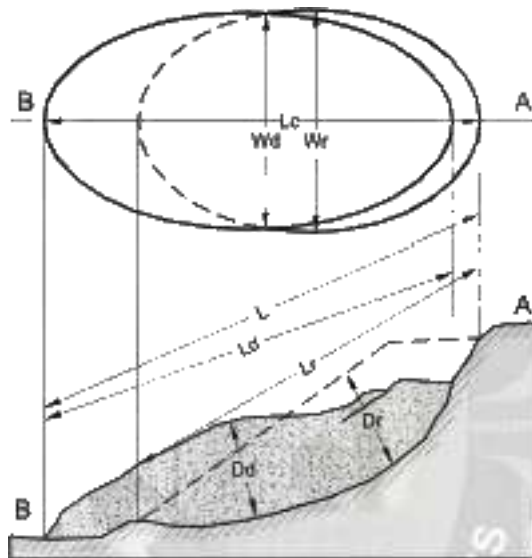
Fuente: (Hunt, 1984)

- Falla de licuación.- Se refiere al fenómeno que ocurre cuando el fenómeno de licuefacción provoca una caída rápida en el esfuerzo cortante de la superficie. Esta pérdida conducirá a un aletargamiento en el que se produce y de las estructuras del suelo que se forman o existen con él.

Por tanto cuando se habla de deslizamiento debemos de tener en cuenta:

- Evaluar los movimientos.- Determinar el tamaño del movimiento se utiliza la terminología recomendada por IAEG.

Figura 16
Dimensiones de movimiento de masa



Fuente: IAEG Commission on Landslides (1990).

- Desplazamiento W_d . El ancho de masa de desplazamiento, perpendicular L_d .
- Superficie de rotura W_r . El ancho máximo entre los lados de la longitud L_r .
- Masa deslizante L_d . Distancia mínima entre punta y cabeza.
- Longitud de la superficie de falla L_r . La distancia mínima entre el fondo y la corona de la superficie de falla.
- Desplazamiento D_d . La profundidad máxima de la masa se mueve perpendicularmente al plano formado por W_d y L_d .
- Profundidad de la superficie de destrucción D_r . Máxima de la superficie de falla en relación con el suelo original.
- Medido perpendicular al plano formado por W_r y L_r .
- Línea central L_c . Longitud de la parte superior del deslizador, del punto que se encuentra en la superficie original, equidistante del lado o los lados.

- Asimismo, se debe medir la altura del nivel freático, la altura del acantilado, el radio de giro y la pendiente de la superficie antes y después de la falla.

Aproximado para el desplazamiento rotacional usando una expresión:

$$Vol_{arr} = \left(\frac{1}{6} \pi D_r x W_r x L_r \right) F_{ex}$$

Donde:

F_{ex} : Coeficiente de expansión.

El volumen de material medido aumenta debido a la expansión del material durante el ejercicio. Se puede utilizar para describir este aumento de volumen como porcentaje del volumen previo a la transferencia. Esta relación suele estar entre 1,25 y 1,30. En algunos casos, como la roca, el coeficiente de expansión puede ser del 70%.

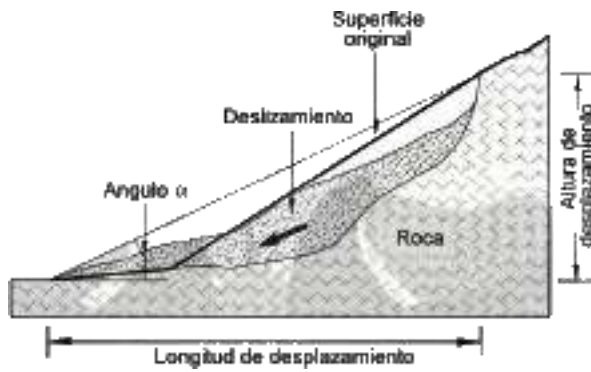
($F_{expansión} = 1,7$).

Los volúmenes de deslizamientos de tierra son importantes para determinar los peligros y riesgos de flujo y avalanchas, con esto se halla el caudal.

- **Ángulo de Desplazamiento**

El α determina masa del elemento en el flujo y su velocidad. Cuanto más pequeño es α , mayor puede ser el volumen total.

Figura 17
Ángulo de desplazamiento



Fuente: IAEG Commission on Landslides (1990).

- Ángulo de recorrido y longitud

Al moverse en flujos rápidos, el ángulo y la longitud del camino pueden determinar el nivel de riesgo. El ángulo inicial del trazo determina las condiciones bajo las cuales comienza el movimiento, y el ángulo del trazo afecta el curso del flujo hasta que se detiene o alcanza la longitud total del trazo.

Figura 18
Dimensiones de movimiento de masa



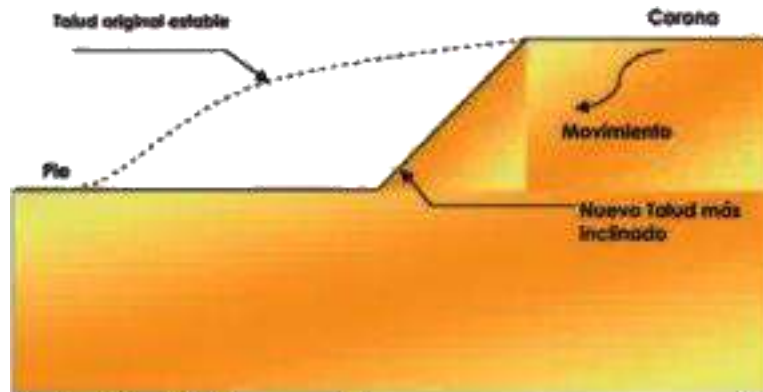
Fuente: IAEG Commission on Landslides (1990).

C.- Factores que influyen en la estabilidad de un talud

Para (Hunt, 1984) los factores que afectan la estabilidad del talud son:

- Erosión: La erosión cambia la geometría del talud, cambiando así la tensión que soporta, haciendo que el talud sea diferente del talud analizado originalmente, o cambiando las condiciones del talud.

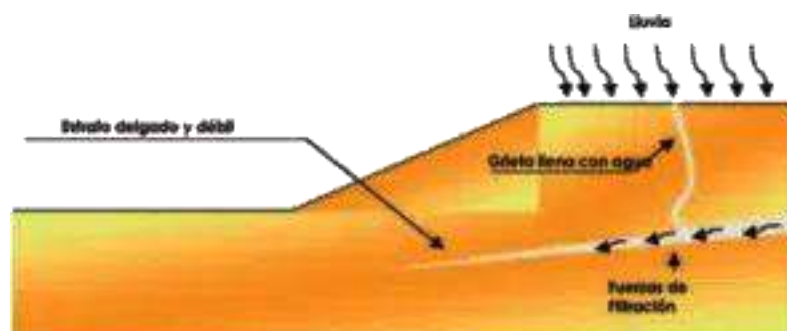
Figura 19
Cambios en la geometría de la pendiente debido a la erosión



Fuente: (Hunt, 1984)

- Lluvia: Durante la temporada de lluvias, conduce a un aumento del peso del suelo, cuando el agua entra por las grietas que aparecen en el talud, hará que la fuerza aumente o se filtre la fuerza, lo que puede llevar a su falla.

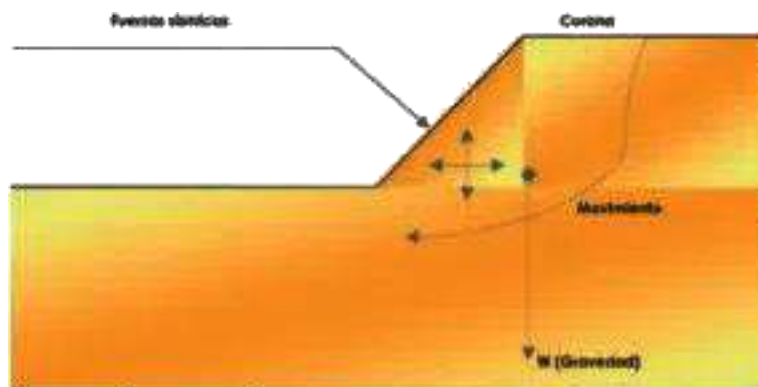
Figura 20
Talud sometido a lluvia



Fuente: (Hunt, 1984)

- Sismos: Las fuerzas estáticas que actúan sobre la pendiente, provocando fuerzas de cizallamiento dinámicas, lo que reduce la resistencia al esfuerzo de cizallamiento y debilita el suelo. Mayor presión de poros en pendientes formadas por material granular que pueden formar un fenómeno de licuación.

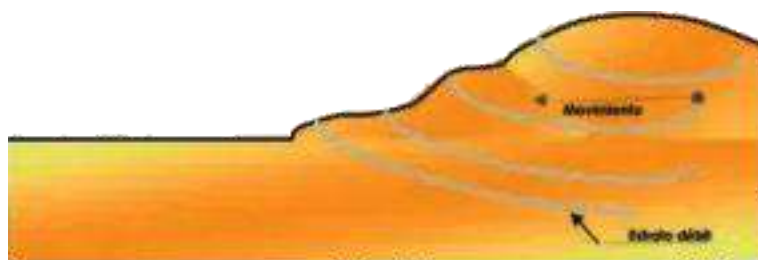
Figura 21
Fuerzas provocadas por sismos



Fuente: (Hunt, 1984)

- Aspectos geológicos: Algunos daños en taludes se deben a factores geológicos que no se han descubierto durante la exploración de sedimentos y no se tienen en cuenta al evaluar la estabilidad de taludes, lo que aumenta la incertidumbre en los cálculos del sistema..

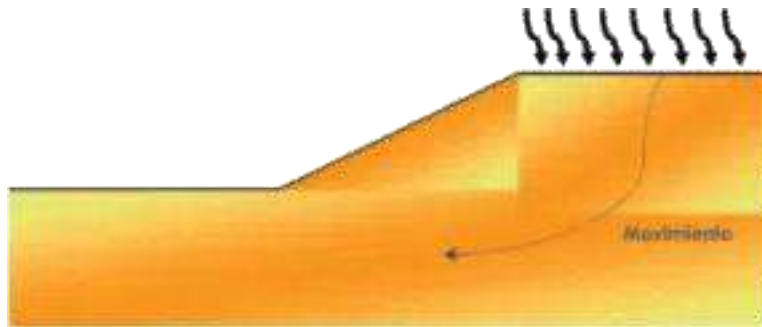
Figura 22
Factores geológicos de falla de taludes



Fuente: (Hunt, 1984)

- Carga externa: La fuerza en la pendiente hará que aumente la fuerza que actúa sobre el suelo causando inestabilidad del talud.

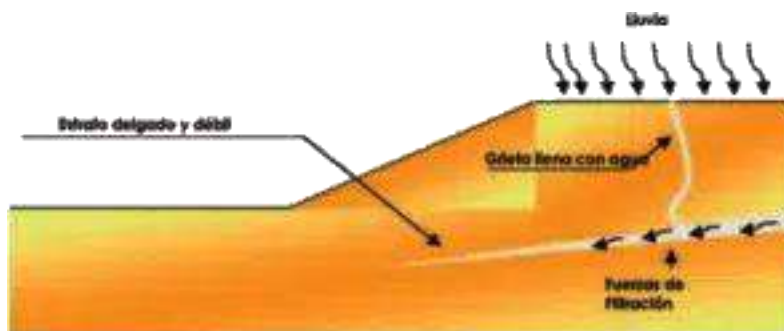
Figura 23
Sobre carga en la corona del talud



Fuente: (Hunt, 1984)

- Carga externa: La fuerza en la pendiente hará que aumente la fuerza que actúa sobre el suelo, si estas cargas no se controlan o consideran durante el proceso.

Figura 24
Talud sometido a lluvia

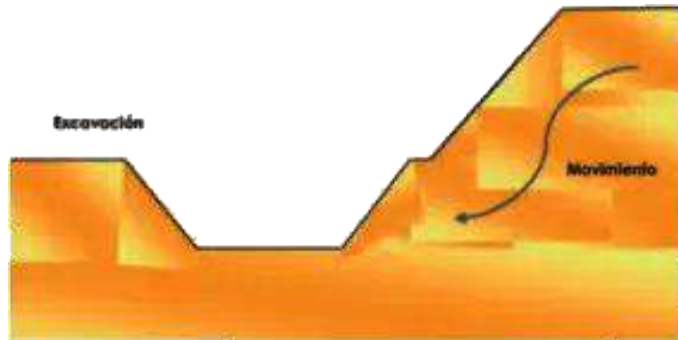


Fuente: (Hunt, 1984)

- Excavación y / o relleno: La sobrecarga en la copa de los árboles pueden causar tal daño al cambiar las condiciones de estrés que soporta. Por lo general se realiza una construcción de excavación y / o relleno. Al

excavar al pie del talud, la tensión total disminuirá, lo que resultará en un aumento negativo de la presión de poros en el suelo.

Figura 25
Excavación en el pie del talud



Fuente: (Hunt, 1984)

D.- Factores que influyen en la estabilidad de un talud

Para (Muni, 2007) el deslizamiento se denomina destrucción y desplazamiento del suelo debajo del talud, lo que hace que todos los bloques involucrados se puedan mover hacia abajo. Los deslizamientos de tierra pueden ocurrir de diferentes maneras, ya sea lenta o rápidamente, o sin provocación aparente.

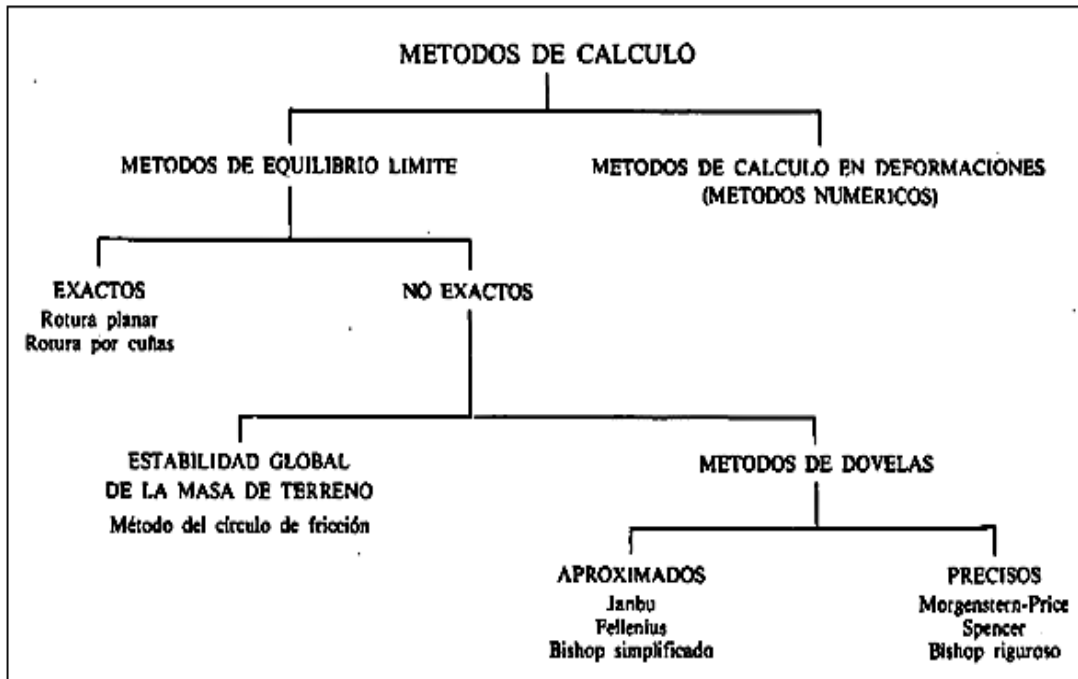
Según él (Manual de Taludes, 1987) los factores que influyen en los deslizamientos de taludes son:

- Estratigrafía y Litología.
- Estructuras y discontinuidades geológicas.
- Condiciones Hidrogeológicas.
- Propiedades geomecánicas de los suelos.
- Estrés natural.
- Sobrecarga estática y carga dinámica.

E.- Métodos de cálculo en análisis de estabilidad de talud

Para el (IGME, 2006) métodos de cálculo para analizar la estabilidad de taludes se pueden dividir en dos categorías:

Figura 26
Métodos de cálculo para taludes



Fuente: (IGME, 2006)

Entre los métodos disponibles tenemos:

- Los métodos numéricos son los que dan una aproximación más detallada de las condiciones de estabilidad en la mayoría de las situaciones para evaluar la estabilidad de taludes.
- Sin embargo, el método de Límite de Equilibrio es más fácil de usar y permite el análisis de condiciones de falla traslacional y rotacional, así como fallas de inclinación y cuña.
- Asimismo, el Método del Límite de Equilibrio permite combinar el análisis con técnicas probabilísticas.

- En fallas complejas, el modelado se basa en variables que generan el movimiento.
- Los factores que producen deslizamientos de tierra pueden ser complejos y difíciles de modelar. Sin embargo, para analizar estas situaciones complejas, existen herramientas que utilizan elementos finitos, diferencias finitas, elementos discretos y modelos dinámicos.

F.- Características del análisis de límite de equilibrio

Un análisis de punto de equilibrio proporciona un factor de seguridad o se obtiene un valor de resistencia al corte a través del análisis de regresión. Después de caracterizar la resistencia al corte del suelo, la presión intersticial y otras propiedades del suelo y de la pendiente, se pueden calcular los factores de seguridad de la pendiente. Este análisis de estabilidad se realiza para determinar si la resistencia del suelo en un talud es suficiente para soportar las fuerzas cortantes que podrían provocar un derrumbe o derrumbe.

G.- Concepto de Factor de Seguridad (F. S.)

Los ingenieros utilizan el factor de seguridad para encontrar los factores que amenazan el derrumbe del talud en las peores condiciones de comportamiento para las que fue diseñado. Fellenius (1922) hay que expresar el factor de seguridad como una relación entre las resistencias al corte reales calculadas del material en un talud y el esfuerzo cortante crítico al que se intenta la falla, a lo largo de una supuesta superficie de posible falla:

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

Sobre una superficie circular con centro de rotación, resistencia y momento aplicado:

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

Existen otros sistemas para establecer el factor de seguridad, como la relación entre la altura crítica del talud y la altura real, métodos probabilísticos y tablas empíricas locales basadas en el comportamiento típico de taludes. La mayoría de los sistemas analíticos emplean un criterio de "límite de equilibrio" donde el criterio de ruptura de Coulomb se cumple a lo largo de una superficie particular. Un cuerpo libre en equilibrio primero genera las fuerzas y resistencias requeridas para el equilibrio. Una vez que se calcula esta resistencia, se compara con la resistencia del suelo y la roca para dar una indicación del factor de seguridad. Otro criterio es dividir la masa investigada en una serie de cascarones, cuñas o bloques y considerar el resto de cada cascarón por separado. A medida que se analiza cada rebanada, se analizan las condiciones de equilibrio para las fuerzas

$$F.S. = \frac{\sum \text{Resistencias disponibles al cortante}}{\sum \text{Esfuerzos al cortante}}$$

$$F.S. = \frac{\sum \text{Momentos resistentes disponibles}}{\sum \text{Momentos actuantes}}$$

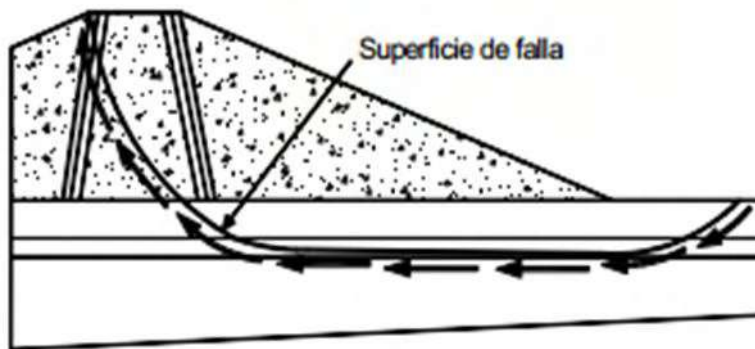
o momentos totales.

H.- Concepto de Superficie de Falla

El término superficie de falla se usa para referirse a superficies hipotéticas donde pueden ocurrir deslizamientos o fallas de taludes (Figura 15); sin embargo, si el talud se diseña correctamente, dicho deslizamiento o falla no ocurrirá a lo largo de estas superficies.

En el Método del Límite de Equilibrio se supone que todos los puntos a lo largo de la superficie de falla tienen el mismo factor de seguridad, por lo tanto, este valor representa el promedio de los valores totales sobre toda la superficie. Si ocurre una falla, el esfuerzo cortante será igual en todos los puntos a lo largo de la superficie fallada.

Figura 27
Superficie de falla y dirección de la resistencia al cortante



Fuente: (U. S. Corps of Engineers, 2003).

I.- Las Grietas de Tensión

Presencia de fisuras generan fallas en la superficie que al llenarse de agua. En caso de lluvia, se crean presiones intersticiales transitorias que afectan la estabilidad del talud.

