

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Impacto de la propuesta de colocación de anclajes en el
análisis de estabilidad de talud mediante el método de
equilibrio limite, del km 371-km 373, carretera cerro de Pasco
Huánuco, 2023”**

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

AUTOR: Serafico Contreras, Jiban Guzman

ASESORA: Trujillo Ariza, Yelen Lisseth

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Geotecnia**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:****Área:** Ingeniería, Tecnología**Sub área:** Ingeniería ambiental**Disciplina:** Geotecnia**DATOS DEL PROGRAMA:**Nombre del Grado/Título a recibir: Título
Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 46941494

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 70502371

Grado/Título: Maestro en medio ambiente y desarrollo
sostenible, mención en gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0002-5650-3745

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001- 0745-5433
2	Rodriguez Ponce, Charly Fernando	Título oficial de máster universitario en ingeniería estructural y de la construcción (grado de maestro)	71944966	0000-0001- 6984-8681
3	Verastegui Ayala, Yessica Julia	Doctora en ingeniería civil	43962020	0000-0002- 4387-5013



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO(A) CIVIL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:00 horas del día **viernes 19 de diciembre de 2025**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

❖ MG. INGRID DELIA ARTEAGA ESPINOZA	PRESIDENTE
❖ MG. CHARLY FERNANDO RODRIGUEZ PONCE	SECRETARIO
❖ MG. YESSICA JULIA VERASTEGUI AYALA	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2813-2025-D-FI-UDH para evaluar la Tesis intitulada: "IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACIÓN DE ANCLAJES EN EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANTE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371-KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO HUÁNUCO, 2023", presentado por el (la) Bachiller. Bach: Jiban Guzman SERAFICO CONTRERAS, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO**..... por **UNANIMIDAD**.... con el calificativo cuantitativo de **1.3**..... y cualitativo de **SUFICIENTE**..... (Art. 47).

Siendo las **17:05**... horas del día **19 del mes de diciembre del año 2025**, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


MG. INGRID DELIA ARTEAGA ESPINOZA
DNI: 73645168
ORCID: 0009-0001-0745-5433
PRESIDENTE


MG. CHARLY FERNANDO RODRIGUEZ PONCE
DNI: 71944966
ORCID: 0000-0001-6984-8681
SECRETARIO (A)


MG. YESSICA JULIA VERASTEGUI AYALA
DNI: 43962020
ORCID: 0000-0002-4387-5013
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: JIBAN GUZMÁN SERAFICO CONTRERAS, de la investigación titulada "IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACIÓN DE ANCLAJES EN EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE, DEL KM 371-KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO HUÁNUCO, 2023", con asesor(a) YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1142-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 16 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 30 de octubre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	16%	5%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Politécnica del Perú Trabajo del estudiante	<1%
6	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	<1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

A mis hermanos y padres, que son los impulsores de mis metas y que siempre han estado presentes conmigo hasta en momentos difíciles durante mi vida.

AGRADECIMIENTO

Ante todo, deseo expresar mi gratitud a mis hermanos y padres, quienes me han brindado un apoyo total en el cumplimiento de mis metas personales y académicos.

También quiero agradecer a la Universidad de Huánuco y docentes que fueron parte de mi formación universitaria y por el conocimiento que es esencial para estar hoy aquí.

Finalmente agradezco la dedicación y paciencia de mi asesor.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCION	XV
CAPÍTULO I.....	17
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	18
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	18
1.3 OBJETIVOS.....	18
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.4.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	19

1.4.2	JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	19
1.4.3	JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	20
1.5	LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.6	VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
CAPÍTULO II.....		23
MARCO TEÓRICO		23
2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	23
2.1.1	ANTECEDENTES INTERNACIONALES	23
2.1.2	ANTECEDENTES NACIONALES	25
2.1.3	ANTECEDENTES LOCALES.....	28
2.2	BASES TEÓRICAS	30
2.2.1	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD	30
2.2.2	PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DEL SUELO	35
2.2.3	CAPACIDAD PARA RESISTIR DESLIZAMIENTOS	38
2.2.4	PROPUESTA DE COLOCACIÓN DE ANCLAJES.....	46
2.2.5	ANCLAJES PERMANENTES Y ACTIVOS	49
2.3	DEFINICIONES CONCEPTUALES	56
2.4	HIPÓTESIS.....	58
2.4.1	HIPÓTESIS GENERAL	58
2.4.2	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	58
2.5	VARIABLES.....	59

2.5.1	VARIABLE DEPENDIENTE	59
2.5.2	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	59
2.6	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	60
CAPÍTULO III		62
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		62
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	62
3.1.1	ENFOQUE	62
3.1.2	ALCANCE O NIVEL	62
3.1.3	DISEÑO	63
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	63
3.2.1	POBLACIÓN	63
3.2.2	MUESTRA.....	64
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	69
3.3.1	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	69
3.3.2	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	70
3.3.3	PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS..	70
CAPÍTULO IV.....		72
RESULTADOS.....		72
4.1	PROCESAMIENTO DE DATOS	72
4.2	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS..	93
CAPÍTULO V.....		97

DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	97
5.1 CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	97
CONCLUSIONES	100
RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
ANEXOS.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 El sistema de variables-dimensiones e indicadores.....	60
Tabla 2 Análisis de sensibilidad geotécnica – Sección 01 con anclajes a 35°	65
Tabla 3 Análisis de sensibilidad geotécnica – Sección 02 con anclajes a 40°	65
Tabla 4 Coordenadas UTM de los taludes de estudio	72
Tabla 5 Coordenadas del Km 371+100	73
Tabla 6 Coordenadas del Km 372+300	73
Tabla 7 Ángulos promedios de los taludes 1 y 2.....	75
Tabla 8 Clasificación SUCS para los taludes 1 y 2	76
Tabla 9 Propiedades del suelo para los taludes 1 y 2.....	76
Tabla 10 Coeficientes de seguridad de la sección 1 y 2 obtenidos.....	79
Tabla 11 Coeficientes de seguridad con corte de la sección 1 y 2 obtenidos	80
Tabla 12 Coeficientes de seguridad con corte y berma de la sección 1 y 2 obtenidos	82
Tabla 13 Coeficientes de seguridad de la sección 1 y 2 obtenidos con diferentes ángulos.....	83
Tabla 14 Coeficientes de seguridad de la sección 1 y 2 obtenidos con diferentes ángulos.....	86
Tabla 15 Prueba de Normalidad por Shapiro-Wilk.....	93
Tabla 16 Prueba t de Student - Hipótesis Específica 1	94
Tabla 17 Prueba t de Student - Hipótesis Específica 2	94
Tabla 18 Prueba t de Student - Hipótesis Específica 3	95
Tabla 19 Matriz de consistencia.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema analítico del método de equilibrio Limite	32
Figura 2 Ilustración del uso del software Slide	34
Figura 3 Equipo de Ensayo de corte directo	36
Figura 4 Vista de un talud	39
Figura 5 Ilustración de un talud afectado por un deslizamiento superficial ..	40
Figura 6 Ilustración de un talud con falla local	40
Figura 7 Ilustración de un talud afectado por un deslizamiento superficial ..	41
Figura 8 El efecto de la erosión en la pendiente de un talud	42
Figura 9 Efecto de las lluvias en la pendiente de un talud	42
Figura 10 Efecto de las fuerzas sísmicas en la pendiente de un talud	43
Figura 11 Efecto geológico en la pendiente de un talud	44
Figura 12 Efecto de sobrecarga en la parte superior de la pendiente de un talud	44
Figura 13 Excavación en la parte inferior o pie de un talud	45
Figura 14 Esquema de un tipo de Anclaje	46
Figura 15 Partes de un Anclaje	47
Figura 16 Partes de un Anclaje Interno.....	49
Figura 17 Partes de un Anclaje Provisional	50
Figura 18 Partes de un Anclaje Permanente	51
Figura 19 Ilustración de una falla del anclaje en el tendón	52
Figura 20 Ilustración de una falla del anclaje en la unión de bulbo-suelo	52
Figura 21 Falla en los anclajes por de deslizamientos traslacionales en los taludes	53
Figura 22 Falla en los anclajes por la rotación en los taludes.....	54
Figura 23 Falla en los anclajes por la rotación en los taludes.....	54
Figura 24 Las aplicaciones más comunes de los anclajes	56
Figura 25 Topografía del área de estudio	67
Figura 26 Perfil de las secciones de los km 371+100 (Seccio01) y 372+300 (Seccion02).....	68
Figura 27 Sección transversal del Talud 1 (km 371+100).....	74
Figura 28 Sección transversal del Talud 2 (km 372+300).....	75
Figura 29 Características geotécnicas del Talud 1 (km 371+100)	76

Figura 30 Características geotécnicas del Talud 2 (km 372+300)	77
Figura 31 Coeficiente de resistencia bajo Bishop Simplificado del Km 371+100	78
Figura 32 Coeficiente de resistencia bajo Bishop Simplificado del Km 372+300	78
Figura 33 Coeficiente de resistencia con corte bajo Bishop Simplificado del Km 371+100	79
Figura 34 Coeficiente de resistencia con corte bajo Bishop Simplificado del Km 372+300	79
Figura 35 Coeficiente de resistencia con corte y berma bajo Bishop Simplificado del Km 371+100	81
Figura 36 Coeficiente de resistencia con corte y berma bajo Bishop Simplificado del Km 372+300	81
Figura 37 Definición de cargas y espaciamiento para el Km 371+100	82
Figura 38 Definición de cargas y espaciamiento para el Km 372+300	83
Figura 39 Factor se resistencia mayor respecto al ángulo para el km 371 + 100	84
Figura 40 Factor se resistencia mayor respecto al ángulo para el km 372 + 300	84
Figura 41 Anclajes con 35° en el Km 371+100	85
Figura 42 Anclajes con 40° en el Km 372+300	85
Figura 43 Carga de 30Kn a los anclajes del km 371 + 100	87
Figura 44 Factor se resistencia con la carga de 30 Kn para el km 371 + 100	87
Figura 45 Carga de 30Kn a los anclajes del km 372 + 300	88
Figura 46 Factor se resistencia con la carga de 50 Kn para el km 372 + 300	88
Figura 47 Carga nominal. mayorada para el km 371 + 100	89
Figura 48 Cálculo de la tensión en el acero para el km 371 + 100	89
Figura 49 Cálculo del diámetro del acero para el km 371 + 100	90
Figura 50 Verificación de deslizamiento acero-lechada para el km 371 + 100	90
Figura 51 Verificación de falla por arrancamiento para el km 371 + 100	90
Figura 52 Carga nominal. mayorada para el km 372 + 300	91

Figura 53 Cálculo de la tensión en el acero para el km 372 + 300	91
Figura 54 Cálculo del diámetro del acero para el km 372 + 300.....	92
Figura 55 Verificación de deslizamiento acero-lechada para el km 372 + 300	92
Figura 56 Verificación de falla por arrancamiento para el km 372 + 300	92
Figura 57 Plano de ubicación del lugar de estudio	111
Figura 58 El plano de las curvas topográficas	112
Figura 59 Plantillas para el estudio de suelo	113
Figura 60 Plantillas para el estudio de suelo	114
Figura 61 Plantillas para las Observación en campo	115
Figura 62 Técnica de recolección de datos de Observación Directa (Norma CE.020).....	116
Figura 63 Técnica de recolección de datos de Observación Directa (Cartas geográficas de Huánuco).....	116
Figura 64 Ensayo de granulometría para el Km 371+100.....	117
Figura 65 Ensayo de granulometría para el Km 372+300.....	118
Figura 66 Ensayo Limites para el Km 371+100	119
Figura 67 Ensayo Limites para el Km 373+300	120
Figura 68 Ensayo de peso específico para el Km 371+100.....	121
Figura 69 Ensayo de peso específico para el Km 372+300.....	122
Figura 70 Ensayo de corte directo para el Km 371+100	123
Figura 71 Ensayo de corte directo para el Km 372+300.....	123

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto 1 Daños en la calzada en el KM 371	133
Foto 2 Recorrido por el KM 371 al KM 372	134
Foto 3 Talud en el KM 372.....	135
Foto 4 Talud en el KM 372.....	136
Foto 5 Talud en el KM 372.....	137
Foto 6 Talud en el KM 372.....	138
Foto 7 Visita en campo del KM 373	139
Foto 8 Visualizamos talud en el KM 373.....	140
Foto 9 Talud en el KM 372.....	141
Foto 10 Recorrido por el KM 373, verificación de talud.	142
Foto 11 Trabajos realizados en el laboratorio de suelos.....	143
Foto 12 El material obtenido se lleva a la máquina para su secado	144
Foto 13 Se cierra correctamente la maquina durante el tiempo estipulado para que sece los materiales para su análisis	145
Foto 14 Se realiza el paso de lavado el material sacado del horno.	146
Foto 15 Se prepara el material para poder pasar por los tamices.	147
Foto 16 Una vez secado el material se lleva a los tamices.....	148
Foto 17 Se hecha el material en la pila de tamices para luego poder obtener información necesaria para esta investigación	149
Foto 18 Se mueve de un lado a otro la pila de tamices para continuar con el procedimiento de ensayo de suelos.....	150
Foto 19 Cazuela ayudara para obtener la información del límite líquido y limite plástico.....	151
Foto 20 Limite plástico	152
Foto 21 Limite Liquido.....	153
Foto 22 Luego es llevado al Horno para su secado.....	154

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar el impacto de la colocación de anclajes en el análisis de estabilidad de los taludes en el tramo comprendido entre los kilómetros 371+100 y 372+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, utilizando el método de equilibrio límite. La investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, nivel correlacional y diseño no experimental. Se consideraron dos perfiles críticos del tramo, seleccionados en función de su topografía.

Para el análisis adecuado, se utilizó el software SLIDE, incorporando muestras de suelo limo arcilloso (MC) obtenidas mediante calicatas de campo, así como los perfiles topográficos levantados in situ. Los resultados evidenciaron que, sin anclajes, los factores de seguridad (FS) fueron de 1.161 y 0.932 para las secciones 01 y 02, respectivamente. Al aplicar los anclajes propuestos, los FS se incrementaron a 1.759 y 1.749, evidenciando una mejora sustancial en la estabilidad de los taludes. Estos resultados coincidieron con investigaciones recientes, como la de Pari (2021), quien demostró que los anclajes metálicos mejoran significativamente la resistencia al deslizamiento; también con Farías y Yanayaco (2022), quienes encontraron incrementos del FS superiores a 1.7 mediante el uso de anclajes activos en suelos arcillosos; y con Castro (2020), quien aplicó el método de equilibrio límite con refuerzos y reportó mejoras superiores al 50 % en la estabilidad de taludes viales.

Se concluyó que la colocación de anclajes tuvo un impacto favorable y significativo, ya que incrementó los factores de seguridad, redujo el riesgo de deslizamientos y contribuyó a mejorar la seguridad vial del tramo evaluado.

Palabras Claves: Anclajes, Método de equilibrio límite, Estabilidad de taludes, Geotecnia, Coeficientes de resistencia, Inestabilidad geotécnica

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the impact of anchor placement on the slope stability analysis of the section between kilometers 371+100 and 372+300 of the Cerro de Pasco–Huánuco Highway, using the limit equilibrium method. The research was applied, with a quantitative approach, correlational level, and non-experimental design. Two critical profiles of the section were considered, selected based on their topography.

For the analysis, SLIDE software was used, incorporating silty clayey (MC) soil samples obtained from field pits, as well as topographic profiles surveyed in situ. The results showed that, without anchors, the factors of safety (FS) were 1.161 and 0.932 for sections 01 and 02, respectively. When the proposed anchors were applied, the FS increased to 1.759 and 1.749, demonstrating a substantial improvement in slope stability. These results were consistent with recent research, such as that of Pari (2021), who demonstrated that metal anchors significantly improve landslide resistance; also with Farias and Yanayaco (2022), who found increases in FS greater than 1.7 through the use of active anchors in clayey soils; and with Castro (2020), who applied the limit equilibrium method with reinforcements and reported improvements of more than 50% in road slope stability.

It was concluded that the placement of anchors had a significant and favorable impact, as it increased safety factors, reduced the risk of landslides, and contributed to improving road safety in the evaluated section.

Keywords: Anchors, Limit equilibrium method, Slope stability, Geotechnics, Resistance coefficients, Geotechnical instability

INTRODUCCION

Estabilizar los taludes de la carretera es crucial para mejorar la seguridad y evitar posibles deslizamientos que puedan poner en peligro la infraestructura vial y la vida de las personas que circulan por la zona. Los taludes están diseñados para mantener la integridad de la carretera, evitar interrupciones en el tráfico y reducir la probabilidad de accidentes viales.

En esta situación, los tramos de la Carretera Cerro de Pasco-Huánuco, ubicado entre los kilómetros 371+ 100 y 372 + 300, presenta dificultades importantes debido a problemas de inestabilidad en los taludes. Esta situación pone en peligro la seguridad de los conductores y la integridad de la infraestructura vial, especialmente debido a las condiciones climáticas y geológicas de la región, que incluyen lluvias constantes y factores externos.

El objetivo del presente trabajo es evaluar los efectos de una propuesta innovadora para perfeccionar la estabilidad de los taludes en el tramo mencionado estudio de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco en el año 2023 mediante la colocación de anclajes empleando el método de equilibrio límite. Con base al objetivo general, se propuso los siguientes objetivos específicos: estimar los ángulos de inclinación requeridos para lograr la certeza adecuada de los taludes mediante la propuesta de colocación de anclajes; seleccionar y posicionar los anclajes de manera efectiva en los taludes de corte; y calcule los factores de seguridad sin y con el impacto de la propuesta de colocación de anclajes en tramos específicos de la carretera.

El propósito de este proyecto radica en la urgencia de aumentar la seguridad y la estabilidad de los taludes en el tramo mencionado, con el fin de proteger la infraestructura vial y proteger la vida de los conductores. La justificación teórica se basa en el desarrollo del conocimiento en ingeniería geotécnica mediante la aplicación y estudio del enfoque de equilibrio límite y estabilidad de taludes. Además, la justificación metodológica se basa en la selección cuidadosa y adecuada de métodos y técnicas para el análisis de estabilidad. Esto incluye el uso del programa Slide y el método de equilibrio límite.

El proceso de investigación se compone de cinco capítulos, como se mencionó anteriormente:

El Capítulo I establece los objetivos generales y específicos del trabajo y analiza el contexto del problema de inestabilidad en los taludes de la Carretera Cerro de Pasco-Huánuco (tramos km 371 al km 373). Además, se enfatiza la relevancia tanto teórica como práctica de estabilizar los taludes para garantizar la seguridad de la infraestructura y las vías. Además, se discuten los obstáculos (limitaciones) y la idoneidad (viabilidad) del estudio.

El Capítulo II presenta los antecedentes de la investigación, basados en las bases teóricas relacionadas con el análisis estático y pseudoestático de taludes. Se establece la relación entre los anclajes y la estabilidad de los taludes mediante la revisión de literatura y estudios previos.

El tipo de investigación, el enfoque y el diseño se describe en el **Capítulo III**. Se proporciona una explicación de cómo se abordará el análisis de estabilidad de los taludes mediante el uso del método de equilibrio límite y la propuesta de anclajes. Además, se proporcionarán detalles sobre los métodos e instrumentos utilizados para recopilar, presentar e interpretar los datos requeridos.

En el Capítulo IV, se analizan los datos recopilados y se comparan con las hipótesis planteadas para determinar si la colocación de anclajes mejora la estabilidad de los taludes.

El Capítulo V presenta los resultados y conclusiones de la investigación, así como las recomendaciones para investigaciones futuras sobre el alcance de taludes y el uso de anclajes en proyectos de ingeniería geotécnica. Además, se incluyen referencias bibliográficas y anexos pertinentes para respaldar y mejorar el estudio.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel internacional, la inestabilidad de taludes representa una amenaza constante en regiones montañosas. Según la UNDRR (2022), los deslizamientos de tierra causan anualmente más de 4,800 muertes y pérdidas económicas por encima de los 20 mil millones de dólares en zonas con topografía irregular, esencialmente en países en desarrollo. destacan que el uso de medidas estructurales como anclajes es fundamental para mitigar el riesgo en suelos saturados y pendientes inestables.

A nivel nacional, el Perú se encuentra entre los países andinos más afectados por movimientos en masa. El CENEPRED (2022) registró más de 1,100 eventos de deslizamientos, derrumbes y huaicos en los últimos cuatro años, afectando directamente carreteras estratégicas. La geología compleja, combinada con lluvias intensas, incrementa la frecuencia de estos fenómenos, sobre todo en regiones como Huánuco, Pasco, Junín y Cajamarca.

En el ámbito regional, la región Huánuco presenta alta susceptibilidad geodinámica debido a su ubicación en la vertiente oriental andina, con presencia de suelos coluviales, lutitas, esquistos fracturados y laderas de fuerte pendiente. Según el INDECI (2025), se han identificado más de 828 ocurrencias de peligros geológicos en la región, siendo los deslizamientos y huaicos los más frecuentes. La provincia de Ambo, por donde pasa la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, concentra varios tramos con riesgo alto de caída de rocas, deslizamientos y erosión fluvial.

A nivel local, el tramo comprendido entre los kilómetros 371+100 y 372+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco ha sido identificado por el INGEMMET como una zona crítica de peligros geológicos. En este sector se registran taludes de roca esquisto muy fracturada, pendientes de 35° a 70°, erosión activa y frecuentes derrumbes durante la temporada de lluvias (enero a marzo). Los taludes presentan fallas planas, cárcavas, y aportes continuos de material inestable que se acumulan en la vía, comprometiendo la seguridad del tránsito vehicular y los muros de contención existentes.

Por ello, la presente investigación se enfoca en analizar técnicamente el impacto de una propuesta de colocación de anclajes en los taludes inestables de este tramo, aplicando el método de equilibrio límite.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el impacto de la propuesta de colocación de anclajes en el análisis de estabilidad de talud mediante el método de equilibrio límite, del km371- km373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles serán los ángulos de inclinación para la correcta estabilización de taludes mediante la propuesta de colocación de anclajes en los tramos del km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023?
- ¿Cuál será la selección y disposición adecuada de los anclajes en los taludes de los Km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023?
- ¿Cuáles serán los factores de seguridad sin y con el impacto de la propuesta de colocación de los anclajes en los taludes de los tramos km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el impacto de la propuesta de colocación de anclajes en el análisis de estabilidad de talud mediante el método de equilibrio límite, del km371- km373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar los ángulos de inclinación para la correcta estabilización de taludes mediante la propuesta de colocación de anclajes en los tramos de km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023.
- Posicionar y elegir los anclajes de manera adecuada y efectiva en los taludes de corte de los km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023.
- Calcular los factores de seguridad sin y con el impacto de la propuesta de colocación de los anclajes en los taludes de los tramos km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Esta investigación se justifica de manera práctica por la necesidad de mejorar la estabilidad de taludes en tramos críticos de la red vial nacional, particularmente en el segmento entre los kilómetros 371 y 373 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco. En esta zona, la combinación de pendientes pronunciadas y suelos incrementa el riesgo de deslizamientos, lo que afecta la seguridad del tránsito y la integridad de la infraestructura.

Mediante una modelación geotécnica computacional, se analizó objetivamente el comportamiento de los taludes con y sin anclajes, a fin de proponer una solución técnica viable basada en la colocación de anclajes metálicos inclinados, empleando criterios de estabilidad estructural.

1.4.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Teóricamente, la investigación se sustenta en la mecánica de suelos y el método de equilibrio límite, el cual se emplea ampliamente para evaluar la estabilidad de taludes. Este método denomina el equilibrio entre las fuerzas actuantes y resistentes en un talud, lo que permite calcular el factor

de seguridad (FS) en función de parámetros como cohesión, peso del suelo y ángulo de fricción.

El nuevo aporte de esta investigación radica en la aplicación de este método dentro de un entorno computacional (SLIDE), para simular diversos escenarios de reforzamiento con anclajes. Se evaluó el impacto de longitudes y ángulos específicos en taludes con características típicas de los Andes centrales, permitiendo generar criterios técnicos replicables para futuras intervenciones similares. Además, se ofrece evidencia útil para el diseño geotécnico en proyectos viales que no cuentan con estudios de campo actualizados, demostrando que las modelaciones precisas pueden complementar o anticipar soluciones de estabilización.

1.4.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La justificación metodológica de esta investigación se fundamenta en el uso combinado de ensayos de laboratorio y simulación geotécnica computacional, lo cual permitió analizar de manera técnica y objetiva la estabilidad de los taludes ubicados entre los kilómetros 371 y 373 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco. Para ello, se recopilaron muestras representativas de suelo del tramo de estudio, las cuales fueron analizadas en laboratorio, obteniéndose parámetros geotécnicos relevantes como el tipo de suelo, cohesión, ángulo de fricción interna y peso unitario. Estos resultados permitieron caracterizar el comportamiento del terreno con mayor precisión.

A partir de esos datos, se procedió a realizar una modelación computacional en el software SLIDE, aplicando el método de equilibrio límite, técnica ampliamente validada en la ingeniería geotécnica para el análisis de taludes. Se diseñaron perfiles representativos, y se simularon escenarios con y sin la implementación de anclajes metálicos inclinados, variando su longitud y ángulo, para observar su efecto en el factor de seguridad (FS).

Esta metodología permitió cumplir los objetivos propuestos de manera rigurosa, utilizando herramientas válidas y confiables que reflejan condiciones reales del terreno. Además, se ofrece un procedimiento técnico

replicable para futuras investigaciones en contextos similares, contribuyendo así al diseño preventivo de soluciones de estabilización de taludes con base en evidencia técnica.

1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Aunque esta investigación se desarrolló con base en un análisis geotécnico riguroso, utilizando datos obtenidos de ensayos de laboratorio sobre muestras representativas del tramo de estudio, se reconoce como principal limitación que el análisis de estabilidad se realizó mediante modelación computacional, sin verificación directa en campo. Esta decisión metodológica respondió a restricciones presupuestarias, que impidieron la ejecución de obras piloto o monitoreo constructivo.

Por otro lado, el estudio se concentró en dos perfiles críticos del tramo seleccionados por su morfología, material geotécnico y nivel de riesgo. Esta decisión se tomó para enfocar el análisis en zonas representativas que presentaran las condiciones más vulnerables, lo que permitió obtener resultados válidos para situaciones de máxima exigencia. No obstante, se reconoce que, para extrapolar los resultados a todo el tramo vial, sería necesario complementar el análisis con estudios adicionales en otros sectores. Tampoco se abordaron aspectos constructivos ni económicos, ya que el enfoque se limitó al análisis técnico de estabilidad mediante simulación.

1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Viabilidad técnica

La investigación fue viable técnicamente en razón que se contó con información geotécnica confiable, producto de ensayos de laboratorio realizados sobre muestras representativas del terreno en el tramo de estudio. Estos datos permitieron definir con precisión los parámetros necesarios para el análisis de estabilidad. Asimismo, se dispuso del software especializado SLIDE, que permitió simular escenarios geotécnicos complejos empleando el método de equilibrio límite, ampliamente reconocido en la ingeniería civil. La

selección de perfiles representativos y la metodología empleada garantizaron resultados válidos, replicables y alineados con los objetivos planteados.

Viabilidad económica

Desde un enfoque económico, el estudio fue viable porque no implicó ejecución de obras ni desplazamientos extensivos para recolección de datos en campo. El análisis se desarrolló mediante simulación computacional, utilizando recursos disponibles como software académico, bibliografía técnica, y equipamiento de laboratorio ya existente en la universidad. Las decisiones metodológicas, como la delimitación del área de estudio y la aplicación de técnicas indirectas, se tomaron en parte por restricciones presupuestarias, optimizando así los recursos sin afectar la calidad técnica de los resultados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Uno de los antecedentes internacionales más relevantes es el estudio realizado por Medel (2020), titulado: *“Estabilidad de taludes con sistema de anclaje”*, desarrollado como tesis de maestría en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). El objetivo principal del estudio fue evaluar el comportamiento de tres taludes reales ubicados en la carretera Ensenada Tijuana, la vía Mitla Tehuantepec y una zona urbana de México mediante la aplicación de anclajes como sistema de refuerzo. Para ello, se utilizó el método de equilibrio límite basado en el modelo propuesto por Deméneghi (2015), complementado con simulaciones numéricas con el software PLAXIS 2D. En cada caso se realizó un análisis sin intervención y posteriormente con el diseño de anclajes, calculando los factores de seguridad (FS) correspondientes. Los resultados evidenciaron una mejora significativa en la estabilidad de los taludes tras la colocación de los anclajes. Por ejemplo, en el primer caso (carretera Ensenada–Tijuana), el FS pasó de 1.086 a 1.65; en el segundo caso (Mitla–Tehuantepec), el FS mejoró de 1.17 a 1.60 con un sistema de diez niveles de anclaje; y en el tercer caso (zona urbana), el FS se incrementó de un valor crítico de 0.83 hasta 1.84 con intervención. Este estudio respalda claramente el objetivo general de la presente investigación al demostrar que la implementación de anclajes tiene un impacto favorable en la estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio límite. Además, fortalece los objetivos específicos relacionados con el cálculo comparativo de factores de seguridad y la elección adecuada de sistemas de anclaje. Su metodología, combinando ensayos de campo, modelación numérica y análisis de sensibilidad, ofrece una base sólida para la discusión de resultados en estudios similares.