La profundidad de la grieta:

$$Z_c = \frac{2c}{\gamma} \tan^2 \left(45 + \frac{1}{2} \phi \right)$$

Dónde:

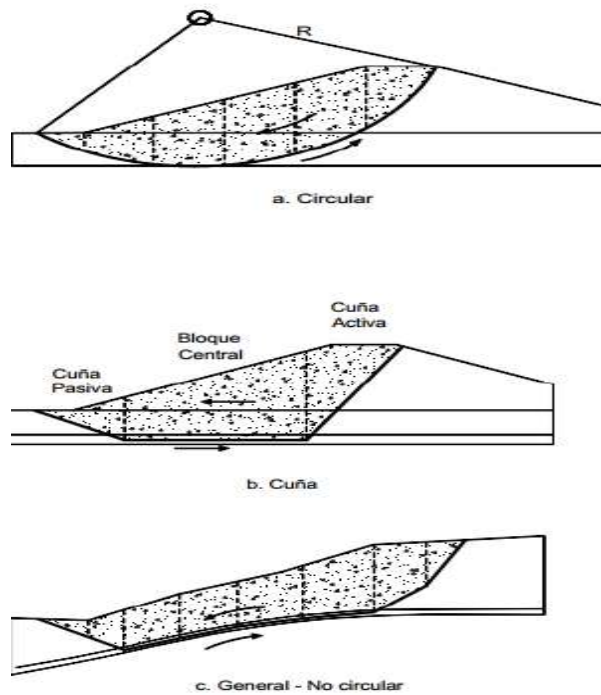
Z_c = Profundidad de fisura.

c = cohesión.

γ = Peso unitario.

f = Angulo de fricción.

Figura 28
Formas de la superficie de falla



Fuente: (U. S. Corps of Engineers, 2003).

Cuando no se considera este factor, la presencia de grietas por tensión dificulta en gran medida la confiabilidad del análisis. Las grietas de tensión son muy importantes y profundas en las zanjas de pendiente y pueden liberar la presión de confinamiento durante la excavación.

J.- Calculo de la estabilidad de taludes

Para (De Matteís, 2003) las propiedades y la homogeneidad de los materiales constituyentes son la base para ubicar y definir la estabilidad de todos los aspectos del talud. Por lo general, los ingenieros analizarán estos problemas y tratarán de extraer suficiente sentido común para construir un modelo matemático, donde la estabilidad del análisis es un simple lápiz y papel, y se

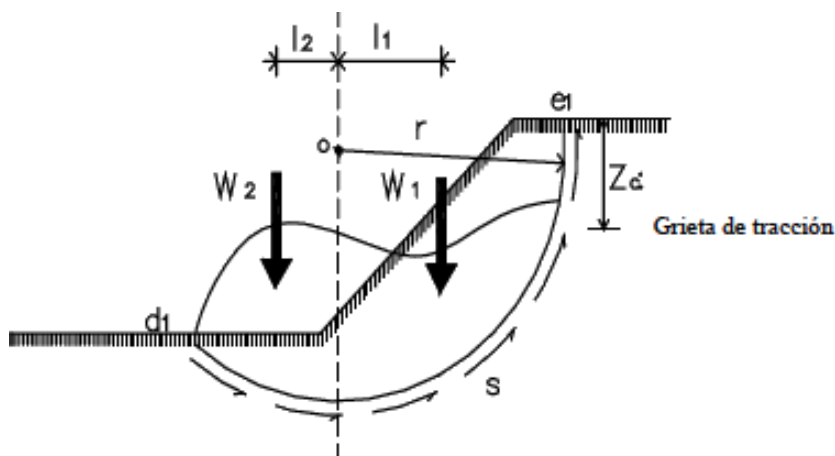
requiere la secuencia de cálculo matemático o algebraico de este o este proceso.

Para definir la estabilidad es necesario utilizar métodos de cálculo para establecer un mecanismo de falla cinemática, que se deriva naturalmente de la experiencia, sobre esta base, las fuerzas que influyen la cual debe ser comparada con las fuerzas que se pueden generar a través de un determinado procedimiento.

Este se centra principalmente en dos cuestiones. El primero es determinar la resistencia al deslizamiento promedio debido al corte en s del suelo. El segundo punto a tratar es determinar el factor de seguridad "F" que define la estabilidad del talud.

Cálculo de "s" a partir de deslizamientos ocurridos

Figura 29
Superficie de falla y dirección de la resistencia al cortante



Fuente: (De Matteis, 2003)

Siendo la fórmula de cálculo:

$$s = \frac{W_1 l_1 - W_2 l_2}{r d_1 e_2}$$

Donde:

W₁: Peso del suelo en el lado derecho de la línea punteada

W₂: El peso del suelo a la izquierda de la línea punteada

Taludes en arena seca sin cohesión

El ángulo β entre la pendiente y el ángulo de fricción interna Φ es una pendiente de arena limpia es estable independientemente de su altura. El factor de seguridad de la pendiente en relación con el deslizamiento se puede expresar mediante la siguiente relación:

$$F = \frac{\operatorname{tg} \phi}{\operatorname{tg} \beta}$$

Taludes en suelos puramente cohesivos

En condiciones sin drenaje (Φ=0), la resistencia al corte promedio s de la superficie de deslizamiento potencial de la arcilla blanda homogénea saturada es aproximadamente la mitad de la resistencia a la compresión simple de la arcilla. Este valor se llama cohesión c.

$$H_c = N_s \frac{c}{\gamma}$$

Taludes irregulares en suelos no uniformes.

La superficie de deslizamiento atraviese varios materiales (φ) con diferentes valores de cohesión (c) y ángulo de fricción interna, la cintura El método se puede utilizar convenientemente para el análisis de estabilidad.

$$F = \frac{\sum \frac{(cb + W \tan \phi)}{m_\alpha}}{\sum W \operatorname{sen} \alpha}$$

Método de las fajas en presencia de presión de poros

Se pueden estimar a través de redes de filtros, pruebas de suelo o en base a observaciones de campo. Si la altura de la superficie del agua está representada por A-A, el peso de la faja es W.

$$F = \frac{\sum \frac{[c.b + (W_a + W_b - u.b) \operatorname{tg} \phi]}{m_a}}{\sum (W_a + W_b) \operatorname{sen} \alpha}$$

K.- Métodos de estabilización de talud

Según (Tardeo, y otros, 2016) una vez que se determina que existe riesgo de inestabilidad para una pendiente dada, se debe buscar la mejor solución, y el costo, la naturaleza del proyecto afectado (en la parte superior y al pie del talud. El tiempo estimado puede ser el problema de la disponibilidad de materiales de construcción.

Existen tres soluciones:

- Drenaje del suelo permite bajar el nivel freático o inyectan sustancias que aumentan la resistencia del suelo, como cemento u otros aglutinantes.
- Reducir las fuerzas que actúan sobre la pendiente: soluciones como cambiar la geometría de la pendiente recortándola parcial o totalmente en un ángulo menor, o quitar la parte superior para reducir su altura.
- Mayor resistencia de contención (os) de taludes: La estabilización de taludes se puede lograr mediante obras como muros de gravedad, pantallas diagonales o bermas del mismo suelo.

2.3.- Bases teóricas o científica

- Estabilidad de taludes. - En este desarrollo, estimaron cuantitativamente la interacción entre la fuerza destructiva o fuerza de resistencia y la fuerza estabilizadora o fuerza de movilización que actúa sobre el talud.
- Ángulo de fricción interna. - El rozamiento interno de un piso en particular se especifica por un ángulo.
- Angulo de desplazamiento.- El ángulo de desplazamiento (α) determina el volumen de material en el flujo y su velocidad.
- Macizo rocoso.- Es un medio in situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratigrafía, fallas y otras características estructurales.
- Discontinuidad.- Separa bloques de matriz rocosa dentro de un macizo rocoso.
- Orientación.- Es la ubicación de la discontinuidad espacial y generalmente se describe por la dirección del buzamiento y el buzamiento de la línea de máxima pendiente dentro de la discontinuidad.
- Meteorización.- Modifica la superficie de la roca o de sus inmediaciones debido a la acción de los factores atmosféricos.
- Factor de seguridad.- Medida determinista de la relación entre la resistencia (capacidad) y la fuerza motriz (demanda).
- Análisis de estabilidad de taludes.- La relación entre la resistencia máxima (correspondiente a la resistencia del suelo) y la magnitud o valor del movimiento inducido.
- Coladas o Flujos.- Son masas de materiales cohesivos que se mueven como fluidos viscosos y pueden aparecer en cualquier material poco consolidado

cuando supera su límite líquido (incluso puede alterar las capas superiores de roca meteorizada).

- Deslizamientos.- Son masas de tierra y rocas, residuos o lodo que descienden por una pendiente.
- Hundimientos.- El hundimiento es generalmente el movimiento vertical de la masa del suelo en el que se produce una reducción del volumen total del terreno.
- Inestabilidad de Taludes.- Movimiento que genera una pendiente bajo la influencia natural de la gravedad.
- Ladera.- Este es el nombre del terreno inclinado de una montaña, en el sentido de que es la ladera de una montaña.
- Pendiente.- Ángulo de pendiente o superficie de ladera.

2.4. Hipótesis

2.4.1.- Hipótesis general

Los factores de seguridad por los métodos de dovelas desaprueban la estabilidad de taludes en la carretera Cochas – Ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.

2.4.2.- Hipótesis específicas

- Existen diferencias en los factores de seguridad entre los métodos aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera cochas – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.
- Existen diferencias en los factores de seguridad entre métodos precisos para la estabilidad de taludes en la carretera cochas – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.

- Existen diferencias en los factores de seguridad entre métodos precisos y aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera cochabamba – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.

2.5.- Variables

2.5.1. Definición conceptual

Variable Independiente (X): Factores de seguridad de métodos de dovelas

Para (Belandrya, 2015) es un método que asume una superficie de falla circular, para lo cual divide el área de falla en cortes verticales, la cual permite obtener la fuerza actuante y la fuerza resultante de cada corte y mediante una sumatoria de ambas fuerzas se obtiene el factor de seguridad

Variable Dependiente (Y): Estabilidad de taludes

Según (Crespo, 2004) se entiende por talud define como la pendiente de cualquier superficie inclinada en relación con la dirección horizontal que la estructura de tierra debe aceptar permanentemente.

2.5.2. Definición operacional

Variable Independiente (X): Factores de seguridad de métodos de dovelas

La variable será evaluada y mediada mediante tres dimensiones, las cuales son: Métodos aproximados, métodos precisos y comparación de resultados.

Variable Dependiente (Y): Estabilidad de taludes

La variable será evaluada y mediada mediante tres dimensiones, las cuales son: Densidad del suelo, cohesión y ángulo de fricción.

2.5.3. Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE: Factores de seguridad	Para (Belandrya, 2015) es un método que asume una superficie de falla circular, que divide el área de falla en cortes verticales, de modo que se puede obtener la fuerza aplicada y la fuerza resultante para cada corte, y al sumar estas dos fuerzas se obtiene un factor de seguridad	La variable será evaluada y mediada mediante tres dimensiones, las cuales son: Densidad del suelo, cohesión y ángulo de fricción.	X.1. Densidad del suelo	X.1.1. Resistencia al cortante disponible
			X.2. Cohesión	X.2.1. cálculo de cohesión efectiva
			X.3. Angulo de fricción	X.3.1.- Cálculo de ángulo de fricción interna
VARIABLE DEPENDIENTE: Estabilidad de taludes	Según (Crespo, 2004) entiende por pendiente la pendiente de cualquier superficie inclinada con respecto a la horizontal que debe tomar permanentemente la estructura terrestre.	La variable será evaluada y mediada mediante tres dimensiones, las cuales son: Métodos aproximados, métodos precisos y comparación de resultados.	Y.1. Métodos aproximados	Y.1.1. Método de Fellenius
				Y.1.2. Método de Bishop simplificado
				Y.1.3. Método de Jambú
			Y.2. Métodos precisos	Y.2.1. Método de Spencer
	Y.2.2. Método de Morgenstern y Price			
Y.3. Comparación de resultados	Y.3.1 Comparación de resultados de factor seguridad			

Fuente: Propia

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1.- Método de investigación

El método de investigación que se utilizará en la investigación es el método científico, porque es “un conjunto de procedimientos y reglas estandarizados para establecer procedimientos de investigación”. (Bernal, 2010)

Por tanto, el método científico permitirá estructurar toda a investigación, desde el título, los problemas, los objetivos, las hipótesis, las variables (dimensiones e indicadores), los aspectos metodológicos, concluyendo en la conclusión y la recomendación.

3.2.- Tipo de investigación

La investigación será aplicada, porque “tiene un uso práctico claro en un determinado momento, es decir, después de la investigación para actuar en un campo específico de la realidad, transformar, modificar o producir cambios”. (Carrasco, 2006)

Por tanto, la investigación permitirá realizar los cálculos de los factores de seguridad por los métodos de dovelas, para poder diseñar la estabilidad de taludes.

3.3.- Nivel de investigación

La investigación será explicativa, porque “permitirá explicar qué está causando el problema, es decir, las condiciones y determinantes que caracterizan la pregunta de investigación”. (Carrasco, 2006)

3.4.- Diseño de investigación

El diseño de investigación será el experimentales, porque son investigaciones que en su mayoría “puede identificar y cuantificar las causas del impacto en la investigación.”. (Carrasco, 2006)

Por tanto, la planificación que se realizará para la toma de decisiones será con una sola prueba en un fenómeno de estudio ya formado.

3.5.- Población y muestra de la investigación

3.5.1.- Población

La población es "un conjunto de medidas que se pueden hacer sobre las características comunes de un grupo de organismos u objetos". (Rodríguez, 2005)

La población en esta investigación comprende los taludes la carretera Cochabamba - Ingenio

3.5.2.- Muestra

Las muestras "representan un porcentaje de la población de la que se extrae la muestra". (Rodríguez, 2005)

Por tanto, la muestra estará conformada por los taludes del Tramo km 19+610 al km 20+424.

3.6.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1.- Técnicas de recolección de datos

La técnica que se utilizará es la observación, la observación directa “es un proceso intencional que evalúa las características y propiedades de la unidad de análisis”. (Carrasco, 2006)

Las observaciones a realizar serán estructuradas, reflexivas y deliveradas.

Así mismo el análisis documentario, el cual permitirá evaluar y estudiar documentos.

3.6.2.- Instrumentos de recolección de datos

La herramienta de recogida de datos será la ficha de observación, que se utilizará para “registrar datos que resulten del contacto directo del observador con la realidad observada” (Carrasco, 2006).

El instrumento de recolección de datos será una ficha documental, el cual permite analizar el contenido de documentos, así como su respectiva medición.

3.7.- Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Después de realizado la recolección de datos mediante la observación y el análisis documental, se organizará la información para ser procesada mediante la sistematización de los datos en tablas y uso de softwares especializados para procesamiento de la información.

Para el procesamiento de la información en sitio se considerará la secuencia y continuidad de los datos, y se utilizarán procedimientos especiales para tal fin.

3.8.- Exploración de Campo

3.8.1.- Estado del tramo en Estudio

Estudio del km 19+710 al km 20+24 de la carretera se encontró tramos críticos con presencia de deslizamientos en taludes.

Reconocimiento de campo en el área de estudio donde se observa grietas a lo largo



Figura 30 grietas longitudinales del talud efecto de las intensas lluvias

Figura 31 grietas longitudinales 2

Se observa crecimiento de grietas en el talud producto de las lluvias pasadas km 19 + 800



Figura 32 deslizamiento de talud

Km 19+610 al Km 20+424 se observó taludes inestables con presencia de deslizamiento en el pie de talud.



Figura 33 material deslizado

Se analiza el deslizamiento superficial del talud y deposito del material al pie del talud km 20+040, Es tipo de deslizamiento ocurrido en la zona es de tipo Rotacional.



maquinarias del municipio.

Figura 35 depósito de material

En esta fotografía también observamos el depósito del material deslizado al pie del talud en el km 20 +120 donde no afecta la carretera, pero nos indica un indicio de inestabilidad.



Figura 34 limpieza de plataforma

Deslizamiento en el km 19 + 800 resultado por las intensas lluvias en el sector suscitados en temporadas de diciembre a marzo, afectando el ancho de la plataforma de la carretera, pero fue solucionado de inmediato por



ÁRBOL A PUNTO DE DESPLOMARSE



Figura 36 Raíces expuestas

En la zona vemos como el talud tubo un deslizamiento, lo que deja como evidencia a la vista las raíces de los árboles que servían hasta un tiempo como un sistema de estabilización natural

3.8.2.- Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico nos permite obtener la geometría y el perfil del talud en el tramo km 119+610 al km 20+424



Figura 37 Levantamiento Topografico en la zona de estudio

Gracias a este trabajo a detalle podemos obtener planos de su perfil topográfico del talud lo más real posible (ver anexos).

3.8.3.- Calicatas

A medida que se excavan los pozos podemos observar directamente el estado del terreno y de igual forma tomar muestras y llevarlas al laboratorio de suelos, según las NTP 339.162 (ASTM D420)

Se realizaron 03 calicatas para el talud crítico dentro del tramo en estudio km 119+610 al km 20+424, 01 en la corona del talud, 01 pendiente del talud, 01 pie del talud.

Figura 38 Excavacion de calicatas en la zona de estudio



3.8.4.- Ensayos de Laboratorio

El laboratorio C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC. cuenta con certificación SIG (Sistema Integrado de Gestión) en el cual da cumplimiento con los requisitos aplicables al sistema integrado de CALIDAD, por lo que nos da confiabilidad y transparencia.

En el laboratorio, se seleccionan muestras típicas para las pruebas de clasificación, y de acuerdo al Sistema Unificado de Suelos (SUCS) NTP 339.134 ASTM D 2487 y fruto de esto obtenemos el perfil estratigráfico del terreno en análisis.

Los esfuerzos eficientes se utilizan para el análisis de estabilidad, como sugiere Suárez (2009) que la estabilidad de taludes a presión efectiva siempre se puede analizar en condiciones drenadas o no drenadas. Sin embargo, en principio, los problemas de estabilidad de taludes pueden analizarse usando un sistema de esfuerzos totales o un sistema de esfuerzos efectivos.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1.- Resultados de trabajo de campo

En la table 2 se muestra el resumen de los resultados del ensayo de laboratorio el cual contiene, el contenido de humedad en porcentajes siendo los resultados en el estrato 1 de 12.4%, estrato 2 de 9.9% y estrato 3 de 8.6%; así mismo se tiene la densidad del suelo expresados en g/cm³ en periodo de estiaje, en el estrato 1 se tiene una densidad húmeda de 1.554 g/cm³ y densidad seca de 1.383 g/cm³; en el estrato 2 se tiene una densidad húmeda de 1.587 g/cm³ y densidad seca de 1.1432 g/cm³ y en el estrato 3 se tiene una densidad húmeda de 1.820 g/cm³ y densidad seca de 1.676 g/cm³.

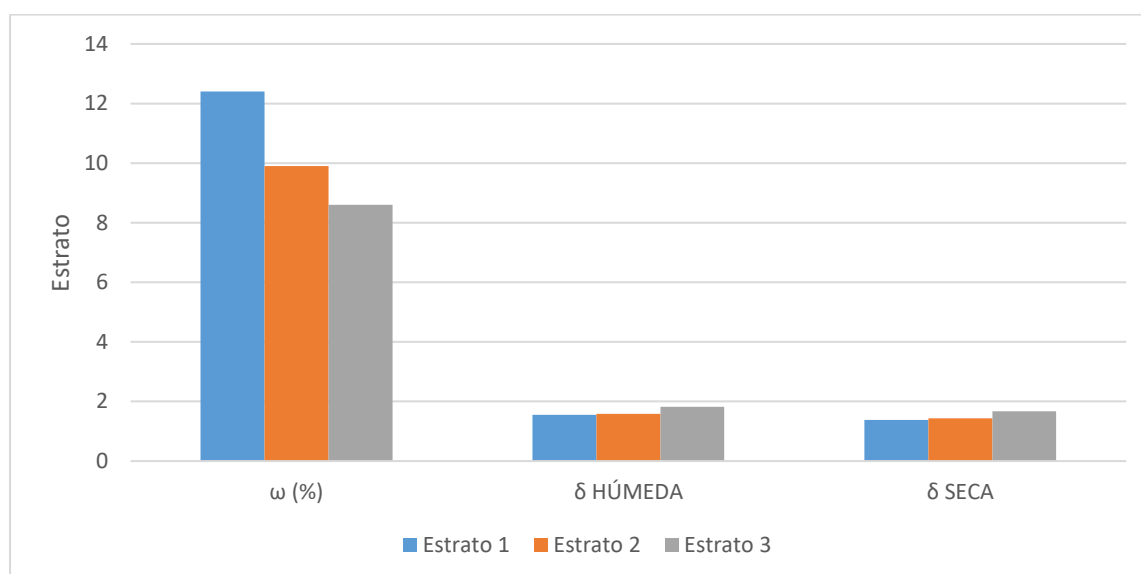
*Tabla 2
Densidad del suelo*

Estrato	Clasificación (SUCS)	Análisis de suelos en periodo de estiaje		
		ω (%)	δ HÚMEDA (g/cm ³)	δ SECA (g/cm ³)
1	CL	12.4	1.554	1.383
2	SC	9.9	1.587	1.432
3	GC	8.6	1.820	1.676

Nota: ω : es el contenido de humedad del suelo y δ : es la densidad del suelo

Fuente: Base de datos del investigador

Figura 39
Contenido de humedad y densidad de suelo



Fuente: Base de datos del investigador

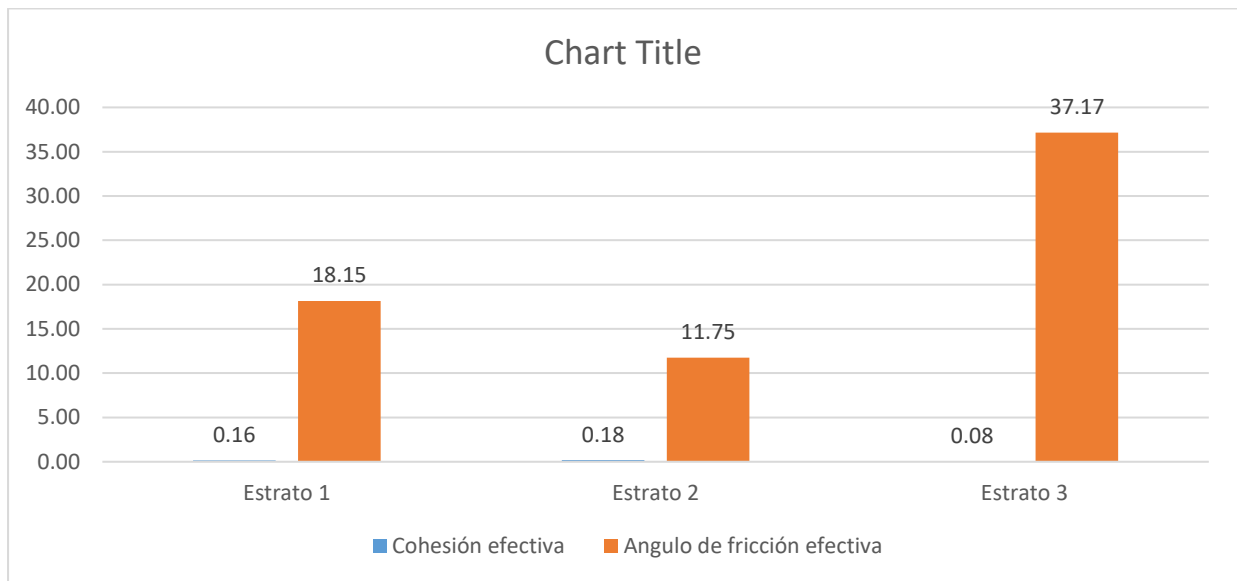
Asimismo, en la tabla 3 encontramos el resumen del ensayo triaxial, resultado de análisis en el laboratorio de suelos, el cual nos muestra la cohesión efectiva y el ángulo de fricción efectiva del suelo, siendo los resultados en el estrato 1 se tiene 0.611 kg/cm² de cohesión con un ángulo de fricción de 18.15°, en el estrato 2 se tiene 0.184 kg/cm² de cohesión con un ángulo de fricción de 11.75° y en el estrato 3 se tiene 0.079 kg/cm² de cohesión con un ángulo de fricción de 37.17°.

Tabla 3
Los parámetros de la resistencia al corte del suelo

Estrato	Clasificación (SUCS)	Nomenclatura	Cohesión efectiva (kg/cm ²)	Angulo de fricción efectiva (°)	Método de determinación de resultados
1	CL	Arcilla de Baja Plasticidad con Arena	0.161	18.15	ENSAYO TRIAXIAL
2	SC	Arena Arcillosa con Grava y de Plasticidad Media	0.184	11.75	ENSAYO TRIAXIAL
3	GC	Grava Arcillosa con Arena con Plasticidad Alta	0,079	37.17	ENSAYO TRIAXIAL

Fuente: Base de datos del investigador

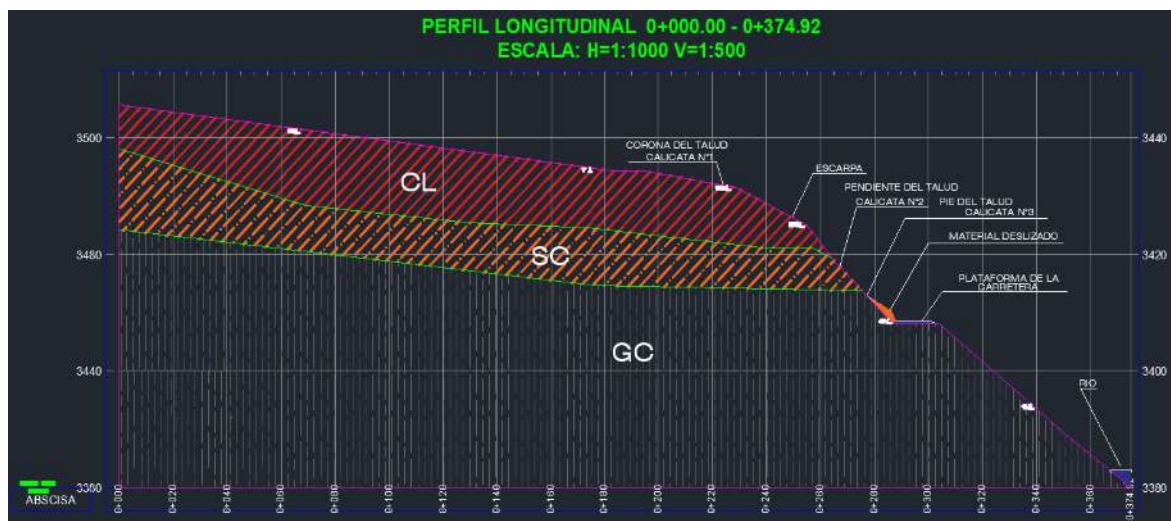
Figura 40
Cohesión efectiva y ángulo de fricción de suelo



Fuente: Base de datos del investigador

En el laboratorio se seleccionaron muestras típicas para realizar ensayos de clasificación con ellos, y como resultado de estos ensayos se clasificaron las muestras de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS, y como resultado de este análisis se obtuvo el perfil estratigráfico que se muestra en la figura 32.

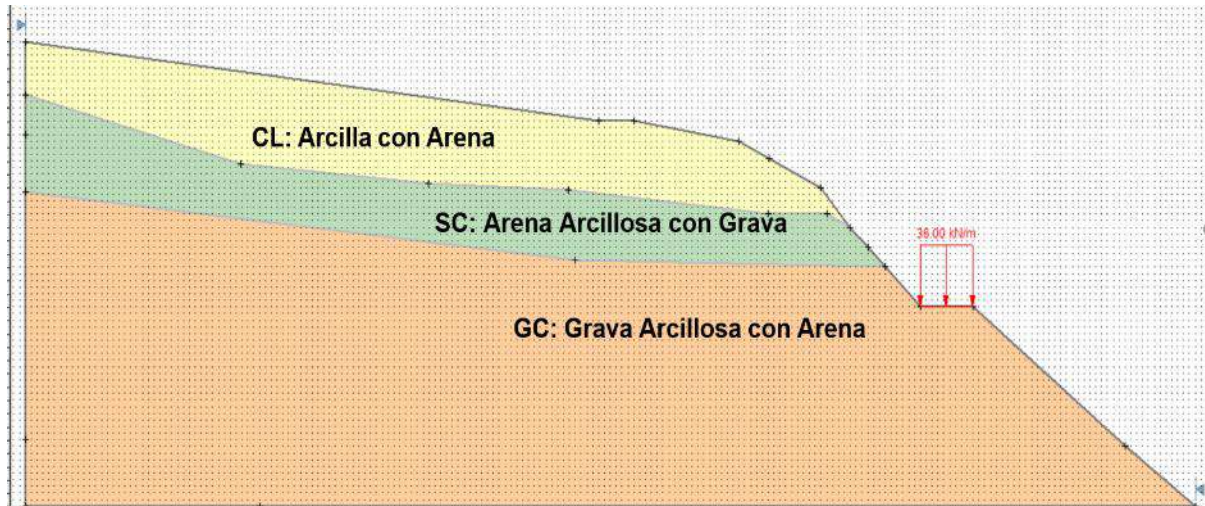
Figura 41
Perfil longitudinal en estudio



Fuente: Base de datos del investigador

Además, a este perfil estratigráfico montamos una carga de 12Kn/m² para la carretera, puesto que el ancho de la vía es de 3m consideramos un total de 36Kn/m² de carga recomendado por AASTHO (2002)

Figura 42
Tipos de estratos encontrado



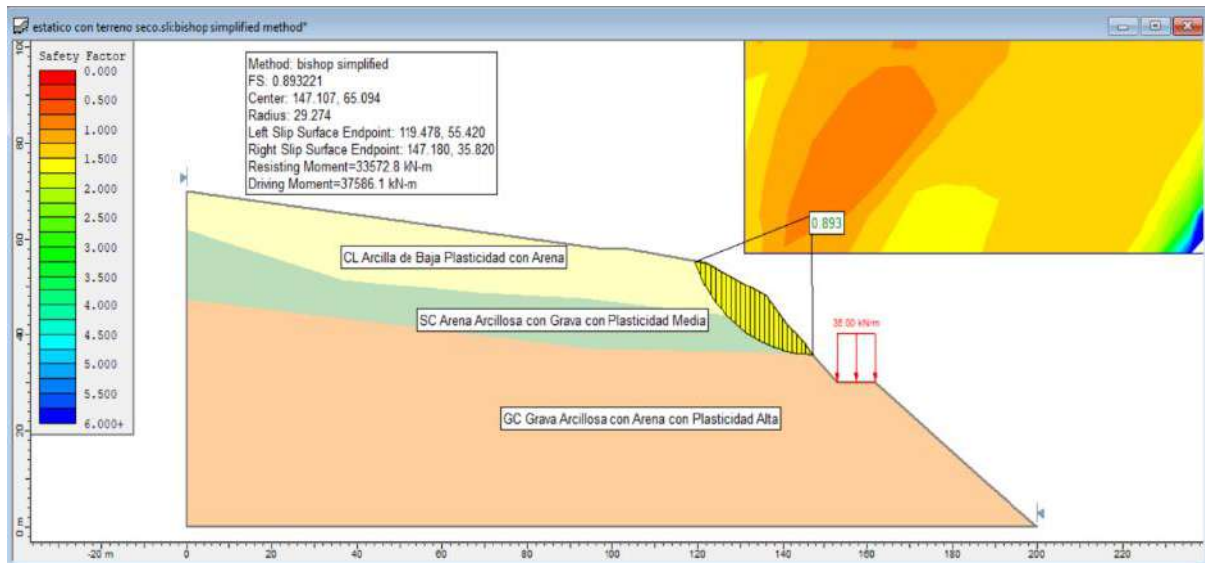
Fuente: Base de datos del investigador

4.2.- Calculo de factores de Seguridad

En este capítulo realizamos los análisis necesarios para obtener el factor de seguridad y determinar si el talud es estable o inestable de acuerdo al mínimo recomendado por normas aceptadas en el Perú E 050, CE 020 (Suelos y Taludes) AASHTO LRFD, el talud es estable cuando su factor de seguridad llegue a la unidad $fs. = 1.00$ o mayor a este, AASTHO LRFD recomienda en una situación estática y que no exista cargas estructurales próximas al talud debe emplearse un factor de seguridad de 1.2 o caso contrario 1.5, mientras que la norma CE020 recomienda en un talud permanentemente estático su factor de seguridad debe ser mayor de 1.5

En la obtención del factor de seguridad para los diferentes método dovelas utilizamos el programa SLIDE 5.0, programa que puede calcular los factores de seguridad para un sin número de círculos potenciales de fallas

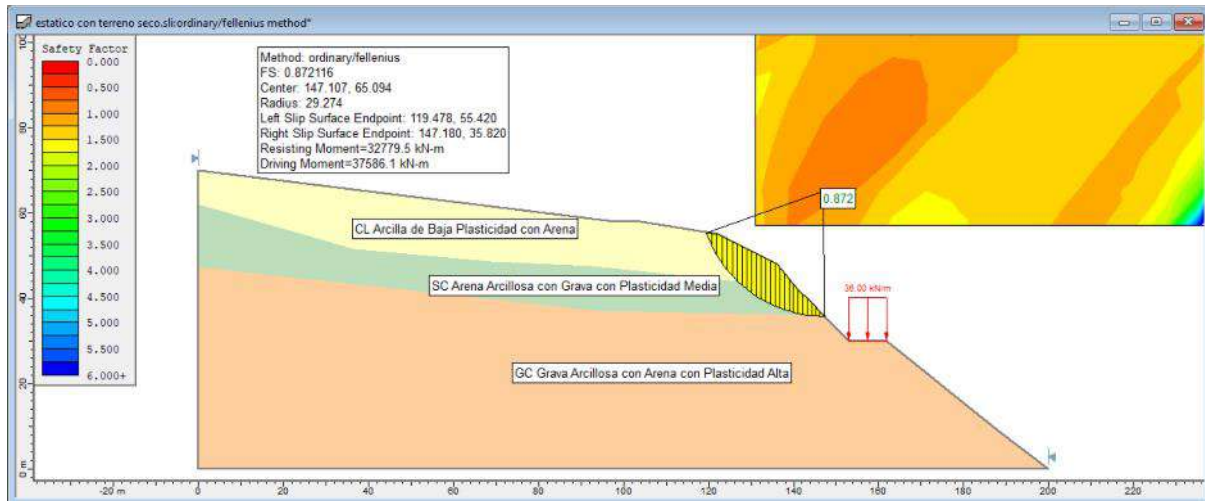
Figura 43
Método de la dovela aproximados "Bishop Simplificado "



BISHOP FS = 0.893

Fuente: Base de datos del investigador

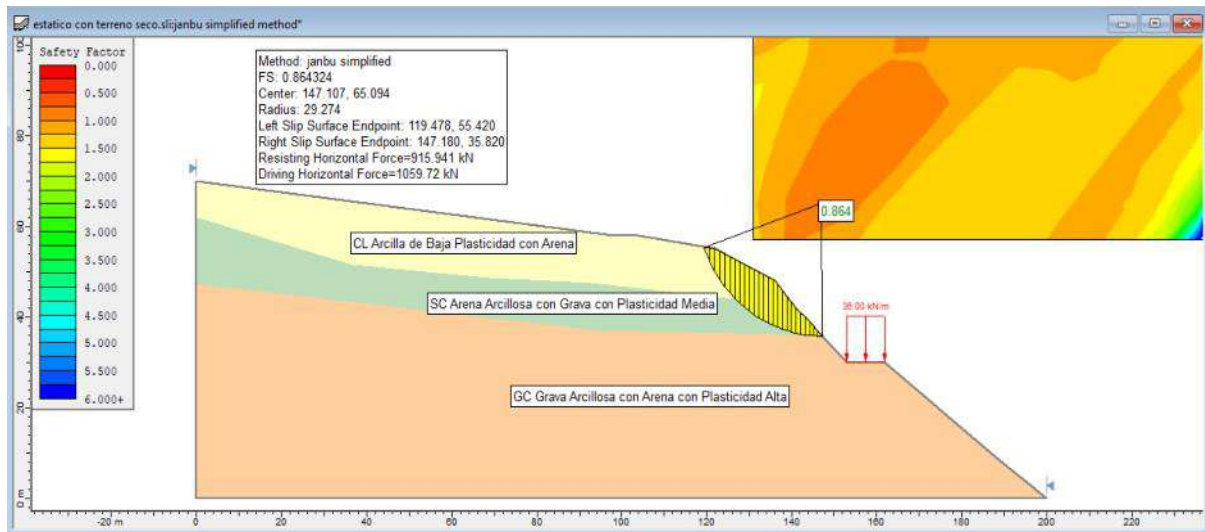
Figura 44
Método de la dovela aproximados "Ordinario Fellenius "



ORDINARIO FELLENIUS FS = 0.872

Fuente: Base de datos del investigador

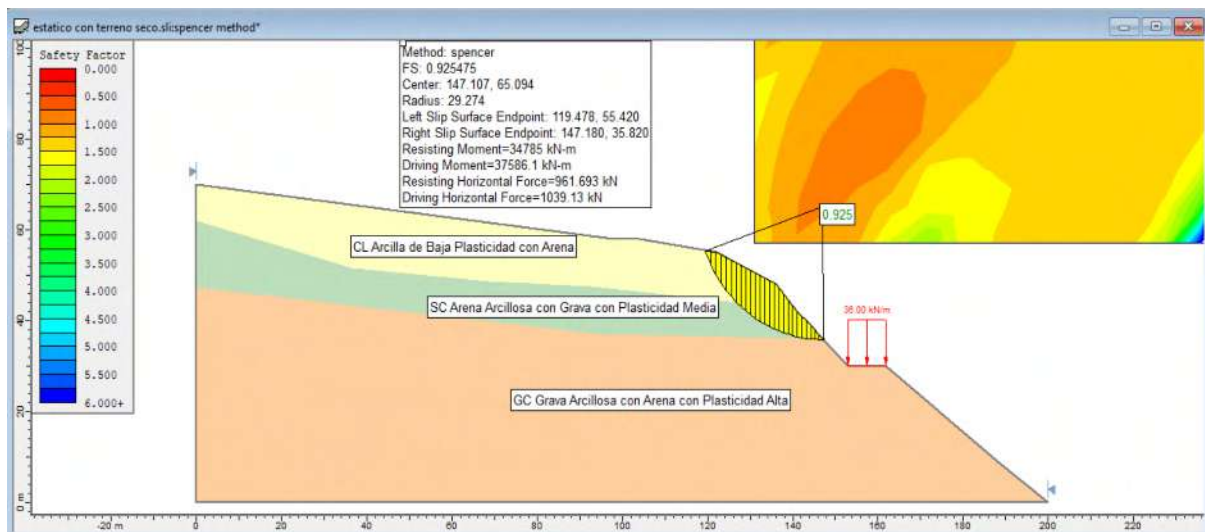
Figura 45
Método de la dovela aproximados "Jambu"



JAMBU FS= 0.864

Fuente: Base de datos del investigador

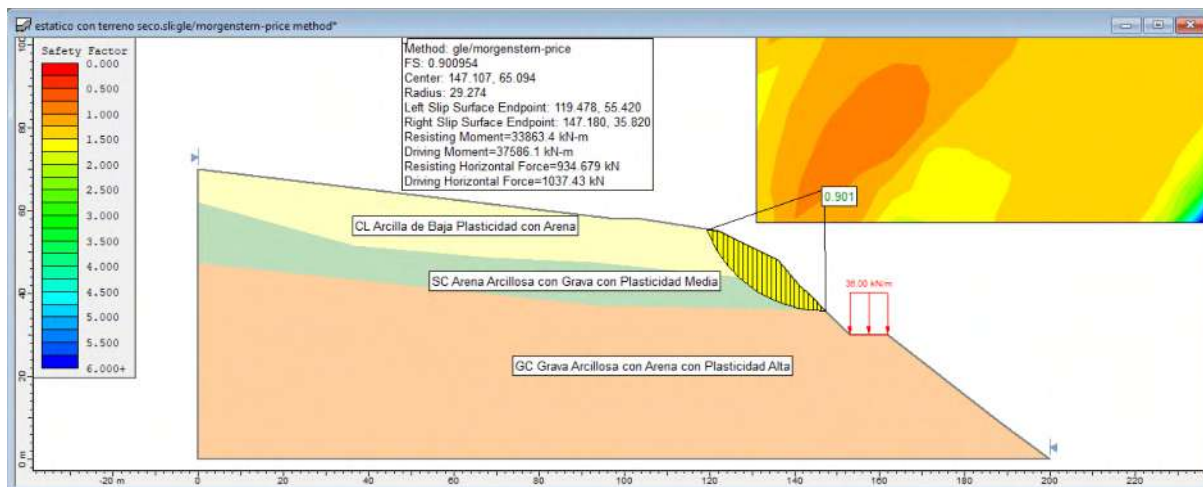
Figura 46
Método de la dovela aproximados "Spencer"



SPENCER FS = 0.925

Fuente: Base de datos del investigador

Figura 47
Método de la dovela aproximados "Morgenstern & Price"



MORGENSTERN & PRICE FS = 0.901

Fuente: Base de datos del investigador

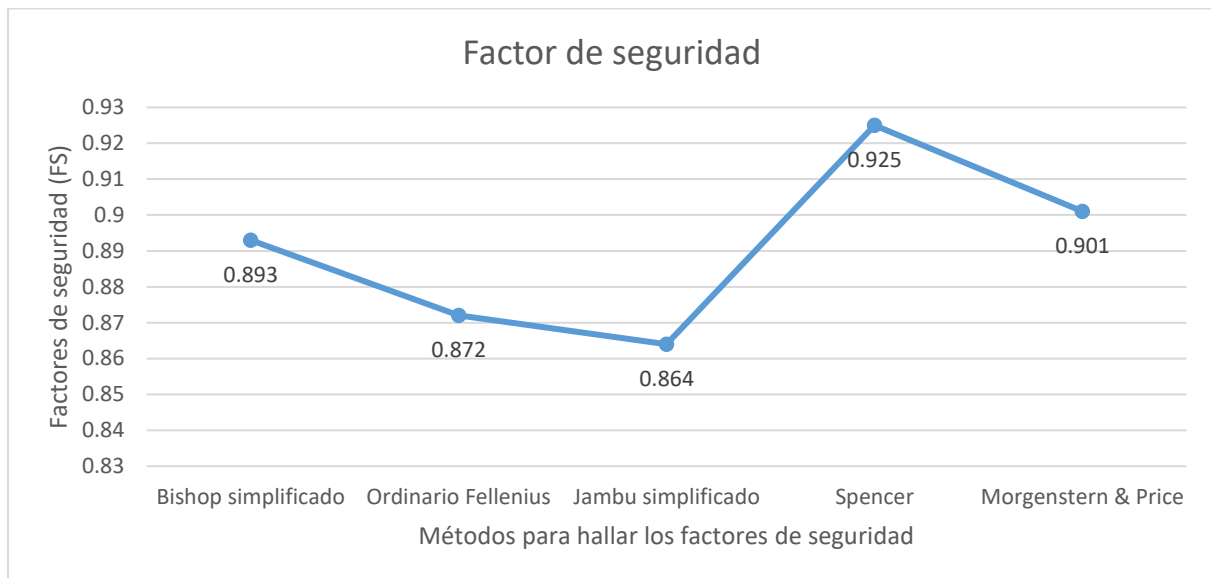
En la table 4 se muestra el resumen de los resultados de los factores de seguridad, se utilizaron los diferentes métodos de las dovelas para su respectivo cálculo, para ello se debe de tener presente el método que aplica cualquier superficie de falla y el método que satisface equilibrio de: momentos y fuerzas. Por tanto, los resultados obtenidos son: Bishop simplificado con 0.893 de factor de seguridad, ordinario Fellenius con 0.872 de factor de seguridad, Jambu simplificado con 0.864 de factor de seguridad, Spencer con 0.925 de factor de seguridad y Morgenstern & Price con 0.901 de factor de seguridad.