Un estudio reciente de relevancia internacional es el desarrollado por Chuquizán (2024), titulado: *“Propuesta estructural para la protección*

y recuperación de los taludes de la calle Julio Ramos, ejecutado en el norte de Quito, Ecuador". El objetivo fue diseñar una solución estructural adecuada para garantizar la estabilidad de taludes ubicados entre las abscisas 0+400 a 0+600, en un contexto urbano afectado por deslizamientos frecuentes causados por lluvias, sismos y tráfico pesado. La metodología se basó en estudios topográficos y también en estudios geotécnicos facilitados por la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMMP), complementados por simulaciones computacionales en los softwares PLAXIS LE y SLIDE3. El análisis se enfocó tanto en condiciones estáticas como pseudoestáticas, utilizando el método de Bishop simplificado. En los resultados sin intervención, el software SLIDE3 arrojó un factor de seguridad (FS) de 1.372 en condición estática y 0.967 en condición sísmica, valores inferiores a lo exigido por la normativa ecuatoriana (FS mínimo de 1.6 en estático y 1.05 en pseudoestático). En contraste, con la incorporación de anclajes y sistemas de protección superficial (hormigón proyectado, malla metálica y geomalla), el FS aumentó hasta 1.697 (estático) y 1.275 (pseudoestático), según los cálculos con PLAXIS LE. Estas mejoras reflejan que la intervención estructural con anclajes es técnica y económicamente viable para estabilizar taludes en entornos urbanos complejos. Este antecedente guarda relación directa con los objetivos específicos de la presente investigación, especialmente en cuanto a la correcta estimación de ángulos de inclinación, la disposición adecuada de los anclajes y el análisis comparativo de factores de seguridad. Asimismo, aporta evidencia que fortalece la hipótesis sobre el impacto positivo de los anclajes en la estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio límite.

Terán (2020) en su tesis titulado: *"Proyecto de estabilización de talud mediante el uso de pantalla atirantada con anclajes activos tipo barra en el sector Santa Ana (abscisa 0+060+0+100)"*; presentada a la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito; se planteó como objetivo general de brindar la posibilidad de estabilizar el talud del sector Santa Ana, abscisa 0 060 - 0 100, con base en los resultados de las pruebas de carga las dimensiones de los anclajes activos, permanentes, tipo barra y las partes

estructurales del sistema de protección, posteriormente se llegó a las siguientes conclusiones: 1) Se requiere una investigación más profunda dirigida por la geofísica porque los resultados del ensayo de cortante en la superficie recta del talud no son suficientes para describir el comportamiento geomecánica del suelo. 2) Las características del terreno se corresponden mejor con un escenario geofísico para condiciones secas con parámetros efectivos de cohesión y ángulo de fricción, según un modelo de análisis de estabilidad que emplea elementos finitos. 3) El sistema de secado se implementó para evitar la influencia de presiones negativas en el indicador, y la determinación del nivel freático no se consideró en el análisis, debido a que el nivel freático no se detecta con base en el levantamiento del suelo, sino solo por infiltración. 4) El bulbo de anclaje está ubicado en la capa más competente, un polvo de arena muy plástico con parámetros $c = 4$ [KN/m²] y fricción = 41,600, según las condiciones de diseño aprobado (longitud libre del punto de anclaje, longitud del bulbo y ángulo de inclinación). 5) Finalmente, se puede decir que la superficie de falla no está determinada por el método de los elementos; es decir, la superficie crítica se encuentra en lugares donde ocurre la mayor concentración de fuerzas cortantes, lo que hace que el suelo se rompa; busque un camino donde la relación de corte efectivo y la resistencia del suelo sean menos favorables. Esto explica por qué hay diferencias en los valores encontrados en el análisis FSD.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Uno de los antecedentes nacionales más relevantes es el estudio desarrollado por Farías y Yanayaco (2020), en su tesis titulada: *“Propuesta de criterios para el diseño de anclajes en taludes mediante Equilibrio Límite con un análisis de sensibilidad en un suelo uniforme de grava bien graduada en el conglomerado de Lima Metropolitana- Perú”*; presentado como tesis de grado en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). El objetivo general del estudio fue establecer criterios de diseño para anclajes a partir de un análisis de sensibilidad, considerando variables como la altura del talud, los parámetros

geotécnicos (cohesión, ángulo de fricción y peso específico) y el método de cálculo de capacidad de adherencia bulbo-suelo. Para ello, se modelaron taludes con alturas de 5, 10 y 15 metros y pendientes de 60°, 70° y 80°, utilizando el software SLIDE v6 bajo el método de equilibrio límite, con y sin la inclusión de anclajes. La investigación aplicó tres metodologías distintas para estimar la capacidad de adherencia: Ostermayer, Bustamante & Doix, y la norma brasileña NBR 5629 (1996). Se determinó el factor de seguridad (FS) para cada combinación geométrica y se compararon los resultados obtenidos según cada método. En condiciones sin anclajes, los FS estuvieron por debajo del mínimo normativo ($FS < 1.5$), especialmente en inclinaciones mayores al 70 %. Tras la implementación de anclajes, se evidenció una mejora significativa en la estabilidad, con aumentos de FS de hasta el 40 %, dependiendo del método aplicado. El análisis de sensibilidad, además, demostró que una variación de $\pm 3^\circ$ en el ángulo de fricción puede modificar el FS en un rango de 0.1 a 0.25 unidades, lo cual subraya la importancia de un diseño conservador frente a la incertidumbre de los parámetros geotécnicos. Este estudio guarda estrecha relación con el objetivo general de la presente investigación al emplear el método de equilibrio límite para evaluar el impacto de los anclajes en la estabilidad de taludes. Asimismo, apoya los objetivos específicos al aportar evidencia sobre la importancia de la correcta elección del ángulo de inclinación, la ubicación de anclajes, y el análisis del FS con base en parámetros variables. La inclusión del análisis de sensibilidad constituye un valioso referente metodológico para la validación del modelo geotécnico en contextos donde los datos del suelo presentan alta dispersión.

Pari (2021), en su tesis titulada “*Sistema de estabilización de taludes de corte mediante anclajes metálicos, carretera Chojata – Moquegua, Moquegua 2021*”, desarrolló un estudio orientado a determinar cuánto se estabilizan los taludes de corte mediante el uso de anclajes metálicos. La investigación fue de tipo aplicada, con nivel explicativo y diseño comparativo. Se seleccionaron tres taludes ubicados en las progresivas 3+280, 3+440 y 3+680 de la carretera Chojata–Moquegua, mediante un muestreo no probabilístico intencional. Se realizaron estudios topográficos

y calicatas en campo, con ensayos de laboratorio sobre las muestras de suelo, y posteriormente se modelaron los taludes en condiciones húmedas y sísmicas utilizando el software SLIDE. En el análisis sin intervención, los factores de seguridad (FS) obtenidos fueron inferiores al valor normativo mínimo. Posteriormente, se diseñaron anclajes metálicos activos y permanentes para cada talud, alcanzando un FS de 1.266 con inclinaciones de 14° a 15°, estabilizando un área promedio de 2.25 m² por anclaje. El análisis incluyó la variación de ángulos y tensiones de los anclajes, así como la simulación de diferentes escenarios de carga, lo que permitió identificar condiciones de falla como deslizamientos superficiales y fallas por rotación.

Salvatierra (2021) en su tesis titulado: *“Análisis de estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio límite para prevenir deslizamientos durante la expansión de un depósito de minerales en minas a cielo abierto, La Libertad 2021”*, desarrolló un estudio orientado a evaluar la estabilidad de taludes mediante métodos de equilibrio límite, con el propósito de rediseñar un botadero minero a fin de prevenir deslizamientos que pudieran comprometer la operación y seguridad de la estructura. La investigación fue de tipo aplicada, con diseño no experimental, enfoque cuantitativo y alcance transversal. El análisis se centró en identificar los factores que condicionan la estabilidad de los taludes en botaderos mineros, incluyendo aspectos geológicos, geotécnicos, geométricos, sismológicos y climáticos. Para ello, se utilizaron datos de campo, ensayos de laboratorio y herramientas de software especializadas, destacando el uso del programa SLIDE 6.0 para la modelación computacional de la estabilidad. Se aplicaron los métodos de equilibrio límite de Bishop, Janbu y Spencer para calcular los factores de seguridad (FS) bajo condiciones estáticas y pseudoestáticas. Los resultados evidenciaron que, en la condición inicial, el talud no alcanzaba los factores de seguridad mínimos establecidos por el Ministerio de Energía y Minas ($FS < 1.3$ en operación estática y < 1.2 en pseudoestática). Posteriormente, se propuso un rediseño geométrico mediante la incorporación de banquetas y modificación del ángulo del talud, lo que permitió obtener valores de FS superiores a los requeridos:

1.66 para Bishop, 1.62 para Janbu y 1.68 para Spencer en condiciones estáticas; y 1.41, 1.38 y 1.43 respectivamente en condición sísmica. La mejora significativa en la estabilidad se logró ajustando las inclinaciones y evaluando la resistencia geomecánica del material de relleno y base.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Un antecedente local de alta relevancia es la tesis de Mori (2023), titulada “*Diseño de muro anclado e influencia en el análisis del talud del pasaje Marcos Durán Martel, Huánuco - 2021*”, desarrollada en la Universidad de Huánuco. El objetivo principal fue determinar la influencia del diseño de muros anclados en la estabilidad de taludes urbanos con alta vulnerabilidad, a través del análisis de cinco secciones transversales representativas del pasaje Marcos Durán Martel. La investigación fue de tipo básica-orientada, con enfoque cuantitativo, diseño cuasiexperimental y nivel correlacional. Se ejecutaron ensayos de mecánica de suelos y un levantamiento topográfico con dron para caracterizar las condiciones del terreno. Los parámetros obtenidos fueron: cohesión $c = 9.32 \text{ kN/m}^2$, ángulo de fricción interna $\phi = 27.2^\circ$ y peso específico $\gamma = 15.41 \text{ kN/m}^3$, clasificando el suelo como una arena limosa arcillosa (SUCS). El análisis de estabilidad se realizó con el software SLIDE, aplicando tres métodos de equilibrio límite: Janbu Corregido, Spencer y Morgenstern-Price. Primero se evaluó la estabilidad sin intervención, encontrándose factores de seguridad por debajo de lo aceptable ($FS < 1.5$). Posteriormente, se propuso el diseño de muros anclados y se modeló su efecto en la estabilidad. Los resultados demostraron una mejora significativa en todos los casos. Las medias de los factores de seguridad aumentaron en 74.23 % en la sección S1, 114.50 % en la S2, 65.69 % en la S3, 92.79 % en la S4 y 87.17 % en la S5. Esto evidenció que el uso de muros anclados es una alternativa técnica eficaz para estabilizar taludes urbanos en zonas de riesgo geotécnico.

Saavedra (2022), en su tesis titulada “*Sistema de banquetas para la estabilización de ladera ubicada en el km 180+300 de la ruta nacional PE-3N – San Rafael, Huánuco – 2021*”. El objetivo general fue diseñar dicha

solución utilizando el software Slide 6.0, bajo el enfoque del método de equilibrio límite con el método de Spencer, aplicando criterios de Mohr-Coulomb y Hoek–Brown. La investigación se enmarcó en un diseño no experimental, con enfoque cuantitativo y nivel explicativo. La metodología incluyó la caracterización del terreno mediante levantamientos topográficos, ensayos de laboratorio y parámetros geotécnicos derivados de calicatas y observaciones en campo. En el análisis sin intervención, se identificó que el factor de seguridad (FS) era de 1.073 en condiciones secas y 0.791 en condiciones húmedas, evidenciando inestabilidad crítica. Tras la propuesta de intervención con banquetas, el FS aumentó a 1.834 en análisis estático y a 1.35 en análisis pseudoestático. Estos resultados demuestran que la solución estructural planteada mejora significativamente la estabilidad de la ladera. Este estudio aporta evidencia empírica relevante para la presente investigación, ya que guarda relación directa con el objetivo general relacionado con la mejora de la estabilidad mediante intervención estructural. Además, se vincula con los objetivos específicos de estimar ángulos de inclinación, seleccionar dispositivos de refuerzo adecuados y comparar factores de seguridad con y sin intervención, aunque desde una perspectiva metodológica basada en banquetas, más que en anclajes.

Un antecedente local altamente relevante es la tesis de Vara (2024), titulada *“Uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200”*, desarrollada en la Universidad de Huánuco. El estudio tuvo como objetivo principal evaluar la eficacia del muro claveteado como medida técnica de estabilización de taludes en un tramo crítico de la vía mencionada, caracterizada por constantes fallas geotécnicas. Para ello, se realizaron levantamientos topográficos, ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y simulaciones computacionales mediante el software Slide, aplicando diferentes métodos del equilibrio límite (Spencer, Bishop, Janbu, Morgenstern-Price y Fellenius). El análisis comparativo entre el escenario sin intervención y con intervención estructural mostró resultados significativos. En la situación sin muro claveteado, los factores de seguridad (FS) fueron

inferiores al mínimo normativo de 1.5: Bishop (1.242), Janbu (1.218), Spencer (1.239), entre otros. Luego de implementar la propuesta de muro claveteado, los FS aumentaron hasta 1.772 (Spencer), 1.781 (Bishop), 1.525 (Janbu), superando con holgura el umbral técnico aceptable. Además, se realizó una contrastación estadística (prueba t de Student) que validó la mejora en estabilidad. Esta tesis guarda directa relación con la presente investigación, tanto en el enfoque geotécnico computacional como en la aplicación del método de equilibrio límite y en el uso de elementos de refuerzo estructural (aunque en su caso se usó muro claveteado y no anclajes). Asimismo, al haberse ejecutado en un tramo contiguo a tu zona de intervención (Km 369+300 al 372+200), aporta contexto local y evidencia empírica que fortalecen tus objetivos específicos sobre el impacto de soluciones geotécnicas en el FS y la adecuación de herramientas computacionales para modelar intervenciones en taludes.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD

Según Braja (2022), menciona la estabilidad se refiere a la seguridad de una masa terrestre contra fallas o movimientos. El primer paso es definir los criterios de estabilidad de taludes, lo que en sí mismo significa algo tan simple como poder decir en un momento dado cuál es la pendiente adecuada de un desmonte o terraplén; casi siempre la más empinada que se pueda mantener durante el tiempo requerido sin caerse es la más adecuada. este es el centro problema y motivo del estudio.

Por otro lado, Pari (2021) sostiene que la estabilidad de los taludes suele depender de factores naturales, estratigrafía, estructura y condiciones externas propias o del entorno, condiciones meteorológicas, topografía, vegetación, clima. Las condiciones hidráulicas superficiales son cruciales, al igual que la gravedad como factor de desequilibrio. Si la fuerza de la gravedad es compensada por la resistencia de la tierra, el talud está en equilibrio, caso contrario, si se rompe el equilibrio, inestabilidad de la masa en forma de deslizamientos, derrumbes, etc.

Frente a este tipo de inestabilidad potencial, es necesario aplicar herramientas de evaluación que permitan cuantificar el estado de seguridad del talud y diseñar intervenciones técnicas adecuadas. Una de las más utilizadas es el análisis con el Método de Equilibrio Límite.

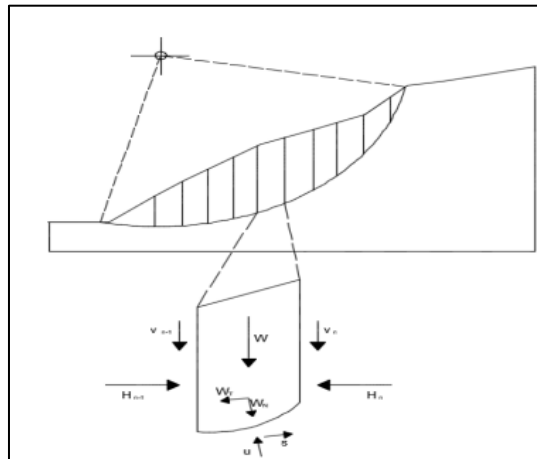
Análisis con el Método de Equilibrio Límite

Farías y Yanayaco (2020) menciona que el método implica encontrar el equilibrio de las masas activas del suelo, que pueden estar limitados por planos de fractura poligonales, circulares o planares. Este método asume que la ruptura ocurre a lo largo de un plano y simultáneamente logra un coeficiente de seguridad de 1. Debido a su sencillez y al hecho de que el factor de seguridad obtenido es similar al real, es muy utilizado en la actualidad.

Además, Bernal (2021) también sostiene que se puede realizar un análisis de equilibrio límite examinando directamente la longitud total de la superficie de fractura o dividiendo la masa de deslizamiento en rebanadas o segmentos. En general, estos métodos son iterativos y cada método tiene cierto grado de precisión.

Figura 1

Esquema analítico del método de equilibrio Limite



Nota. En la figura se observa el método de equilibrio Limite. Tomado Evaluación técnica - económica en obras de estabilización de taludes en la vía San Gil Charalá, por Bernal, 2021, Repositorio Institucional UPTC.

Principales métodos de análisis de estabilidad

A continuación, a base de Pari (2021) describe diversos métodos de equilibrio límite respecto al análisis de estabilidad de taludes.

- **Método de Fellenius:** Alva (2020) sostiene que los trozos de tierra resbaladiza se dividen en rebanadas verticales. Una vez hecho esto, finalmente se analiza el equilibrio total calculando el equilibrio de cada segmento que da como resultado un factor de seguridad (FS).
- **Método de Bishop simplificado:** Alva (2020) afirma que otro enfoque, desarrollado originalmente para planos de falla circulares, tiene en cuenta el equilibrio entre las fuerzas de interacción verticales que actúan entre las capas y que el enfoque de fragmentos o segmentos no es muy preciso para lechos de fricción.
- **Método de Janbu:** Alva (2020) sostiene que este método está diseñado para superficies que no son circulares y también asume cero interacciones entre discos. A diferencia del método de Bishop, este enfoque se enfoca en un equilibrio de fuerzas en lugar de un equilibrio de momentos.

- **Método de Morgenstern y Price:** Alva (2020) afirma que este método es generalmente aplicable y se basa en lograr un equilibrio entre momentos y fuerzas. El hecho de que la interacción entre las capas sea determinada por una función que evalúe la interacción a lo largo del plano de fractura es una diferencia significativa.

Factor de seguridad

A base de González de Vallejo (2025), menciona que el coeficiente de seguridad se define en términos de la resistencia al corte del suelo (τ_f) y la fuerza de corte movilizada (τ_d) a lo largo del plano de fractura.

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

Dónde:

FS = Viene a ser el coeficiente de seguridad

τ_f = Viene a ser la resistencia al corte del suelo

τ_d = Viene a ser el esfuerzo de corte movilizado

También según Braja (2022) sostiene que el coeficiente de seguridad depende del tipo de trabajo. Para terraplenes de carreteras, el dato mínimo considerado para que los terraplenes brinden seguridad en términos de estabilidad es un FS de 1.5 para análisis estático.

Además, RNE (2021) sostiene que el factor de seguridad mínimo para taludes debe ser de 1,5 para cargas estáticas y de 1,25 para cargas sísmicas.

Ducan y Mah (2024), menciona que a medida que aumentan las tensiones o esfuerzos actuantes o disminuye la resistencia al corte, se produce la falla del talud o ladera. Es importante mencionar que la variación en estos factores generalmente se debe a influencias naturales y actividades humanas.

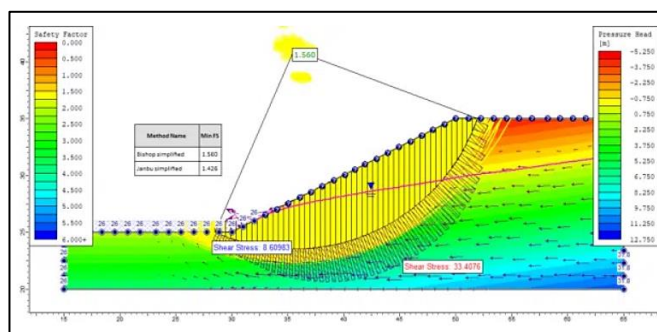
Para evaluar estos factores de manera rigurosa, actualmente se dispone de herramientas computacionales especializadas como el software Slide, desarrollado por Rocscience.

Aplicación del Software Slide

Slide es un software de análisis de estabilidad de taludes en 2D desarrollado por Rocscience. El método de equilibrio límite se utiliza para los cálculos de estabilidad. Su rango de aplicación en minería y construcción es muy diverso y permite la evaluación de una amplia gama de problemas geotécnicos (Rocscience, 2022).

Le permite asignar distribuciones estadísticas a prácticamente cualquier parámetro de entrada, como las propiedades de los materiales, las propiedades de los soportes, las cargas y las ubicaciones de las aguas subterráneas, gracias a sus amplias habilidades de análisis probabilístico. Para determinar el riesgo de falla relacionado con un proyecto de inclinación o pendiente, se calcula un índice de confianza/probabilidad de falla. (Rocscience, 2022).

Figura 2
Ilustración del uso del software Slide



Nota. En la figura se observa la ilustración del uso del software Slide. Tomado de Slide: 2D limit equilibrium slope stability for soil and rock slopes, por Rocscience, 2022, Rocscience Inc.

Los anclajes en el software Slide

Erosión (2021) menciona que los anclajes en el software Slide se utilizan para estabilizar taludes y mejorar su resistencia frente a deslizamientos. Menciona la explicación sobre los anclajes en el software Slide, los pasos que deben seguirse y las consideraciones para tener en cuenta:

- **Los anclajes se definen en el software Slide** como elementos de refuerzo que se colocan en el talud para resistir fuerzas de tracción y aumentar su estabilidad. Las características de los

anclajes, como su posición, longitud, resistencia, diámetro y ángulo deben especificarse. (Erosion, 2021)

- **Configurar el modelo de talud:** el primer paso es crear el modelo de talud. Esto implica definir la geometría del talud, que incluye su forma, pendiente y configuración. Además, se debe especificar la cohesión, el ángulo de fricción interna y la resistencia al corte del suelo. (Erosion, 2021)
- **Las propiedades de los anclajes** deben asignarse al modelo de talud una vez que se ha creado. Esto implica especificar la resistencia a la tracción de los anclajes y cómo interactúan con el suelo. Los valores de resistencia proporcionados por los fabricantes o los resultados de las pruebas de carga de anclajes se pueden utilizar. (Erosion, 2021)
- **Definición de condiciones de carga:** En esta etapa, se deben establecer las condiciones de carga como la carga gravitacional, la carga sísmica o la presión del agua que afectan al talud. Las cargas estáticas y dinámicas que actúan sobre el talud en diferentes condiciones de servicio deben tenerse en cuenta. (Erosion, 2021)

2.2.2 PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DEL SUELO

Las propiedades del suelo son características fundamentales que determinan su comportamiento bajo diferentes condiciones de carga y estabilidad. Estas propiedades son esenciales en ingeniería geotécnica para el diseño de cimentaciones, taludes y otras estructuras.

Granulometría

Alva, (2020). Se refiere a la distribución de diferentes dimensiones de las partículas de un suelo específico, simbolizando una proporción en comparación con el peso total de la muestra seca. Es un instrumento para seleccionar materiales para rellenar presas y carreteras, lo que necesitará de materiales de grados específicos.

Figura 3

Equipo de Ensayo de corte directo



Nota. En la figura se observa un equipo de Ensayo de corte directo. Tomado de Evaluación, análisis y estabilidad de taludes con el Sistema Erdox en la carretera PE-28B del km 152+045 al km 152+195 - Kepashiato – Kiteni, por Llaique, 2022, Repositorio Universidad Continental.

Peso Especifico

Particularidad inicial para considerar en todas las estructuras es que el resultado obtenido se basa en la previsión asociada a la mecánica del suelo, así como de forma aleatoria con los diversos valores obtenidos en el laboratorio correspondiente (Alva, 2020).

Angulo de Fricción

Se refiere a la característica de los materiales granulares que se interpreta como la firmeza al desprendimiento provocado por la fricción entre las áreas de roca de las partículas y su consistencia correspondiente. De esta manera, las superficies granulares con mayor roca y sus partículas son principalmente angulares, lo que permite una deducción física razonable de la inclinación de un compuesto de material granular. (Braja , 2022).

Cohesión

Se trata de una adhesión entre las partículas del terreno a causa de la atracción mutua debido a la firmeza de las moléculas internas, las cuales se determinan por la cantidad de puntos que cada partícula tiene con sus colindantes. En este contexto, la cohesión se incrementará a medida que las partículas del suelo sean más pequeñas, debido a que las partículas con estructura angular consiguen la cohesión del suelo, mientras que las partículas con estructura redondeada no contribuyen a la cohesión del suelo. (Geocontacto, 2023)

Límites de Atterberg

- **Índice de Plasticidad**

Lo caracteriza como el choque numérico entre el límite líquido y el plástico, por lo que se percibe como aquella configuración que se deteriora sin necesidad de mostrarse frente a un trabajo mecánico, preservando la alteración sin deshacerse de la carga. Por lo tanto, en terrenos no plásticos no se puede determinar el índice de plasticidad. Las arcillas, en términos básicos, dependen de la capacidad del agua. Si no tienen humedad, no serán plástico. (Ducan y Mah, 2024)

Límite Líquido

Se describe como la compresión de humedad de una superficie en términos porcentuales, que sucede cuando un suelo que se encuentra en un estado líquido pasa a un estado plástico. Para llevar a cabo este ensayo se utiliza una cuchara de casa grande. Con esta definición, los suelos plásticos poseen una resistencia casi inexistente al esfuerzo de corte. (Alva, 2020)

Límite Plástico

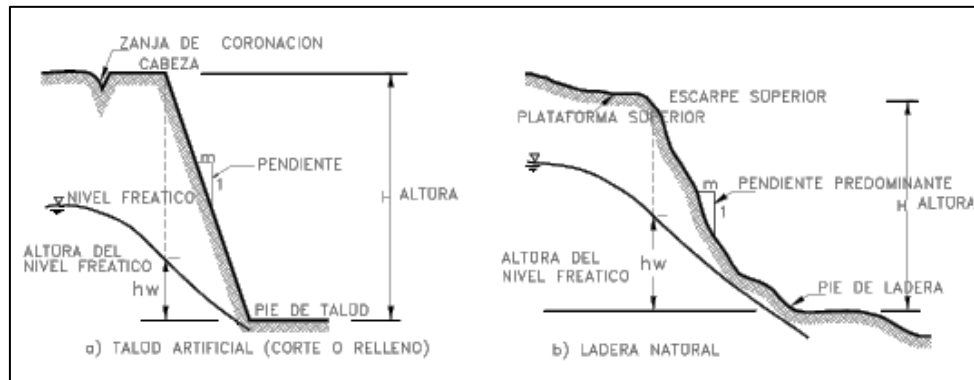
Se refiere a la capacidad de un suelo para absorber humedad en relación con la muestra seca al horno, donde los suelos que se encuentran en un estado semisólido son transferidos a un estadillo plástico. Este ensayo se lleva a cabo con el material que pasa la malla número 40, se añade humedad al suelo seco y se crea una masa que permita formar una pequeña bola. Luego se elaboran rodillos de diámetro de 1/8", los suelos que no alcanza se consideran no plástico. (Geocontacto, 2023)

2.2.3 CAPACIDAD PARA RESISTIR DESLIZAMIENTOS

Los taludes, naturales o artificiales, son superficies inclinadas formadas por suelo o roca que, por su geometría y condiciones geotécnicas, están expuestos a distintos tipos de fallas, siendo la más frecuente el deslizamiento. Según Suárez (2021), un talud se define como toda superficie inclinada respecto al plano horizontal que requiere estabilidad estructural permanente, y su análisis involucra factores como la mecánica de suelos, geología aplicada y condiciones hidromecánicas.

En ese sentido, para determinadas obras de construcción, es necesario utilizar el terreno en forma de pendiente como parte de la obra. Los terraplenes de las carreteras también necesitan ser estudiados para determinar la estabilidad del talud. En algunos casos, la severidad de la obra que la hace necesaria es crucial, como en el caso de las presas de tierra, donde un mal cálculo puede llevar a cabo su fracaso. (Braja , 2022).

Figura 4
Vista de un talud



Nota. En la figura se observa los tipos de taludes. Tomado de Modelo conceptual de un talud, por Suárez, 2021, Erosion.com.co.

Las fallas por deslizamiento se manifiestan como desplazamientos superficiales o profundos a lo largo de superficies de ruptura, tal como describen Ducan y Mah (2024), quienes clasifican estas fallas en rotacionales, locales, por base, o inducidas por erosión, lluvias, sismos y cargas externas.

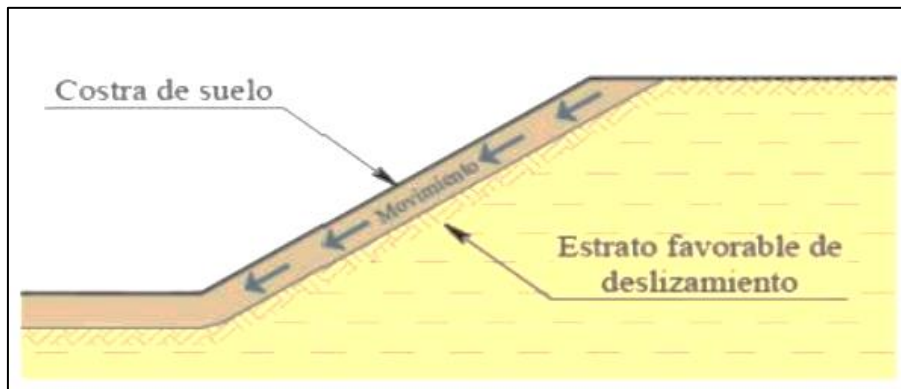
Tipos de fallas en los taludes

- **Falla por deslizamiento**

Según Ducan y Mah (2024), define como deslizamientos superficiales en un tipo de falla que afecta grandes extensiones de tierra y se presenta sin brusquedad, una transición definida entre la parte móvil superficial y la masa estacionaria más profunda, a veces no hay superficie de ruptura.

Figura 5

Ilustración de un talud afectado por un deslizamiento superficial



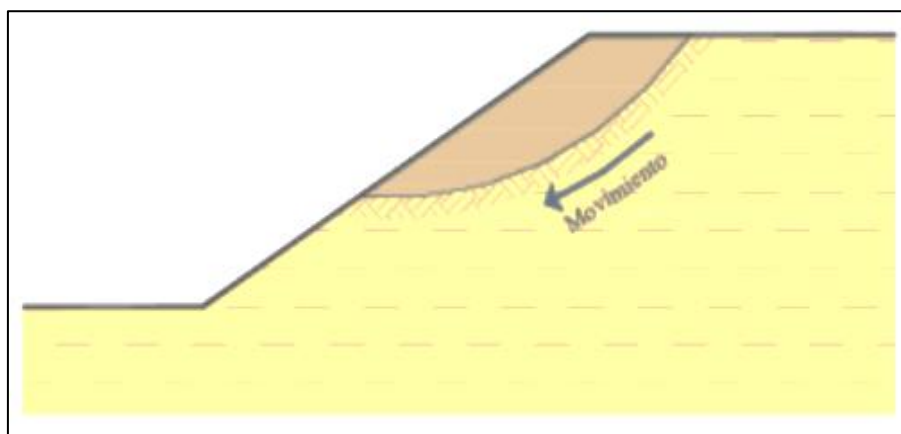
Nota. En la figura se observa un talud afectado por un deslizamiento superficial. Tomado Ingeniería de taludes rocosos, civil y minera, por Ducan y Mah, 2024, Geocontacto.

- **Falla por rotación**

- ✓ **La falla local:** Ducan y Mah (2024) menciona que cuando la superficie de fractura o falla secciona entre el hombro y la corona del plano del bisel sin tocar la parte superior del talud.

Figura 6

Ilustración de un talud con falla local

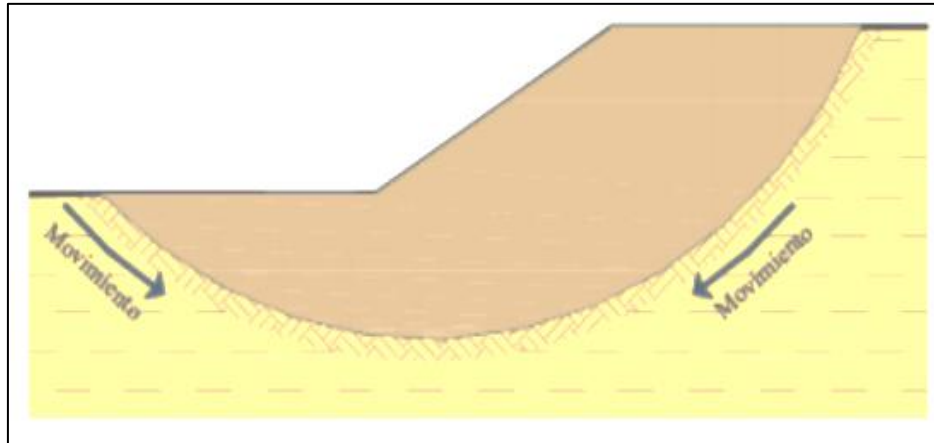


Nota. En la figura se observa un talud afectado por un deslizamiento superficial. Tomado Ingeniería de taludes rocosos, civil y minera, por Ducan y Mah, 2024, Geocontacto.

- ✓ **La falla en la base:** Ducan y Mah (2024) afirma que cuando se divide la superficie de la falla en el plano horizontal, afecta toda la geometría del talud y aumenta la profundidad.

Figura 7

Ilustración de un talud afectado por un deslizamiento superficial



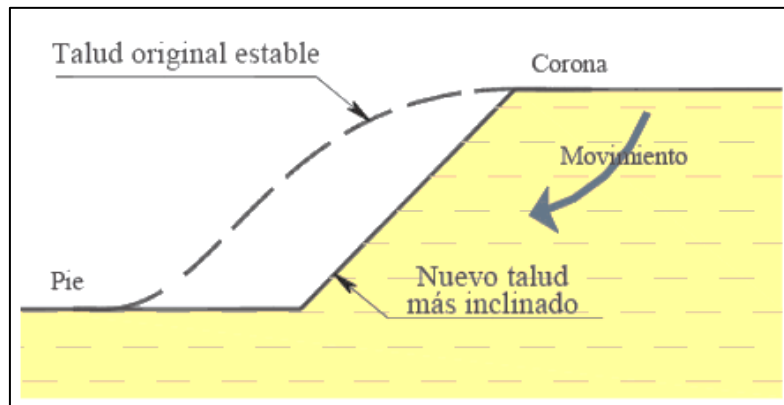
Nota. En la figura se observa un talud afectado por un deslizamiento superficial. Tomado Ingeniería de taludes rocosos, civil y minera, por Ducan y Mah, 2024, Geocontacto.

- **La erosión**

De Pari (2021), menciona que el viento y agua constantemente influyen y erosionan los taludes o laderas. Por lo tanto, la erosión ocasiona un cambio en la forma de los taludes y las tensiones que la acompañan, dando como resultado una geometría diferente o un cambio en la condición que se analizó originalmente.

Figura 8

El efecto de la erosión en la pendiente de un talud



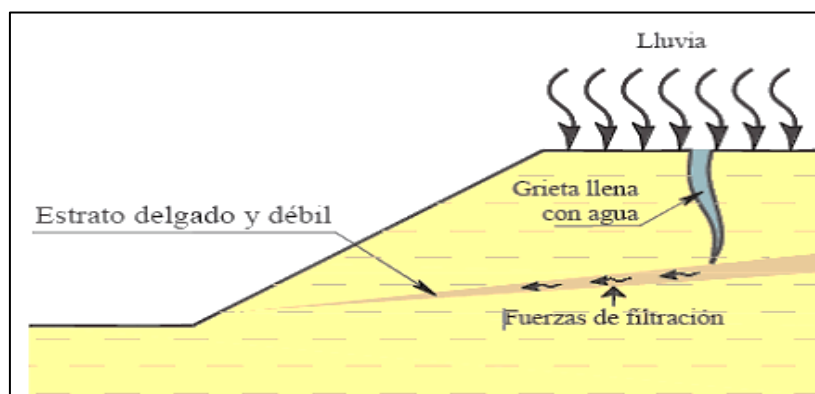
Nota. En la figura se observa un talud afectado por un deslizamiento superficial. Tomado Ingeniería de taludes rocosos, civil y minera, por Ducan y Mah, 2024, Geocontacto.

- **Las lluvias**

De Pari (2021) afirma que, durante la época de lluvias, las pendientes de los taludes o laderas están propensas a la saturación, lo que incrementa la masa y reduce la resistencia al corte y la erosión de las superficies expuestas. Es así, cuando el agua penetra en las grietas de la pendiente, incrementa la fuerza impulsora o crea fuerzas de filtración que pueden ocasionar fallas la pendiente.

Figura 9

Efecto de las lluvias en la pendiente de un talud



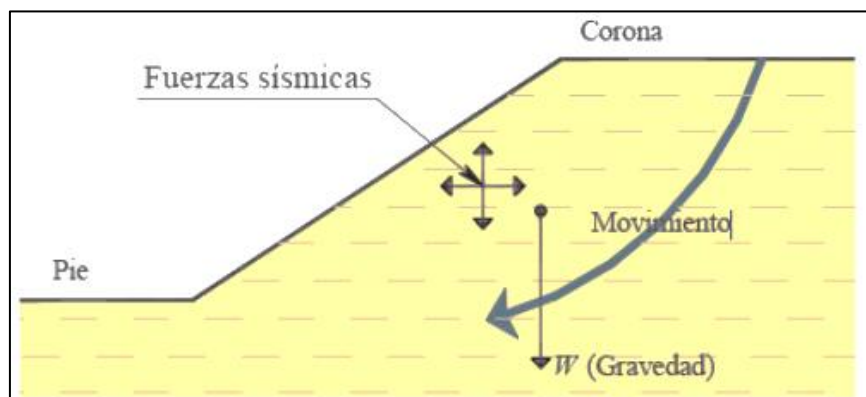
Nota. En la figura se observa un talud afectado por un deslizamiento superficial. Tomado Ingeniería de taludes rocosos, civil y minera, por Ducan y Mah, 2024, Geocontacto.

- **Efectos sísmicos**

De Pari (2021) afirma que los efectos de los sismos agregan fuerzas dinámicas a las fuerzas estáticas en la pendiente de los taludes, causando fuerzas de corte dinámicas que reducen la resistencia al corte y debilitan el suelo.

Figura 10

Efecto de las fuerzas sísmicas en la pendiente de un talud



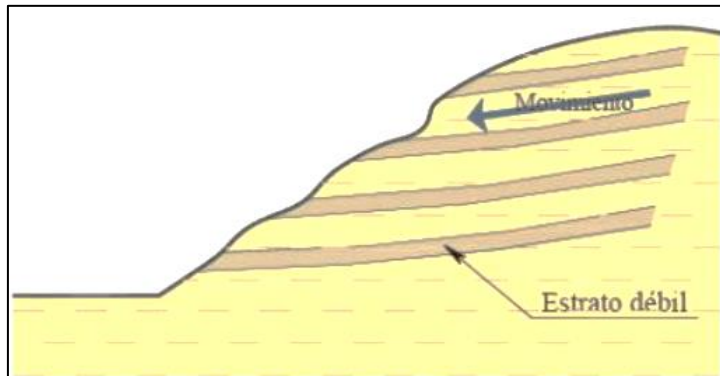
Nota. En la figura se observa un talud afectado por un deslizamiento superficial. Tomado Ingeniería de taludes rocosos, civil y minera, por Ducan y Mah, 2024, Geocontacto.

- **Los aspectos geológicos**

De Pari (2021) afirma, que algunas fallas de taludes son causadas por características geológicas no identificadas en el mapeo y estudio de campo que, debido a que no se consideran en la evaluación de la severidad del talud, ya que estas aumentan la incertidumbre en el factor de talud.

Figura 11

Efecto geológico en la pendiente de un talud



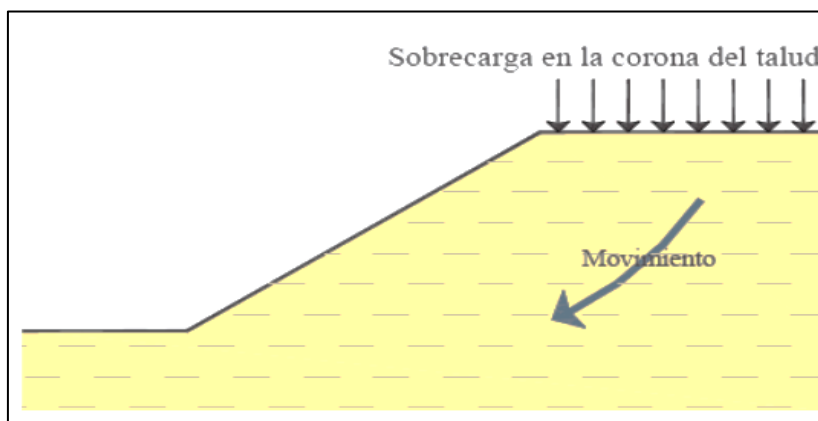
Nota. En la figura se observa un talud afectado por un deslizamiento superficial. Tomado Ingeniería de taludes rocosos, civil y minera, por Ducan y Mah, 2024, Geocontacto.

- **Las cargas externas**

De Pari (2021) afirma las cargas externas que actúan sobre los taludes aumentan las fuerzas de los pilotes y pueden causar daños en los taludes si estas cargas no se controlan y se tienen en cuenta al evaluar la severidad del suelo. En algunos casos, excavar uno o más terraplenes mejora esa situación ya que esto reduce las fuerzas involucradas.

Figura 12

Efecto de sobrecarga en la parte superior de la pendiente de un talud



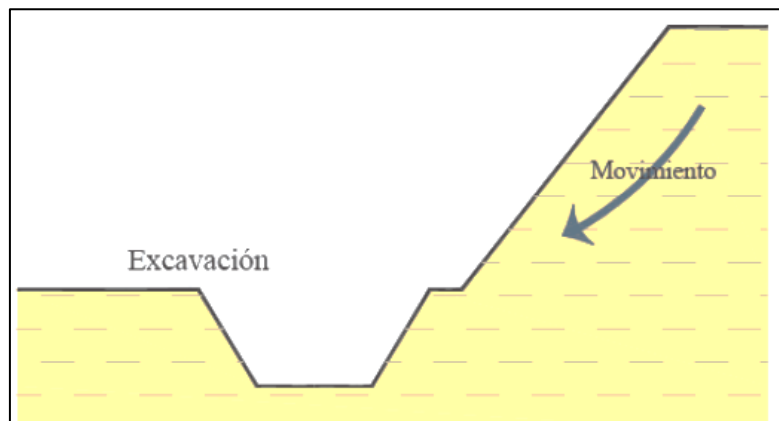
Nota. En la figura se observa un talud afectado por un deslizamiento superficial. Tomado Ingeniería de taludes rocosos, civil y minera, por Ducan y Mah, 2024, Geocontacto.

- **Las excavaciones y rellenos**

De Pari (2021) menciona que cuando la excavación se realiza al pie de un talud, el esfuerzo total se reduce, provocando un aumento negativo en la presión intersticial del suelo. A medida que se disipa este aumento de la presión intersticial, el talud puede fallar a medida que disminuye la resistencia al corte del suelo.

Figura 13

Excavación en la parte inferior o pie de un talud



Nota. En la figura se observa un talud afectado por un deslizamiento superficial. Tomado Ingeniería de taludes rocosos, civil y minera, por Ducan y Mah, 2024, Geocontacto.

La capacidad para resistir deslizamientos está directamente relacionada con el equilibrio entre las fuerzas que tienden a movilizar la masa del talud y aquellas que la estabilizan. Esta capacidad se evalúa cuantitativamente mediante el Factor de Seguridad (FS), definido como la relación entre las fuerzas resistentes (cohesión, fricción interna, peso propio, refuerzos) y las fuerzas deslizantes (gravedad, presión de poros, sismos, etc.) (Suárez, 2021). Cuando el $FS \geq 1.5$ en condiciones estáticas o ≥ 1.2 en condiciones sísmicas, se considera que el talud tiene suficiente capacidad para resistir fallas, conforme a lo estipulado en normas como la E.050 y CE.020. (RNE, 2021).

2.2.4 PROPUESTA DE COLOCACIÓN DE ANCLAJES

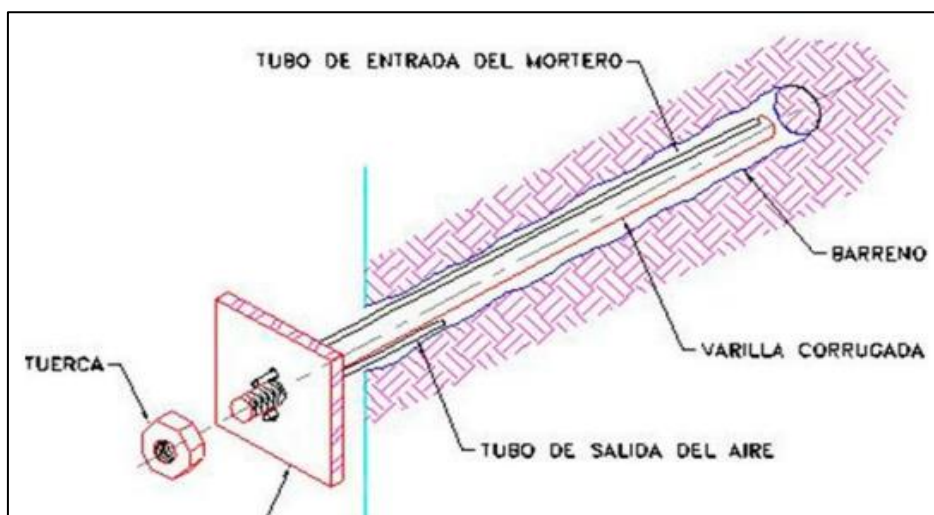
Anclajes

Un anclaje de tierra o roca es un elemento estructural delgado diseñado para transferir la tensión de tracción al suelo circundante. Se utiliza para estabilizar y soportar estructuras de tierra naturales o artificiales sujetas a fuerzas laterales o de elevación significativas, lo que limita el movimiento y/o la rotación. Para garantizar la estabilidad requerida, el ancla debe clavarse en suelo sólido o rocas. (Erosion, 2021)

Además, un anclaje es un dispositivo con la capacidad de transferir las fuerzas de tracción que actúan sobre él un suelo estable, según la definición. Los tirantes, cuyo diseño depende de las condiciones del proyecto, cumplen principalmente dos funciones: brindan resistencia a cortante y tracción en taludes inestables y soportan directamente el peso de la masa deslizante. (Suárez, J., 2023)

Figura 14

Esquema de un tipo de Anclaje



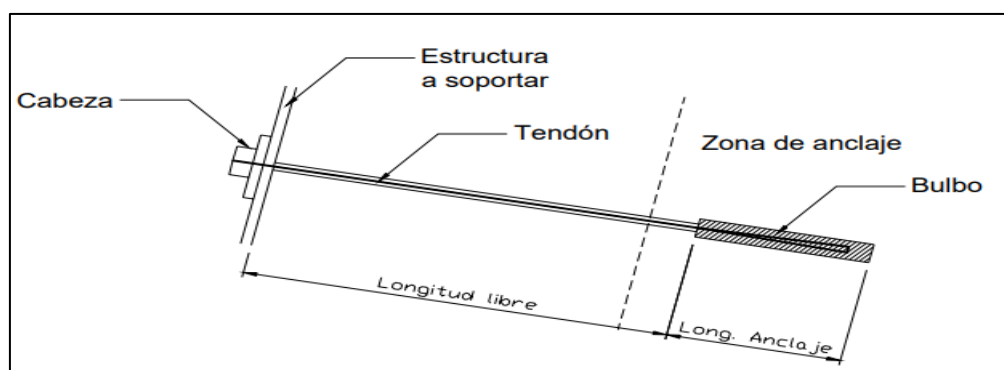
Nota. En la figura se observa el esquema de un tipo de Anclaje. Tomado de Falla y colapso de pantallas ancladas (Tiebacks), por Suárez, 2023, Erosión.

Partes de un anclaje

Para divide los componentes principales de un anclaje en:

- **La cabeza del ancla:** Es el elemento que conecta el anclaje a la estructura portante. Dicha estructura puede ser un muro, una losa o una capa de hormigón en bruto reforzado con malla. Dado que la fuerza de tracción del tendón se transfiere a la estructura por encima de la cabeza, es común colocar una placa debajo de la cabeza para reducir la concentración de tensión. (Erosion, 2021)
- **El tendón:** El elemento estructural principal consiste en un cable de acero de alta resistencia o tanques de refuerzo de grado estructural. Deben estar protegidos contra la corrosión, especialmente si el anclaje es del tipo permanente. (Erosion, 2021)
- **El bulbo de anclaje:** Es la propia ancla y se encarga de transmitir el esfuerzo a tierra. El anclaje es una función de la fricción bulbo-suelo, la adhesión y la presión de salpicadura sobre la superficie del bulbo. (Erosion, 2021)

Figura 15
Partes de un Anclaje



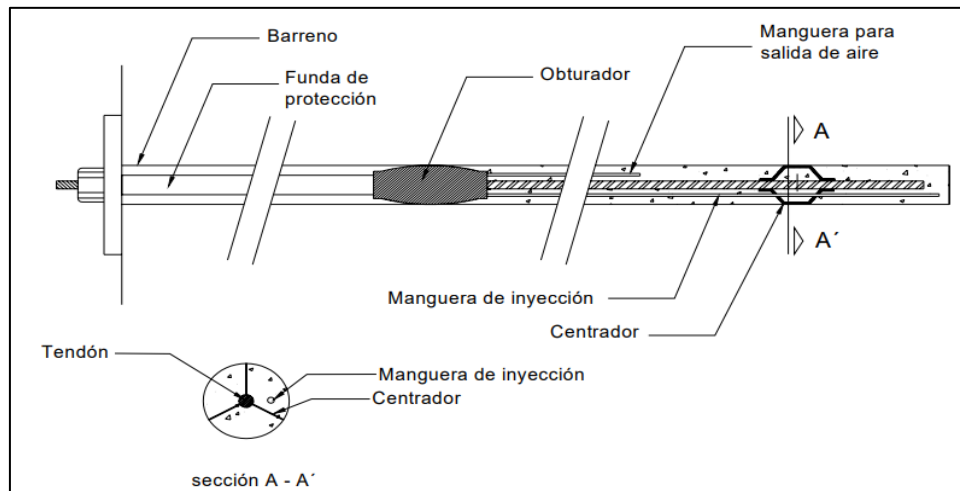
Nota. En la figura se observa las partes de una estructura externa de Anclaje. Tomado de Falla y colapso de pantallas ancladas (Tiebacks), por Suarez, 2023, Erosión.

- **Barreno:** Se asume como parte del sistema. Este debe ser un diámetro adecuado para barras, hilos y lechada (generalmente 100-150 mm). Sus dimensiones deben ser lo suficientemente

largas para la distancia entre el tendón, la pared y para que se acumule adherencia entre la lechada y la barra. También tenemos que considerar la generación de fuerzas de fricción entre el mortero y el suelo. (Suárez, J., 2023)

- **La funda de protección:** Viene a ser un tubo de PVC liso que sujeta las cuerdas en su longitud libre. Cubra la distancia entre la boca del agujero y el tapón. El espacio libre dentro de la tubería se llena con anticorrosivo (mortero o grasa) para evitar la corrosión de la longitud libre. (Suárez, J., 2023)
- **El tubo de Inyección:** Es un tubo con un agujero cubierto con una banda elástica (manguito) colocado en el centro del agujero. La función de estos agujeros es dejar escapar la lechada. (Suárez, J., 2023)
- **El obturador:** Su finalidad es aislar herméticamente el pistón de inyección del resto del orificio. Infle con aire comprimido para crear un sello hermético.
- **Los separadores:** Su función es similar a las que se utilizan en las estructuras de hormigón armado para minimizar la cobertura de cables y evitar que se crucen entre sí. Una placa de plástico con un agujero circular. Una perforación central permite el paso del manguito mientras el cable o torón pasa por las perforaciones perimetrales. En la práctica, es común colocar mamparas a una distancia entre ejes de 2 metros en áreas fijas y al doble de esa distancia en zonas libres. (Suárez, J., 2023)
- **Los centradores:** Cumplen una doble función al garantizar una cobertura mínima de los tendones y evitar el pandeo de la fijación entre los puntos de contacto. En la práctica, no es raro encontrar dispositivos que realizan las funciones de centrador y separador de varillas simultáneamente. Se llaman espaciadores de centrado. (Suárez, J., 2023)

Figura 16
Partes de un Anclaje Interno



Nota. En la figura se observa las partes de una estructura interna de un Anclaje. Tomado de Falla y colapso de pantallas ancladas (Tiebacks), por Suarez, 2023, Erosión.

2.2.5 ANCLAJES PERMANENTES Y ACTIVOS

➤ La clasificación en su forma de trabajo:

- **Anclajes Activos:** Suárez (2023) menciona que las anclas activas son puestas en tensión antes de que actúe una fuerza externa. En general, es conveniente utilizar este tipo de anclaje. Por lo que desde el primer momento la aplicación no tiene que realizar ningún pedido de desestabilización para afectar la resistencia del terreno o talud. Asimismo, Farias y Yanayaco (2020) afirma que una característica clave de los anclajes activos es que, inmediatamente después de la instalación, el anclaje se carga a una tasa del 50 % al 90 % de la carga resistiva prevista por el diseño, lo que da como resultado una resistencia inmediata a la pendiente.
- **Anclajes Pasivos:** Suárez (2023) menciona que este tipo de ancla se amartilla cuando comienza el movimiento. Con estos anclajes, el refuerzo no se pretensa después de la instalación. De la misma manera Farias y Yanayaco (2020) menciona que una característica clave de los anclajes pasivos es que, una vez instalados, el anclaje no se tensiona. Esto deja al material

inestable con el tiempo hasta que alcanza la tensión prevista por el diseño debido al desplazamiento del propio material.

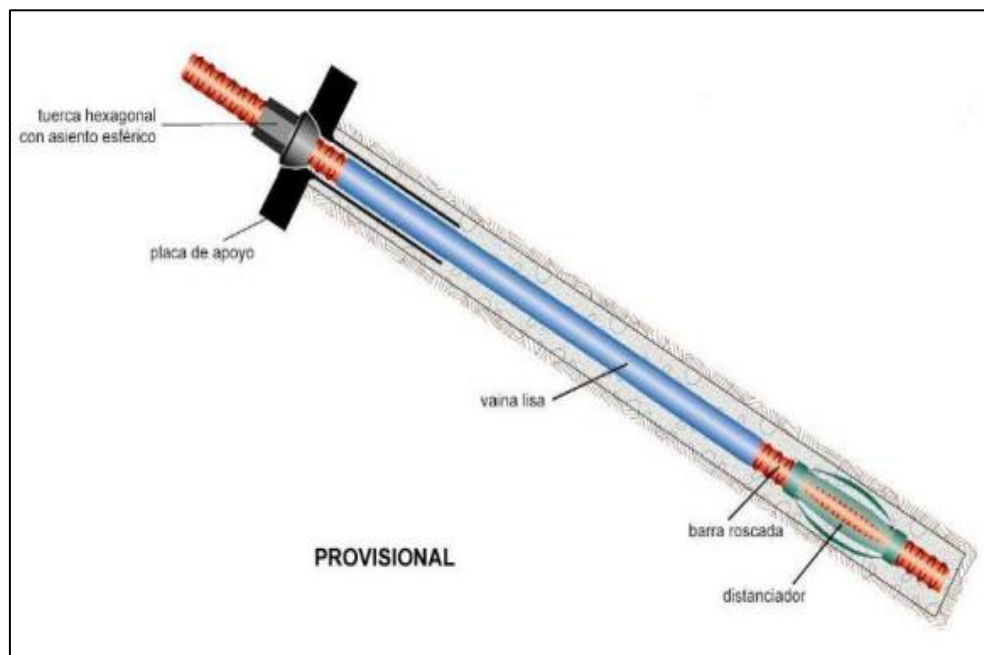
- **Anclajes Mixtos:** Suárez (2023) hace referencia que, en este tipo de anclaje, la armadura se pretensa por debajo de la carga admisible, dejando un porcentaje de resistencia en el terreno para movimientos accidentales.

➤ **La clasificación por tiempo de servicio:**

- **Los anclajes provisionales:** Suárez (2023) menciona que son temporales y aportan la estabilidad necesaria hasta por dos años, transcurridos los cuales pueden ser sustituidas por otras. En cambio, Farias y Yanayaco (2020) afirma que su propósito es estabilizar la pendiente por un tiempo para que luego pueda ser repuesta. La vida útil no supera los 18 meses.

Figura 17

Partes de un Anclaje Provisional

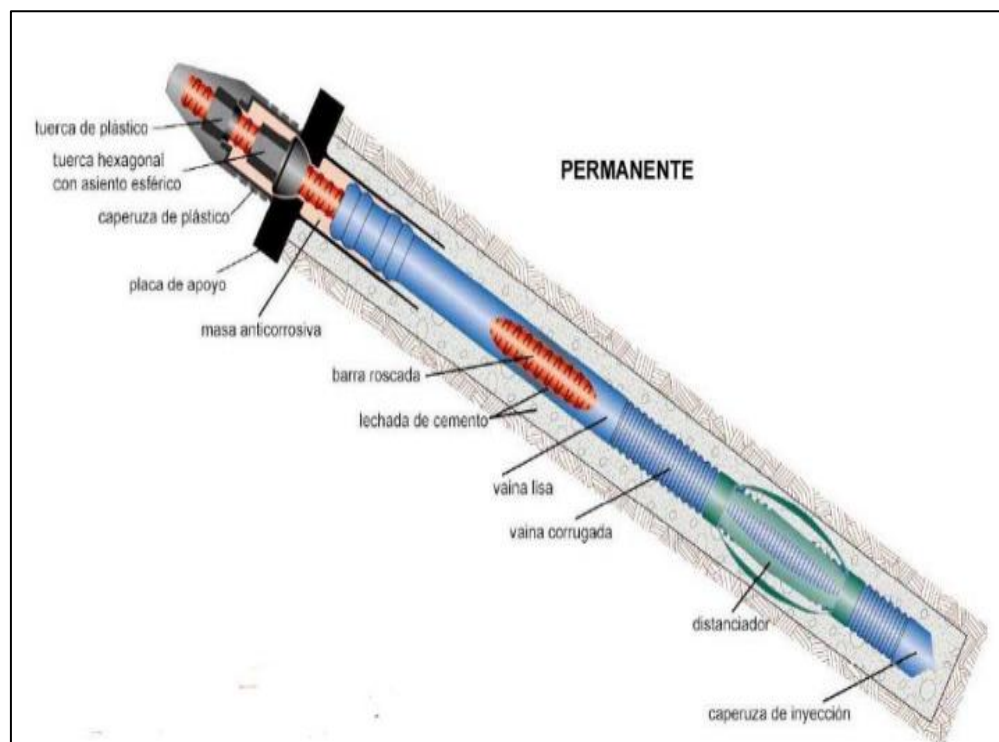


Nota. En la figura se observa el esquema de un tipo de Anclaje. Tomado de Falla y colapso de pantallas ancladas (Tiebacks), por Suárez, 2023, Erosión.

- **Los anclajes permanentes:** Erosión (2021) menciona que este tipo de ancla son resolutivos y están diseñados para resistir el riesgo de corrosión. Por lo tanto, está dimensionado

con un factor de seguridad más alto. De la misma manera Farias y Yanayaco (2020) menciona que están diseñados para durar, por lo que el factor de seguridad y la longitud del pistón son más largos que las fijaciones temporales. Vida útil de 18 meses o más.

Figura 18
Partes de un Anclaje Permanente



Nota. En la figura se observa el esquema de un tipo de Anclaje. Tomado de Falla y colapso de pantallas ancladas (Tiebacks), por Suárez, 2023, Erosión.