Tabla 4
Resultados de factores de seguridad (FS)

Método	Factor de seguridad
Bishop simplificado	0.893
Ordinario Fellenius	0.872
Jambu simplificado	0.864
Spencer	0.925
Morgenstern & Price	0.901

Fuente: Base de datos del investigador

Figura 48
Resultados de factor de seguridad (FS)

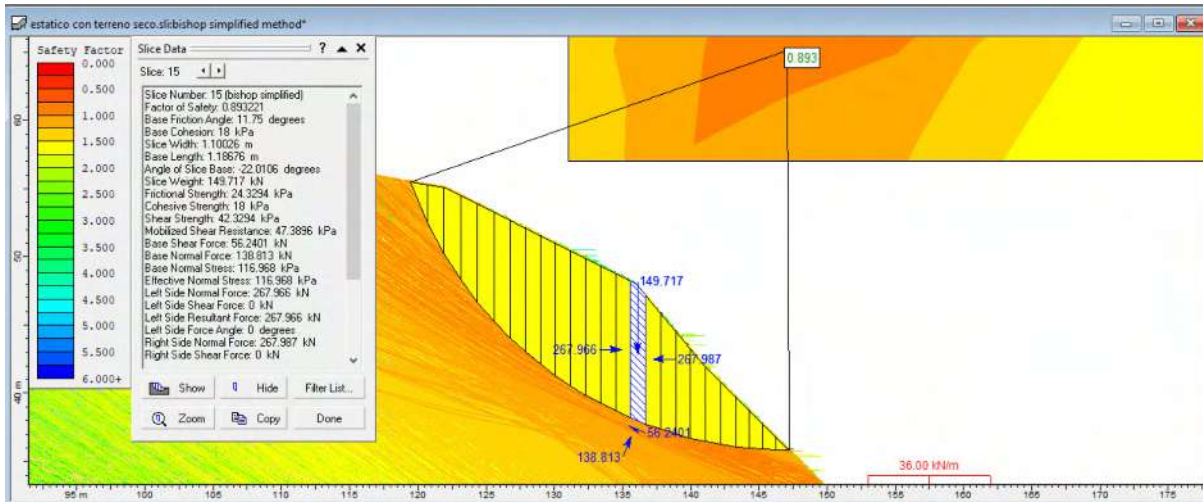


Fuente: Base de datos del investigador

Como se puede observar en la figura 33 el valor mínimo lo obtuvo el método de Jambu con $fs. = 0.864$, mientras que el mayor lo obtuvo el método de Spencer con $fs. = 0.925$, asimismo vemos que el fs del método de Bishop simplificado se acerca a los métodos más precisos de Spencer y Morgenstern y Price, mientras que a los métodos de Jambú Simplificado y el ordinario de Fellenius dan valores más alejados a los precisos, Asimismo observamos que Spencer y Morgenstern & Price dan una corta variación entre sus factores de seguridad, fruto de tener criterios parecidos donde los dos satisfacen equilibrio de momentos y equilibrio de fuerzas en cualquier tipo de fallas.

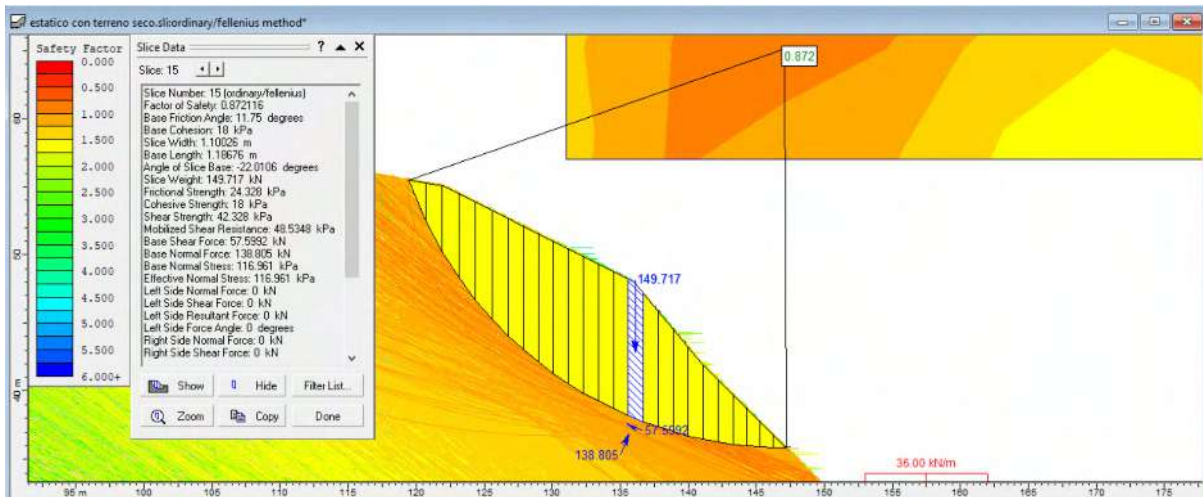
4.3.- Interpretación de los resultados con la dovela N° 15 por los diferentes Métodos

Figura 49
Bishop Simplificado



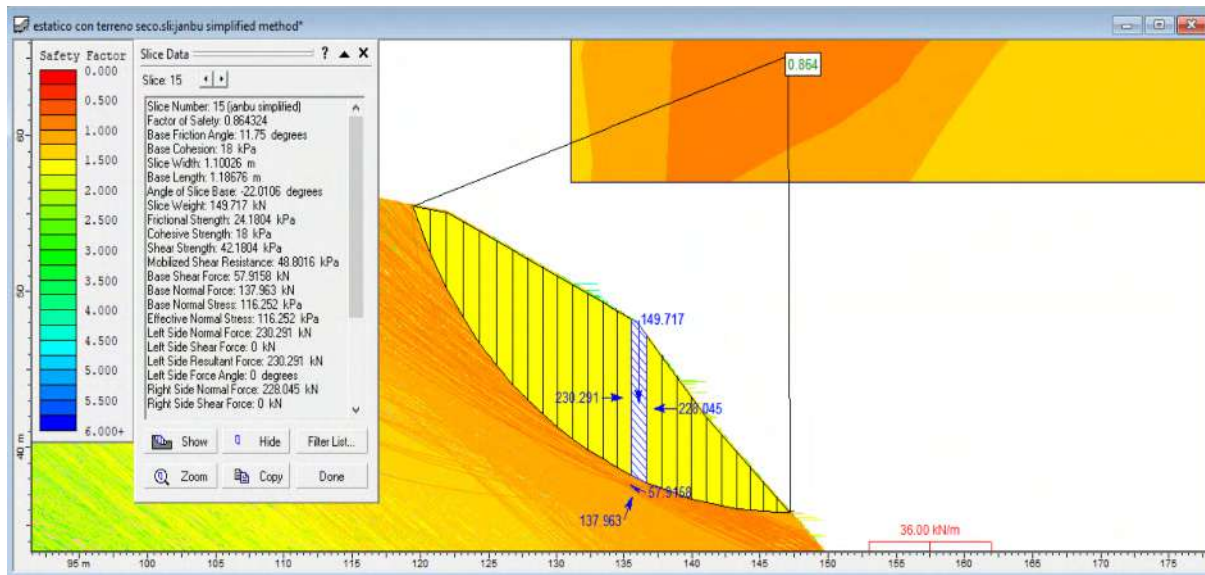
Fuente: Base de datos del investigador

Figura 50
Ordinario Fellenius



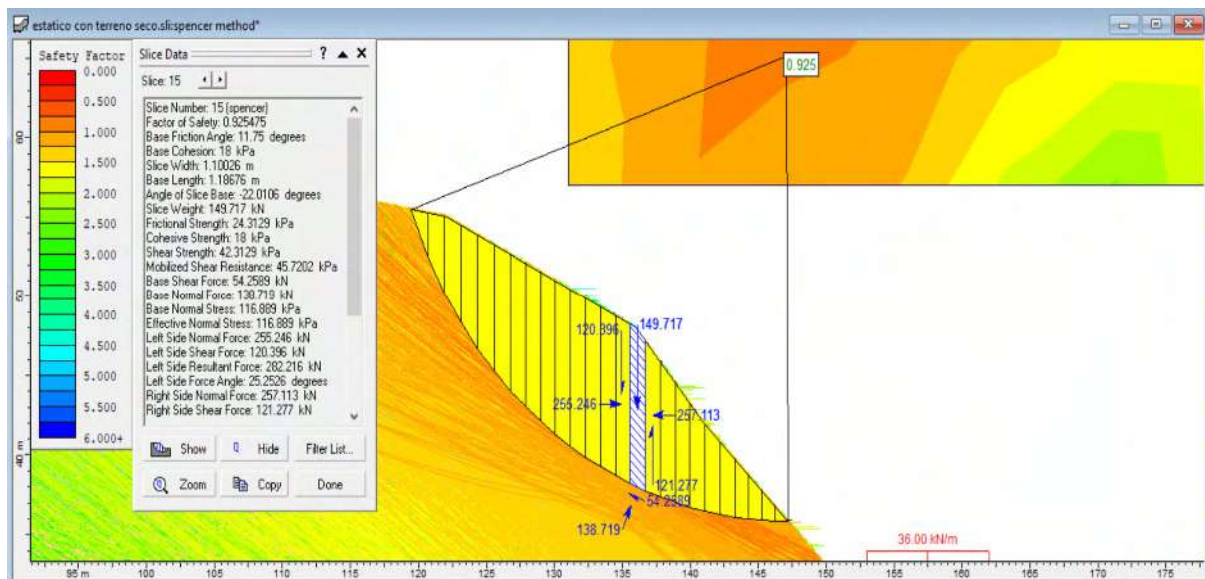
Fuente: Base de datos del investigador

Figura 51
Jambu Simplificado



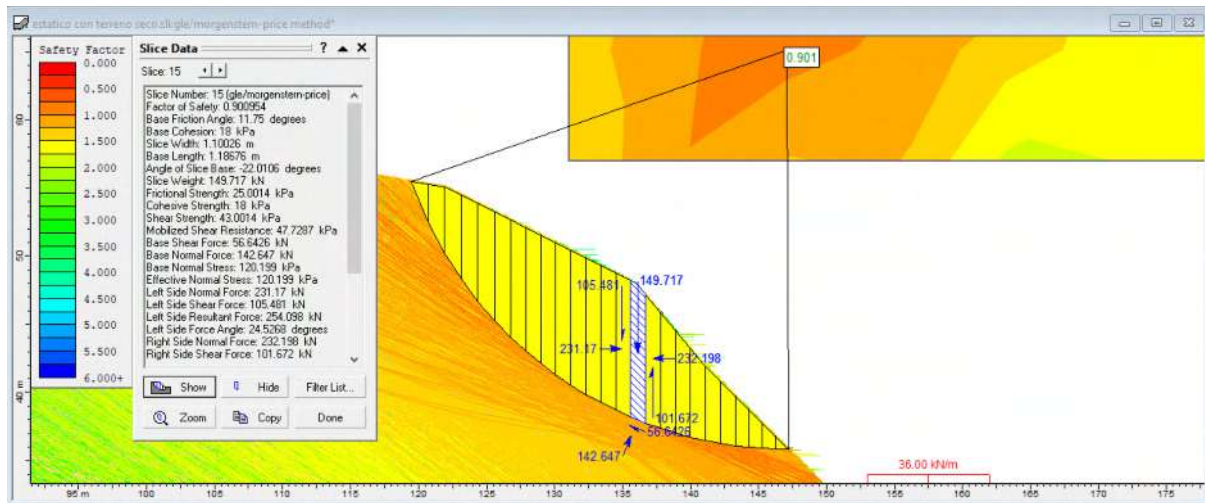
Fuente: Base de datos del investigador

Figura 52
SPENCER



Fuente: Base de datos del investigador

Figura 53
Morgenstern & Price



Fuente: Base de datos del investigador

En las figuras vemos que todos los métodos estiman el mismo peso en la rebana N° 15 que nos da un valor de **149.717 KN**.

En el talud en estudio tanto Bishop, Jambu, Spencer y Morgenstern & Price consideran un esfuerzo o fuerza de empuje en cada lado de la dovela, por lo que Fellenius **no considera** esta fuerza.

Tabla 5
Fuerza de empuje entre las dovelas en la rebanada N° 15

Método	Lado izquierdo	Lado derecho
Bishop simplificado	267.966	267.987
Ordinario Fellenius	No considera	No considera
Jambu simplificado	230.291	228.045
Spencer	255.246	257.113
Morgenstern & Price	231.17	232.198

Nota: Base de datos del investigador

Observando los valores obtenidos en la tabla 5, vemos que la fuerza de empuje entre las dovelas, Bishop tiene una fuerza de empuje mayor que los demás métodos, pero al obtener su factor de seguridad es menor que Spencer Y Morgenstern & Price.

Así mismo JAMBU SIMPLIFICADO considera una fuerza de empuje menor a los demás y casi igual a MORGENSTERN & PRICE, por ello, para obtener su factor

de seguridad en su análisis establece un factor de corrección, pero aun así obtiene un factor de seguridad menor a todos los demás.

Tabla 6
Fuerzas de corte entre dovelas en la rebanada N° 15

MÉTODO	LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO
Bishop	No considera	No considera
Jambu	No considera	No considera
Fellenius	No considera	No considera
Spencer	120.396	121.277
Morgenstern & Price	105.481	101.672
Nota: Base de datos del investigador		

De igual forma en la tabla N° 6 Bishop, Jambu y Fellenius **No** asumen las fuerzas de corte entre las dovelas, por lo que **Si** Spencer y Morgenstern & Price; por tanto, estos dos últimos métodos, ingresan más datos a su formulación de ecuación para la obtención del factor de seguridad

Los resultados dados por Spencer y Morgenstern & Price en el Cuadro N° 6 difieren porque el primero supone que las dovelas son paralelas entre sí y los huesos tienen el mismo ángulo de inclinación, el segundo supone que varía según una función arbitraria, por lo que el de Spencer factor de seguridad es mayor que el de Morgenstern y Price.

Tabla 7
Fuerza de corte o empuje en la base

MÉTODO	FUERZA DE CORTE DE LA BASE
BISHOP	56.2401
ORDINARIO FELLENIUS	57.5992
JAMBU	57.9158
SPENCER	54.2589
MORGENSTERN & PRICE	56.6426
Nota: Base de datos del investigador	

En la tabla N° 7 nos da los valores de la fuerza de corte de empuje en la base de la dovela N° 15, La fuerza de corte de la base es importante analizarlo en el desplazamiento del talud y vemos que Jambu y Fellenius dan mayores valores en comparación con los demás métodos, este resultado es producto por **NO** considerar

fuerza de empuje de cada dovela por eso al trabajar con Fellenius es trabajar en la condición más crítica del talud, situación que en la práctica está demasiado alejado de la realidad

4.2.- Prueba de hipótesis general

Teniendo en cuenta la hipótesis general donde se afirma: “Los resultados de los factores de seguridad por los métodos de dovelas desaprueban la estabilidad de taludes en la carretera Cochas – Ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020”, para la existencia de un modelo de regresión lineal debe probar:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1$$

Donde:

Y: Factores de seguridad por el método de dovelas

X: Estabilidad de taludes

β_0 y β_1 : Coeficiente de regresión múltiple

La estimación de la ecuación de regresión de población viene dada por la de regresión lineal múltiple de muestra.

Paso 01: Declaración de hipótesis de investigación

Ho: Los resultados de los factores de seguridad por los métodos de dovelas **NO** desaprueban la estabilidad de taludes en la carretera Cochas – Ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.

H0: $\beta_0 = \beta_1 = 0$ (No existe regresión)

H1: Los resultados de los factores de seguridad por los métodos de dovelas **SI** desaprueban la estabilidad de taludes en la carretera Cochas – Ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.

H1: Al menos un $\beta_0, \beta_1, \neq 0$ (Si existe regresión)

Paso 02: Determinar el nivel de error que aceptará la investigación

$\alpha=0,05$

Paso 03: Seleccione la estadística de prueba.

La regresión múltiple utilizará la F de Fisher.

Paso 04: Calcule los valores P (valores de significación)

Tabla 8
Cálculo del P-valor

		ANOVA ^a				
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	,002	1	,002	11,844	,041 ^b
	Residuo	,000	3	,000		
	Total	,002	4			

a. Variable dependiente: Factor seguridad

b. Predictores: (Constante), Estabilidad de taludes

Fuente: Datos del investigador

Tabla 9
Coeficientes

		Coeficientes				
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	,875	,007		121,185	,000
	Est_taludes	,003	,001	,893	3,442	,041

a. Variable dependiente: Factor de seguridad

Fuente: Datos del investigador

Paso 05: Decisión estadística.

Por tanto, si el p-valor es menor o igual a $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis del investigador (H1).

De la Tabla 8, el valor p obtuvo un resultado de 0.041, que es menor que α , rechazando así la hipótesis nula, por lo tanto, podemos estar seguros: el resultado del factor de seguridad del método por partes niega la estabilidad de la pendiente en la carretera Cochas – Ingenio tramo 19+ 610 al km 20+424, 2020.

4.3.- Prueba de hipótesis específicas

A.- Hipótesis específica 1

Teniendo en cuenta la hipótesis general donde se afirma: “Existen diferencias en los factores de seguridad entre los métodos aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera cochas – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020”:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1$$

Donde:

Y: Factores de seguridad

X: Métodos aproximados

β_0 y β_1 : Coeficiente de regresión múltiple

La estimación de la ecuación de regresión de población viene dada por la ecuación de regresión lineal múltiple de muestra.

Paso 01: Planteamiento de la hipótesis de investigación

Ho: **NO** existen diferencias en los factores de seguridad entre los métodos aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera cochas – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.

H0: $\beta_0 = \beta_1 = 0$ (No existe regresión)

H1: **SI** existen diferencias en los factores de seguridad entre los métodos aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera cochas – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.

H1: Al menos un β_0 , β_1 , $\neq 0$ (Si existe regresión)

Paso 02: Determinar el nivel de error que aceptará la investigación

$\alpha=0,05$

Paso 03: Seleccione la estadística de prueba.

La regresión múltiple utilizará la F de Fisher.

Paso 04: Calcule los valores P (valores de significación)

Tabla 10
Cálculo del P-valor

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	,000	1	,000	1,799	,040 ^b
	Residuo	,000	1	,000		
	Total	,000	2			

a. Variable dependiente: Factores de seguridad

b. Predictores: (Constante), Métodos aproximados

Fuente: Datos del investigador

Tabla 11
Coeficientes

Coeficientes						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	1,002	,094		10,688	,059
	Métodos Aproximados	-,080	,059	-,802	-1,341	,040

a. Variable dependiente: Factores de seguridad

Fuente: Datos del investigador

Paso 05: Decisión estadística.

Paso 05: Decisión estadística.

Por tanto, si el p-valor es menor o igual a $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis del investigador (H1).

Se puede observar en la Tabla 10 que el p-valor es 0.040, y si es menor a α se acepta la hipótesis nula, por lo que se puede confirmar: Carretera Cochas-Ingenio, tramo de 19+610 a 20+424 kilómetros, 2020.

B.- Hipótesis específica 2

Teniendo en cuenta la hipótesis general donde se afirma: “Existen diferencias en los factores de seguridad entre los métodos precisos para la estabilidad de taludes en la carretera cochas – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020”, para probar se debe demostrar la existencia del modelo de regresión lineal múltiple poblacional:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1$$

Donde:

Y: Factores de seguridad

X: Métodos precisos

β_0 y β_1 : Coeficiente de regresión múltiple

La estimación de la ecuación de regresión de población viene dada por la ecuación de regresión lineal múltiple de muestra.