Las fallas en los anclajes

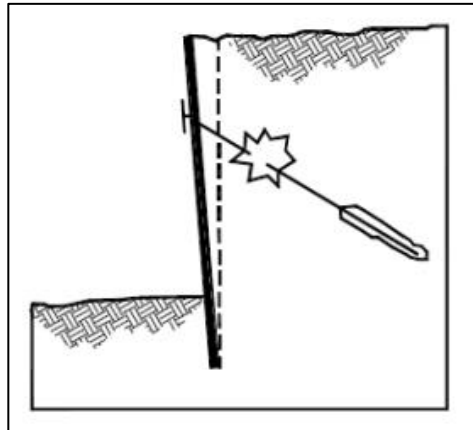
Una carga excesiva hará que el anclaje falle. Sobrecargas como pretensado, fuerzas sísmicas y energía hidroeléctrica. Esto afecta tendones, terrones y bulbos. Estos se pueden dividir en errores internos o externos. (Medel Barrera, 2020)

➤ Las Fallas Internas:

- **La falla a tensión del tendón:** El acero del tendón recibe estas tensiones cuando se aplican cargas de tracción. Se producirá una falla que hará que el tendón se rompa si esta carga aplicada supera su capacidad. (Medel Barrera, 2020)

Figura 19

Ilustración de una falla del anclaje en el tendón

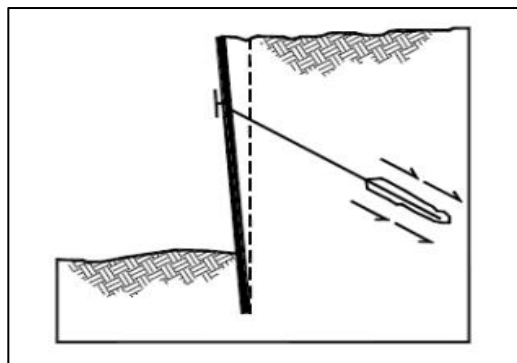


Nota. En la figura se observa la ilustración de una falla del anclaje en el tendón. Tomado de Estabilidad de taludes con sistema de anclaje, por Medel, 2020, Repositorio UNAM.

- **La falla de unión entre el bulbo y el suelo:** Existe una interfaz entre el bulbo y el suelo que depende de la presión, la fricción y la cohesión típicas. Por lo tanto, aumenta el diámetro o la longitud del bulbo para aumentar la resistencia entre él y la tierra, pero nada más que 9 o 12 no tiene este efecto.

Figura 20

Ilustración de una falla del anclaje en la unión de bulbo-suelo



Nota. En la figura se observa la ilustración de una falla del anclaje en el tendón. Tomado de Estabilidad de taludes con sistema de anclaje, por Medel, 2020, Repositorio UNAM.

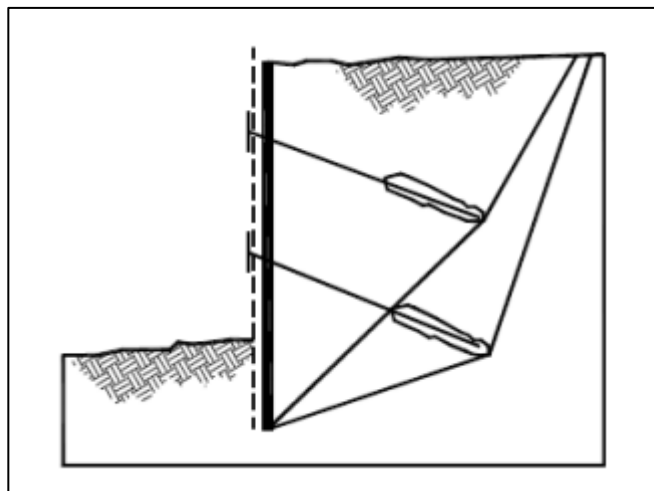
- **La falla de la masa del suelo:** Medel (2020) señala que el error o falla se debe a la capacidad de carga del suelo; el movimiento del suelo ocurre cuando la carga del pretensado supera la capacidad portante del talud.

➤ **Las Fallas Externas:**

- **Las fallas Traslacionales:** Medel (2020) afirma que es el resultado de movimientos de traslación y puede ser el resultado de capas débiles de suelo fino, como arcilla blanda, arena fina o limo, con poca resistencia y cerca de la superficie de la pendiente. La sobrecarga de la presa de talud también puede ser la causa.

Figura 21

Falla en los anclajes por de deslizamientos traslacionales en los taludes

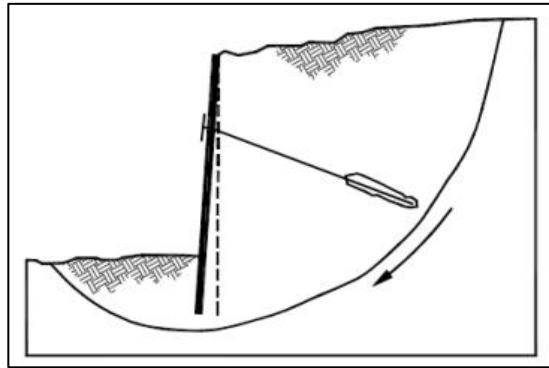


Nota. En la figura se observa la ilustración de una falla del anclaje en el tendón. Tomado de Estabilidad de taludes con sistema de anclaje, por Medel, 2020, Repositorio UNAM.

- **Las fallas Rotacionales:** Medel (2020) menciona que las perturbaciones o fallas rotacionales de los taludes son causadas por movimientos rápidos en forma de circunferencia, aunque esto puede variar según el tipo de suelo. Es crucial destacar que este tipo de falla es frecuente en suelos arcillosos homogéneos.

Figura 22

Falla en los anclajes por la rotación en los taludes

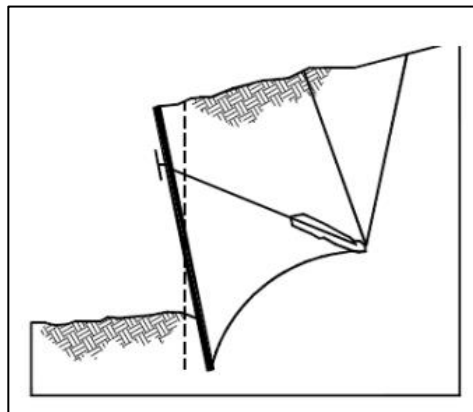


Nota. En la figura se observa la ilustración de una falla del anclaje en el tendón. Tomado de Estabilidad de taludes con sistema de anclaje, por Medel, 2020, Repositorio UNAM.

- **Las fallas por volcamientos:** Medel (2020) afirma que esta falla se debe al giro del elemento de retención alrededor de un punto en una profundidad específica.

Figura 23

Falla en los anclajes por la rotación en los taludes



Nota. En la figura se observa la ilustración de una falla del anclaje en el tendón. Tomado de Estabilidad de taludes con sistema de anclaje, por Medel, 2020, Repositorio UNAM.

Las aplicaciones de los anclajes: Como lo sostiene Medel (2020) tanto los suelos como las rocas son materiales naturales de varias formas, por lo que sus propiedades de ingeniería varían mucho de un lugar a otro.

Además, afirma que en el campo de la geología; el suelo es una capa de material suelto no consolidado entre la superficie y la roca sólida,

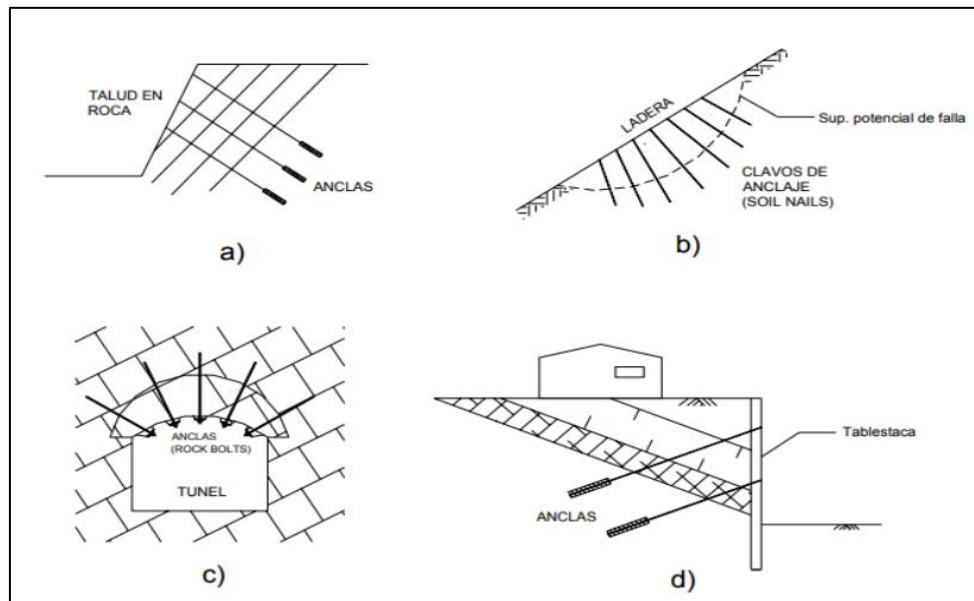
formada por la meteorización y la descomposición de la propia roca. (Suárez, J., 2023)

Por consiguiente, según esta definición, los sistemas de anclaje utilizados en suelos sedimentarios densos y bien cementados son similares a los sistemas de anclaje utilizados en roca blanda. Esto se debe a que el comportamiento mecánico es similar en ambos casos.

- **a)** A base de Medel (2020) menciona que las aplicaciones de los anclajes se pueden ver en obras donde es necesario conservar o estabilizar el suelo o alguna estructura. En la estabilización de taludes de suelos y rocas, se utiliza por falla plana o cuña, volcamiento de capas o propiedades geomecánicas de la roca, por lo que se refuerza con estos anclajes.
- **b)** Medel (2020) menciona que un talud con clavos de anclaje (Soil Nails) se utiliza generalmente para la estabilización temporal del talud en el caso de piedras trituradas o suelos residuales, para excavaciones semivertical en cortes de carreteras y estructuras temporales.
- **c)** Otra área de aplicación de los anclajes que menciona Medel (2020) son los pernos de roca, que se utilizan principalmente en la industria minera subterránea o de superficie. Para construcciones inestables, su costo es menor en comparación con otros métodos, su instalación es sencilla y se logra un sostenimiento efectivo.
- **d)** Finalmente Medel (2020) también que los pilotes metálicos o de hormigón armado anclados en el suelo se utilizan en estructuras de sótanos para soportar el paisaje circundante.

Figura 24

Las aplicaciones más comunes de los anclajes



Nota. En la figura se observa la ilustración de una falla del anclaje en el tendón. Tomado de Estabilidad de taludes con sistema de anclaje, por Medel, 2020, Repositorio UNAM.

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

Ángulo de fricción: Parámetro geotécnico que indica la resistencia al deslizamiento entre partículas del suelo. Es fundamental en la evaluación de la estabilidad de taludes. (Zuloaga, 2023)

Análisis de estabilidad: Proceso mediante el cual se evalúa el equilibrio de un talud frente a fuerzas internas y externas, utilizando métodos como el equilibrio límite. (Hong y Phoon, 2020).

Anclaje: Elementos estructurales insertados en el terreno que sirven para transferir fuerzas hacia zonas estables, mejorando la estabilidad del talud. (Pari, 2021).

Área de anclaje: Superficie efectiva del anclaje que entra en contacto con el terreno, y que influye en la capacidad de transmisión de carga. (Hong y Phoon, 2020).

Cohesión: Fuerza interna del suelo que mantiene unidas sus partículas. Contribuye directamente a la resistencia al corte. (Braja , 2022)

Equilibrio Limite: Método de análisis para evaluar la estabilidad de taludes, basado en el equilibrio entre las fuerzas actuantes y las resistencias del terreno. (Suárez, 2021)

Estabilidad de Talud: Capacidad de un talud para permanecer en equilibrio sin fallar. Se cuntifica mediante el factor de seguridad (FS). (Q-Ver, 2025).

Factor de Seguridad: Relación entre la resistencia disponible y la sollicitación. Un FS mayor a 1 indica condiciones estables. (Suárez, 2021)

Granulometría: Técnica de laboratorio que determina la distribución del tamaño de partículas del suelo, lo que influye en su comportamiento mecánico. (Civilizate, 2022)

Longitud del anclaje: Extensión lineal del anclaje introducido en el terreno. A mayor longitud, mayor capacidad de resistencia. (Pari, 2021).

Método de análisis: Técnica empleada para calcular el estado de equilibrio de un talud, como el método de Bishop o Janbu, incluido dentro del equilibrio límite. (Suárez, 2021)

Parámetros geotécnicos: Propiedades físicas y mecánicas del suelo (cohesión, ángulo de fricción, peso unitario) que influyen directamente en su comportamiento. (Zuloaga, 2023)

Peso unitario del suelo: Relación entre el peso del suelo y su volumen. Afecta la presión ejercida sobre la base del talud. (Braja , 2022)

Resistencia del anclaje: Capacidad del anclaje para soportar carga sin falla. Depende del material, el diseño y las condiciones del terreno. (Ángel, 2025).

Slide: Hace referencia a un programa de análisis geotécnico, como SLIDE, que facilita el cálculo de factores de seguridad y la evaluación de la estabilidad de taludes a través de técnicas de equilibrio límite (Rocscience.com, 2022).

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

Hi: La propuesta de colocación de anclajes tendrá un impacto favorable en el análisis de estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio límite, en el tramo comprendido entre el km 371 y el km 373 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, 2023.

Ho: La propuesta de colocación de anclajes no tendrá un impacto favorable en el análisis de estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio límite, en el tramo comprendido entre el km 371 y el km 373 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, 2023.

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECIFICAS

Hi: La propuesta de colocación de anclajes influye significativamente en la estimación de los ángulos de inclinación para la estabilización de los taludes, en el tramo comprendido entre el km 371 y el km 373 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, 2023.

Ho: La propuesta de colocación de anclajes no influye significativamente en la estimación de los ángulos de inclinación para la estabilización de los taludes, en el tramo comprendido entre el km 371 y el km 373 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, 2023.

Hi: La propuesta de colocación de anclajes mejora la elección y el posicionamiento adecuado de los anclajes en los taludes de corte, en el tramo comprendido entre el km 371 y el km 373 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, 2023.

Ho: La propuesta de colocación de anclajes no mejora la elección ni el posicionamiento adecuado de los anclajes en los taludes de corte, en el tramo comprendido entre el km 371 y el km 373 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, 2023.

Hi: La colocación de anclajes tiene un impacto favorable en los factores de seguridad de los taludes, en el tramo comprendido entre el km 371 y el km 373 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, 2023.

Ho: La colocación de anclajes no tiene un impacto favorable en los factores de seguridad de los taludes, en el tramo comprendido entre el km 371 y el km 373 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, 2023.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Análisis de estabilidad de talud

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Propuesta de colocación de anclajes

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

El sistema de variables-dimensiones e indicadores

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
V. independiente Propuesta de colocación de anclajes	Rogelio (2007) Es un componente estructural delgado que tiene como objetivo transferir la fuerza de tracción al suelo que lo rodea.	Los anclajes	Los anclajes permanentes	- La profundidad de los anclajes - La cantidad total de anclajes - El área de los anclajes - La resistencia de los anclajes	(m)	Cuantitativa	Razón
		operacionalizan en tres categorías según sus dimensiones:			(und)		
		anclajes activos,			(m2)		
		pasivos y mixtos y			(Kn)		
		cada una de las	Los anclajes activos	- La profundidad de los anclajes - La cantidad total de anclajes - El área de los anclajes - La resistencia de los anclajes	(m)		
		dimensiones se divide			(und)		
		en cuatro indicadores.			(m2)		

(Kn)						
V. dependientes	Es la capacidad de mantener el equilibrio necesario y duradero en un volumen de tierra se conoce como estabilidad de un talud (RNE 2016).	Las dimensiones de la estabilización de los parámetros geotécnicos y el factor de seguridad y cada una de las dimensiones se divide en tres y dos indicadores.	Propiedades del suelo	• El ángulo de rozamiento • La fuerza de cohesión • El peso unitario o densidad	(°) (Kn/m2) (Kn/m3)	Razón
Análisis de estabilidad de talud			Capacidad para resistir deslizamientos	• FS del talud sin anclajes • FS del talud con anclajes	Adimensional	Cuantitativa
						Intervalos

Nota. Se elaboro a partir de la operacionalización de variables de la investigación. Adaptado de Metodología de la investigación científica: guía práctica, por Vizcaíno y otros, 2023, Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

En relación al tipo de estudio de investigación es de tipo aplicada. Según Vizcaíno y otros, 2023 la investigación aplicada se centra en la creación de conocimiento con el objetivo de abordar cuestiones prácticas y mejorar situaciones o prácticas actuales. Este enfoque implica una estrecha colaboración entre los investigadores y los usuarios o beneficiarios de la investigación para lograr eficacia y aplicabilidad en el mundo real.

Por lo tanto, el tipo de investigación fue aplicada o también se conoce como tecnología, la cual consistió en analizar la estabilidad de un talud crítico a través de factores de seguridad, con aplicación del método limite, la cual brindara información sobre la probabilidad de colapso de los taludes.

3.1.1 ENFOQUE

En relación al enfoque es de carácter cuantitativo. Según Hadi y otros, 2023 señalan que la investigación cuantitativa implica el uso de técnicas estadísticas para analizar los datos recopilados y probar hipótesis. Entre estas técnicas se encuentran el análisis de regresión, el análisis de varianza y el análisis de coincidencias. El objetivo fundamental es brindar una comprensión cuantitativa precisa sobre los fenómenos estudiados y apoyar la toma de decisiones basada en evidencia.

Como se dijo antes, este proyecto fue de un enfoque cuantitativo; por ello con base en los estudios de propiedades del terreno (la topografía) y del suelo realizados, se cuantifico numéricamente su estabilidad con un factor de seguridad usando el método de equilibrio limite usando el software geotécnico Slide de Rocscience.

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

El nivel de investigación en este trabajo es de nivel correlacional. Según Vizcaíno y otros, 2023 explican que los estudios de correlación se

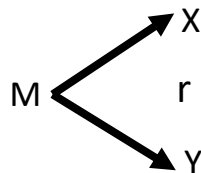
centran en analizar las relaciones entre variables que ya existen en un contexto determinado. Este enfoque nos ayuda a comprender cómo se comportan las variables y si existen relaciones importantes entre ellas. Sin embargo, no se puede determinar la causalidad.

Fue de un alcance correlacional debido a que se analizó la estabilidad de los taludes críticos, sin la influencia o incidencia de la colocación de los anclajes y luego con la influencia de las anclas, así relacionando causa y efecto de aumento de los factores de seguridad.

3.1.3 DISEÑO

En cuanto al diseño de investigación en este trabajo fue no experimental; ya que, según Hadi y otros, 2023 los estudios no experimentales se centran en recopilar y analizar datos en condiciones naturales sin manipulación ni intervención controlada. Este enfoque se utiliza en estudios descriptivos, estudios de correlación o estudios de casos, donde los investigadores intentan explicar, comprender y establecer relaciones entre variables sin alterar el entorno natural.

Esquema del diseño de la Investigación



Donde:

M: La muestra

X: La colocación de anclajes

Y: La estabilidad del talud

r: Relación entre X y Y

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

Se refiere al conjunto total de elementos, individuos o unidades que cumplen con ciertas características que permiten ser objeto de estudio en una investigación. (Hadi y otros, 2023)

La población de esta investigación estuvo conformada por todos los taludes ubicados entre el km 371 y el km 373 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, los cuales presentan características geotécnicas críticas debido a su pendiente pronunciada y la composición limo arcillosa del terreno.

3.2.2 MUESTRA

La muestra es un subgrupo representativo de la población, escogido para llevar a cabo la investigación por restricciones de tiempo, recursos o accesibilidad. Es necesario elegir una muestra que represente correctamente las características de la población, para que los resultados puedan ser generalizados de forma segura. (Vizcaíno Zúñiga y otros, 2023)

La muestra fue determinada mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, que consiste en la selección deliberada de unidades de estudio según criterios técnicos específicos, como representatividad, criticidad o accesibilidad. (Hernández González , 2021)

En este caso, se seleccionaron dos perfiles geotécnicamente representativos del tramo, en función de su alta vulnerabilidad a procesos de inestabilidad, presencia de evidencias visuales de fallas y geometría similar al resto de los taludes del tramo comprendido entre el km 371 y el km 373. Esta técnica de muestreo es válida en investigaciones aplicadas donde se busca obtener información relevante de los casos más significativos. (Hadi y otros, 2023)

El diseño de investigación fue de tipo transversal, dado que el análisis se realizó en un único momento en el tiempo, sin realizar seguimiento longitudinal ni mediciones sucesivas. Según Elio y otros, (2021), este tipo de diseño es adecuado en estudios descriptivos o explicativos que se desarrollan en una sola etapa, como en este caso, donde se aplicó una simulación geotécnica estática mediante modelación computacional.

Con el objetivo de validar la confiabilidad de los modelos elaborados en el software SLIDE, se realizó un análisis de sensibilidad geotécnica.

Este consistió en aplicar variaciones del $\pm 10\%$ sobre los valores base de los tres parámetros más influyentes: cohesión (c), ángulo de fricción interna (ϕ) y peso específico (γ), todos obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras de suelo recolectadas en campo. El análisis se aplicó sobre los modelos con intervención, es decir, con anclajes instalados, para comprobar la robustez del diseño propuesto ante posibles fluctuaciones de las propiedades del terreno.

Tabla 2

Análisis de sensibilidad geotécnica – Sección 01 con anclajes a 35°

Variación aplicada	Cohesión (kPa)	Fricción interna ($^\circ$)	Peso específico (kN/m ³)	FS con anclajes
-10 %	14.69	22.3	16	1.68
Valor base	16.32	24.8	17.8	1.759
+10 %	17.95	27.3	19.58	1.84

Nota. Datos obtenidos en SLIDE para el modelo con intervención de la Sección 01 (km 371+100), con parámetros derivados de laboratorio.

Tabla 3

Análisis de sensibilidad geotécnica – Sección 02 con anclajes a 40°

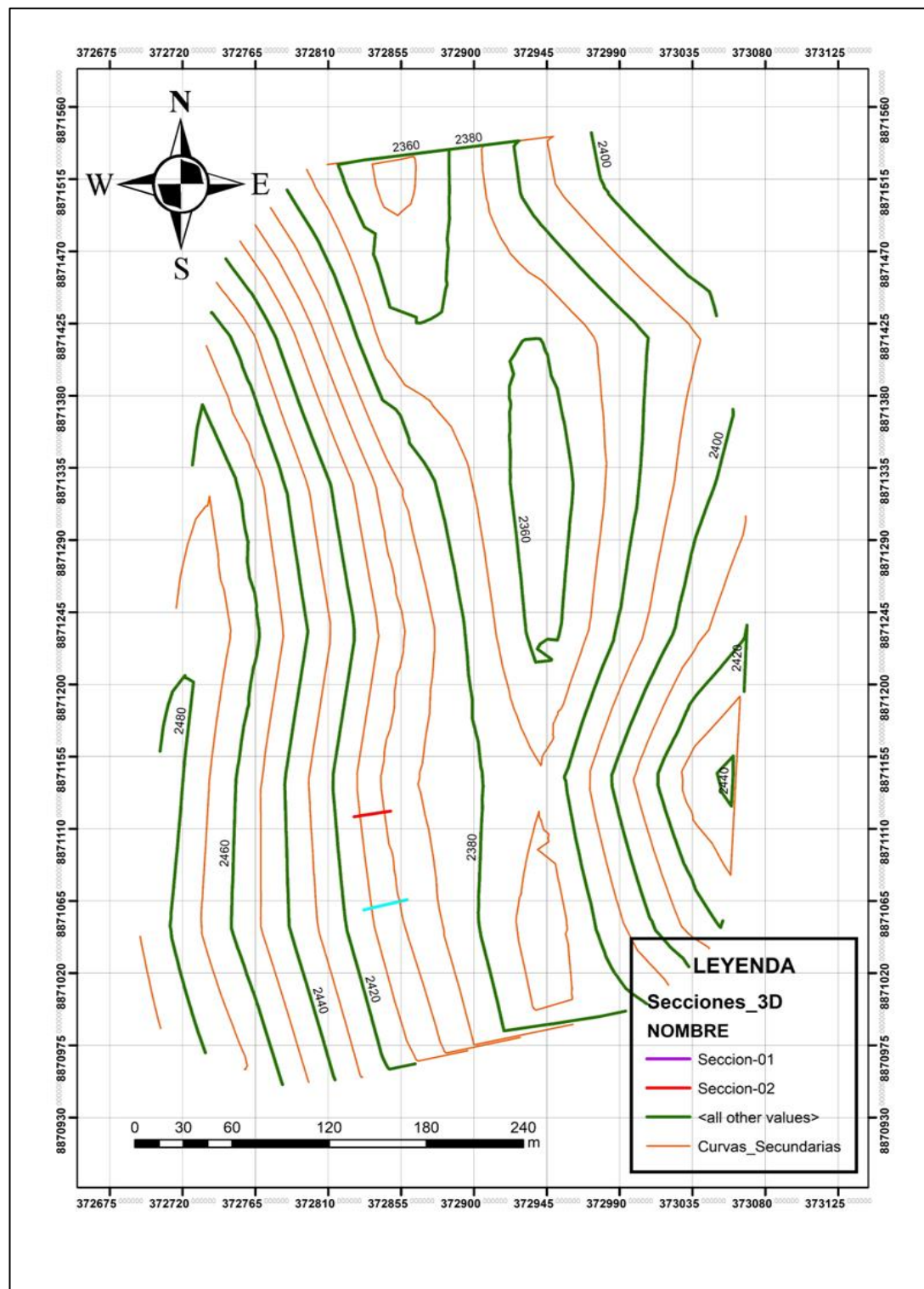
Variación aplicada	Cohesión (kPa)	Fricción interna ($^\circ$)	Peso específico (kN/m ³)	FS con anclajes
-10 %	14.9	22.5	16.29	1.72
Valor base	16.56	25.03	18.1	1.823
+10 %	18.22	27.53	19.91	1.89

Nota. Resultados del modelo con anclajes en la Sección 02 (km 372+300), simulados en el software SLIDE con parámetros de campo.

Los resultados obtenidos en ambas secciones muestran que, incluso en los escenarios menos favorables simulados, los factores de seguridad (FS) se mantuvieron por encima del valor mínimo aceptado por normativa ($FS \geq 1.5$), aun cuando los parámetros geotécnicos fueron modificados en un rango de $\pm 10\%$ respecto a sus valores originales. El análisis de sensibilidad se enfocó en tres propiedades clave del suelo: cohesión, ángulo de fricción interna y peso específico, todos obtenidos mediante ensayos de laboratorio. Las simulaciones demostraron que, aunque el FS varía en función de estas propiedades, los resultados no se ven afectados de manera significativa dentro de este rango de incertidumbre técnica.

Este comportamiento evidencia que la propuesta de colocación de anclajes es robusta y confiable, y que los modelos geotécnicos desarrollados son estables ante posibles fluctuaciones naturales del terreno, lo cual respalda no solo la validez del diseño, sino también la representatividad técnica de la muestra seleccionada para el tramo en estudio.

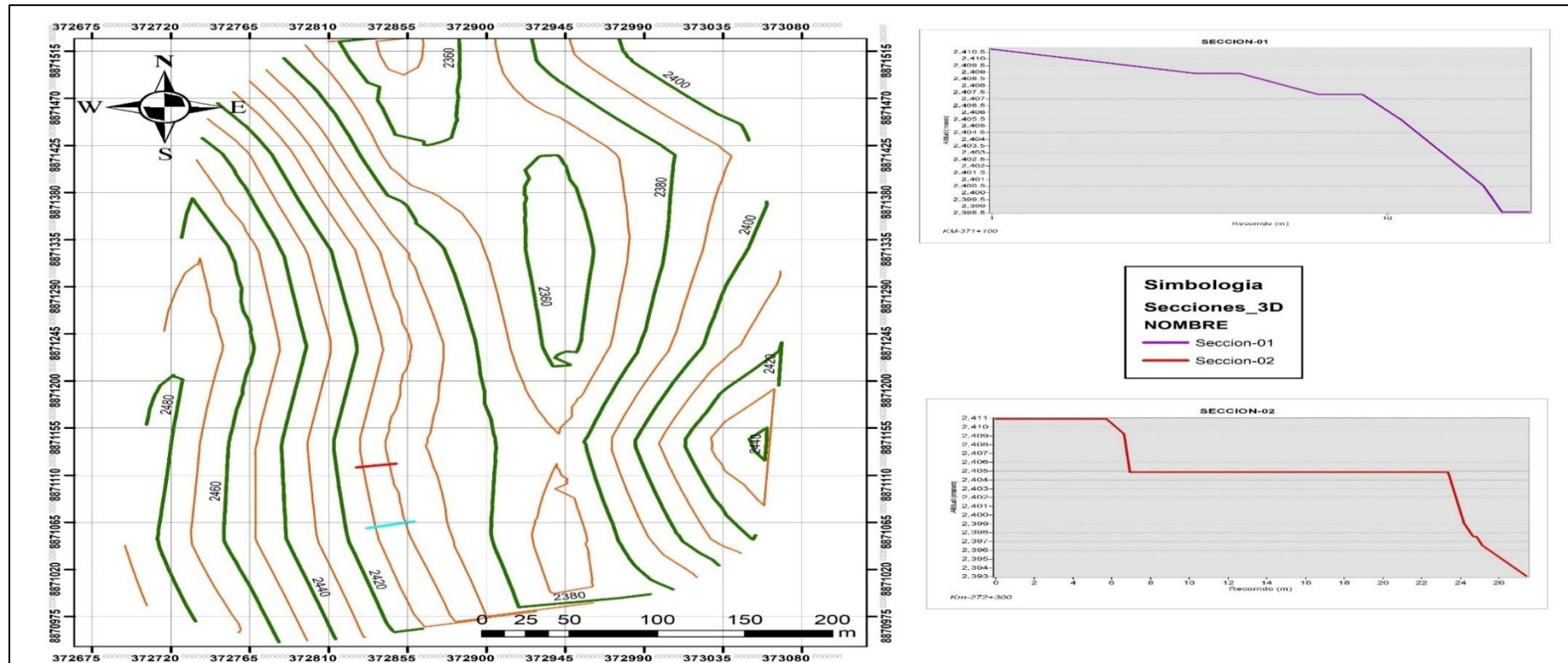
Figura 25
Topografía del área de estudio



Nota. Levantamiento topográfico del tramo km 371 al km 373 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.