Paso 01: Planteamiento de la hipótesis de investigación

Ho: **NO** existen diferencias en los factores de seguridad entre los métodos precisos para la estabilidad de taludes en la carretera cochas – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.

H0: $\beta_0 = \beta_1 = 0$ (No existe regresión)

H1: **SI** existen diferencias en los factores de seguridad entre los métodos precisos para la estabilidad de taludes en la carretera cochas – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.

H1: Al menos un β_0 , β_1 , $\neq 0$ (Si existe regresión)

Paso 02: Determinar el nivel de error que aceptará la investigación

$\alpha=0,05$

Paso 03: Seleccione la estadística de prueba.

La regresión múltiple utilizará la F de Fisher.

Paso 04: Calcule los valores P (valores de significación)

Tabla 12
Cálculo del P-valor

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	7378,390	1	7378,390	4,075	,050 ^b
	Residuo	3621,610	2	1810,805		
	Total	11000,000	3			

a. Variable dependiente: Factores de seguridad

b. Predictores: (Constante), Métodos precisos

Fuente: Datos del investigador

Tabla 13
Coeficientes

Coeficientes						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	76,359	114,139		,669	,050
	Cohesión	6,954	3,445	,819	2,019	,050

a. Variable dependiente: Factores de seguridad

Fuente: Datos del investigador

Paso 05: Decisión estadística.

Por tanto, si el p-valor es menor o igual a $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis del investigador (H1).

De la Tabla 25 sabemos que el valor p es 0.050, igual a α , y se rechaza la hipótesis nula, por lo que podemos estar seguros de que existe una diferencia en el factor de

seguridad entre el método aproximado y el método exacto para la estabilidad. Talud de la Carretera Cochás-Ingenio, tramo N° 19+ 610 a 20+424 km, 2020.

C.- Hipótesis específica 3

Teniendo en cuenta la hipótesis general donde se afirma: “Existen diferencias en los factores de seguridad entre métodos aproximados y precisos para la estabilidad de taludes en la carretera cochás – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020”, para probar se debe demostrar la existencia del modelo de regresión lineal múltiple poblacional:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1$$

Donde:

Y: Factores de seguridad

X: Métodos precisos y aproximados

β_0 y β_1 : Coeficiente de regresión múltiple

La estimación de la ecuación de regresión de población viene dada por la ecuación de regresión lineal múltiple de muestra.

Paso 01: Planteamiento de la hipótesis de investigación

Ho: **NO** existen diferencias en los factores de seguridad entre métodos aproximados y precisos para la estabilidad de taludes en la carretera cochás – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.

H0: $\beta_0 = \beta_1 = 0$ (No existe regresión)

H1: **SI** existen diferencias en los factores de seguridad entre métodos aproximados y precisos para la estabilidad de taludes en la carretera cochás – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.

H1: Al menos un β_0 , β_1 , $\neq 0$ (Si existe regresión)

Paso 02: Determinar el nivel de error que aceptará la investigación

$\alpha=0,05$

Paso 03: Seleccione la estadística de prueba.

La regresión múltiple utilizará la F de Fisher.

Paso 04: Calcule los valores P (valores de significación)

Tabla 14
Cálculo del P-valor

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	2,112	1	2,112	21,969	,043 ^b
	Residuo	,192	2	,096		
	Total	2,304	3			

a. Variable dependiente: Factores de seguridad

b. Predictores: (Constante), Métodos aproximados y precisos

Fuente: Datos del investigador

Tabla 15
Coeficientes

Coeficientes						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	3,283	,832		3,947	,050
	Métodos aproximados y precisos	,118	,025	,957	4,687	,043

a. Variable dependiente: Factores de seguridad

Fuente: Datos del investigador

Paso 05: Decisión estadística.

Por tanto, si el p-valor es menor o igual a $\alpha=0.05$, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis del investigador (H_1).

En la Tabla 14 se puede observar que el p-valor es 0.043, y si es menor que α se rechaza la hipótesis nula, por lo que se puede confirmar: en la vía Cochas-Molino, el tramo vial 19+610 a 20+424 kilómetros, en 2020.

CAPÍTULO V:

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la presente tesis tuvo como propósito determinar los resultados de los factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera Cochabamba – Ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020. Calculados con las normativas CE 020, cuyo resultado se presenta según los objetivos propuestos:

En relación al objetivo general: “Determinar los resultados de los factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera Cochabamba – Ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020”. En el análisis de la investigación se pudo obtener los resultados de los factores de seguridad por el método de las dovelas, en el cual se percibe, que los resultados obtenidos son menores a la unidad en los diferentes métodos de cálculo, Asimismo frente a la Hipótesis general planteada “Los resultados de los factores de seguridad por los métodos de dovelas desaprueban la estabilidad de taludes en la carretera Cochabamba – Ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020” se pudo encontrar que el nivel de significancia calculado es de 0.041 el cual es menor al valor de $\alpha=0,05$, a través de a prueba de Fisher, lo que nos da a entender que existe una relación entre ambas variables. Estos resultados están avalados por (Poveda, et al., 2020), (Rojas, 2016), (Kerguelen, 2009), (Ardiles & Ahumada, 2018), (Tardeo, et al., 2016) y (Alave, 2017) confirmado. Quien esté de acuerdo con los resultados calculados del factor de seguridad puede advertir si la pendiente es inestable o no. En este sentido, en el caso anterior y al analizar los resultados, confirmamos que el talud estudiado es completamente inestable debido a que el factor de seguridad obtenido es inferior a la uniformidad recomendada por la norma CE 020.

En relación al objetivo específico 1 : Precisar los resultados de factores de seguridad entre los métodos aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera cochas – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020, en los métodos aproximados encontramos a Bishop, Fellenius y Jambu, con respecto a sus resultados en la obtención del factor de seguridad nos dan valores por debajo a los valores mínimos planteados por la norma CE020, y que oscilan entre 0.893, 0.872 y 0.864 para un análisis estático y en las mejores condiciones, de igual forma frente a la Hipótesis 1 planteada “Existen diferencias en los factores de seguridad entre los métodos aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera cochas – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020” se pudo encontrar que el nivel de significancia calculado es de 0.040 el cual es menor al valor de $\alpha=0,05$, a través de a prueba de Fisher, lo que nos da a entender que existe una relación entre ambas variables. Estos resultados fueron corroborados por (Delgado, 2018), (Rodríguez, et al., 2016), (Rodrigo, 2017) y (De La Cruz, et al. 2013), quienes coincidieron en que existían diferencias en el acceso a los factores de seguridad entre los tres métodos, tienen diferentes criterios y conceptos en cuanto a iniciar posibles deslizamientos. En este sentido, en el caso anterior y al analizar los resultados, constatamos que las diferencias de criterio de cada autor conducen a la desigualdad del factor de seguridad obtenido, siendo el principio más notorio de cada autor: Para Bishop, el método solo es aplicable a superficies de falla circulares, y el modo de equilibrio satisfecho es solo momentos. Este autor no admite que todas las fuerzas cortantes entre segmentos se consideren nulas, por lo que reduce el número de incógnitas. fórmula, también establece que la solución está sobre determinada porque no se establecen todas las condiciones de equilibrio para el segmento.

Para Fellenius el método aplica solo para superficie de falla de tipo circulares, el modo de equilibrio que satisface es solo de momentos, El autor al asumir una superficie de falla circular divide el área de falla en cortes verticales, obtiene las fuerzas actuantes y resultantes para cada corte y la suma de estas fuerzas de momento con respecto al centro de círculo obtiene el factor de seguridad.

Dado que el método de Jambu es aplicable a cualquier superficie de falla y solo se satisface el balance de fuerzas, Jambu extiende el método de Bishop a superficies lisas de cualquier forma. Con este método, se consideran las fuerzas que actúan entre las partes, pero a lo largo de las líneas. Para obtener el factor de seguridad, Jambu propuso un factor de corrección f_0 , que depende de la forma de la superficie de deslizamiento y de los parámetros geotécnicos. Si bien esta corrección es confiable para pendientes con pendientes leves, para esta investigación se consideró poco confiable debido a las pendientes muy pronunciadas.

En relación al objetivo específico 2: Especificar los resultados de factores de seguridad entre los métodos precisos para la estabilidad de taludes en la carretera cochas – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020. En los métodos precisos encontramos al método de Spencer y Morgenstern e Price, con respecto a sus resultados en la obtención del factor de seguridad nos dan valores por debajo a los valores mínimos planteados por la norma CE020, y que oscilan entre 0.925 y 0.901 para un análisis estático y en las mejores condiciones, frente a la Hipótesis 2 planteada “Especificar los resultados de factores de seguridad entre los métodos precisos para la estabilidad de taludes en la carretera cochas – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020” se pudo encontrar que el nivel de significancia calculado es de 0.050 el cual es menor al valor de $\alpha=0,05$, a través de a prueba de Fisher, lo que nos

da a entender que existe una relación entre ambas variables. Estos resultados son corroborados por (Silva, 2018) y (Condezo 2019) quienes coinciden que las diferencias existentes para la obtención de los factores de seguridad entre estos tres métodos, actúan por tener criterios y conceptos distintos en la provocación de un posible deslizamiento, En tal sentido, bajo lo referido anteriormente y al analizar los resultados, confirmamos que las diferencias de criterio de cada autor hace que existan desigualdad en la obtención del factor de seguridad, estos principios más notorias de cada autor son: Estos resultados fueron corroborados por (Delgado, 2018), (Rodríguez, et al., 2016), (Rodrigo, 2017) y (De La Cruz, et al. 2013), quienes coincidieron en que existían diferencias en el acceso a los factores de seguridad entre los tres métodos, tienen diferentes criterios y conceptos en el desencadenamiento de posibles deslizamientos. En este sentido, en el caso anterior y al analizar los resultados, para el método de Spencer aplicable a cualquier superficie dañada, que satisfaga el equilibrio de momentos y fuerzas que actúan sobre los bloques individuales, el procedimiento de Spencer se basa en el supuesto de que las fuerzas entre los segmentos son mutuamente paralelos, es decir, tienen la misma inclinación, Spencer propuso dos ecuaciones, una para el balance de fuerzas y otra para el balance de momentos, resueltas para obtener el factor de seguridad, este método se considera muy preciso y funciona para casi todos los tipos de bordes Geometría de taludes y perfil de suelo, probablemente el procedimiento de balanceo más simple y completo para calcular factores de seguridad. (Jaime Suárez, 2002).

Para el método de Morgenstern e Price aplica para cualquier superficie de falla, el método satisface equilibrio de momentos y fuerzas, el método es muy similar al método Spencer con la diferencia que la inclinación de la resultante de fuerzas entre las dovelas se asume que varía de acuerdo a una función arbitraria

En relación al objetivo específico 3: “Detallar los resultados de factores de seguridad entre métodos precisos y aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera cochabamba – ingeniería tramo 19+610 al 20+424 km, 2020 como mencionada anteriormente sobre los métodos precisos (Spencer y Morgenstern e Price) con resultados de 0.925 y 0.901 y con los métodos aproximados (Bishop, Fellenius y Jambu), con resultados entre 0.925 y 0.901 en todos los métodos se utilizaron un análisis estático y en las mejores condiciones, y notoriamente todos los métodos nos arrojan valores por debajo de la unidad, pero los métodos aproximados nos dan resultados más bajos a comparación de los otros métodos , frente a la Hipótesis 3 planteada “Existen diferencias en los factores de seguridad entre métodos precisos y aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera cochabamba – ingeniería tramo 19+610 al 20+424 km, 2020”. también se pudo encontrar que el nivel de significancia calculado es de 0.043 el cual es menor al valor de $\alpha=0,05$, a través de la prueba de Fisher, lo que nos da a entender que existe una relación entre ambas variables. Este resultado es corroborado por (Torres, 2017), quien coincide que los métodos aproximados son aquellos que por el número de hipótesis realizadas no satisfacen todas las ecuaciones de equilibrio, mientras que los precisos si cumplen con todas las ecuaciones de equilibrio, lo que les permite considerar cualquier forma en la superficie de rotura y obtener a un factor de seguridad más real. En tal sentido, bajo lo referido anteriormente y al analizar los resultados, confirmamos que los métodos precisos es general y permite la consideración de cualquier forma de superficie de deslizamiento, lo que significa una complejidad en el análisis de sus ecuaciones para la obtención del factor de seguridad

CONCLUSIONES

1. En la presente tesis los factores de seguridad obtenidos mediante el método de las dovelas fueron Bishop = 0.893, Fellenius = 0.872, Jambu = 0.864, Spencer = 0.925, Morgenstern e Price = 0.901 en las mejores condiciones (estático y sin lluvias), obteniendo en todos los métodos valores por debajo de la unidad y **NO** ha cumplido el factor de seguridad mínimo de 1.00 recomendado por la norma CE 020 para poder ser estable, lo que nos indica, comprueba y concluye la inestabilidad del talud, provocado por factores naturales (lluvias) y antrópicos (en la realización del corte de talud sin el Angulo requerido en el mantenimiento de la carretera) el cual es reflejado por los deslizamientos encontrados al pie del talud a lo largo del tramo.
2. En los métodos aproximados, Bishop nos muestra un factor de seguridad mayor en comparación de Fellenius y Jambu, y este último, un resultado menor fruto de que solo satisface el equilibrio de fuerzas mas no de momentos.
3. En los métodos precisos Spencer muestra un factor de seguridad mayor que Morgenstern e Price, pero con una diferencia mínima, se concluye que el método de Spencer es el más indicado para determinar el factor de seguridad en la estabilización de taludes ya que satisface equilibrio de fuerzas y momentos en una concepción numérica más rigurosa que los demás
4. Se concluye le los métodos aproximados son los que nos dan un factor de seguridad menor debido a que en teoría son métodos muy sencillos y que asumen fuerzas de entre las dovelas es igual a cero por lo que nos dan factores de seguridad bajos o poco realistas, que a diferencia de los métodos precisos los valores de los factores de seguridad nos acercaría más a lo real por su misma complejidad teórica.

RECOMENDACIONES

1. Observando los resultados de los factores de seguridad obtenidos por los diferentes métodos de cálculo, y si al paso del tiempo no se ejerce un sistema de estabilización adecuado en la zona de estudio, tendríamos deslizamientos futuros mayores, afectando la economía y el tránsito vehicular en la zona, y en una pronta y económica solución de estabilización de talud se recomienda el sistema de tendido de talud incluyendo una zanja de coronación, tomando en cuenta el factor de seguridad obtenido por el método de Spencer ($FS=0.925$).
2. En consideración para diseños de estabilidad de taludes, el método de Jambunos entrega el factor de seguridad más conservador por lo que nos ocasionaría un mayor costo en el diseño de estabilidad de taludes,
3. Después de obtener los resultados de laboratorio de suelos en cada parte del talud (corona, pendiente y pie del talud, es recomendable trabajar con valores de la pendiente del talud ya que, al emplear los diferentes métodos, es la parte donde tiene mayor representación dentro del estudio, y poder así analizar un correcto sistema de estabilización de taludes
4. Para un cálculo confiable en la obtención del factor de seguridad depende bastante, la precisión y seguridad con la que se obtienen los resultados de laboratorio de suelo en el análisis topografía y geomorfología, ya que así obtendremos el ángulo de fricción, la cohesión y la densidad del suelo exactos, y estos aplicándolo de los diferentes métodos nos da un verdadero factor de seguridad, así proponer un sistema de estabilización de menor costo para la entidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alave, Chata Dany Evangelina. 2017.** *Propuesta de estabilización de taludes empleando el método de dovelas en la Carretera Lampa – Caracara de la Región Puno.* Puno : Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2017.
- Ardiles, Fabián Alejandro y Ahumada, Zavala Luis. 2018.** *Estudio de factor de seguridad y caracterización geotécnica para la estabilidad del talud minado en Concesión Sojo Piura, 2017.* Trujillo : Universidad Privada del Norte, 2018.
- Belandrya, Norly. 2015.** *Estabilidad de taludes - rotura circular.* Chile : Grupo de investigación en geodesia aplicada, 2015.
- Bernal, Torres César Augusto. 2010.** *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales.* Colombia : Pearson Educación, 2010. 50.
- Carrasco, Díaz Sergio. 2006.** *Metodología de la investigación científica.* Lima : San Marcos, 2006. 10.
- Condezo, Luna Mercedes Lucia. 2019.** *Análisis de estabilidad de taludes, empleando métodos aproximados de dovelas, en depósito de desmonte de Mina Excélsior Pasco.* Huancayo : Universidad Peruana Los Andes, 2019.
- Crespo, Villalaz Carlos. 2004.** *Mecánica de suelos y cimentaciones.* México : Limusa, 2004.
- De La Cruz, Inga Percy Lino y Orosco, Torres Jilber. 2013.** *Sistemas de estabilización al deslizamiento de taludes en la Carretera Cochas.- San Agustín de Cajas . Ingenio tramo km 19+610 al km 20+424, Huancayo.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro, 2013.
- De Matteís, Álvaro. 2003.** *Estabilidad de taludes.* Rosario : Universidad Nacional de Rosario, 2003.

De Matteis, Álvaro F. 2003. *Estabilidad de taludes*. [Digital] Rosario : Universidad nacional de Rosario, 2003.

Delgado, Villagómez Mauricio Antonio. 2018. *Estudio de estabilización de taludes en el Barrio La Merced Baja - Cantón Huaranda*. Ecuador : Universidad Central del Ecuador, 2018.

GeoStru. 2017. Estabilidad de taludes. [En línea] GeoStru, 12 de Octubre de 2017. [Citado el: 15 de Mayo de 2021.] <https://www.geostru.eu/es/blog/2016/06/13/estabilidad-de-taludes/>.

González, Caballero Matilde. 2001. *El terreno*. Cataluña : UPC, 2001.

Hunt, R.E. 1984. *Geotechnical Engineering Investigation*. New York : McGraw-Hill, 1984.

IGME. 2006. *Manual de ingeniería de taludes*. España : Instituto Geológico y Minero de España, 2006.

Kerguelen, Argumedo Alejandro. 2009. *Análisis probabilístico de estabilidad de taludes*. Ecuador : Universidad de los Andes, 2009.

Manual de Taludes. 1987. Taludes. *Manual de Taludes*. España : Instituto Geológico y Minero de España, 1987.

Muni, Budhu. 2007. *Fundamentos de la mecánica de Suelos*. United Kingdom. : WileyBlackwell, 2007.

Pérez de Ágreda, Eduardo Alonso. 2005. *Estabilidad de taludes*. Cataluña : Universitat Politècnica de Catalunya, 2005.

Poveda, Peláez Robert Steven, Rodríguez, Rubio Oscar Iván y Rosas, Ceballos Michael Stevens. 2020. *Análisis comparativo de los métodos utilizados para el cálculo del factor de seguridad del talud ubicado en el sector portal de la Martinica de la Ciudad de Ibagué*. Colombia : Universidad Cooperativa de Colombia, 2020.

Rico, Rodríguez Alfonso. 2005. *La ingeniería de suelos en la vías terrestres.* México : Limusa, 2005.

Rodrigo, Campos Luz Roxana. 2017. *Análisis de estabilidad de taludes en la carretera Lajas – Ajipampa.* Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2017.

Rodríguez, Moguel Ernesto. 2005. *Matodología de investigación.* México : Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2005. 30.

Rodríguez, Saravia Emerson Edgardo y Rosales, Salgado Ivis Merliny. 2016. *Evaluación de estabilidad de talud en carretera de Cacaopera-corinto, tramos 1+450 y 1+690.* Salvador : Universidad de El Salvador, 2016.

Rojas, Paz Sandra narcisa. 2016. *El cálculo del factor de seguridad como elemento principal para el diseño de obras de estabilización de taludes en la vía Latacunga – La Maná sector Cruz Blanca.* Ámbato : Universidad Técnica de Ámbato, 2016.

Sanhueza, Plaza C. y Rodriguez, Cifuentes L. 2013. *Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales.* [Electrónico] Colombia : Revista de la construcción, Revista de la construcción, 2013. Vol. 12.

Silva, Quesquen Paul Alexander. 2018. *Análisis comparativo de estabilidad de talud y propuesta de solución con muros anclados en la Carretera Las Pirias-Cajamarca, 2018.* Lima : Universidad César Vallejo, 2018.

Suarez, Díaz Jaime. 2009. *Deslizamientos: Análisis Geotécnico.* Bucaramanga : Colombia: Ingeniería de Suelos Ltda, 2009.

Suárez, J. 1998. *Caracterización de los Movimientos. En Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales.* [Electrónico] México : de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos., 1998.

Tardeo, De La Cruz Cesar Augusto y Zanabria, Pari Ever. 2016. *Análisis dinámico de estabilidad de taludes por elementos finitos en la zona de Huayllapampa del distrito de Cuenca • Huancavelica.* HUancavelica : Universidad de Huancavelica, 2016.