Figura 26

Perfil de las secciones de los km 371+100 (Seccio01) y 372+300 (Seccion02)



Nota. Levantamiento topográfico del tramo km 371 al km 373 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas:

En esta investigación se aplicó la técnica de observación directa estructurada, con enfoque técnico, durante el trabajo de campo para el levantamiento topográfico del tramo comprendido entre el kilómetro 371 y el kilómetro 373 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco. Este levantamiento permitió obtener la geometría real de los taludes, incluyendo las pendientes, alturas y formas del terreno, que fueron fundamentales para definir los perfiles a analizar.

De manera complementaria, se realizaron dos calicatas (C-01 y C-02) en los puntos críticos del tramo. Las muestras obtenidas fueron sometidas a ensayos de laboratorio geotécnico, como:

- Análisis granulométrico
- Límites de Atterberg (líquido y plástico)
- Densidad húmeda y seca
- Ensayo de corte directo

Los instrumentos: Los instrumentos utilizados incluyeron una estación total, empleada para el levantamiento topográfico de los perfiles del terreno, así como formatos estandarizados para el registro de calicatas y plantillas de procesamiento de resultados de laboratorio geotécnico. Para la sistematización y análisis preliminar de datos, se utilizó software de hoja de cálculo (Microsoft Excel). Con esta información organizada, se determinaron los parámetros geotécnicos esenciales requeridos para la modelación computacional: cohesión (c), ángulo de fricción interna (ϕ) y peso específico del suelo (γ), los cuales fueron posteriormente introducidos en el software SLIDE para el análisis de estabilidad.

3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

La presentación de los datos se realizó de forma ordenada y sistemática mediante el uso de cuadros, tablas y gráficos, elaborados con el software Microsoft Excel y posteriormente formateados bajo las normas APA (7.^a edición) según el reglamento institucional de la UDH.

Se emplearon tablas comparativas para mostrar los resultados obtenidos en laboratorio (cohesión, fricción interna, peso específico) y para presentar los factores de seguridad (FS) obtenidos en las simulaciones realizadas con y sin intervención (anclajes). También se elaboraron tablas de análisis de sensibilidad, donde se aplicaron variaciones porcentuales en los parámetros del suelo para observar su impacto en el FS.

Asimismo, se utilizaron gráficos de barras y columnas para comparar visualmente los factores de seguridad en los diferentes escenarios, lo cual facilitó la comprensión del comportamiento geotécnico de los taludes bajo estudio. Estas representaciones visuales permitieron identificar claramente las mejoras obtenidas con la propuesta de intervención y fueron fundamentales para el análisis posterior.

3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

El análisis e interpretación de los datos se llevó a cabo en varias etapas, conforme al enfoque cuantitativo de la investigación:

- Procesamiento de datos de campo y laboratorio: Se sistematizaron los resultados de los ensayos de corte directo, granulometría y límites de Atterberg. A partir de ellos se determinaron los parámetros geotécnicos del suelo, los cuales fueron introducidos como variables de entrada en el software SLIDE.
- Simulación computacional: Se realizaron simulaciones de estabilidad de taludes sin intervención y con la propuesta de anclajes. Estas simulaciones se basaron en el método de equilibrio límite (Bishop Simplificado), y permitieron obtener los factores de seguridad en ambos casos.

- **Análisis comparativo:** Se compararon los resultados sin y con intervención para cada sección (Sección 01 y Sección 02), observando el incremento significativo de los FS tras la colocación de los anclajes, lo cual evidenció la efectividad de la propuesta.
- **Análisis de sensibilidad:** Se aplicó una variación de $\pm 10\%$ a los parámetros geotécnicos (cohesión, fricción interna y peso específico) para evaluar la robustez del diseño. Los resultados mostraron que los FS se mantuvieron por encima del valor mínimo requerido ($FS \geq 1.5$), lo que validó la confiabilidad del modelo propuesto.
- **Interpretación final:** A partir de los resultados numéricos y gráficos obtenidos, se interpretó el impacto positivo de la intervención, relacionándolo con los objetivos y la hipótesis de la investigación. Se evidenció que la propuesta de colocación de anclajes incrementó de forma significativa la estabilidad de los taludes, contribuyendo a la reducción del riesgo geotécnico en el tramo analizado.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

En esta investigación se desarrolló las curvas topográficas del levantamiento topográfico en el programa ArcGIS para determinar los contornos y las secciones transversales para análisis en los Km 371+100 y Km 372 + 300 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco, la cual tiene una calzada de 7.20m con 2 carriles.

Tabla 4
Coordenadas UTM de los taludes de estudio

Puntos	utm_este	utm_norte	altitud (m)
1	372925.3	8871017.4	2376.7
2	372921.9	8871032	2374.1
3	372908.5	8871053.1	2372.4
4	372899.4	8871072.3	2370.5
5	372895.7	8871080.4	2369
6	372890.2	8871098.4	2369.9
7	372887.3	8871119.4	2371.4
8	372881.2	8871146.1	2375.7
9	372884	8871163.6	2372.8
10	372892.4	8871161.7	2368.6
11	372891.6	8871151.6	2369.5
12	372893.7	8871130	2368.5
13	372896.5	8871109.5	2366.7
14	372903.8	8871092	2365.6
15	372904.2	8871083.4	2366.6
16	372907.3	8871068.7	2369
17	372914.6	8871052.5	2369.9
18	372925.4	8871036.7	2371
19	372929.9	8871020.6	2373.1
20	372937.3	8871020.8	2368.7
21	372934.9	8871028.9	2368.5
22	372926.8	8871041.9	2368.9
23	372920.2	8871059.1	2367.2
24	372913.6	8871072	2366.4
25	372908.4	8871086.6	2365
26	372903.8	8871101.1	2364.5

27	372901.3	8871116.9	2364.5
28	372899.7	8871137.1	2365.5
29	372897.7	8871152.2	2366.2
30	372899.2	8871158.9	2365.2
31	372905.2	8871156.4	2362.1
32	372908.4	8871139.6	2360.6
33	372908.4	8871139.3	2360.6
34	372907	8871119.5	2361.7
35	372912.1	8871096.6	2362
36	372913.4	8871087.9	2363.3
37	372921.4	8871073.8	2364.4
38	372921.6	8871073.6	2364.4
39	372923.3	8871072.3	2364.2
40	372926.9	8871060.7	2365.2
41	372932.4	8871047.6	2365.7
42	372939.9	8871031.5	2365.6
43	372942.7	8871023.5	2365.2

Nota. El levantamiento topográfico muestra las coordenadas este, norte y altitud.

Tabla 5
Coordenadas del Km 371+100

Punto X	Punto Y
26.282	0.287
26.282	2.119
19.482	2.119
18.305	4.852
17.002	6.954
15.362	9.056
12.629	10.065
10.232	11.411
7.83	11.954
6.372	11.954
5.145	12.606
5.145	0.287
26.282	0.287

Nota. Se registran las coordenadas de los ejes "X" e "Y" para su inclusión en el programa Slide, lo que permite una modelación precisa del talud.

Tabla 6
Coordenadas del Km 372+300

Punto X	Punto Y
27.435	0.059
27.435	1.269

24.454	1.269
23.257	1.574
22.518	3.141
22.017	3.75
18.797	6.405
14.88	6.884
13.544	7.197
12.029	8.337
12.029	0.059
27.435	0.059

Nota. Se registran las coordenadas de los ejes "X" e "Y" para su inclusión en el programa Slide, lo que permite una modelación precisa del talud.

Condiciones de los taludes en estudio

Figura 27

Sección transversal del Talud 1 (km 371+100)

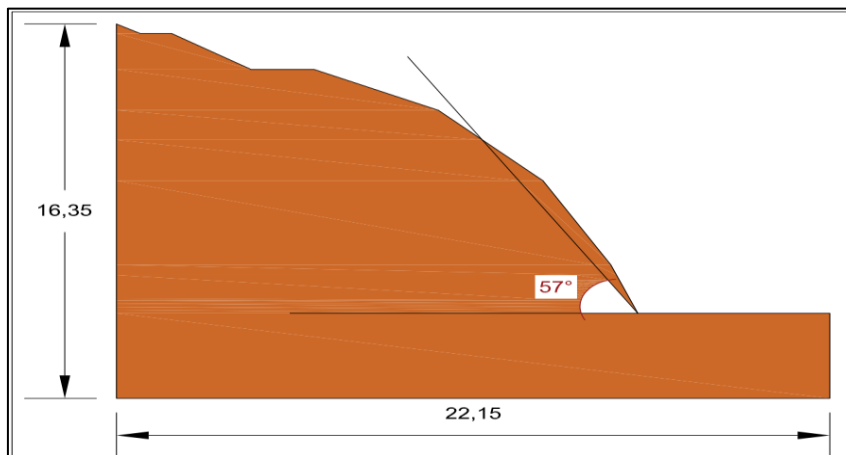
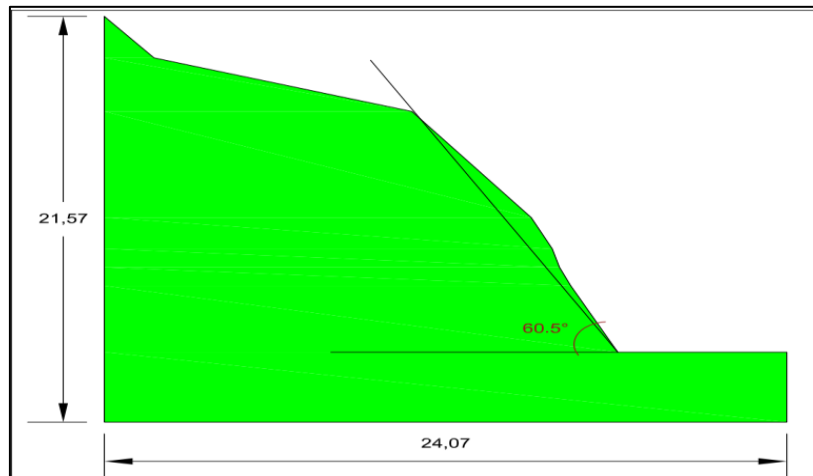


Figura 28

Sección transversal del Talud 2 (km 372+300)



Interpretación:

En las figuras 27 y 28, con respecto a la geometría de las dos secciones se obtuvo de las curvas topográficas, las cuales para la sección-01 le corresponde una altura de 16.35m y una longitud de 22.15m, de igual manera para la sección-02; con altura de 21.57m y longitud de 24.07m aproximadamente.

Tabla 7

Ángulos promedios de los taludes 1 y 2

Progresiva	Angulo de los taludes		Ang. promedio
	AutoCAD	Eclímetro	
Km 371+100	57°	57.20°	57.10°
Km 372+300	60.5°	60.80°	60.65°

Nota. Los ángulos promedios aproximados de los taludes de la sección-01 y sección-02 son de 57.10° y 60.65°, las cuales fueron calculados con el programa AutoCAD y con el instrumento eclímetro.

Parámetros geotécnicos de los taludes en estudio

Es importante mencionar las características geotécnicas de los suelos en los taludes de sección 01 y 02 que se usaran para la aplicación de análisis en el programa Slide.

Tabla 8
Clasificación SUCS para los taludes 1 y 2

Parámetro	C-01	C-02
Clasific. SUCS	MC	MC
Descripción	suelo limo arcilloso	suelo limo arcilloso

Nota. De acuerdo con la C-1 y C-2 el suelo es característicos de un suelo limo arcilloso (MC) según la clasificación SUCS, como se muestra en el Anexo 4.

Tabla 9
Propiedades del suelo para los taludes 1 y 2

Parámetro	km 371+100	km 372+300
Geotécnicos	Programa	Programa
Angulo de fricc. Interna	24.8°	25.03°
Peso Unitario	17.80 kN/m3	18.10 kN/m3
Cohesión	16.32 kN/m2	16.56 kN/m2

Nota. Se muestra los parámetros del suelo para introducir al programa Slide, como se muestra en el Anexo 4.

Figura 29
Características geotécnicas del Talud 1 (km 371+100)

Define Material Properties

Suelo del Km 271+100

Name: Suelo del Km 271+100 Colour: Hatch:

Unit Weight: 17.8 kN/m3 ☐ Saturated U.W. 20 kN/m3

Strength Type: Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters

Cohesion: 16.32 kN/m2 Phi: 24.8 degrees

Water Parameters

Water Surface: None Ru Value: 0

Copy To... ☐ Show only properties used in model OK Cancel

Figura 30

Características geotécnicas del Talud 2 (km 372+300)

The screenshot shows a software window titled "Define Material Properties" with a list of materials on the left and a detailed property editor on the right. The selected material is "Suelo del Km 272+300".

Material List (Left):

- Suelo del Km 272+300 (Green)
- Material 2 (Light Green)
- Material 3 (Orange)
- Material 4 (Yellow)
- Material 5 (Pink)
- Material 6 (Light Blue)
- Material 7 (Pink)
- Material 8 (Light Blue)
- Material 9 (Light Green)
- Material 10 (Yellow)
- Material 11 (Red)
- Material 12 (Blue)
- Material 13 (Grey)
- Material 14 (Light Green)
- Material 15 (Light Blue)
- Material 16 (Light Green)
- Material 17 (Yellow)
- Material 18 (Red)
- Material 19 (Green)
- Material 20 (Yellow)

Material Properties (Right):

Suelo del Km 272+300

Name: Suelo del Km 272+300 Colour: Hatch:

Unit Weight: 18.1 kN/m³ ☐ Saturated U.W.: 20 kN/m³

Strength Type: Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters

Cohesion: 16.56 kN/m² Phi: 25.03 degrees

Water Parameters

Water Surface: None Ru Value: 0

Buttons: Copy To... ☐ Show only properties used in model OK Cancel

Factores de resistencia de las secciones 01 y 02 en sin anclajes

A base de los datos geotécnicos proporcionados y su complejidad de geometría, es conveniente realizar el estudio por el método Bishop Simplificado ya que son los más apropiados.

En muchos casos, dependiendo de la complejidad del talud y los detalles del diseño, es recomendable utilizar un factor de seguridad mínimo de al menos 1,5 ya que proporciona un margen de seguridad adicional para tener en cuenta las incertidumbres de los parámetros geotécnicos, las variaciones en las condiciones del sitio y otros factores que podrían afectar la estabilidad. Además, según la Norma CE020, un talud debe tener un coeficiente superior a 1.5 para que sea estable.

Figura 31

Coefficiente de resistencia bajo Bishop Simplificado del Km 371+100

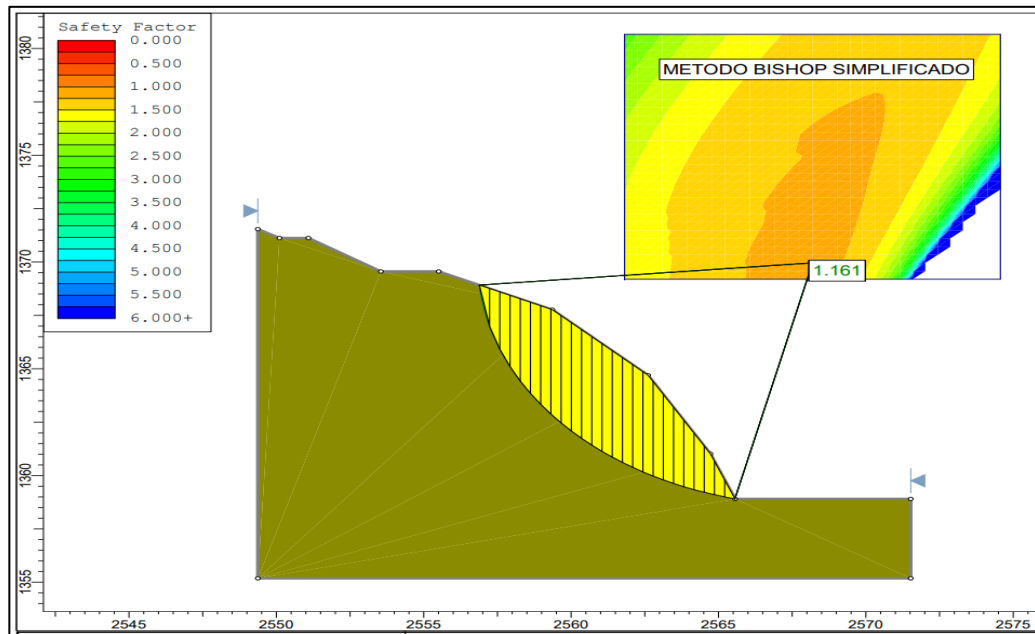
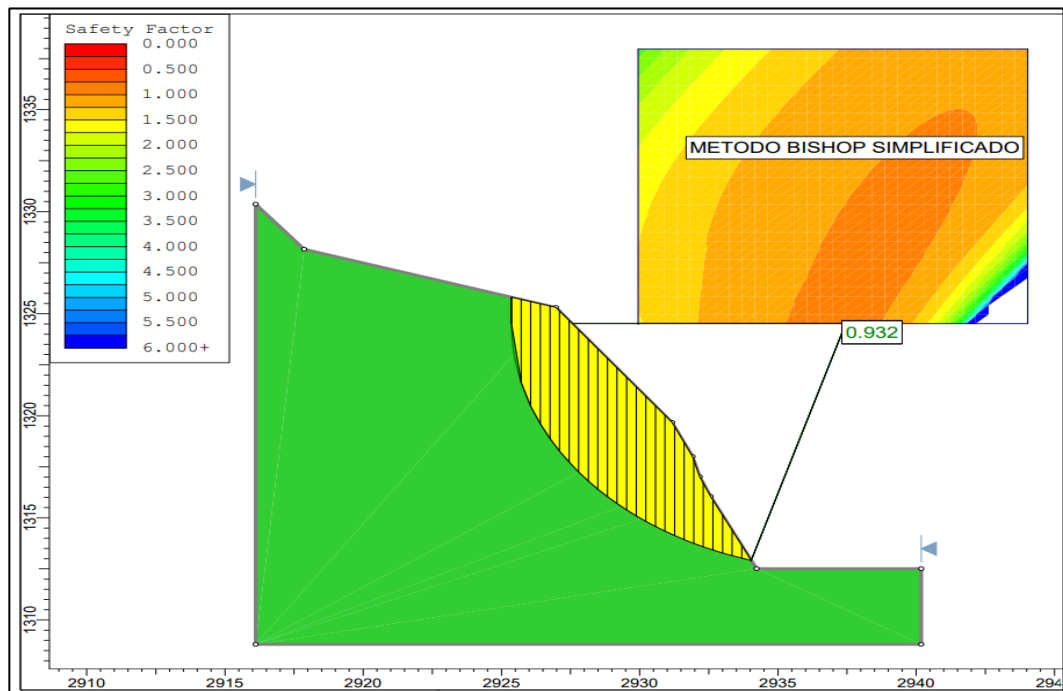


Figura 32

Coefficiente de resistencia bajo Bishop Simplificado del Km 372+300



Interpretación

En la figura 31 se obtiene el coeficiente de resistencia de la sección 1 (km 371 + 100) con el valor de 1.161, por Bishop Simplificado. De igual manera en la figura 32 respecto a la sección 2 (km 372 + 300) el coeficiente de 0.932 por el mismo método.

Tabla 10

Coefficientes de seguridad de la sección 1 y 2 obtenidos

Métodos	Taludes		CE020
	Seccion-01	Seccion-02	
Bishop Simplic.	1.161	0.932	1.5

Nota. Como se observa se puede asegurar que en base a lo que menciona o sugiere la Norma CE020, un talud debe tener un coeficiente superior a 1.5 para que sea estable, en todo caso vemos que los coeficientes de resistencia no superan el establecido.

Coeficientes de seguridad por corte y bermas

Antes de intentar estabilizar los taludes con anclajes, podemos calcular mediante cortes, ya que estos pueden ser una técnica útil para mejorar la estabilidad de laderas empinadas. En el caso de los dos taludes en estudio, se realizó un corte con una relación (H/W) de 1:1.

Figura 33

Coefficiente de resistencia con corte bajo Bishop Simplificado del Km 371+100

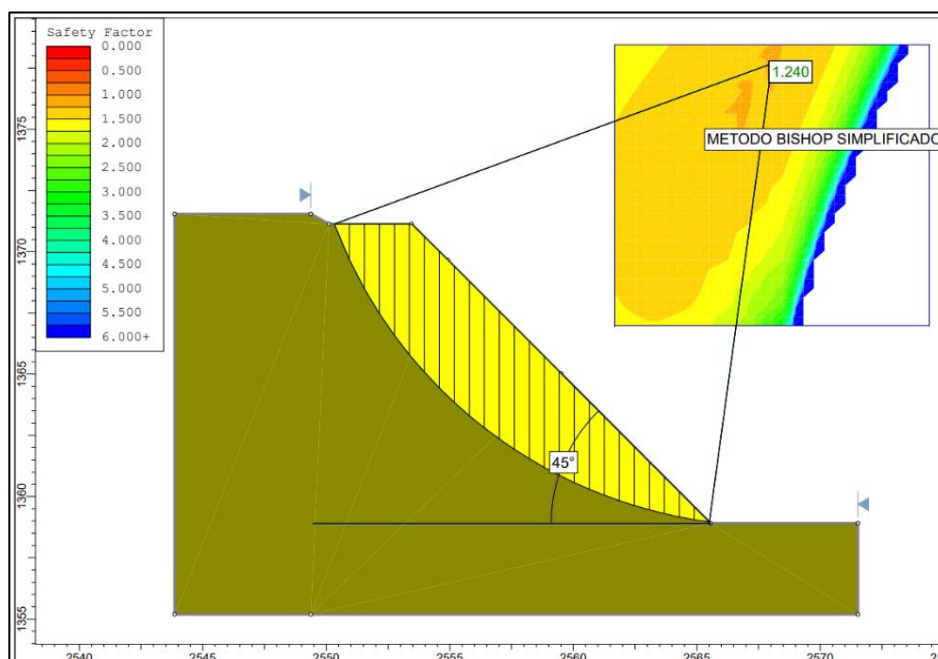
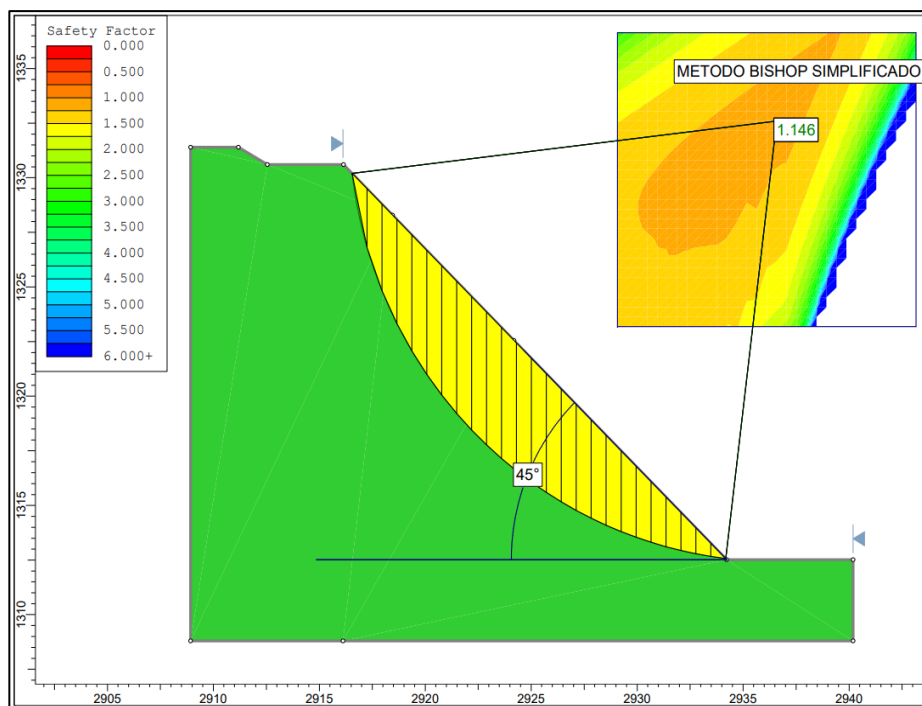


Figura 34

Coefficiente de resistencia con corte bajo Bishop Simplificado del Km 372+300



Interpretación

En la figura 33 se obtuvo el coeficiente de resistencia de la sección 1 (km 371 + 100) con valores de 1.240, por Bishop simplificado. De igual manera en la figura 34 respecto a la sección 2 (km 372 + 300) el coeficiente de 1.146 por el mismo método.

Tabla 11

Coeficientes de seguridad con corte de la sección 1 y 2 obtenidos

Métodos	Taludes		CE020
	Seccion-01	Seccion-02	
Bishop Simplic.	1.240	1.146	1.5

Nota. Como se observa se puede asegurar que en base a lo que menciona o sugiere la Norma CE020, un talud debe tener un coeficiente superior a 1.5 para que sea estable, en todo caso vemos que los coeficientes de resistencia no superan el establecido.

Ahora obtenemos los coeficientes de resistencia mediante cortes y bermas de 3.15m y 3.30m, para los taludes 1 y 2.

Figura 35

Coefficiente de resistencia con corte y berma bajo Bishop Simplificado del Km 371+100

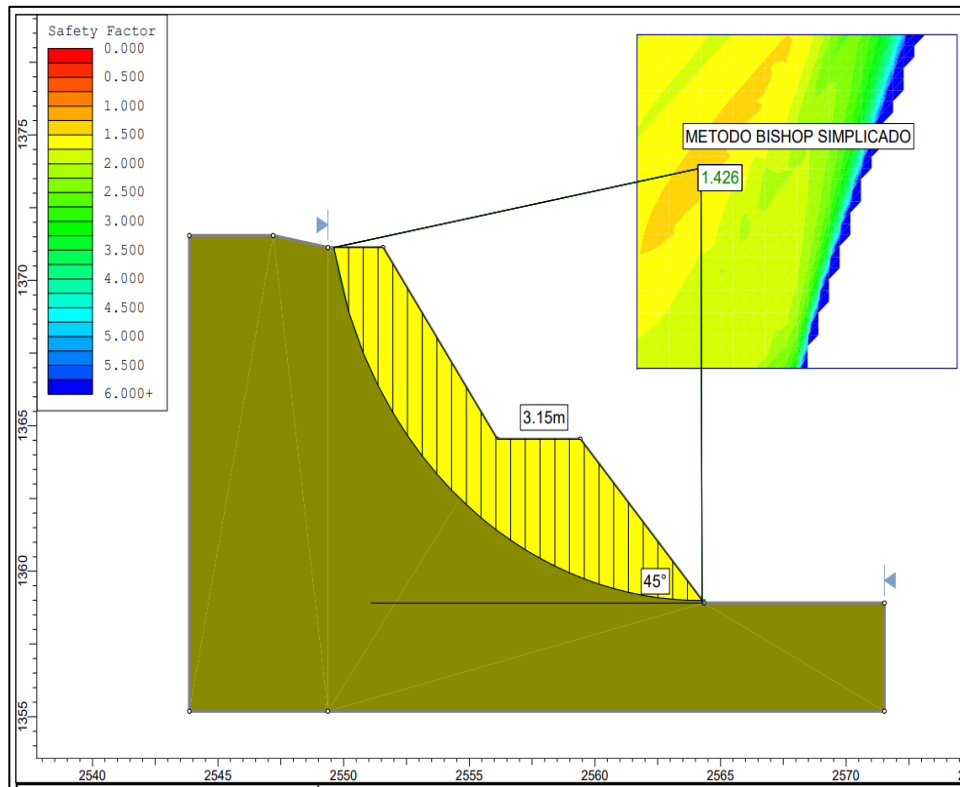
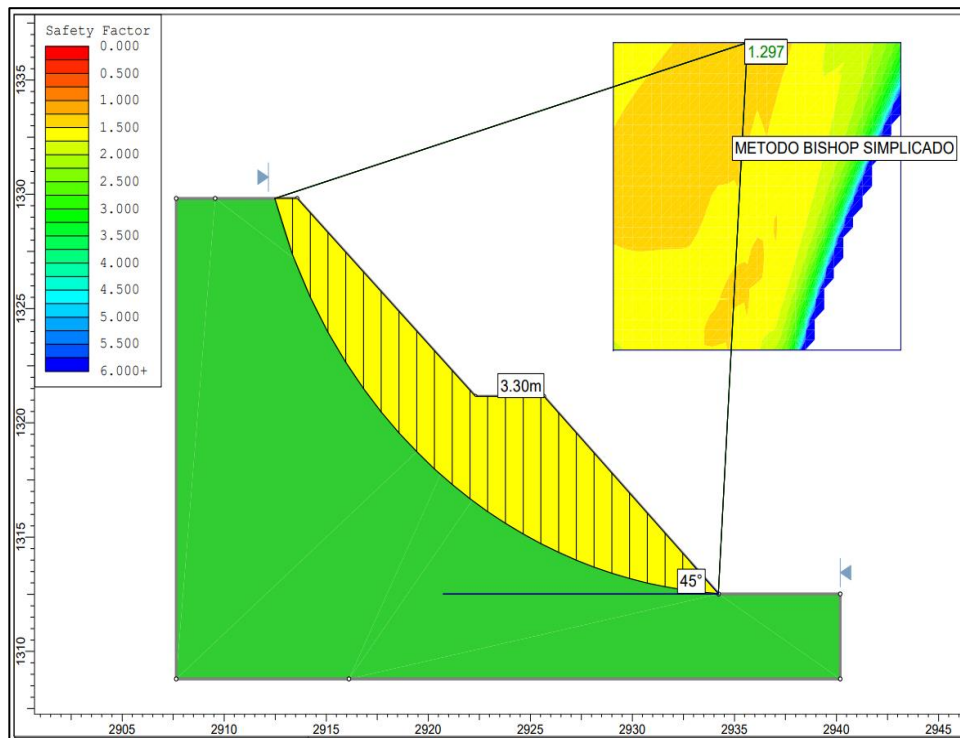


Figura 36

Coefficiente de resistencia con corte y berma bajo Bishop Simplificado del Km 372+300



Interpretación

En la figura 35 se obtuvo el coeficiente de resistencia de la sección 1 (km 371 + 100) con valores de 1.426, por Bishop simplificado. De igual manera en la figura 36 respecto a la sección 2 (km 372 + 300) el coeficiente de 1.297 por el mismo método.