Torres, García Joerge Antonio. 2017. *Estabilización de taludes para el mantenimiento de la carretera "Huancayo - El Tambo - San Agustín de Cajas - Hualhuas - Saños - Quilcas - San Jerónimo de Tunan - Ingenio, provincia de Huancayo - Junín 2016.* Huancayo : Universidad Peruana Los Andes, 2017.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

TITULO: FACTORES DE SEGURIDAD POR EL MÉTODO DE DOVELAS PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CARRETERA COCHAS – INGENIO TRAMO 19+610 AL 20+424 KM, 2020

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
<p>GENERAL ¿Cuáles son los factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera Cochás – ¿Ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020?</p>	<p>GENERAL Determinar los factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera Cochás – Ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.</p>	<p>GENERAL Los factores de seguridad por los métodos de dovelas desaprueban la estabilidad de taludes en la carretera Cochás – Ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE: Factores de seguridad</p>	<p>X.1. Densidad del suelo</p> <p>X.2. Cohesión</p>	<p>X.1.1. Resistencia al cortante disponible</p> <p>X.2.1. Cálculo de cohesión efectiva</p>	<p>Métodos Universal: Científico Generales: Inductivo-Deductivo, Analítico-Sintético. Específicos: Descriptivo.</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Nivel de investigación: Explicativo</p> <p>Diseño de investigación: Será experimental, del tipo cuasiexperimental</p> <p>Población – Muestra: Población: Taludes la carretera Cochás - Ingenio Muestra: Tramo km 19+610 al km 20+424 Técnicas e Instrumentos: Técnica: Observación y documentación. Instrumentos: Fichas de observación. Análisis documentario.</p>
<p>ESPECIFICO ¿Qué diferencias existen en los factores de seguridad entre los métodos aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera cochás – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020?</p>	<p>ESPECIFICO Precisar los factores de seguridad entre los métodos aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera cochás – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.</p>	<p>ESPECIFICO Existen diferencias en los factores de seguridad entre los métodos aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera cochás – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.</p>		<p>X.3. Angulo de fricción</p>	<p>X.3.1.- Cálculo de ángulo de fricción interna</p>	
<p>¿Qué diferencias existen en los factores de seguridad entre los métodos precisos para la estabilidad de taludes en la carretera cochás – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020?</p>	<p>Especificar los factores de seguridad entre los métodos precisos para la estabilidad de taludes en la carretera cochás – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020</p>	<p>Existen diferencias en los factores de seguridad entre los métodos precisos para la estabilidad de taludes en la carretera cochás – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.</p>		<p>VARIABLE DEPENDIENTE: Estabilidad de taludes</p>	<p>Y1. Métodos aproximados</p>	
<p>¿Qué diferencias existen en los factores de seguridad entre métodos precisos y aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera cochás – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020?</p>	<p>Detallar los factores de seguridad entre métodos precisos y aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera cochás – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020.</p>	<p>Existen diferencias en los factores de seguridad entre métodos precisos y aproximados para la estabilidad de taludes en la carretera cochás – ingenio tramo 19+610 al 20+424 km, 2020</p>	<p>Y.2. Métodos precisos</p>			

Anexo 2: Estudios de suelos sobre corona del talud

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947898992
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 2209-2021
 Nombre del testista : Bach. Ing. Erick Fredy Hurtado Flores
 Nombre de la tesis : Factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera de Cochabamba - Ingenio Tramo 19+610 al 20+424 km, 2020
 Ubicación : Quilcas - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 22-09-21

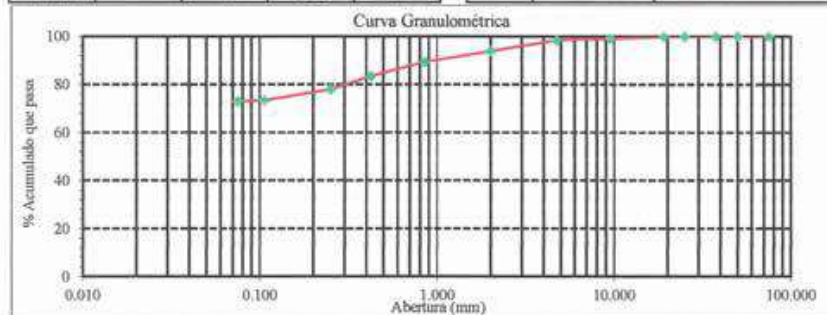
REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-1 Corona de Talud Prog. 020+120 - Lado izquierdo
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 2.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128					Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa	Límite Líquido	34
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0	Límite Plástico	21
2 pulg	50.000	0.0	0.0	100.0	Índice de Plasticidad	13
1 1/2 pulg	37.500	0.0	0.0	100.0		
1 pulg	25.000	0.0	0.0	100.0		
3/4 pulg	19.000	0.0	0.0	100.0		
3/8 pulg	9.500	0.8	0.8	99.2		
No. 4	4.750	0.6	1.4	98.6		
No. 10	2.000	4.6	6.0	94.0		
No. 20	0.850	4.7	10.6	89.4		
No. 40	0.425	5.7	16.4	83.6		
No. 60	0.250	5.5	21.9	78.1		
No. 140	0.106	4.6	26.5	73.5		
No. 200	0.075	0.5	26.9	73.1		
Fondo		73.1	100.0	0.0		

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	1.4	% Humedad	12.4
% Arena	25.5		
% Finos	73.1		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASHTO NTP 339.135	
Símbolo	CL	A-6 (8)	
Nombre	Arcilla de baja plasticidad con arena		





NOTAS:
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPE GP-004: 1993).
 Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 2209-2021
 Nombre del tesisista : Bach. Ing. Erick Fredy Hurtado Flores
 Nombre de la tesis : Factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera de Cochas - Ingenio Tramo 19+610 al 20+424 km, 2020
 Ubicación : Quilcas - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 22-09-21
 Método de Excavación : Manual
 Calicata : C-1 Corona de Talud Prog. 020+120 - Lado Izquierdo

Descripción e Identificación de Suelos mediante el procedimiento Visual - Manual
NTP 339.150

Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Descripción y clasificación del material: Color, Humedad Natural, Plasticidad, Estado Natural de Compacidad, Forma de las partículas, Tamaño Máximo de Piedras, Presencia de Materia Orgánica, etc.
0.30	Pt		Tierra de cultivo
0.50	CL		Arcilla de baja plasticidad con arena, estado húmedo, de color marrón claro a marrón oscuro de consistencia suave con presencia de raíces
1.00			
1.50			
2.00			
2.50			

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamán Salazar Omar Alex



	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Código	C3-TRI-CU-001
	Método de prueba estándar para la prueba de compresión triaxial consolidado no drenado para suelos (CU) ASTM D4787-11	Versión	01
		Fecha	08-10-2020
		Página	1 de 3

Proyecto : 2209-2021
 Solicitante : Bach. Ing. Erick Frey Hurtado Flores
 Expediente N° : Factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera de Cochabamba - Ingenio Tramo 19+610 al 20+424 km, 2020
 Ubicación de Proyecto : Quicasa - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 22-09-2021

Calicata : C-1 Corona de Talud Proq 0+20+120 - Lado izquierdo
 N° de Muestra : M-1
 Profundidad : 2.50

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

Características generales:

Estado de la muestra:	Muestra remoldeada	%/min
Velocidad:	0.5	
Gravedad específica (G _s):	2.67	

Descripción visual del suelo (D2488 ó D2487):


Arcilla de baja plasticidad con arena

c _s = 1kg/cm ²			c _s = 2kg/cm ²			c _s = 4kg/cm ²		
CONDICIÓN	Inicial	Final	CONDICIÓN	Inicial	Final	CONDICIÓN	Inicial	Final
Altura (cm)	14.00	11.22	Altura (cm)	14.00	11.23	Altura (cm)	14.00	11.24
Diámetro (cm)	7.10	7.97	Diámetro (cm)	7.10	7.98	Diámetro (cm)	7.10	7.99
Humedad (%)	12.4	18.9	Humedad (%)	12.4	18.9	Humedad (%)	12.4	18.9
Densidad Húmeda (g/cm ³)	1.554	1.657	Densidad Húmeda (g/cm ³)	1.565	1.644	Densidad Húmeda (g/cm ³)	1.574	1.692
Densidad Seca (g/cm ³)	1.393	1.393	Densidad Seca (g/cm ³)	1.393	1.362	Densidad Seca (g/cm ³)	1.436	1.422
Relación de vacíos	0.92	0.92	Relación de vacíos	0.92	0.93	Relación de vacíos	0.86	0.88
Grado de saturación	35.5%	55.2%	Grado de saturación	35.9%	54.3%	Grado de saturación	38.4%	57.6%
Consolidación y Saturación			Consolidación y Saturación			Consolidación y Saturación		
Contrapresión (kg/cm ²)	1		Contrapresión (kg/cm ²)	1		Contrapresión (kg/cm ²)	1	
Parámetro B (%)	90		Parámetro B (%)	90		Parámetro B (%)	90	
Altura corregida (cm)	13.88		Altura corregida (cm)	13.64		Altura corregida (cm)	13.61	
Área corregida (cm ²)	39.93		Área corregida (cm ²)	40.04		Área corregida (cm ²)	40.13	
Deformación Unitaria E (%)	σ ₁ -σ ₃ (kg/cm ²)	Presión de poros (kg/cm ²)	Deformación Unitaria E (%)	σ ₁ -σ ₃ (kg/cm ²)	Presión de poros (kg/cm ²)	Deformación Unitaria E (%)	σ ₁ -σ ₃ (kg/cm ²)	Presión de poros (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.35	0.00	0.05	0.16	0.00	0.05	0.27	0.00
0.10	0.54	0.01	0.10	1.34	0.01	0.10	0.43	0.01
0.25	1.36	0.02	0.25	2.44	0.02	0.25	0.64	0.01
0.35	2.40	0.06	0.35	3.09	0.05	0.35	2.64	0.04
0.50	2.77	0.15	0.50	3.45	0.12	0.50	4.29	0.09
0.75	3.08	0.18	0.75	3.79	0.15	0.75	5.52	0.11
1.00	3.29	0.21	1.00	4.00	0.17	1.00	6.19	0.13
1.25	3.58	0.24	1.25	4.17	0.19	1.25	6.52	0.15
1.50	3.80	0.27	1.50	4.34	0.22	1.50	6.64	0.17
1.75	3.75	0.29	1.75	4.41	0.23	1.75	6.75	0.18
2.00	3.85	0.31	2.00	4.51	0.24	2.00	6.97	0.19
2.50	3.88	0.32	2.50	4.53	0.25	2.50	7.08	0.20
3.00	3.92	0.33	3.00	4.60	0.27	3.00	7.17	0.21
3.50	3.96	0.34	3.50	4.90	0.27	3.50	7.24	0.21
4.00	4.01	0.34	4.00	4.99	0.27	4.00	7.33	0.21
4.50	4.02	0.34	4.50	5.12	0.28	4.50	7.45	0.22
5.00	4.05	0.35	5.00	5.24	0.28	5.00	7.50	0.22
6.00	4.09	0.35	6.00	5.42	0.28	6.00	7.52	0.22
7.00	4.11	0.35	7.00	5.47	0.28	7.00	7.58	0.22
8.00	4.14	0.36	8.00	5.51	0.29	8.00	7.64	0.23
9.00	4.16	0.36	9.00	5.56	0.29	9.00	7.66	0.23
10.00	4.19	0.37	10.00	5.59	0.30	10.00	7.68	0.23
11.00	4.24	0.39	11.00	5.66	0.31	11.00	7.70	0.24
12.00	4.26	0.40	12.00	5.72	0.32	12.00	7.73	0.25
13.00	4.32	0.40	13.00	5.80	0.32	13.00	7.79	0.25
14.00	4.38	0.41	14.00	5.92	0.33	14.00	7.85	0.26
15.00	4.35	0.42	15.00	6.06	0.33	15.00	7.92	0.26
16.00	4.41	0.43	16.00	5.88	0.34	16.00	7.74	0.27
17.00	4.35	0.43	17.00	5.78	0.34	17.00	7.56	0.27
18.00	4.33	0.43	18.00	5.70	0.34	18.00	7.31	0.27
19.00	4.36	0.43	19.00	5.63	0.34	19.00	7.22	0.27
20.00	4.33	0.43	20.00	5.55	0.34	20.00	7.05	0.27

Observaciones:

Las muestras fueron remoldeadas en laboratorio con material pesante de la malla N°4.

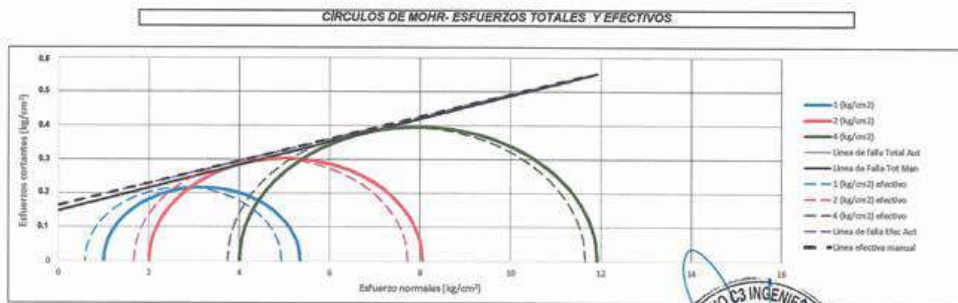
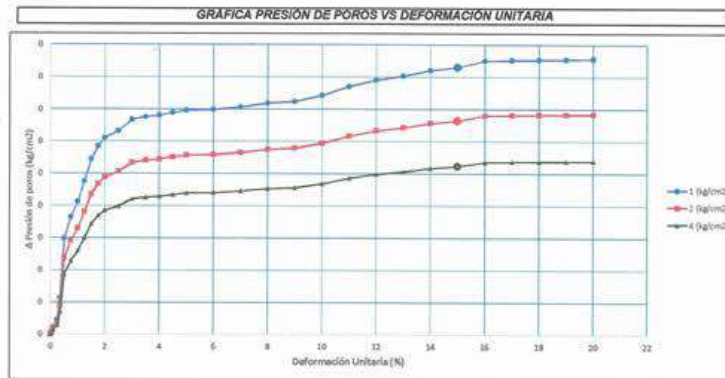
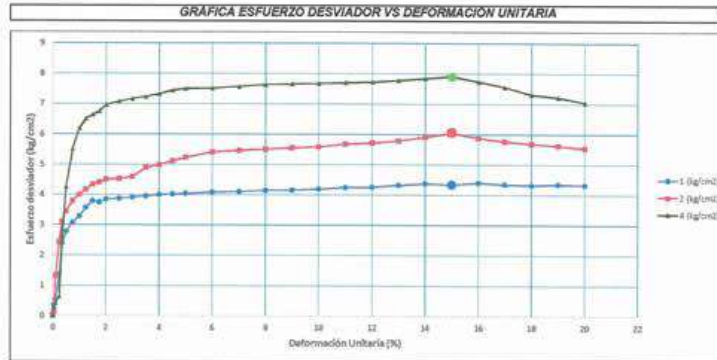


	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Código	CS-TRI-CU-001
	Método de prueba estandar para la prueba de compresión triaxial consolidado no drenado para suelos (CU) ASTM D4787-11	Versión	01
		Fecha	08-10-2020
		Página	2 de 3

Proyecto : 2209-2021
 Solicitante : Bach. Ing. Erick Fredy Hurtado Flores
 Expediente N° : Factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera de Cochac - Ingenio Tramo 19+610 al 20+424 km, 2020
 Ubicación de Proyecto : Quilcas - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 22-09-2021

Calicata : C-1 Corona de Talud Prog 0+20+120 - Lado izquierdo
 N° de Muestra : M-1
 Profundidad : 2,50

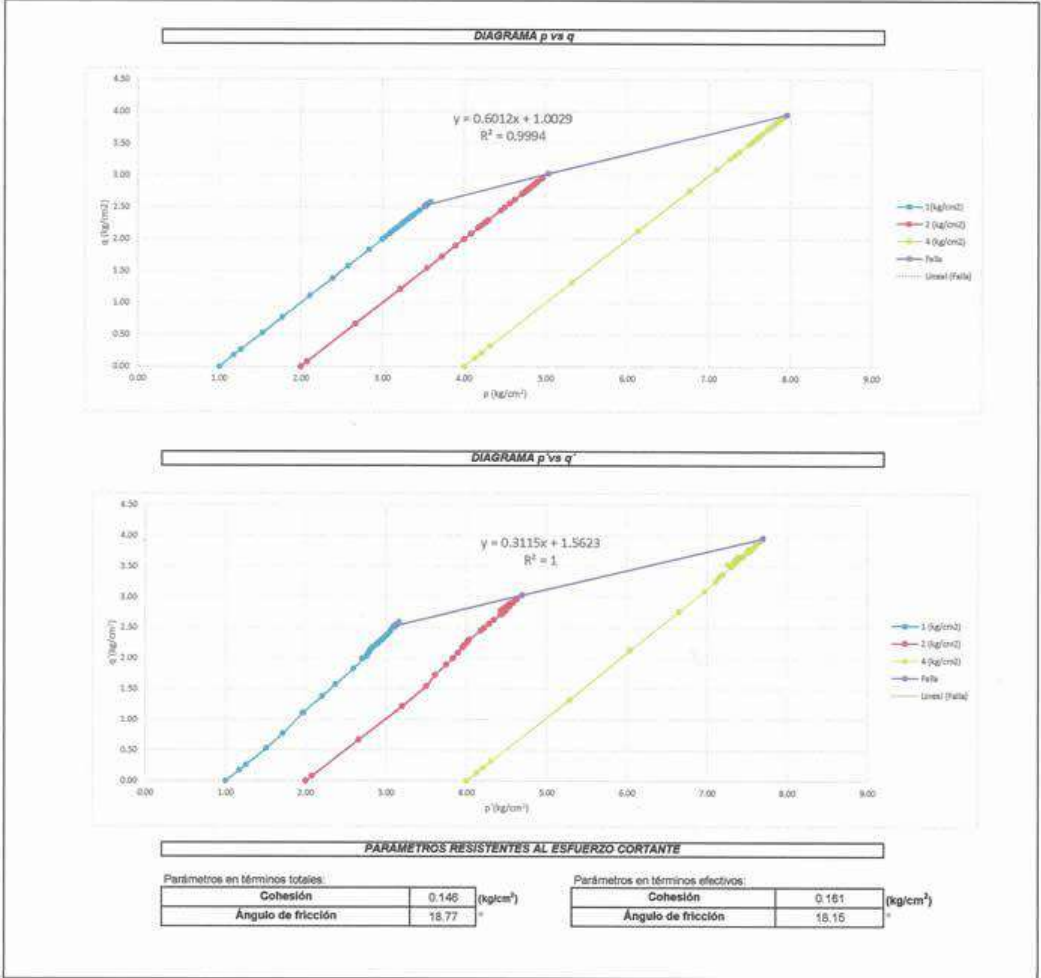
ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)



	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Código	C3-TRI-CU-001
	Método de prueba estandar para la prueba de compresión triaxial consolidado no drenado para suelos (CU) ASTM D4767-11	Versión	01
		Fecha	08-10-2020
		Página	3 de 3

Proyecto : 2209-2021
 Solicitante : Bach. Ing. Erick Frey Hurtado Flores
 Expediente N° : Factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera de Cochabamba - Ingenio Tramo 19+610 al 20+424 km, 2020
 Ubicación de Proyecto : Quilcas - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 22-09-2021
 Calicata : C-1 Corona de Talud Prog 0+20+120 - Lado izquierdo
 N° de Muestra : M-1
 Profundidad : 2.60

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)



Anexo 3: Estudios de suelos sobre pendiente o cuerpo del talud

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947898992
 E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 2209-2021
 Nombre del testista : Bach. Ing. Erick Freydy Hurtado Flores
 Nombre de la tesis : Factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera de Cochas - Ingenio Tramo 19+610 al 20+424 km, 2020
 Ubicación : Quilcas - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 22-09-21

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

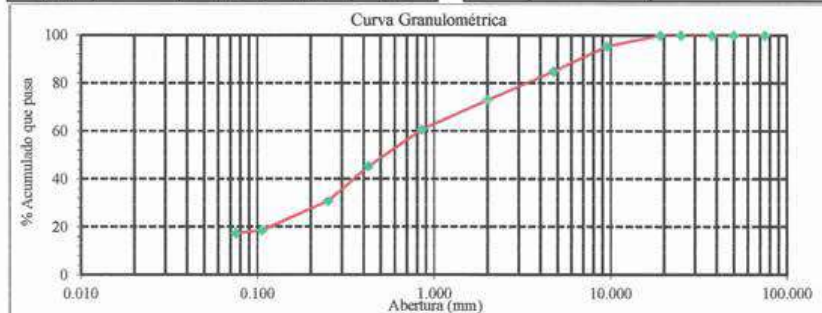
Calicata : C-2 Pendiente o Cuerpo de Talud Prog. 020+120 - Lado Izquierdo
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 2.00

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0
2 pulg	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2 pulg	37.500	0.0	0.0	100.0
1 pulg	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4 pulg	19.000	0.0	0.0	100.0
3/8 pulg	9.500	4.5	4.5	95.5
No. 4	4.750	10.3	14.9	85.1
No. 10	2.000	12.1	27.0	73.0
No. 20	0.850	12.3	39.4	60.6
No. 40	0.425	15.2	54.5	45.5
No. 60	0.250	14.6	69.1	30.9
No. 140	0.106	12.2	81.2	18.8
No. 200	0.075	1.2	82.5	17.5
Fondo		17.5	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	35
Límite Plástico	20
Índice de Plasticidad	15