Tabla 12

Coeficientes de seguridad con corte y berma de la sección 1 y 2 obtenidos

Métodos	Taludes		CE020
	Seccion-01	Seccion-02	
Bishop Simplic.	1.426	1.297	1.5

Nota. Como se observa se puede asegurar que en base a lo que menciona o sugiere la Norma CE020, un talud debe tener un coeficiente superior a 1.5 para que sea estable, en todo caso vemos que los coeficientes de resistencia no superan el establecido.

Factores de resistencia de las secciones 1 y 2 con anclajes

Figura 37

Definición de cargas y espaciamiento para el Km 371+100

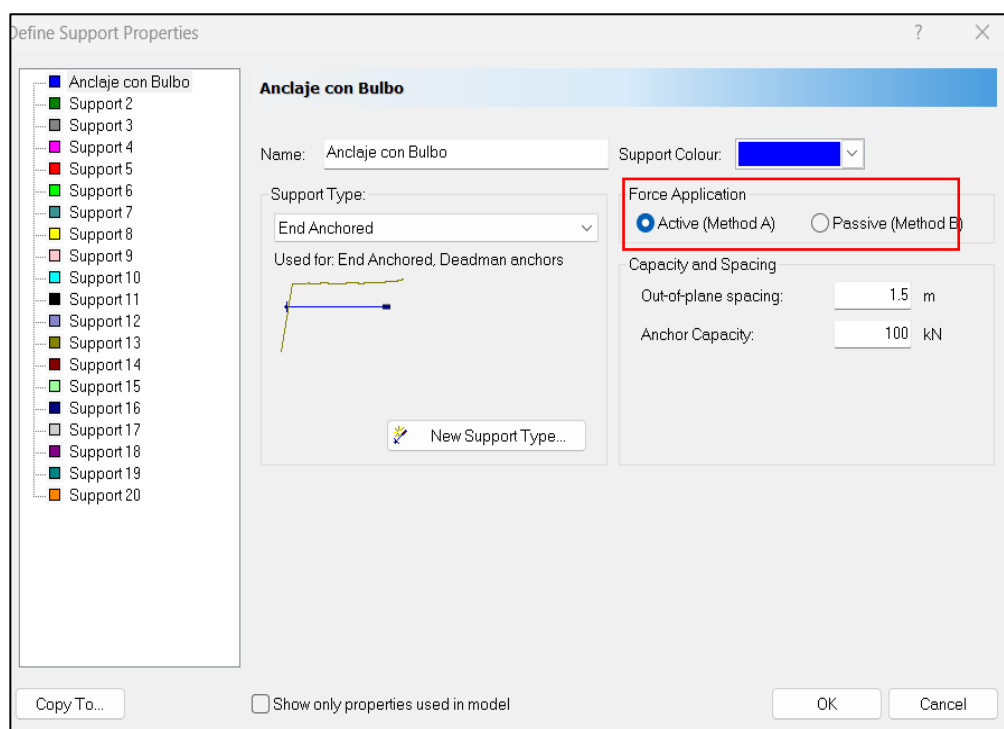
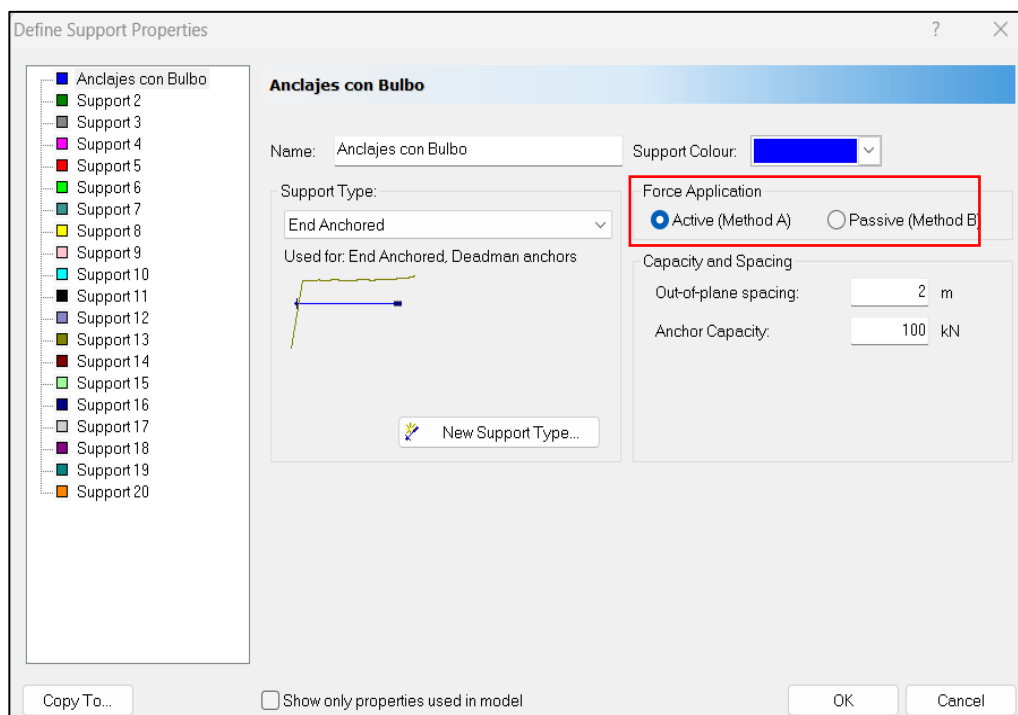


Figura 38

Definición de cargas y espaciamiento para el Km 372+300



Interpretación

En la figura 37 se define la carga nominal respecto al anclaje para la sección 1 (km 371 + 100) con valor de 100Kn como carga inicial, ya que después de escoger el factor de resistencia adecuada se itera la carga adecuada. De igual manera en la figura 38 respecto a la sección 2 (km 372 + 300) con la carga nominal. Respecto a los espaciamientos será de 1.5m y 2.0m respectivamente.

FS con diferentes ángulos de colocación en el talud

Tabla 13

Coeficientes de seguridad de la sección 1 y 2 obtenidos con diferentes ángulos

Angul. del anclaje	Taludes		CE020
	Seccion-01	Seccion-02	
40°	1.749	1.823	1.5
35°	1.759	1.759	1.5
30°	1.728	1.730	1.5
25°	1.705	1.665	1.5
20°	1.667	1.694	1.5
15°	1.646	1.720	1.5
10°	1.605	1.760	1.5

Nota. Como se observa se puede asegurar que en base a lo que menciona o sugiere la Norma CE020, un talud debe tener un coeficiente superior a 1.5 para que sea estable, en todo caso vemos que los coeficientes de resistencia si superan el establecido, pero aún se puede optimizar los factores en base de la carga nominal aplica.

Figura 39

Factor se resistencia mayor respecto al ángulo para el km 371 + 100

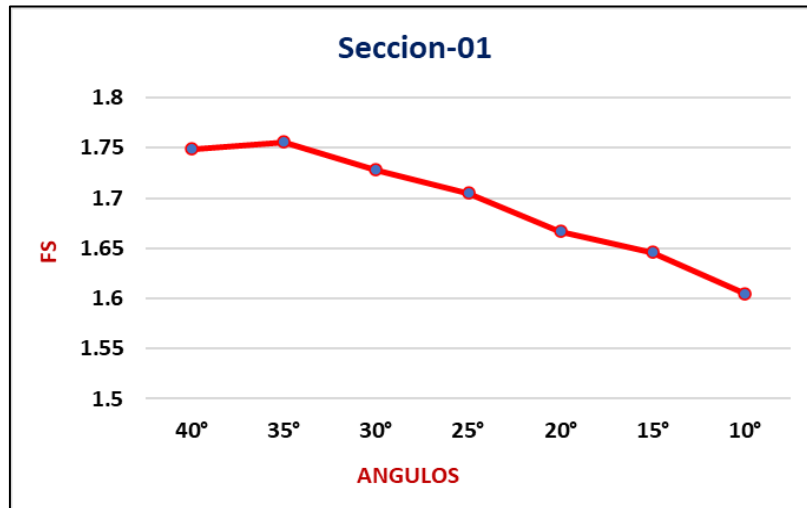
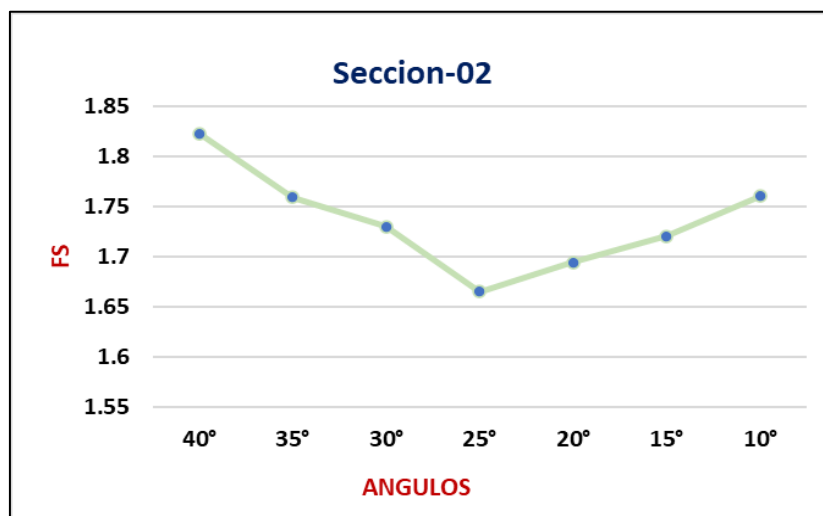


Figura 40

Factor se resistencia mayor respecto al ángulo para el km 372 + 300



Interpretación

En la figura 39 se puede notar que el coeficiente mayor la sección-01 es con el ángulo de 35°, ya que se obtiene un valor de 1.759 por medio del método Bishop Simplificado, de la misma manera en la figura 40, el valor mayor es con el ángulo de 40° con un valor de 1.823.

Figura 41
Anclajes con 35° en el Km 371+100

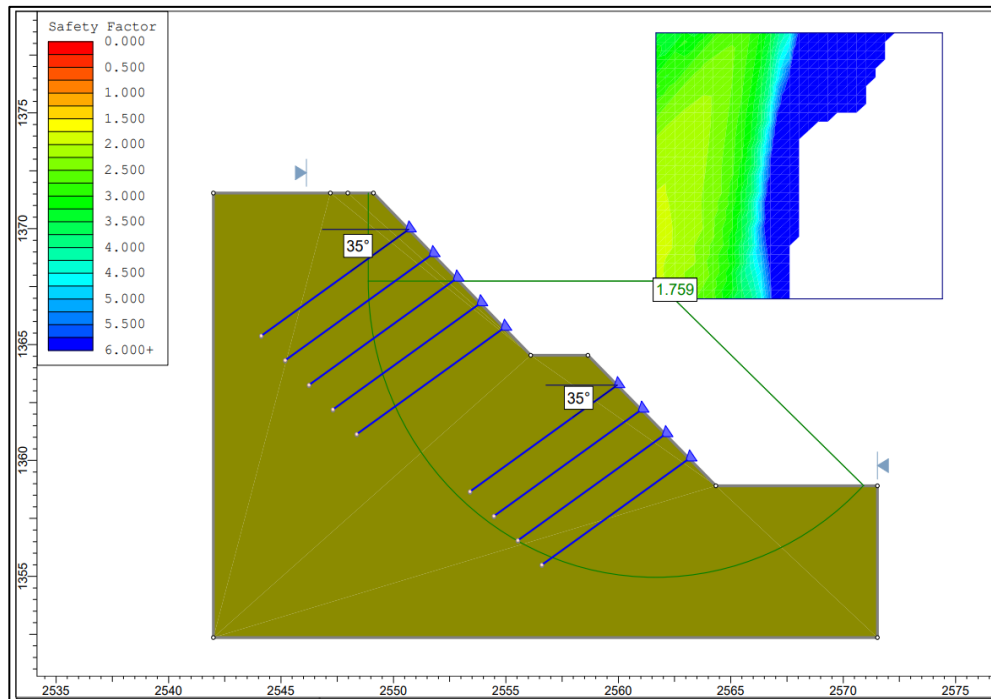
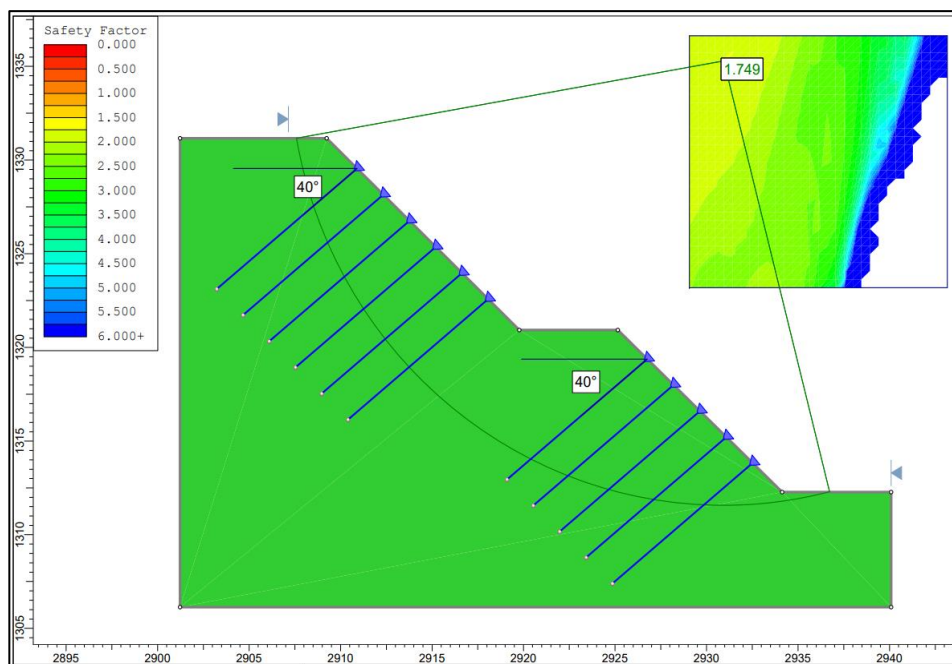


Figura 42
Anclajes con 40° en el Km 372+300



Interpretación

En la figura 41 se propuso el ángulo de colocación de 35° y una longitud de 8m en el talud de la sección 1 (km 371 + 100), la cual nos arroja el mayor valor de FS. De igual manera en la figura 42 se propuso el ángulo de colocación de 40° y una longitud de 10m en el talud de la sección 2 (km 372 + 300), la cual nos arroja el mayor valor de FS.

FS colocación de anclajes con diferentes cargas nominales

Tabla 14

Coefficientes de seguridad de la sección 1 y 2 obtenidos con diferentes ángulos

Carg. Nominal (KN)	Taludes	
	Seccion-01	Seccion-02
Angul. del anclaje	35°	40°
100	1.759	1.823
90	1.753	1.714
80	1.744	1.675
70	1.721	1.636
60	1.703	1.599
50	1.677	1.562
40	1.654	1.544
30	1.588	1.491
25	1.547	1.456

Nota. Como se observa se obtiene los factores de resistencia de la sección 1 y sección 2, con las diferentes cargas nominales que asignamos a los ángulos que mayor factor de seguridad no resultó, resultando para el km 371 + 100 un coeficiente de 1.588 con una carga de 30Kn y para el km 372 + 300 un coeficiente de 1.562 con la carga de 50kn.

Figura 43
Carga de 30Kn a los anclajes del km 371 + 100

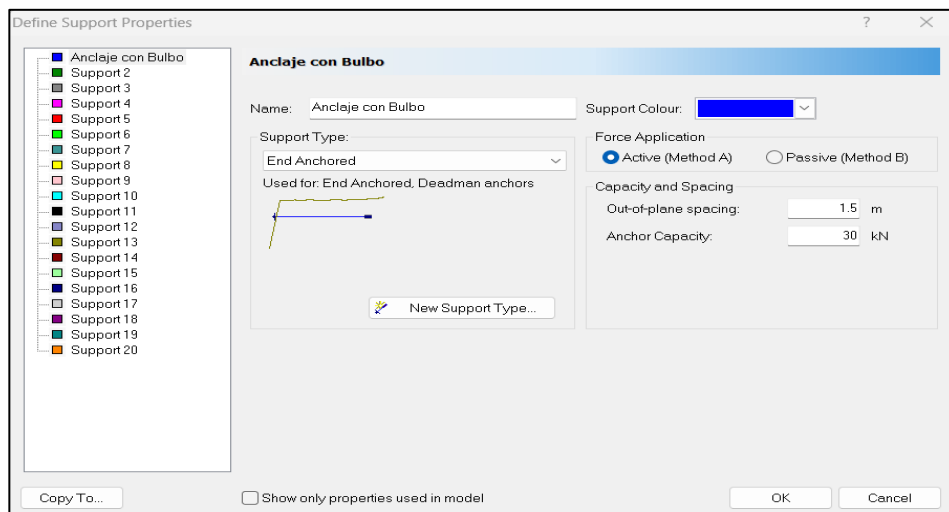
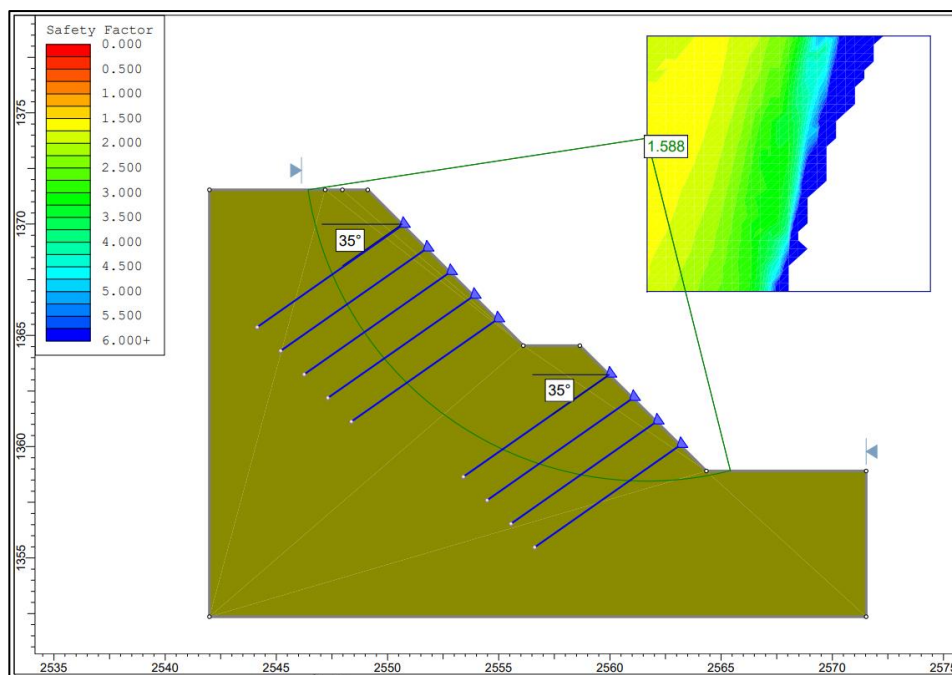


Figura 44
Factor se resistencia con la carga de 30 Kn para el km 371 + 100



Interpretación

En las figuras 43 y 44 se aplica la iteración de las cargas, la cual escogemos que la de 30kn es una carga suficiente para que el factor de resistencia se acerca hasta 1.5, resultando un valor de 1.588 con lo cual vamos a verificar si cumple con la exigencia para los deslizamientos y falla por arrancamiento.

Figura 45
Carga de 30Kn a los anclajes del km 372 + 300

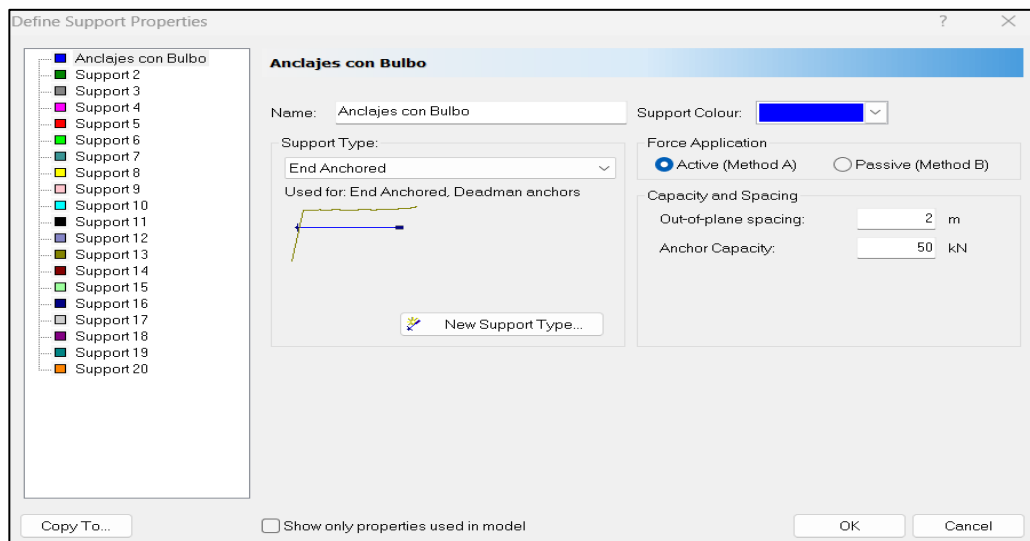
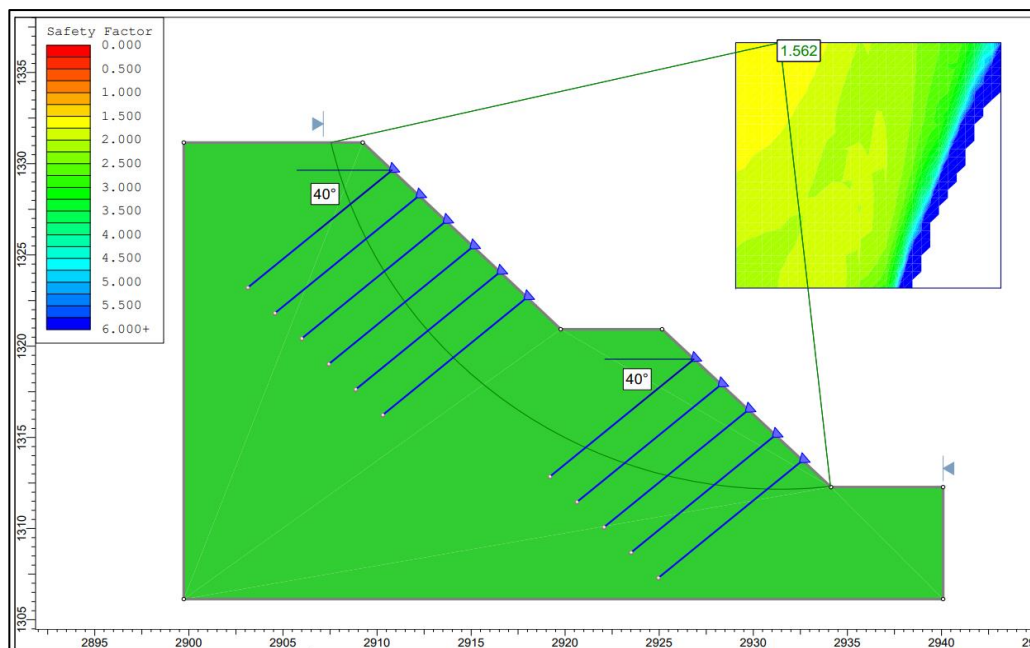


Figura 46
Factor se resistencia con la carga de 50 Kn para el km 372 + 300



Interpretación

En las figuras 45 y 46 se aplica la iteración de las cargas de igual forma, la cual se escoge la de 50kn, ya que es una carga suficiente para que el factor de resistencia se acerca hasta 1.5, resultando un valor de 1.562 con lo cual vamos a verificar si cumple con la exigencia para los deslizamientos y falla por arrancamiento.

Verificación de estabilidad de los anclajes

La verificación de anclaje para el talud de sección-01

Figura 47

Carga nominal. mayorada para el km 371 + 100

Paso 1: Cálculo de la carga nominal mayorada

$$P_{Nd} = F_1 \cdot P_N$$

P_{Nd} = Carga nominal mayorada
 F_1 = Coeficiente de mayoración (de acuerdo a la tabla 1.2)
 P_N = Carga nominal de anclaje

Datos:

F_1 : 1.5
 P_N : 30 Kn

P_{Nd} = 45 Kn

Coeficiente F_1 en función del tipo de anclaje

Tipo de anclaje	F_1
Permanente	1.5
Provisional	1.2

Permanente : dura mas de 2 años
 Provisional : dura menos de 2 años
 Fuente: Oteo (2001)

Vamos a diseñar cada uno de los anclajes considerando una carga de diseño de 45Kn

Figura 48

Cálculo de la tensión en el acero para el km 371 + 100

Paso 02: Verificación de la tensión en el acero

Límite de rotura:

$$\frac{P_{Nd}}{A_T} \leq \frac{f_{pk}}{F_p} \quad \frac{45}{A_T} \text{ Kn} \leq \frac{1050000}{1.3} \text{ Kpa} \quad \Rightarrow \quad A_T = 55.7 \text{ mm}^2$$

P_{Nd} = Carga nominal mayorada
 A_T = Area transversal del acero
 f_{pk} = Límite de rotura de acero
 F_p = Factor de seguridad

Límite elástico:

$$\frac{P_{Nd}}{A_T} \leq \frac{f_{yk}}{F_y} \quad \frac{45}{A_T} \text{ Kn} \leq \frac{850000}{1.15} \text{ Kpa} \quad \Rightarrow \quad A_T = 60.9 \text{ mm}^2$$

P_{Nd} = Carga nominal mayorada
 A_T = Area transversal del acero
 f_{yk} = Límite elástico del acero
 F_y = Límite de fluencia del acero

Coeficiente de F_p y F_y en función del tipo de anclaje

Tipo de anclaje	F_p	F_y
Permanente	1.3	1.15
Provisional	1.25	1.1

Fuente: Oteo (2001)

Figura 49

Cálculo del diámetro del acero para el km 371 + 100

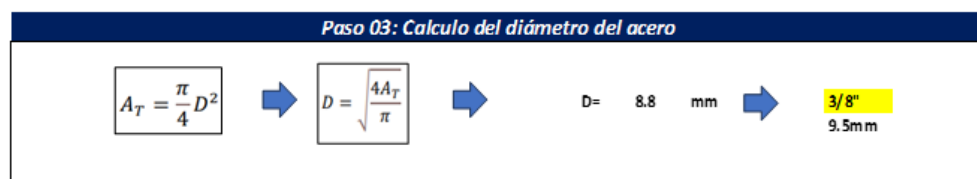


Figura 50

Verificación de deslizamiento acero-lechada para el km 371 + 100

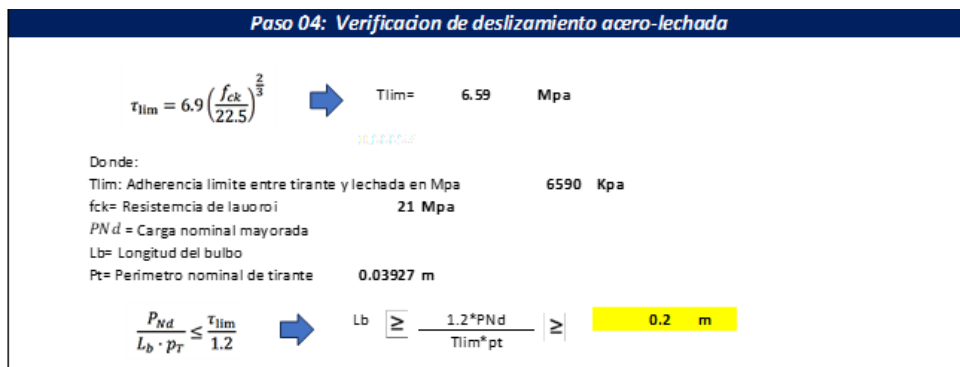
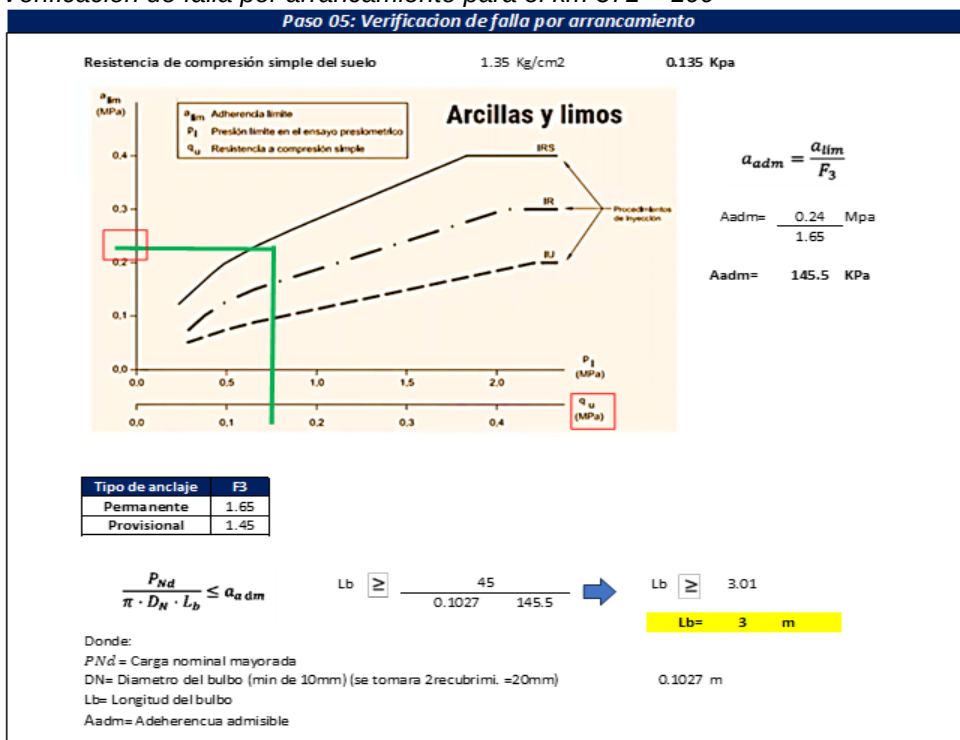


Figura 51

Verificación de falla por arrancamiento para el km 371 + 100



Interpretación

Las figuras 47, 48, 49, 50 y 51 se elaboró en un cálculo en el Excel para las verificaciones de los anclajes, por ello que para el talud de sección-0.1 es decir el km 371 + 100, se tiene un sistema de anclajes de separación de 1.5m tanto en la horizontal y vertical, con un ángulo de colocación de 35° respecto a la horizontal, con unas barras de acero cuyo diámetro es de 3/8", tiene un recubrimiento de 20mm en la lechada y tiene un bulbo de longitud de 3m.