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	14.9	% Humedad	9.9
% Arena	67.6		
% Finos	17.5		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASHTO NTP 339.135	
Símbolo	SC	A-1-b (0)	
Nombre	Arena arcillosa		



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI- GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar

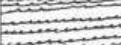
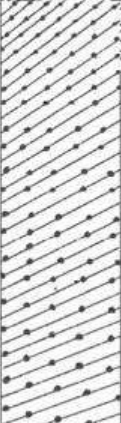


RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
CELULAR : 947898992
E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 2209-2021
 Nombre del testista : Bach. Ing. Erick Fredy Hurtado Flores
 Nombre de la tesis : Factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera de Cochabamba - Ingenio Tramo 19+610 al 20+424 km, 2020
 Ubicación : Quilcas - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 22-09-21
 Método de Excavación : Manual
 Calicata : C-2 Pendiente o Cuerpo de Talud Prog. 020+120 - Lado Izquierdo

Descripción e Identificación de Suelos mediante el procedimiento Visual - Manual
NTP 339.150


Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Descripción y clasificación del material: Color, Humedad Natural, Plasticidad, Estado Natural de Compacidad, Forma de las partículas, Tamaño Máximo de Piedras, Presencia de Materia Orgánica, etc.
0.20	Pt		Tierra de cultivo
0.50	SC		Arena arcillosa con grava, plasticidad media, estado humedo, color anarajando oscuro a amarillo de consistencia firme con presencia de boloneria de 4" a 7" en 3% a 8% aproximadamente de canto subanguloso con presencia de raíces
1.00			
1.50			
2.00			

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Código	C3-TRI-CU-001
	Método de prueba estándar para la prueba de compresión triaxial consolidado no drenado para suelos (CU) ASTM D4787-11	Versión	01
		Fecha	08-10-2020
		Página	1 de 3

Expediente N° : 2209-2021
Nombre del testista : Bach. Ing. Erick Freddy Hurtado Flores
Nombre de la tesis : Factores de seguridad por el método de dóvelas para la estabilidad de taludes en la carretera de Cochabamba - Ingenio Tramo 19+610 al 20+424 km. 2020
Ubicación : Calles - Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 22-09-2021

Calicata : C-2 Pendiente o Cuerpo de Talud Proq 020+120 - Lado Izquierdo
N° de Muestra : N-1
Profundidad : 2.00

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

Características generales:

Estado de la muestra:

Muestra remoldeada

Velocidad: 0.5 %/min
Gravedad específica (Gs): 2.67

Descripción visual del suelo (D2488 ó D2487):

Arena arcillosa con grava

σ ₃ = 1kg/cm ²			σ ₃ = 2kg/cm ²			σ ₃ = 4kg/cm ²		
CONDICIÓN	Inicial	Final	CONDICIÓN	Inicial	Final	CONDICIÓN	Inicial	Final
Altura (cm)	14.20	11.37	Altura (cm)	14.20	11.39	Altura (cm)	14.20	11.40
Diámetro (cm)	7.00	7.96	Diámetro (cm)	7.00	7.87	Diámetro (cm)	7.00	7.88
Humedad (%)	9.9	16.9	Humedad (%)	9.9	16.9	Humedad (%)	9.9	16.9
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2.059	2.202	Densidad Húmeda (g/cm ³)	1.587	1.674	Densidad Húmeda (g/cm ³)	1.637	1.722
Densidad Seca (g/cm ³)	1.873	1.884	Densidad Seca (g/cm ³)	1.444	1.432	Densidad Seca (g/cm ³)	1.490	1.474
Relación de vacíos	0.43	0.42	Relación de vacíos	0.85	0.86	Relación de vacíos	0.79	0.81
Grado de saturación	62.1%	108.0%	Grado de saturación	31.1%	52.1%	Grado de saturación	33.3%	55.6%
Consolidación y Saturación			Consolidación y Saturación			Consolidación y Saturación		
Contrapresión (kg/cm ²)	1		Contrapresión (kg/cm ²)	1		Contrapresión (kg/cm ²)	1	
Parámetro B (%)	30		Parámetro B (%)	30		Parámetro B (%)	30	
Altura corregida (cm)	14.14		Altura corregida (cm)	14.04		Altura corregida (cm)	14.01	
Área corregida (cm ²)	39.83		Área corregida (cm ²)	38.92		Área corregida (cm ²)	39.00	
Deformación Unitaria E (%)	σ ₁ -σ ₃ (kg/cm ²)	Presión de poros (kg/cm ²)	Deformación Unitaria E (%)	σ ₁ -σ ₃ (kg/cm ²)	Presión de poros (kg/cm ²)	Deformación Unitaria E (%)	σ ₁ -σ ₃ (kg/cm ²)	Presión de poros (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.19	0.02	0.05	0.14	0.01	0.05	0.22	0.01
0.10	0.28	0.03	0.10	1.17	0.03	0.10	0.35	0.02
0.25	0.74	0.07	0.25	2.14	0.06	0.25	0.52	0.04
0.35	1.29	0.09	0.35	2.71	0.07	0.35	2.15	0.05
0.50	1.49	0.14	0.50	3.03	0.11	0.50	3.47	0.08
0.75	1.86	0.16	0.75	3.32	0.13	0.75	4.48	0.10
1.00	1.77	0.19	1.00	3.50	0.15	1.00	5.04	0.12
1.25	1.92	0.13	1.25	3.66	0.11	1.25	5.30	0.08
1.50	2.04	0.11	1.50	3.81	0.09	1.50	5.40	0.07
1.75	2.02	0.07	1.75	3.97	0.08	1.75	5.49	0.04
2.00	2.07	0.04	2.00	3.95	0.03	2.00	5.67	0.02
2.50	2.08	0.02	2.50	3.97	0.01	2.50	5.76	0.01
3.00	2.11	-0.01	3.00	4.03	-0.01	3.00	5.84	0.00
3.50	2.13	-0.02	3.50	4.30	-0.02	3.50	5.89	-0.01
4.00	2.15	-0.05	4.00	4.37	-0.04	4.00	5.96	-0.03
4.50	2.16	-0.05	4.50	4.49	-0.04	4.50	6.06	-0.03
5.00	2.16	-0.10	5.00	4.59	-0.06	5.00	6.10	-0.06
6.00	2.20	-0.13	6.00	4.75	-0.10	6.00	6.12	-0.08
7.00	2.21	-0.19	7.00	4.79	-0.15	7.00	6.16	-0.12
8.00	2.23	-0.24	8.00	4.83	-0.19	8.00	6.22	-0.15
9.00	2.24	-0.30	9.00	4.87	-0.24	9.00	6.23	-0.19
10.00	2.25	-0.33	10.00	4.90	-0.26	10.00	6.25	-0.21
11.00	2.26	-0.36	11.00	4.98	-0.29	11.00	6.26	-0.23
12.00	2.29	-0.41	12.00	5.01	-0.33	12.00	6.29	-0.26
13.00	2.33	-0.46	13.00	5.08	-0.37	13.00	6.33	-0.29
14.00	2.35	-0.52	14.00	5.19	-0.42	14.00	6.39	-0.33
15.00	2.34	-0.56	15.00	5.31	-0.44	15.00	6.44	-0.35
16.00	2.37	-0.62	16.00	5.16	-0.49	16.00	6.30	-0.39
17.00	2.34	-0.67	17.00	5.08	-0.54	17.00	6.15	-0.42
18.00	2.33	-0.74	18.00	5.00	-0.59	18.00	5.96	-0.46
19.00	2.34	-0.76	19.00	4.94	-0.61	19.00	5.87	-0.48
20.00	2.33	-0.80	20.00	4.86	-0.64	20.00	5.74	-0.50

Observaciones:

Las muestras fueron remoldeadas en laboratorio con material pasante de la malla N°4.



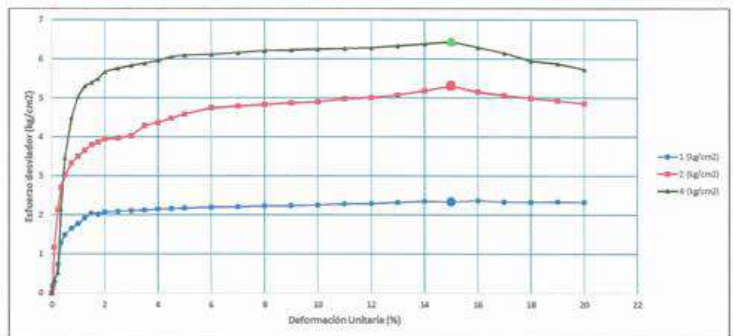
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Código	CS-TRI-CU-001
Método de prueba estándar para la prueba de compresión triaxial consolidado no drenado para suelos (CU) ASTM D4767-11	Versión	01
	Fecha	08-10-2020
	Página	2 de 3

Expediente N° : 2208-2021
 Nombre del testista : Bach. Ing. Erick Freddy Hurtado Flores
 Nombre de la tesis : Factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera de Cochas - Ingenio Tramo 19+610 al 20+424 km, 2020
 Ubicación : Quilcas - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 22-09-2021

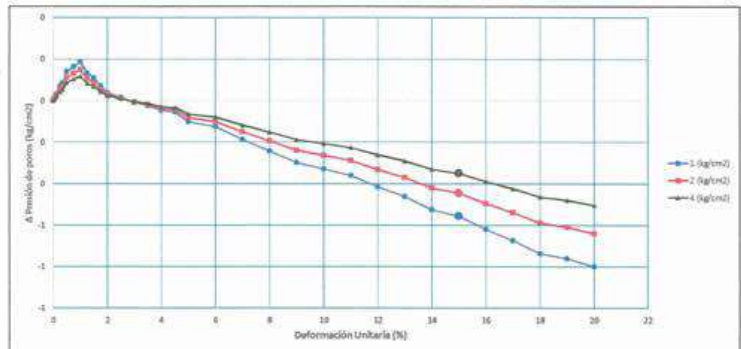
Calicata : C-2 Pendiente o Cuerpo de Talud Prog 020+120 - Lado izquierdo
 N° de Muestra : M-1
 Profundidad : 2.00

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

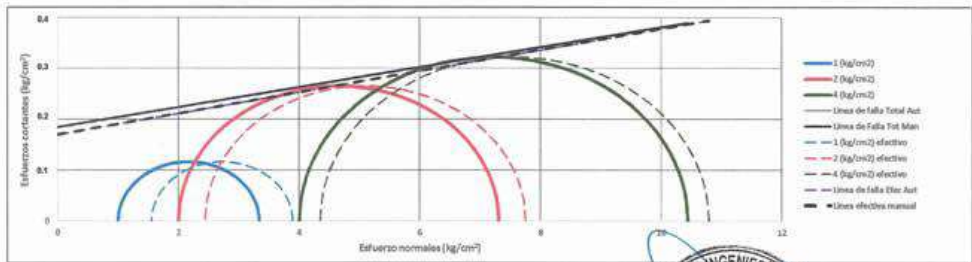
GRÁFICA ESFUERZO DESVIADOR VS DEFORMACIÓN UNITARIA




GRÁFICA PRESIÓN DE POROS VS DEFORMACIÓN UNITARIA



CIRCULOS DE MOHR: ESFUERZOS TOTALES Y EFECTIVOS

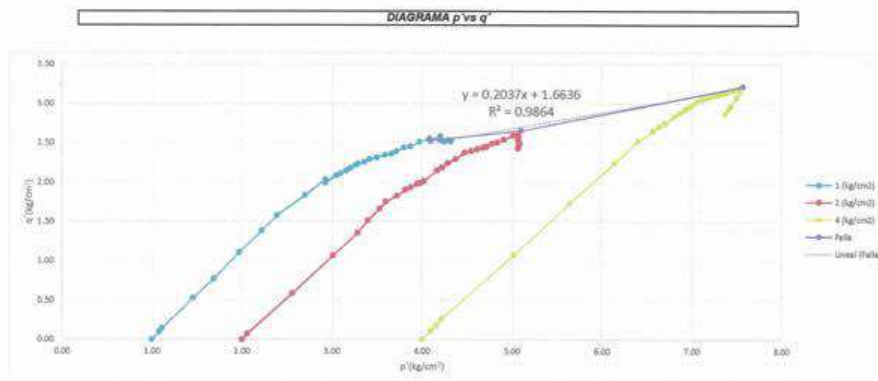
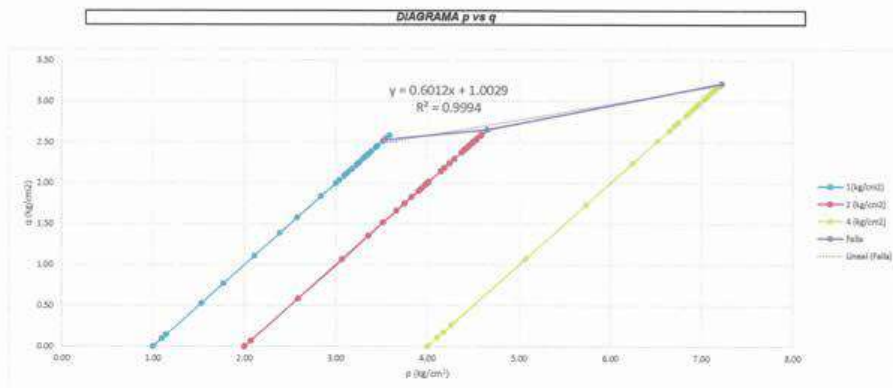


	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Código	C3-TRI-CU-001
	Método de prueba estándar para la prueba de compresión triaxial consolidado no drenado para suelos (CU) ASTM D4767-11	Versión	01
		Fecha	08-10-2020
		Página	3 de 3

Expediente N° : 2209-2021
Nombre del tesis : Bach. Ing. Erick Freddy Hurtado Flores
Nombre de la tesis : Factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera de Cochabamba - Ingenio Tramo 19+610 al 20+424 km, 2020
Ubicación : Quilicas - Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 22-09-2021

Calicata : C-2 Pendiente o Cuerpo de Talud Prog 020+120 - Lado Izquierdo
N° de Muestra : M-1
Profundidad : 2.00

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)



PARAMETROS RESISTENTES AL ESFUERZO CORTANTE

Parámetros en términos totales:		Parámetros en términos efectivos:	
Cohesión	0.193 (kg/cm ²)	Cohesión	0.184 (kg/cm ²)
Ángulo de fricción	11.11 °	Ángulo de fricción	11.75 °



Anexo 4: Estudios de suelos sobre pie del talud

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947898992
 E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 2209-2021
 Nombre del testista : Bach. Ing. Erick Freydy Hurtado Flores
 Nombre de la tesis : Factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera de Cochas - Ingenio Tramo 19+610 al 20+424 km, 2020
 Ubicación : Quilcas - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 22-09-21

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

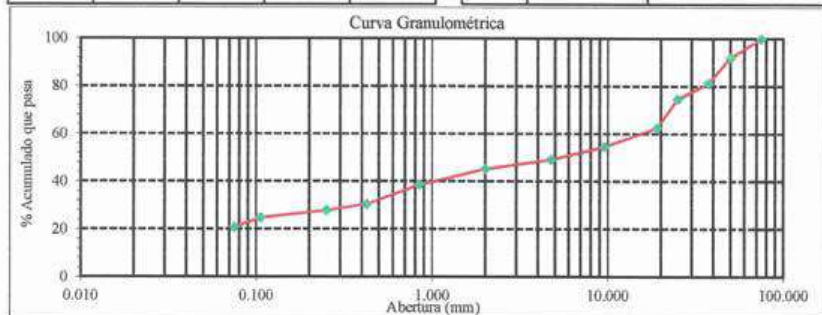
Calicata : C-3 Pie de Talud Prog. 020+080 - Lado Izquierdo
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 2.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0
2 pulg	50.000	8.0	8.0	92.0
1 1/2 pulg	37.500	10.7	18.7	81.3
1 pulg	25.000	6.7	25.3	74.7
3/4 pulg	19.000	12.0	37.3	62.7
3/8 pulg	9.500	8.0	45.3	54.7
No. 4	4.750	5.3	50.7	49.3
No. 10	2.000	4.0	54.7	45.3
No. 20	0.850	6.7	61.3	38.7
No. 40	0.425	8.0	69.3	30.7
No. 60	0.250	2.7	72.0	28.0
No. 140	0.106	3.1	75.1	24.9
No. 200	0.075	4.0	79.1	20.9
Fondo		20.9	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	34
Límite Plástico	21
Índice de Plasticidad	13

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	50.7	% Humedad	8.6
% Arena	28.4		
% Finos	20.9		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASHTO NTP 339.135	
Símbolo	GC	A-1-b (0)	
Nombre	Grava arcillosa con arena		



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).


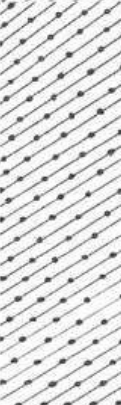
Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 2209-2021
 Nombre del testista : Bach. Ing. Erick Fredy Hurtado Flores
 Nombre de la tesis : Factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera de Cochas - Ingenio Tramo 19+610 al 20+424 km, 2020
 Ubicación : Quilcas - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 22-09-21
 Método de Excavación : Manual
 Calicata : C-3 Pie de Talud Prog. 020+080 - Lado Izquierdo

Descripción e Identificación de Suelos mediante el procedimiento Visual - Manual
NTP 339.150

Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gráfico	Descripción y clasificación del material: Color, Humedad Natural, Plasticidad, Estado Natural de Compacidad, Forma de las partículas, Tamaño Máximo de Piedras, Presencia de Materia Orgánica, etc.
0.20	Pt		Tierra de cultivo
0.50	CL		Arcilla de baja plasticidad con arena, estado humedo, de color marron claro a marron oscuro de consistencia suave con presencia de raices
1.00	GC		Grava arcillosa con arena, plasticidad alta, estado humedo, color gris a marron claro de consistencia firme con presencia de boloneria de 3" a 8" en un 5% a 10% aproximadamente de canto suredondado y presencia de raices
1.50			
2.00			
2.50			

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamán Salazar Omar Alex



	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Código	C3-TRI-CU-001
	Método de prueba estándar para la prueba de compresión triaxial consolidado no drenado para suelos (CU) ASTM D4787-11	Versión	01
		Fecha	09-10-2020
		Página	1 de 3

Expediente N° : 2209-2021
Nombre del testista : Bach. Ing. Erick Freddy Hurtado Flores
Nombre de la tesis : Factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera de Cochabamba - Ingenio Tramo 19+610 al 20+424 km, 2020
Ubicación : Quilicas - Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 22-09-2021

Calicata : C-3 Pie de Talud Prog 020+060 - Lado izquierdo
N° de Muestra : M-1
Profundidad : 2.50

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

Características generales:

Estado de la muestra:	Muestra remoleada	%min
Velocidad:	0.5	
Gravedad específica (Gs):	2.67	

Descripción visual del suelo (D2485 ó D2487):

Grava arenosa con arena

$\sigma_3 = 1 \text{ kg/cm}^2$			$\sigma_3 = 2 \text{ kg/cm}^2$			$\sigma_3 = 4 \text{ kg/cm}^2$		
CONDICIÓN	Inicial	Final	CONDICIÓN	Inicial	Final	CONDICIÓN	Inicial	Final
Altura (cm)	14.00	11.22	Altura (cm)	14.00	11.22	Altura (cm)	14.00	11.23
Diámetro (cm)	7.00	7.85	Diámetro (cm)	7.00	7.66	Diámetro (cm)	7.00	7.87
Humedad (%)	8.6	14.7	Humedad (%)	8.6	14.7	Humedad (%)	8.6	14.7
Densidad Húmeda (g/cm ³)	1.820	1.831	Densidad Húmeda (g/cm ³)	1.871	1.967	Densidad Húmeda (g/cm ³)	1.877	1.964
Densidad Seca (g/cm ³)	1.676	1.684	Densidad Seca (g/cm ³)	1.723	1.715	Densidad Seca (g/cm ³)	1.729	1.712
Relación de vacíos	0.59	0.59	Relación de vacíos	0.55	0.56	Relación de vacíos	0.54	0.56
Grado de saturación	38.6%	67.0%	Grado de saturación	41.7%	70.4%	Grado de saturación	42.1%	70.2%
Consolidación y Saturación			Consolidación y Saturación			Consolidación y Saturación		
Contrapresión (kg/cm ²)	1		Contrapresión (kg/cm ²)	1		Contrapresión (kg/cm ²)	1	
Parámetro B (%)	90		Parámetro B (%)	90		Parámetro B (%)	90	
Altura corregida (cm)	13.91		Altura corregida (cm)	13.89		Altura corregida (cm)	13.84	
Área corregida (cm ²)	38.73		Área corregida (cm ²)	38.78		Área corregida (cm ²)	38.92	
Deformación Unitaria E (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm ²)	Presión de poros (kg/cm ²)	Deformación Unitaria E (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm ²)	Presión de poros (kg/cm ²)	Deformación Unitaria E (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm ²)	Presión de poros (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.63	0.02	0.05	0.33	0.02	0.05	0.55	0.02
0.10	0.95	0.05	0.10	2.78	0.05	0.10	0.89	0.04
0.25	2.43	0.11	0.25	5.04	0.10	0.25	1.34	0.09
0.35	4.23	0.13	0.35	6.39	0.12	0.35	5.50	0.11
0.50	4.90	0.22	0.50	7.14	0.20	0.50	8.87	0.18
0.75	5.44	0.25	0.75	7.83	0.24	0.75	11.48	0.21
1.00	5.82	0.29	1.00	8.26	0.27	1.00	12.88	0.24
1.25	6.32	0.20	1.25	8.62	0.19	1.25	13.55	0.17
1.50	6.71	0.17	1.50	8.98	0.16	1.50	13.81	0.14
1.75	6.63	0.11	1.75	9.12	0.10	1.75	14.04	0.09
2.00	6.81	0.06	2.00	9.32	0.06	2.00	14.50	0.05
2.50	6.86	0.02	2.50	9.36	0.02	2.50	14.72	0.02
3.00	6.93	-0.01	3.00	9.50	-0.01	3.00	14.92	-0.01
3.50	6.96	-0.04	3.50	10.13	-0.03	3.50	15.05	-0.03
4.00	7.08	-0.07	4.00	10.31	-0.07	4.00	15.24	-0.06
4.50	7.11	-0.08	4.50	10.58	-0.06	4.50	15.48	-0.07
5.00	7.15	-0.16	5.00	10.62	-0.15	5.00	15.60	-0.13
6.00	7.22	-0.19	6.00	11.20	-0.16	6.00	15.85	-0.16
7.00	7.26	-0.29	7.00	11.30	-0.27	7.00	15.75	-0.24
8.00	7.32	-0.37	8.00	11.40	-0.35	8.00	15.69	-0.31
9.00	7.35	-0.46	9.00	11.50	-0.43	9.00	15.93	-0.37
10.00	7.41	-0.50	10.00	11.56	-0.47	10.00	15.98	-0.41
11.00	7.50	-0.55	11.00	11.75	-0.52	11.00	16.01	-0.45
12.00	7.53	-0.64	12.00	11.81	-0.60	12.00	16.07	-0.52
13.00	7.64	-0.71	13.00	11.98	-0.67	13.00	16.19	-0.58
14.00	7.74	-0.80	14.00	12.23	-0.76	14.00	16.33	-0.66
15.00	7.68	-0.85	15.00	12.52	-0.80	15.00	16.46	-0.70
16.00	7.79	-0.85	16.00	12.17	-0.89	16.00	16.09	-0.78
17.00	7.69	-1.03	17.00	11.94	-0.97	17.00	15.72	-0.85
18.00	7.65	-1.13	18.00	11.78	-1.06	18.00	15.21	-0.92
19.00	7.70	-1.16	19.00	11.64	-1.09	19.00	15.02	-0.95
20.00	7.66	-1.22	20.00	11.48	-1.15	20.00	14.67	-1.00

Observaciones:

Las muestras fueron remoleadas en laboratorio con material pasante de la malla N°4.