La verificación de anclaje para el talud de sección-02

Figura 52

Carga nominal. mayorada para el km 372 + 300

Paso 1: Cálculo de la carga nominal mayorada

$$P_{Nd} = F_1 \cdot P_N$$

P_{Nd} = Carga nominal mayorada
 F_1 = Coeficiente de mayoración (de acuerdo a la tabla 1.2)
 P_N = Carga nominal de anclaje

Datos:

F_1 :	1.5
P_N :	50 Kn

$P_{Nd} = 75 \text{ Kn}$

Coeficiente F_1 en función del tipo de anclaje

Tipo de anclaje	F_1
Permanente	1.5
Provisional	1.2

Permanente : dura mas de 2 años
Provisional : dura menos de 2 años
Fuente: Oteo (2001)

Vamos a diseñar cada uno de los anclajes considerando una carga de diseño de 75Kn

Figura 53

Cálculo de la tensión en el acero para el km 372 + 300

Paso 02: Verificación de la tensión en el acero

Límite de rotura:

$$\frac{P_{Nd}}{A_T} \leq \frac{f_{pk}}{F_p} \quad \frac{75 \text{ Kn}}{A_T} \leq \frac{1050000 \text{ Kpa}}{1.3} \quad \Rightarrow \quad A_T = 92.9 \text{ mm}^2$$

P_{Nd} = Carga nominal mayorada
 A_T = Área transversal del acero
 f_{pk} = Límite de rotura de acero
 F_p = Factor de seguridad

Límite elástico:

$$\frac{P_{Nd}}{A_T} \leq \frac{f_{yk}}{F_y} \quad \frac{75 \text{ Kn}}{A_T} \leq \frac{850000 \text{ Kpa}}{1.15} \quad \Rightarrow \quad A_T = 101.5 \text{ mm}^2$$

P_{Nd} = Carga nominal mayorada
 A_T = Área transversal del acero
 f_{yk} = Límite elástico del acero
 F_y = Límite de fluencia del acero

Coeficiente de F_p y F_y en función del tipo de anclaje

Tipo de anclaje	F_p	F_y
Permanente	1.3	1.15
Provisional	1.25	1.1

Fuente: Oteo (2001)

Figura 54

Cálculo del diámetro del acero para el km 372 + 300

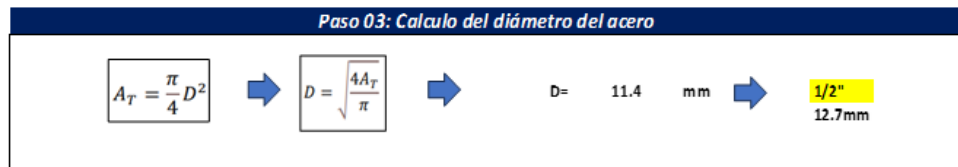


Figura 55

Verificación de deslizamiento acero-lechada para el km 372 + 300

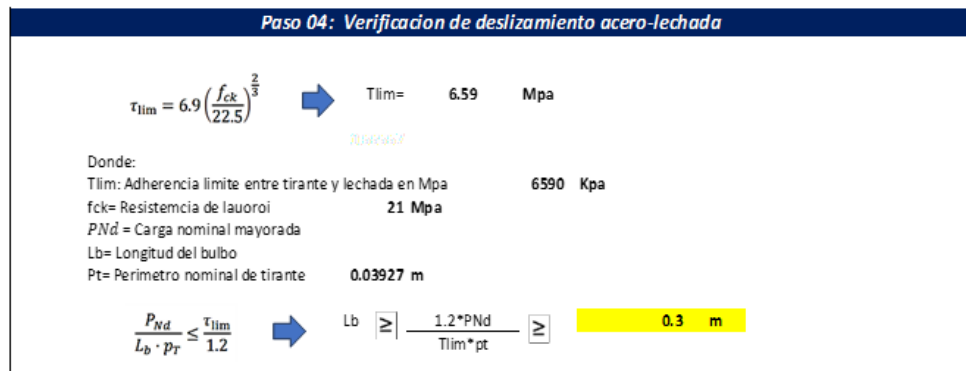
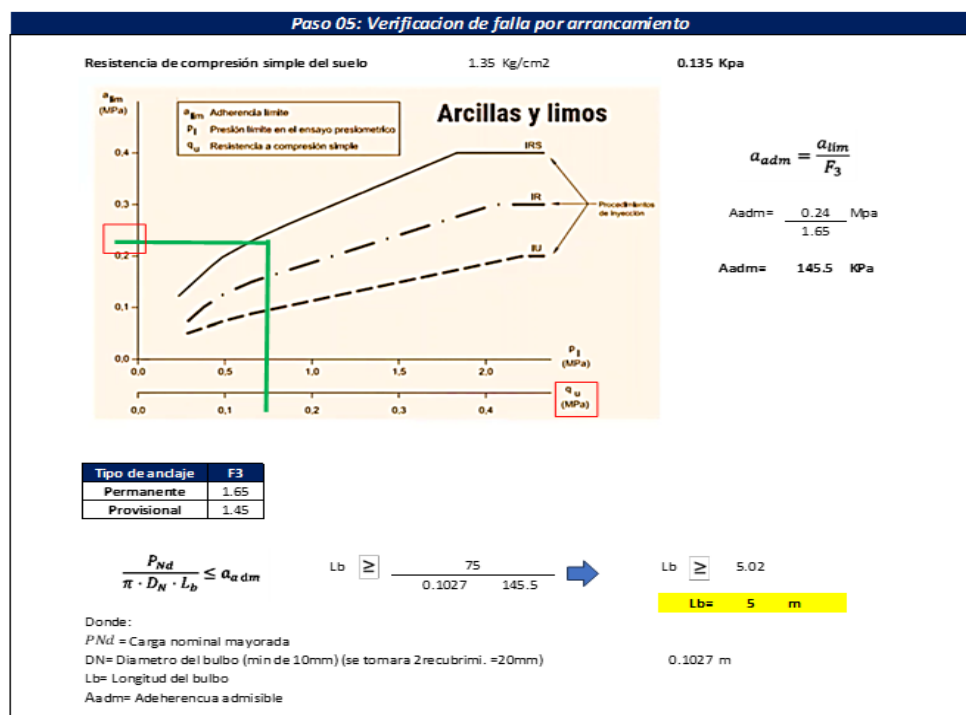


Figura 56

Verificación de falla por arrancamiento para el km 372 + 300



Interpretación

Las figuras 52, 53, 54, 55 y 56 se elaboró en un cálculo en el Excel para las verificaciones de los anclajes, por ello que para el talud de seccio-02 es decir el km 372 + 300, se tiene un sistema de anclajes de separación de 2m tanto en la horizontal y vertical, con un ángulo de colocación de 40° respecto a la horizontal, con unas barras de acero cuyo diámetro es de 1/2", tiene un recubrimiento de 20mm en la lechada y tiene un bulbo de longitud de 5m.

4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Prueba de Normalidad:

Ho= Los datos tienen una distribución normal

Ha: Los datos no tienen una distribución normal

Entonces:

Si el **p-valor > 0.05**: No se rechaza la hipótesis nula.

Por ende los datos tienen distribución normal, donde se pueda usar prueba t de Student .

Si el **p-valor < 0.05**: Se rechaza la hipótesis nula

Entonces los datos no tienen distribución normal, por lo que se debe usar una prueba no paramétrica como Wilcoxon.

Tabla 15
Prueba de Normalidad por Shapiro-Wilk

Prueba de normalidad	Estadísticas de Shapiro-Wilk	p-valor	Conclusión
Factores de Seguridad (Antes y Después)	0,8589	0,2564	No se rechaza Ho (Los datos siguen una distribución normal)

Nota. Como se observa en la tabla el p-valor (0.2564) es mayor que 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que los datos sí tienen una distribución normal.

Prueba de la Hipótesis Específica 1:

Hi: La propuesta de colocación de anclajes influye en la correcta estimación de los ángulos de inclinación para la estabilización de talud en los tramos de km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023.

Ho: La propuesta de colocación de anclajes no influye en la correcta estimación de los ángulos de inclinación para la estabilización de talud en los tramos de km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023.

Tabla 16

Prueba t de Student - Hipótesis Específica 1

Ángulo/F. Seguridad	Sin Modificación (Factor Seguridad)	Con Modificación (Factor Seguridad)
Talud 1	1.161	1.24
Talud 2	0.932	1.146
Media	1.0465	1.193
Desviación Estándar	0.1619	0.06647
t-valor:	-1.844	
p-valor:	0.1548	

Nota. Según el cuadro el p-valor calculado es de 0.1548, la cual es mayor que 0.05. Por lo tanto, no se rechaza la Ho. Esto significa que no hay pruebas suficientes para decir que la colocación de anclajes no influye en la correcta estimación de los ángulos de inclinación.

Prueba de la Hipótesis Específica 2

Hi: La propuesta de colocación de anclajes mejora la elección y posicionamiento adecuado de los anclajes en los taludes de corte en el km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023.

Ho: La propuesta de colocación de anclajes no mejora la elección y posicionamiento adecuado de los anclajes en los taludes de corte en el km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023.

Tabla 17

Prueba t de Student - Hipótesis Específica 2

Ángulo/F. Seguridad	Sin Anclajes (Factores Seguridad)	Con Anclajes (Factores Seguridad)
Talud 1	1.161	1.759
Talud 2	0.932	1.749
Media	1.0465	1.754
Desviación Estándar	0.1619	0.00707
t-valor:	-6.461	
p-valor:	0.09775	

Nota. Según el cuadro el p-valor calculado es de 0.09775, la cual es mayor que 0.05. Por lo tanto, no se rechaza la H_0 . Esto implica que no hay suficiente evidencia para concluir que la colocación de anclajes no mejora la elección y posicionamiento adecuado de los anclajes.

Prueba de la Hipótesis Específica 3

Hi: La colocación de anclajes tiene un impacto favorable en los factores de seguridad de los taludes en los tramos km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023.

Ho: La colocación de anclajes no tiene un impacto favorable en los factores de seguridad de los taludes en los tramos km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023.

Tabla 18

Prueba t de Student - Hipótesis Específica 3

Factor de Seguridad	Sin Anclajes	Con Anclajes
Talud 1	1.161	1.759
Talud 2	0.932	1.749
Media	1.0465	1.754
Desviación Estándar	0.1619	0.00707
t-valor:	-6.461	
p-valor:	0.09775	

Nota. Según el cuadro el p-valor calculado es de 0.09775, la cual es mayor que 0.05. Por lo tanto, no se rechaza la H_0 . Esto indica que no hay suficiente evidencia para concluir que la colocación de anclajes no tiene un impacto favorable en los factores de seguridad.

Prueba de la Hipótesis General:

Hi: La propuesta de colocación de anclajes tendrá un impacto favorable en el análisis de estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio límite, del km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023.

Ho: La propuesta de colocación de anclajes no tendrá un impacto favorable en el análisis de estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio límite, del km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023.

La hipótesis general seguiría el mismo patrón porque en los tres casos de las hipótesis específicas no se rechazaron las hipótesis nulas. Todas las hipótesis específicas tuvieron p-valores superiores a 0.05, lo que indica que en ningún caso se rechaza la hipótesis nula.

Como resultado, hay suficiente evidencia estadística para concluir que la propuesta de colocación de anclajes tendrá un impacto favorable en el análisis de estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio límite, del km 371-km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El análisis de estabilidad de taludes desarrollado en esta investigación, mediante el método de equilibrio límite aplicado en el software SLIDE, demostró que la colocación de anclajes mejora significativamente los factores de seguridad (FS) en los dos perfiles seleccionados del tramo km 371+100 al km 372+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco. En la Sección 01, el FS aumentó de 1.161 (sin intervención) a 1.759 con anclajes de 8 m colocados a 35°, mientras que en la Sección 02, el incremento fue de 0.932 a 1.823 con anclajes de 10 m a 40°. Estos resultados se contrastan críticamente a continuación con los antecedentes más relevantes.

En primer lugar, los hallazgos coinciden sustancialmente con la tesis de Medel (2020), quien evaluó tres casos reales de taludes en México estabilizados con anclajes y aplicó el mismo método de equilibrio límite. En su estudio, el FS mejoró de 1.086 a 1.65 en una carretera y de 0.83 a 1.84 en una zona urbana, lo cual demuestra un patrón de incremento significativo tras la intervención. Sin embargo, una diferencia crítica radica en que Medel complementó su análisis con modelación numérica en PLAXIS 2D, mientras que en el presente estudio se empleó SLIDE exclusivamente con una validación empírica por análisis de sensibilidad. A pesar de esta diferencia metodológica, los resultados son coherentes en mostrar que la incorporación adecuada de anclajes incrementa los FS por encima del umbral de estabilidad normativa ($FS \geq 1.5$).

De manera similar, los resultados de la tesis de Chuquizán (2024), quien propuso una solución estructural en taludes urbanos de Quito con el uso combinado de anclajes y protección superficial, refuerzan los hallazgos de esta tesis. En su caso, el FS pasó de 1.372 (estático) y 0.967 (sísmico) a 1.697 y 1.275, respectivamente, superando los mínimos exigidos por la normativa ecuatoriana. La diferencia relevante está en que su análisis consideró condiciones pseudoestáticas, lo cual le otorgó mayor complejidad sísmica al

estudio. No obstante, la similitud en la evolución del FS tras el uso de anclajes valida la hipótesis de este trabajo sobre el impacto favorable de dichos refuerzos, incluso en condiciones geomorfológicas distintas.

En el contexto nacional, la tesis de Farías y Yanayaco (2022) exploró cómo varía el FS en función de la altura de los taludes y el tipo de anclaje. Identificaron que al pasar de una altura de 5 m a 15 m, el FS mejoraba entre un 25 % y 50 %, dependiendo del método de adherencia y del ángulo de inclinación. En contraste, esta tesis no abordó variaciones en altura, pero sí analizó detalladamente cómo influyen los ángulos de colocación de los anclajes y las cargas aplicadas, concluyendo que ángulos de 35° y 40° con cargas nominales de 30 kN y 50 kN, respectivamente, generaron FS mayores a 1.5 en ambas secciones. Esta diferencia metodológica no impide la concordancia crítica: ambas investigaciones evidencian que una adecuada configuración geométrica del sistema de anclaje permite incrementar la estabilidad de taludes, aunque el enfoque de la presente tesis profundiza en la optimización angular y en el comportamiento frente a iteración de cargas.

Los resultados son compatibles con lo hallado por Pari (2021), quien en la carretera Chojata–Moquegua obtuvo FS iniciales críticos de 0.778, 0.721 y 0.665, mejorando a 1.266, 1.252 y 1.253 con anclajes metálicos a 15° y cargas entre 75 y 100 kN. A diferencia del presente estudio, Pari se centró en condiciones sísmicas y húmedas, lo que añade una dimensión de vulnerabilidad mayor. Sin embargo, en ambos casos los FS iniciales estaban por debajo de 1.0 y se logró llevarlos por encima de 1.25–1.5 tras la colocación de anclajes. Lo destacable en esta comparación crítica es que, a pesar de las diferencias en cargas y condiciones de análisis, la tendencia en el incremento del FS es consistente. Además, este estudio aporta un análisis más fino respecto a la influencia de ángulos específicos y permite validar que incluso con cargas menores (30–50 kN), se pueden obtener resultados eficaces si la orientación y profundidad de los anclajes son adecuadas.

Por último, los resultados coinciden en gran medida con lo reportado por Mori (2023), quien evaluó la influencia del diseño de un muro anclado en cinco secciones inestables de Huánuco, aplicando también el método de equilibrio límite con Slide. En su análisis, los factores de seguridad sin intervención eran menores a 1.0, y tras la colocación de anclajes pasaron a superar

ampliamente el valor mínimo de 1.5, con incrementos de entre 65 % y 114 %. Aunque su trabajo se centró en un entorno urbano, los parámetros de suelo (arena limosa arcillosa, cohesión baja y ángulo de fricción en torno a 27°) son similares a los del tramo vial evaluado en esta tesis. Lo más relevante es que él también trabajó con secciones representativas, validando que el uso de anclajes mejora de forma sistemática la estabilidad, incluso en condiciones geométricas y geotécnicas variables. La comparación confirma que, tanto a nivel local como nacional e internacional, el uso adecuado de anclajes—con diseño y orientación óptima—constituye una solución técnica efectiva y comprobable mediante modelación con equilibrio límite.

CONCLUSIONES

- **OG:** Se concluyó que la propuesta de colocación de anclajes tiene un impacto favorable y significativo en la estabilidad de los taludes ubicados entre los kilómetros 371 y 373 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco. Esto se evidenció mediante el análisis realizado con el método de equilibrio límite, que demostró un incremento sustancial en los factores de seguridad tras la intervención, superando el valor mínimo normativo ($FS \geq 1.5$), lo que valida la efectividad de la propuesta.
- **OE 1:** Se logró estimar adecuadamente los ángulos de inclinación de los anclajes necesarios para estabilizar los taludes críticos. Mediante las simulaciones realizadas en el software SLIDE, se determinó que un ángulo de 35° en la Sección 01 y 40° en la Sección 02 fueron los más eficientes, ya que ofrecieron los mayores factores de seguridad. Estos resultados permitieron optimizar el diseño de intervención geotécnica de forma técnica y fundamentada.
- **OE 2:** Se posicionaron y seleccionaron adecuadamente los anclajes, considerando criterios técnicos como la longitud, inclinación y profundidad óptima. En la Sección 01, se emplearon anclajes de 8 m con inclinación de 35° , mientras que en la Sección 02 se usaron anclajes de 10 m a 40° . Estas configuraciones demostraron una mejora efectiva del FS en cada perfil, asegurando una intervención eficiente.
- **OE 3:** Se calcularon los factores de seguridad antes y después de la intervención, observándose un aumento notable en los valores: de 1.161 a 1.759 en la Sección 01 y de 0.932 a 1.823 en la Sección 02. Estos resultados confirman que la colocación de anclajes incrementa significativamente la estabilidad de los taludes estudiados, reduciendo el riesgo de deslizamiento y garantizando una mayor seguridad vial en el tramo evaluado.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar pruebas de cargas para obtener la adherencia admisible real, ya que tener el valor real ayudara mucho más en el cálculo de verificación de falla por arrancamiento y el cálculo de la longitud del bulbo. En nuestra tesis, calculamos la adherencia limite mediante ábacos empíricos, con tablas recomendadas que son de ayuda.
- Se recomienda hacer una iteración de todos los ángulos de inclinación adecuada para que, de una correcta estabilización de taludes, en la nuestra tesis se evaluó con 7 ángulos desde 10° hasta 40°.
- Se recomienda ubicar estratégicamente los anclajes ya que la ubicación de los anclajes es fundamental para obtener mejores resultados, es esencial identificar las áreas críticas donde la estabilidad es más vulnerable y colocar los anclajes en esas áreas. Además, es importante la profundidad y la orientación ideal de los anclajes para garantizar una buena transferencia de carga y una mayor resistencia al deslizamiento.
- Se recomienda seleccionar el tipo de anclaje correcto, ya que tener claro que anclaje a utilizar ayuda en las verificaciones visto en el ítem 4.81, en nuestra tesis se utilizó el anclaje permanente activo por tratarse en taludes de vías de comunicación con posibles fallas y deslizamientos superficiales, además mejora los resultados en los coeficientes de seguridad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva, H. J. (2020). *Ingeniería Geotécnica*. Fondo Editorial EDUNI.
<https://doi.org/chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgltclfindmkaj/https://www.jorgealvahuerto.com/files/LIBRO%20INGENIER%C3%8DA%20GEOT%C3%89CNICA%20ALVA%202020.pdf>
- Ángel. (2025). *Ingenioxyz.com*. Factor de seguridad en taludes y laderas inestables: orden de magnitud:
<https://ingenioxyz.com/articulos/20190509-factor-de-seguridad-en-taludes>
- Bernal, V. (2021). *Evaluación técnica - económica en obras de estabilización de taludes en la vía San Gil Charalá*. Colombia: [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia] Repositorio Institucional UPTC.
<https://doi.org/http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/8523>
- Braja , M. (2022). *Principios de la ingeniería geotécnica*. Cengage.
https://doi.org/https://books.google.com.pe/books/about/Principles_of_Geotechnical_Engineering.html?id=JFrBzQEACAAJ&redir_esc=y
- CENEPRED. (2022). *Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres*. Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Sinagerd). <https://doi.org/Www.gob.pe>.
<https://www.gob.pe/cenepred>
- Chuquizán Malte, A. (2024). *Propuesta estructural para la protección y recuperación de los taludes de la calle Julio Ramos (abscisa 0+400 a 0+600), sector La Bota, parroquia Comité del Pueblo*. [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://doi.org/http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27426>
- Civilizate. (2022). *Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo*. Revistas PUCP.

<https://doi.org/https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/view/16157>

Ducan , W. y Mah, C. (6 de Julio de 2024). *Ingeniería de taludes rocosos, civil y minera*. Geocontacto: <https://geocontacto.com/download/rock-slope-engineering-civil-and-mining/#page-content>

Elio, J., Flores, E., Alina, A., Navarrete, E., Lorenzo, G., Zavaleta, H., Luzmila, F., Pachas, W., & Esteban. (2021). *Metodología de la investigación científica guía práctica para la elección, diseño y desarrollo de la investigación* autores. Fedu. <https://doi.org/https://repositorio.autonmadeica.edu.pe/bitstream/20.500.14441/2558/2/METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION%20CIENTIFICA.pdf>

Erosion. (2021). *Clavos o Nails* . Erosion.com.co. <https://doi.org/https://www.erosion.com.co/download/clavos-o-nails/>

Erosion. (2021). *Diseño de Clavos o Nails*. Erosion.com.co. <https://doi.org/https://www.erosion.com.co/download/disenol/>

Farías, R. G., & Yanayaco, S. A. (2020). *Propuesta de criterios para el diseño de anclajes en taludes mediante Equilibrio Límite con un análisis de sensibilidad en un suelo uniforme de grava bien graduada en el conglomerado de Lima Metropolitana- Perú*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <https://doi.org/https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/648886>

Geocontacto. (2023). *Mecánica de taludes* archivos. Geocontacto. <https://doi.org/https://geocontacto.com/download-category/mecanica-de-taludes/#page-content>

Gonzalez de Vallejo , L. (24 de Abril de 2025). *Ingeniería Geológica*. Geocontacto: <https://geocontacto.com/download/ingenieria-geologica-luis-i-gonzalez-de-vallejo/#page-content>

- Hadi, M., Martel, C., Huayta, F., Rojas, R., & Arias, J. (2023). *Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/https://doi.org/10.35622/inudi.b.073>
- Hernández González , O. (2021). *Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen*. Revista Cubana de Medicina General Integral. https://doi.org/http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252021000300002
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2021). *Metodología de la investigación (7.ª ed.)*. McGraw-Hill.
- INDECI . (2025). *Reportes Preliminares / Complementarios / Emergencias Archives - INDECI Tarea de Todos*. INDECI Tarea de Todos. https://doi.org/https://portal.indec.gov.pe/informe/reportes-preliminares-complementarios-emergencias/?title=AMBO&tipo_alerta=&anos_alertas=2025
- Ingeoexpert. (26 de Febrero de 2024). *Ingeoexpert. ¿Qué es un talud y cuál es su función?* : <https://ingeoexpert.com/2024/11/28/que-es-un-talud-y-cual-es-su-funcion/>
- Llaique, C. N. (2022). *Evaluación, análisis y estabilidad de taludes con el Sistema Erdox en la carretera PE-28B del km 152+045 al km 152+195 - Kepashiato - Kiteni*. Universidad Continental. <https://doi.org/https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12228>
- Medel Barrera, A. (2020). *Estabilidad de taludes con sistema de anclaje*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio UNAM. https://doi.org/https://repositorio.unam.mx/contenidos/estabilidad-de-taludes-con-sistema-de-anclaje-3594750?c=Aoe9op&d=false&q=derecho&i=3&v=1&t=search_0&as=0

- Moreno y Jiménez. (2021). *Proceso constructivo para anclajes activos en la estabilización de talud en la abscisa k 64+250 como eje, proyecto vial ruta nacional 40 corredor Bogotá Villavicencio*. [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional UCC. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12494/36436>
- Mori Berastein, J. (2023). *Diseño de muro anclado e influencia en el análisis del talud del pasaje Marcos Durán Martel, Huánuco – 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <https://doi.org/http://repositorio.udh.edu.pe/20.500.14257/4033>
- Pari, E. Y. (2021). *Sistema de estabilización de taludes de corte mediante anclajes metálicos, carretera Chojata –Moquegua, Moquegua 2021*. Universidad Continental. <https://doi.org/https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10421?locale=es>
- Pozo Villacís, C. P. (2021). *Análisis de estabilidad de taludes de una extensión de 260 metros en la vía Papallacta Baeza, sector Cuyuja*. [Tesis de pregrado, Escuela Politecnica Nacional] Repositorio Digital - EPN. <https://doi.org/http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21881>
- Prado González, A. A., Aguilar Guevara, J. R., & Cruz Talavera, R. J. (2020). *Análisis de Estabilidad de Talud de la Carretera Nic.7 en el Km 176, Municipio de Santo Tomas, del Departamento de Chontales*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Nicaragua]. Repositorio Institucional UNAM. <https://doi.org/http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/12506>
- Q-Ver. (2025). *Laboratorio Acreditado de Control de Calidad* . Q-Ver: <https://q-ver.com/>
- RNE. (2021). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Www.gob.pe. <https://doi.org/https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2309793-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

Rocscience. (2022). *Slide: 2D limit equilibrium slope stability for soil and rock slopes*. Rocscience Inc.

Rocscience.com. (2023). Slide2 Tutorials:
<https://www.rocscience.com/help/slide2/tutorials>

Saavedra, R. D. (2022). *Sistema de banquetas para la estabilizacion de ladera ubicada en el km 180+300 de la ruta nacional pe-3n - San Rafael Huanuco - 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH.
<https://doi.org/http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/3750>

Salvatierra Torres, R. D. (2021). *Análisis de estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio límite para prevenir deslizamientos durante la expansión de un depósito de minerales en minas a cielo abierto, La Libertad 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte] Repositorio Institucional UPN.
<https://doi.org/https://hdl.handle.net/11537/29241>

Sancho Solano, M. P., Sancho Zurita, E. R., Tipantasig Masabanda, C. G., Fiallos Condo, J. T., Llamuca Iza, T. N., & Ibáñez Solís, L. E. (2024). *Metodología para realizar ensayos de adherencia en barras de anclaje instaladas en suelos no cohesivos: Methodology to carry out adhesion tests on anchor bars installed in non-cohesive soils*. Revista Científica Multidisciplinar G-Nerando.
<https://doi.org/https://doi.org/10.60100/rcmg.v5i1.233>

Suárez, J. (2021). *Modelo conceptual de un talud*. Erosion.com.co : Sitio Web.
<https://doi.org/https://www.erosion.com.co/modelo-conceptual-de-un-talud/>

Suárez, J. (2023). *Falla y colapso de pantallas ancladas (Tiebacks)*. Erosion.com.co.
<https://doi.org/https://www.erosion.com.co/download/falla-y-colapso-de-pantallas-ancladas-tiebacks/>

Terán Vivar, E. H. (2020). *Proyecto de estabilización de talud mediante el uso de pantalla atirantada con anclajes activos tipo barra en el sector Santa Ana (abscisa 0+060 A 0+100)*. [Tesis de pregrado, de la Universidad Politécnica Salesiana] Repositorio Institucional UPS. <https://doi.org/https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18950>

UNDRR. (2022). *Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres*. Anuario de derecho internacional de desastres en línea. https://doi.org/https://doi.org/10.1163/26662531_00301_017

Vara Saravia, G. S. (2024). *Uso del muro claveteado para solucionar la inestabilidad de los taludes en la carretera Cerro de Pasco–Huánuco del tramo Km 369+300 hasta el Km 372+200*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Huanuco] Repositorio Institucional UDH. <https://doi.org/https://repositorio.udh.edu.pe/20.500.14257/5872>

Vizcaíno Zúñiga, P. I., Cedeño Cedeño, R. J., & Maldonado Palacios, I. A. (2023). *Metodología de la investigación científica: guía práctica*. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658

Zuloaga. (2023). *Define, el ángulo de rozamiento, en el contexto de la geotecnia y dame ejemplos de su utilización*. geotecnia.AI. <https://doi.org/https://geotecnia.ai/define-el-angulo-de-rozamiento-en-el-contexto-de-la-geotecnia-y-dame-ejemplos-de-su-utilizacion/>

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Serafico Contreras, J. G. (2026). Impacto de la propuesta de colocación de anclajes en el análisis de estabilidad de talud mediante el método de equilibrio limite, del km 371-km 373, carretera cerro de Pasco Huánuco, 2023 [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH.