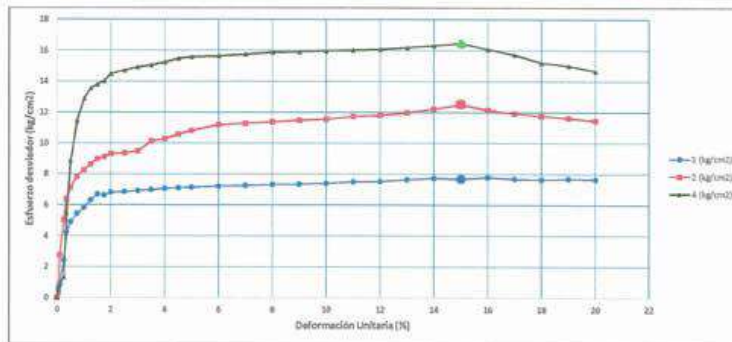
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Código	C3-TRI-CU-001
	Método de prueba estándar para la prueba de compresión triaxial consolidado no drenado para suelos (CU) ASTM D4767-11	Versión	01
		Fecha	08-10-2020
		Página	2 de 3

Expediente N° : 2209-2021
Nombre del tesisista : Bach. Ing. Erick Fredy Hurtado Flores
Nombre de la tesis : Factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera de Cochas - Ingenio Tramo 19+610 al 20+424 km, 2020
Ubicación : Quilcas - Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 22-09-2021

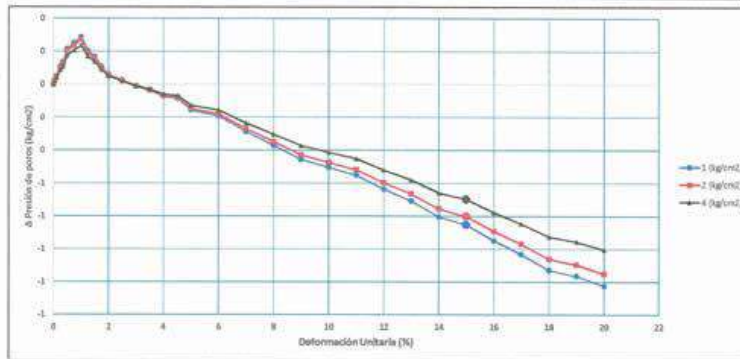
Calicata : C-3 Pie de Talud Prog 020+080 - Lado izquierdo
N° de Muestra : M-1
Profundidad : 2.50

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

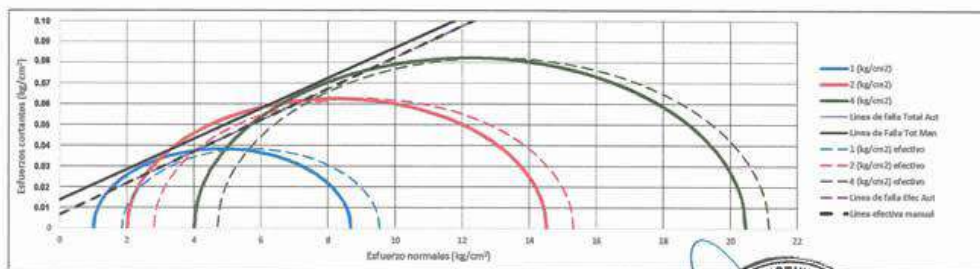
GRAFICA ESFUERZO DESVIADOR VS DEFORMACION UNITARIA



GRAFICA PRESION DE POROS VS DEFORMACION UNITARIA



CIRCULOS DE MOHR- ESFUERZOS TOYALES Y EFECTIVOS

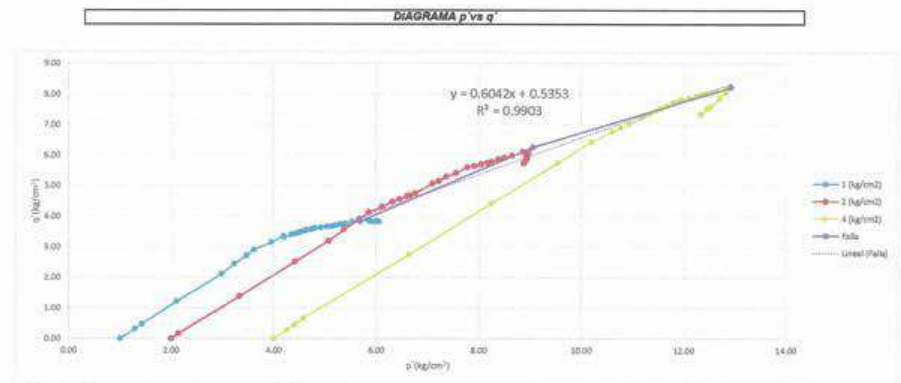
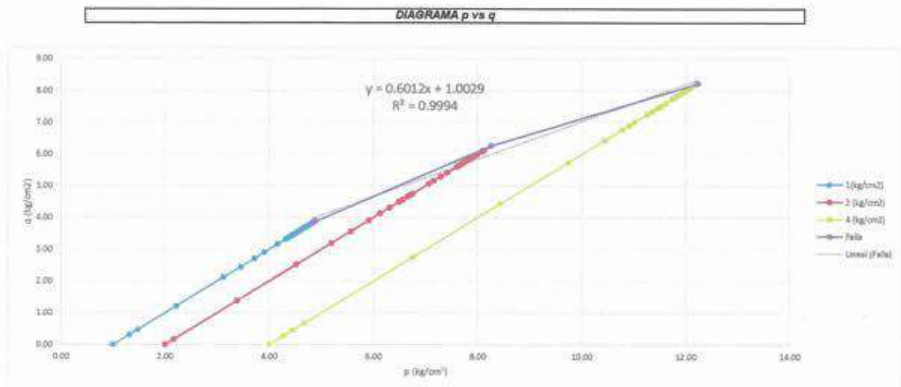


	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Código	C3-TRI-CU-001
	Método de prueba estándar para la prueba de compresión triaxial consolidado no drenado para suelos (CU) ASTM D4787-11	Versión	01
		Fecha	08-10-2020
		Página	3 de 3

Expediente N° : 2209-2021
Nombre del tesis : Bach. Ing. Erick Fredy Hurtado Flores
Nombre de la tesis : Factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera de Cochas - Ingenio Tramo 19+810 al 20+424 km, 2020
Ubicación : Quilcas - Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 22-09-2021

Calicata : C-3 Pie de Talud Prog 020+080 - Lado izquierdo
N° de Muestra : M-1
Profundidad : 2.50

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

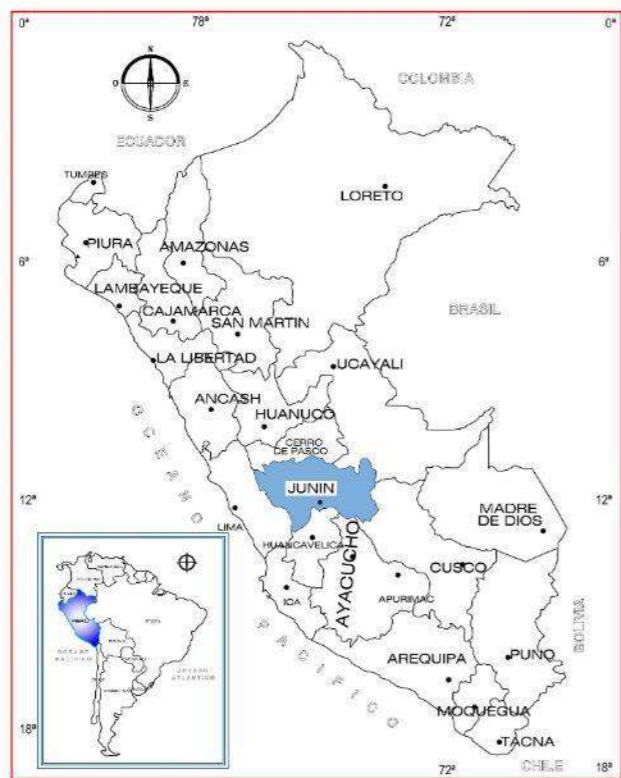


PARAMETROS RESISTENTES AL ESFUERZO CORTANTE

Parámetros en términos totales:		Parámetros en términos efectivos:	
Cohesión	0.106 (kg/cm ²)	Cohesión	0.079 (kg/cm ²)
Ángulo de fricción	36.25 °	Ángulo de fricción	37.17 °



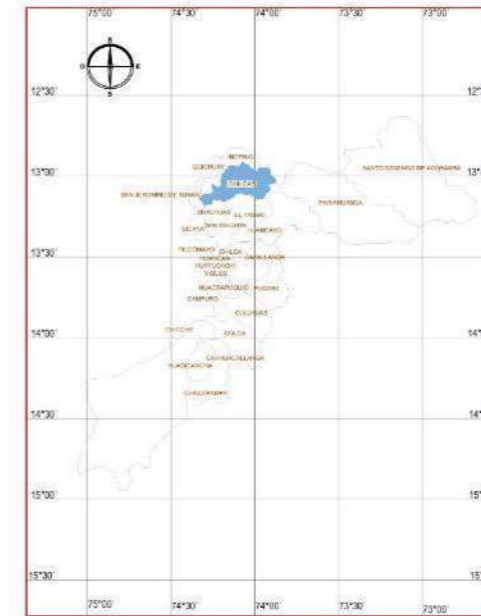
Anexo 5: Ubicación Localización, Perfil del Talud y Levantamiento Topográfico



UBICACION NACIONAL



UBICACION DEPARTAMENTAL



UBICACION DISTRITAL



UBICACION DISTRITAL



LOCALIZACION DEL TALUD

VIAS
CURVAS DE NIVEL
EJE DE CARRETERA



UNIVERSIDAD PERUANA
LOS ANDES



FACULTAD DE
INGENIERIA CIVIL

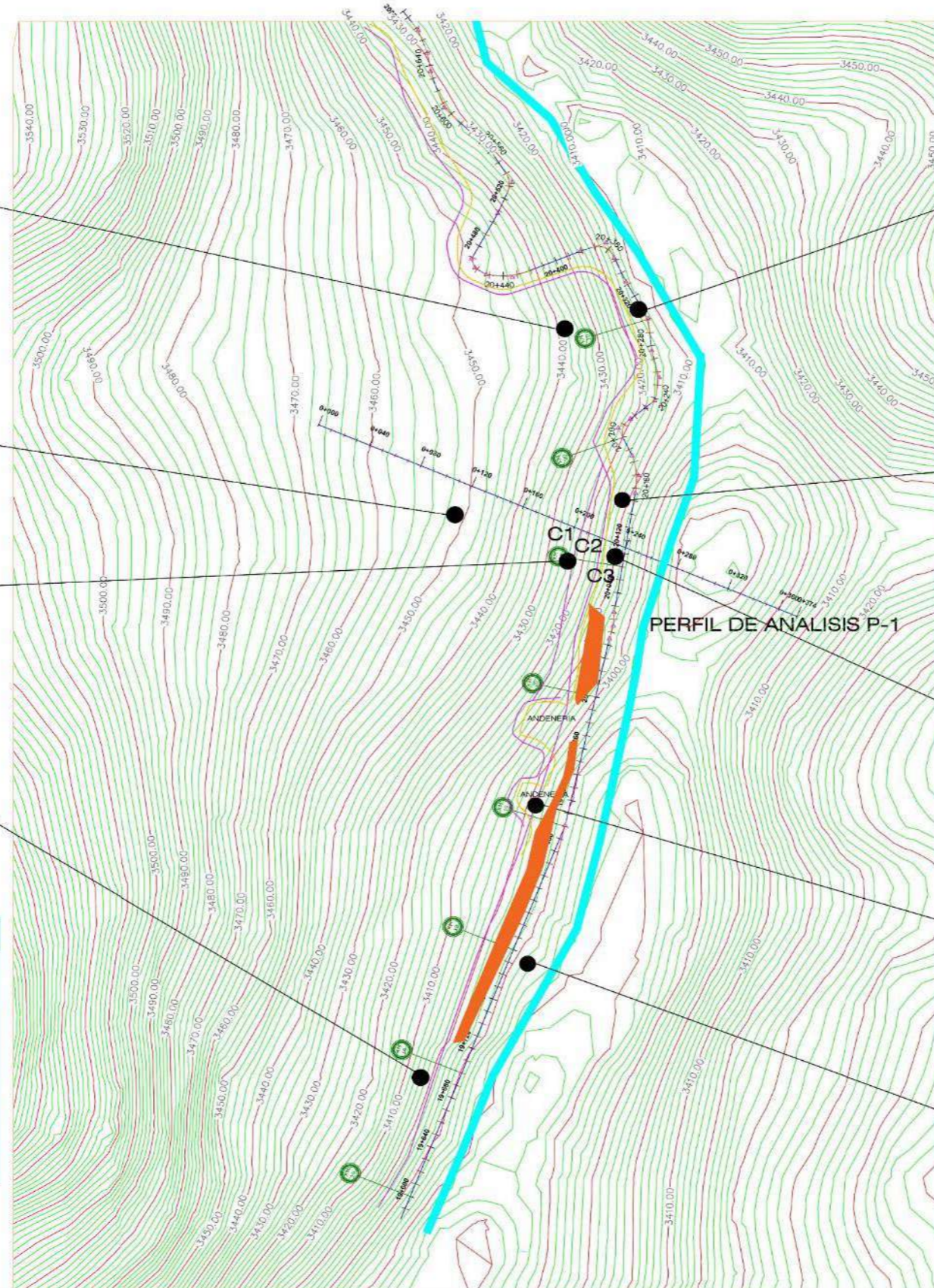
TESIS: " FACTORES DE SEGURIDAD POR EL METODO DE LAS DOVELAS PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CARRETERA COCHAS - INGENIO TRAMO 19+610 KM AL 20+424 KM, 2021 "

TESISTA:
BACH. ERICK FREDDY HURTADO
FLORES

ASESOR:
ING MSc. JULIO CESAR LLALLICO
COLCA

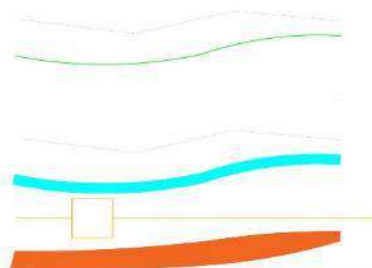
PLANO:
UBICACION Y LOCALIZACION

ESCALA:
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2021
LAMINA
A-1



LEYENDA

- VIAS
- CURVAS DE NIVEL
- EJE DE CARRETERA
- CORONA DE TALUD
- RIO
- ESCARPA
- MATERIAL DESLISADO



UNIVERSIDAD PERUANA
LOS ANDES



FACULTAD DE
INGENIERIA CIVIL

TESIS: " FACTORES DE SEGURIDAD POR EL METODO DE LAS DOVELAS PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CARRETERA COCHAS - INGENIO TRAMO 19+610 KM AL 20+424 KM, 2021 "

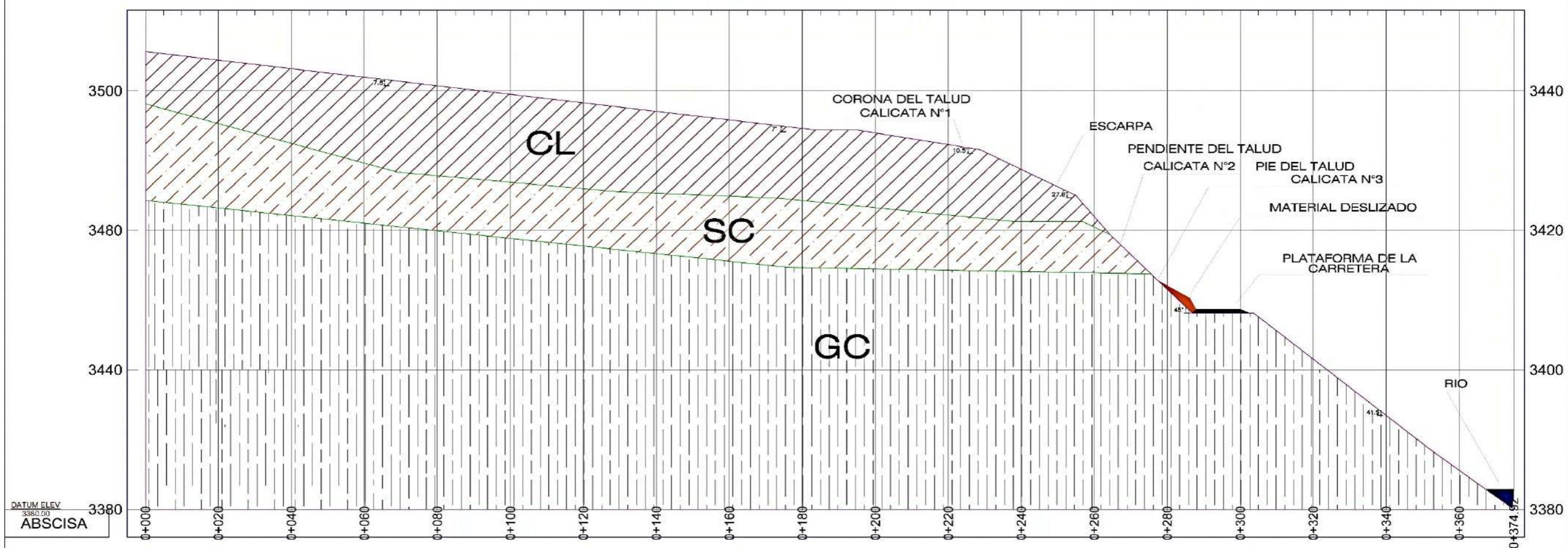
TESISTA:
BACH. ERICK FREDY HURTADO FLORES

ASESOR:
ING MSC. JULIO CESAR LLALLICO COLCA

PLANO:
UBICACION Y LOCALIZACION

ESCALA:
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2021
LAMINA:
A-1

PERFIL LONGITUDINAL 0+000.00 - 0+374.92
ESCALA: H=1:1000 V=1:500



UNIVERSIDAD PERUANA
LOS ANDES



FACULTAD DE
INGENIERIA CIVIL

TESIS: " **FACTORES DE SEGURIDAD POR EL METODO DE LAS DOVELAS PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CARRETERA COCHAS - INGENIO TRAMO 19+610 KM AL 20+424 KM, 2021** "

TESISTA:
BACH. ERICK FREDDY HURTADO FLORES

ASESOR:
ING MSC. JULIO CESAR LLALLICO COLCA

PLANO:
PERFIL TOPOGRAFICO

ESCALA:
FECHA: **NOVIEMBRE DEL 2021**
LAMINA
A-1