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 19
Matriz de consistencia

TÍTULO: “IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACIÓN DE ANCLAJES EN EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE, DEL KM 371-KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO HUÁNUCO, 2023”

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y muestra
Problema general: ¿Cuál es el impacto de la propuesta de colocación de anclajes en el análisis de estabilidad de talud mediante el método de equilibrio límite, del km371- km373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023? Problema específico: ¿Cuáles serán los ángulos de inclinación para la correcta estabilización de taludes mediante la propuesta de	Objetivo General Determinar el impacto de la propuesta de colocación de anclajes en el análisis de estabilidad de talud mediante el método de equilibrio límite, del km371- km373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023. Objetivos específicos Estimar los ángulos de inclinación para la correcta estabilización de taludes mediante la propuesta de colocación de anclajes	Hipótesis General Hi: La colocación de la propuesta de anclajes tendrá un impacto favorable en el análisis de estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio límite, del km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023. H0: La colocación de la propuesta de anclajes no tendrá un impacto favorable en el análisis de estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio límite, del km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023. Hipótesis Específicas Hi: La propuesta de colocación de anclajes influye en la correcta estimación de los ángulos de inclinación para la estabilización de talud en los tramos de km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023.	Variable dependiente: - Análisis de estabilidad de Talud Variable independiente: - Propuesta de colocación de anclajes	Enfoque - Enfoque cuantitativo. Alcance o nivel - Nivel correlacional Diseño - Diseño no experimental.	Población La población de esta investigación está conformada por todos los taludes ubicados entre el km 371 y el km 373 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco, los cuales presentan características geotécnicas críticas debido a su pendiente pronunciada y la composición limo arcillosa del terreno. Muestra En este caso, se seleccionaron dos perfiles (km 371+100 y Km 372+300)

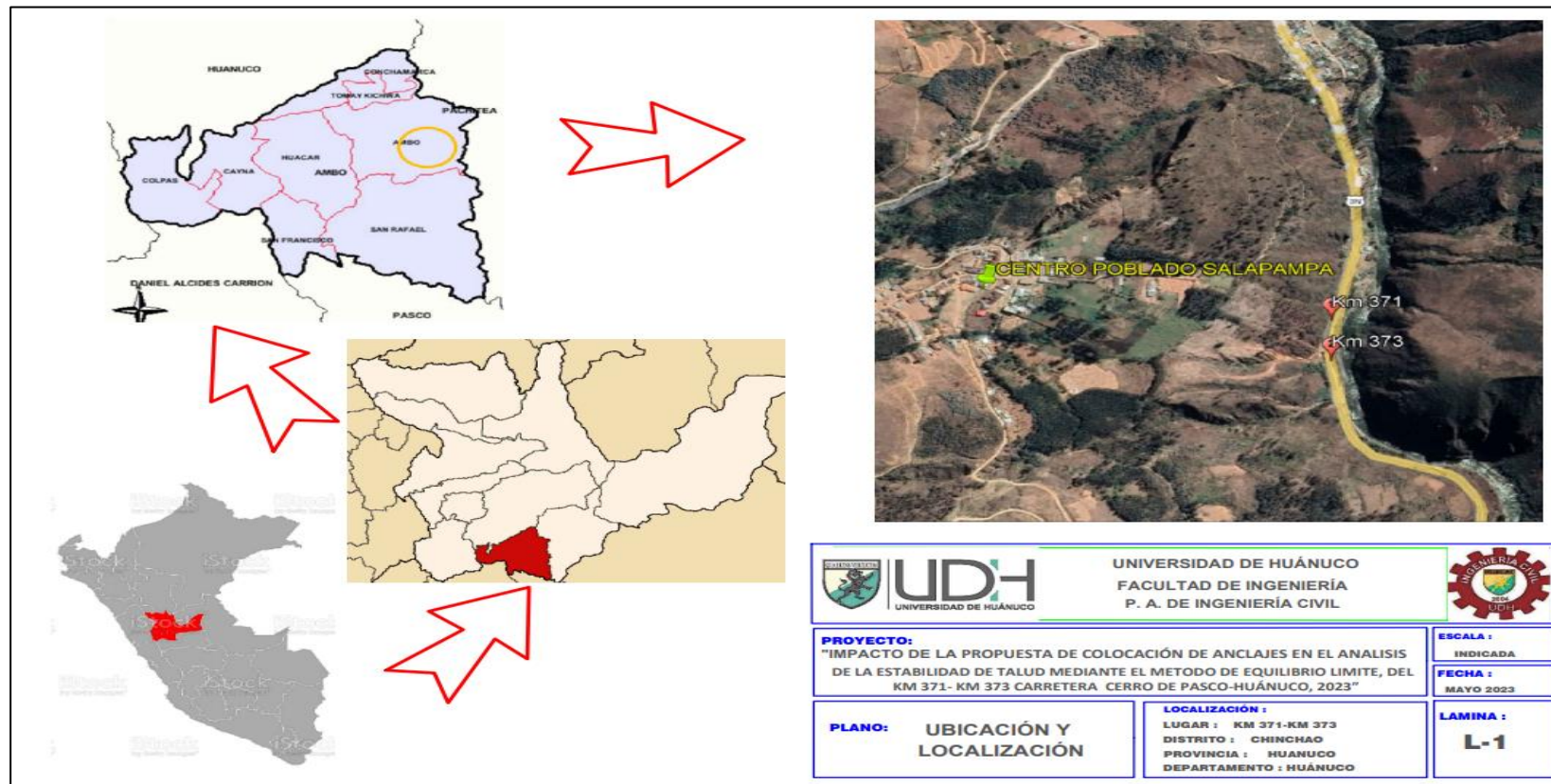
colocación de anclajes en los tramos del km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023? ¿Cuál será la selección y disposición adecuada de los anclajes en los taludes de los Km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023? ¿Cuáles serán los factores de seguridad sin y con el impacto de la propuesta de colocación de los anclajes en los taludes de los tramos km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023?	en los tramos de km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023. - Posicionar y elegir los anclajes de manera adecuada y efectiva en los taludes de corte de los km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023. - Calcular los factores de seguridad sin y con el impacto de la propuesta de colocación de los anclajes en los taludes de los tramos km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023.	Ho: La propuesta de colocación de anclajes no influye en la correcta estimación de los ángulos de inclinación para la estabilización de talud en los tramos de km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023. Hi: La propuesta de colocación de anclajes mejora la elección y posicionamiento adecuado de los anclajes en los taludes de corte en el km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023. Ho: La propuesta de colocación de anclajes no mejora la elección y posicionamiento adecuado de los anclajes en los taludes de corte en el km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023. Hi: La colocación de anclajes tiene un impacto favorable en los factores de seguridad de los taludes en los tramos km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023. Ho: La colocación de anclajes no tiene un impacto favorable en los factores de seguridad de los taludes en los tramos km 371- km 373, carretera Cerro de Pasco-Huánuco, 2023.	geotécnicamente representativos del tramo, en función de su alta vulnerabilidad a procesos de inestabilidad, presencia de evidencias visuales de fallas y geometría similar al resto de los taludes del tramo comprendido entre el km 371 y el km 373.
---	---	--	---

ANEXO 2

PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Figura 57

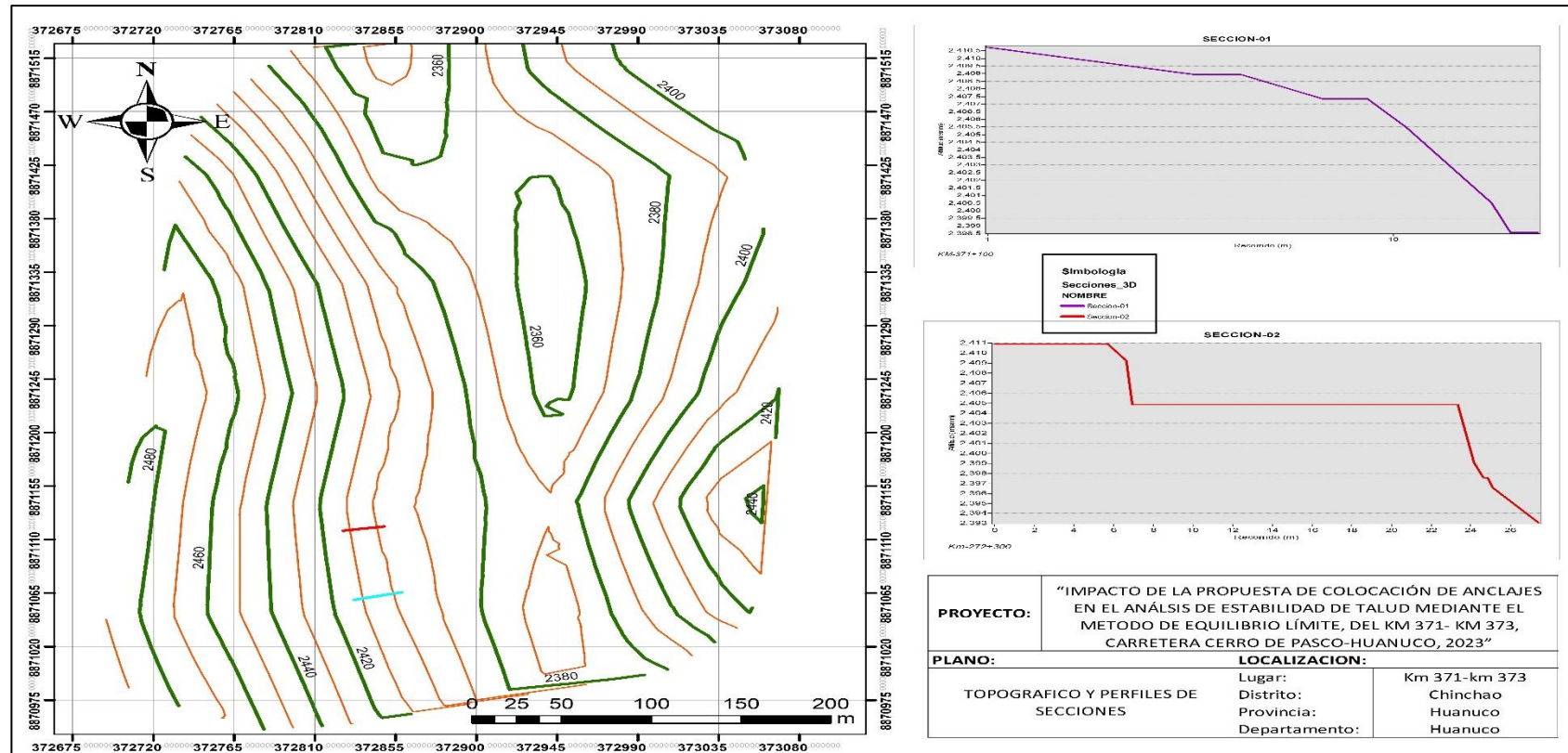
Plano de ubicación del lugar de estudio



ANEXO 3

PLANO TOPOGRÁFICO Y PERFILES

Figura 58
El plano de las curvas topográficas



ANEXO 4

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Figura 59

Plantillas para el estudio de suelo

LABORATORIO DE MATERIALES

SERVICIOS QUE OFRECEMOS:

- Diseños de mezclas de concreto y asfalto
- Evaluación de estructuras de concreto
- Estudio de mecánica de suelos
- Informe Técnico de Suelos



TERRA & CRETO

PROYECTO

UBICACIÓN

SOLICITANTE

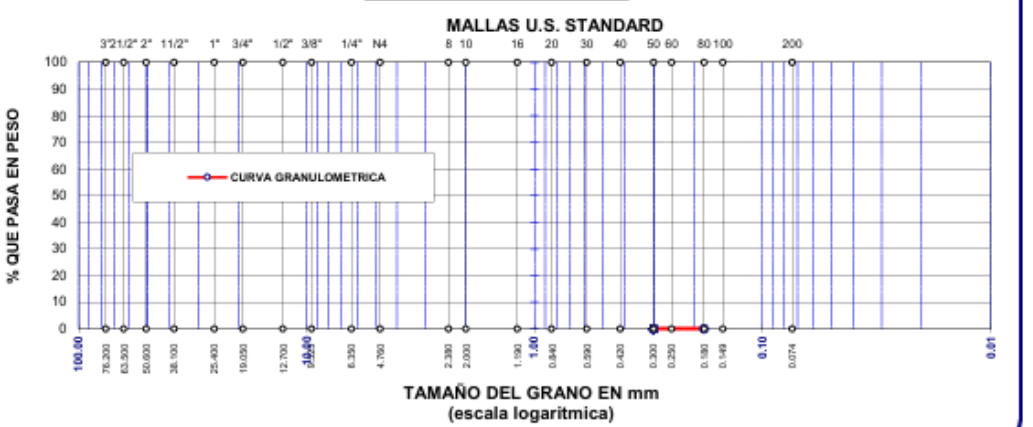
FECHA

MUESTRA

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	MATERIAL OBTENIDO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200					GRAVA GRUESA	CALICATA N° 01 Profundidad = 2.10 mts. Límites de Consistencia : LL = LP = IP = Peso de la Muestra: 0.00 gr. GRAVA % ARENA % LIMO Y ARCILLA % CLASIFICACION SUCS: OBSERVACIONES La muestra corresponde al estrato N° 1 de 0.00 a 2.10 m de profundidad.
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050					GRAVA FINA	
1/2"	12.700						
3/8"	9.525					ARENA GRUESA	
1/4"	6.350						
No4	4.750						
No8	2.360					ARENA MEDIA	
No10	2.000						
No16	1.190					ARENA FINA	
No20	0.840						
No30	0.590						
No40	0.420						
No50	0.300						
No60	0.250						
No80	0.180					LIMOS	
No100	0.149						
No200	0.074						
BASE							
TOTAL							

CURVA GRANULOMETRICA

MALLAS U.S. STANDARD



TAMANO DEL GRANO EN mm (escala logaritmica)

Figura 60
Plantillas para el estudio de suelo



Figura 61

Plantillas para las Observación en campo

RECOLECCION DE DATOS								
PROYECTO:								
UBICACIÓN:								
FECHA:								
Talud Observada	Coordenadas (UTM)	Altura del talud (m)	Ángulo de inclinación (°)	Material del Talud	Presencia de Grietas (Sí/No)	Erosión (Baja/Media/Alta)	Presencia de Vegetación (Sí/No)	Observaciones adicionales
Talud 1	X: _____ Y: _____	_____	_____	Roca/Suelo	Sí / No	Baja/Media/Alta	Sí / No	_____ _____
Talud 2	X: _____ Y: _____	_____	_____	Roca/Suelo	Sí / No	Baja/Media/Alta	Sí / No	_____ _____
Talud 3	X: _____ Y: _____	_____	_____	Roca/Suelo	Sí / No	Baja/Media/Alta	Sí / No	_____ _____

Figura 62

Técnica de recolección de datos de Observación Directa (Norma CE.020)

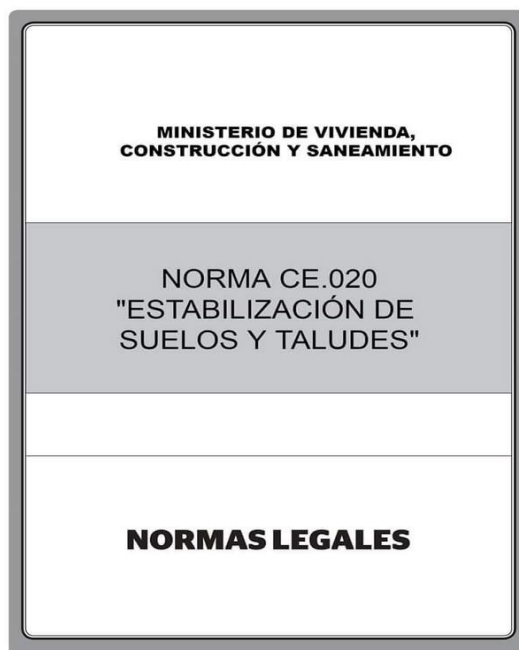
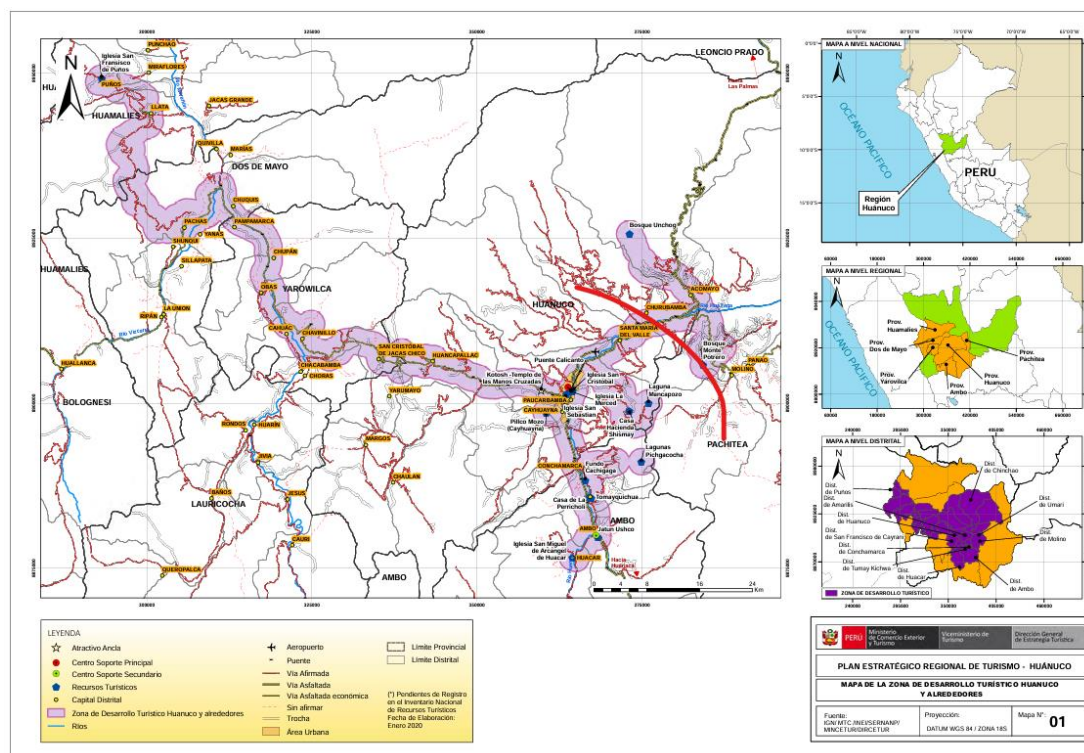


Figura 63

Técnica de recolección de datos de Observación Directa (Cartas geográficas de Huánuco)



ANEXO 5

ESTUDIO DE SUELO

Figura 64
Ensayo de granulometría para el Km 371+100

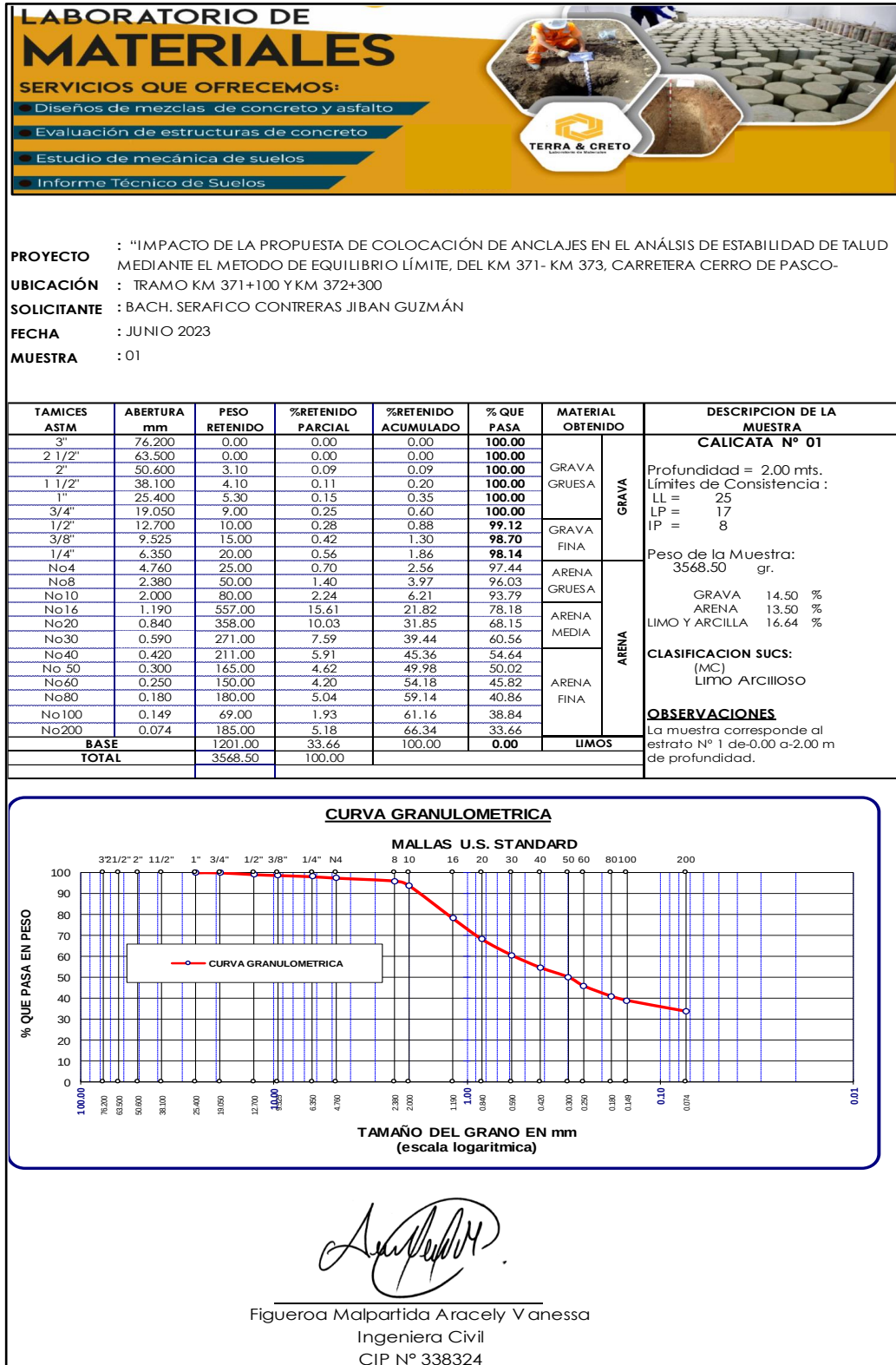


Figura 65

Ensayo de granulometría para el Km 372+300

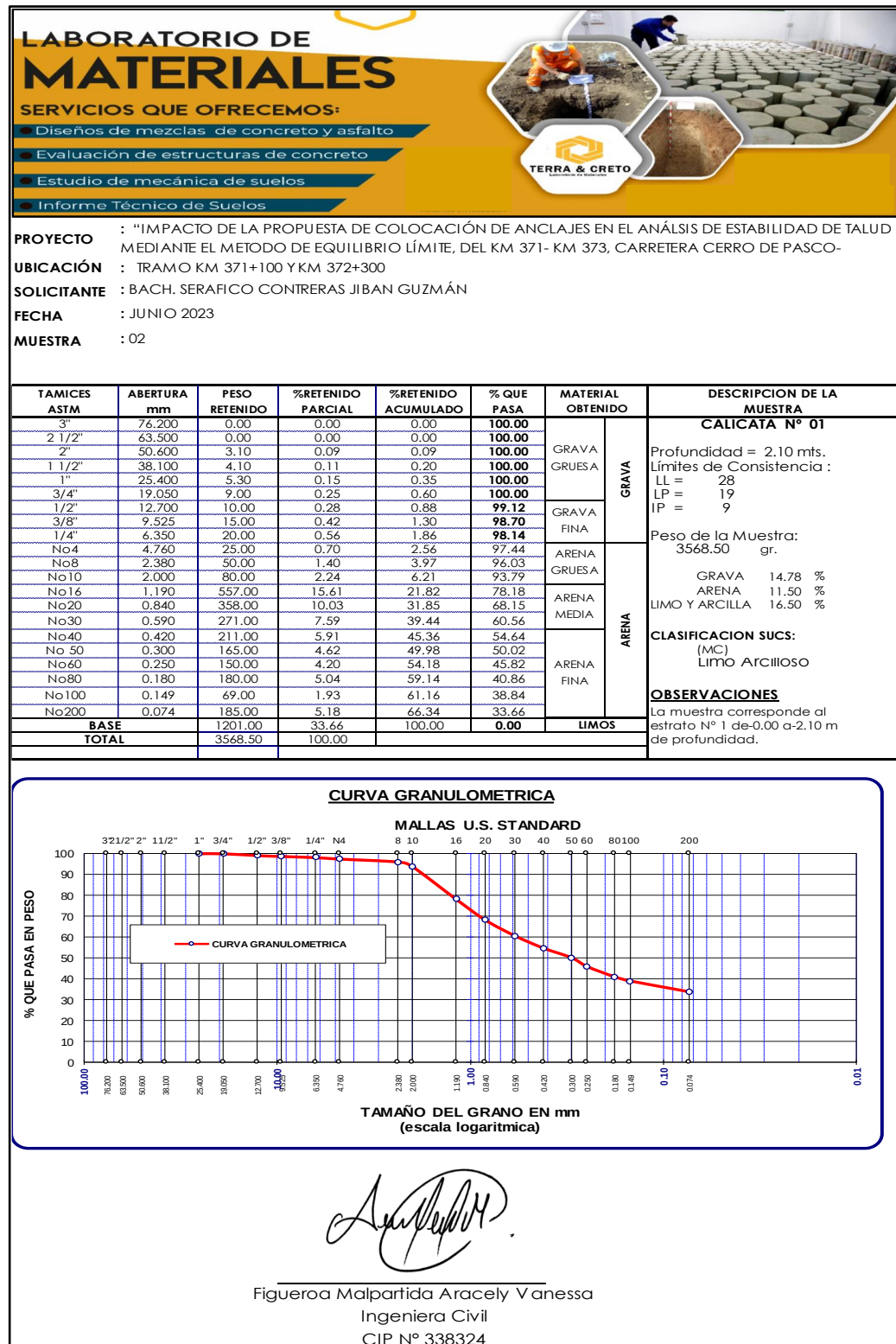


Figura 66
Ensayo Límites para el Km 371+100

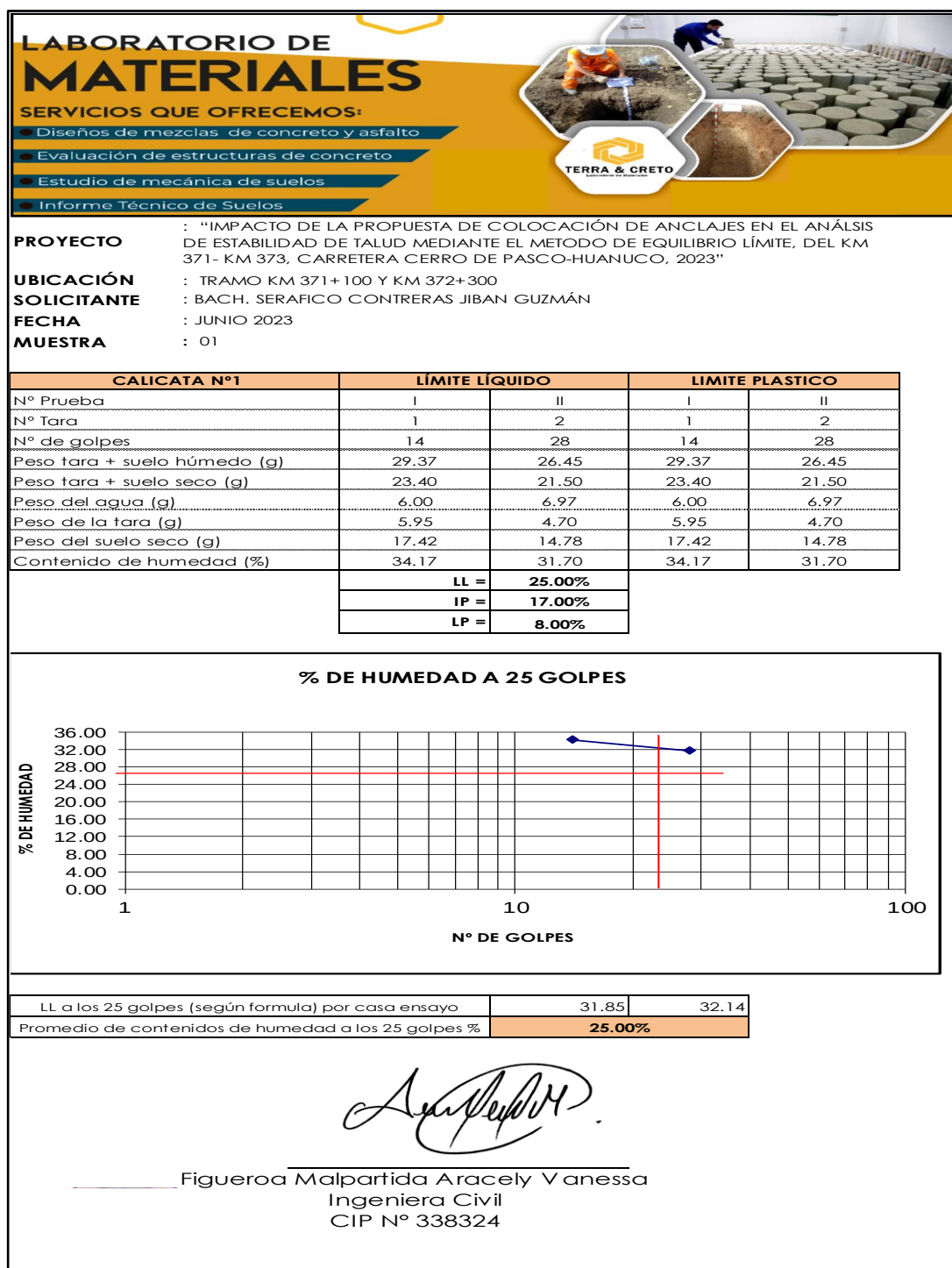


Figura 67
Ensayo Límites para el Km 373+300

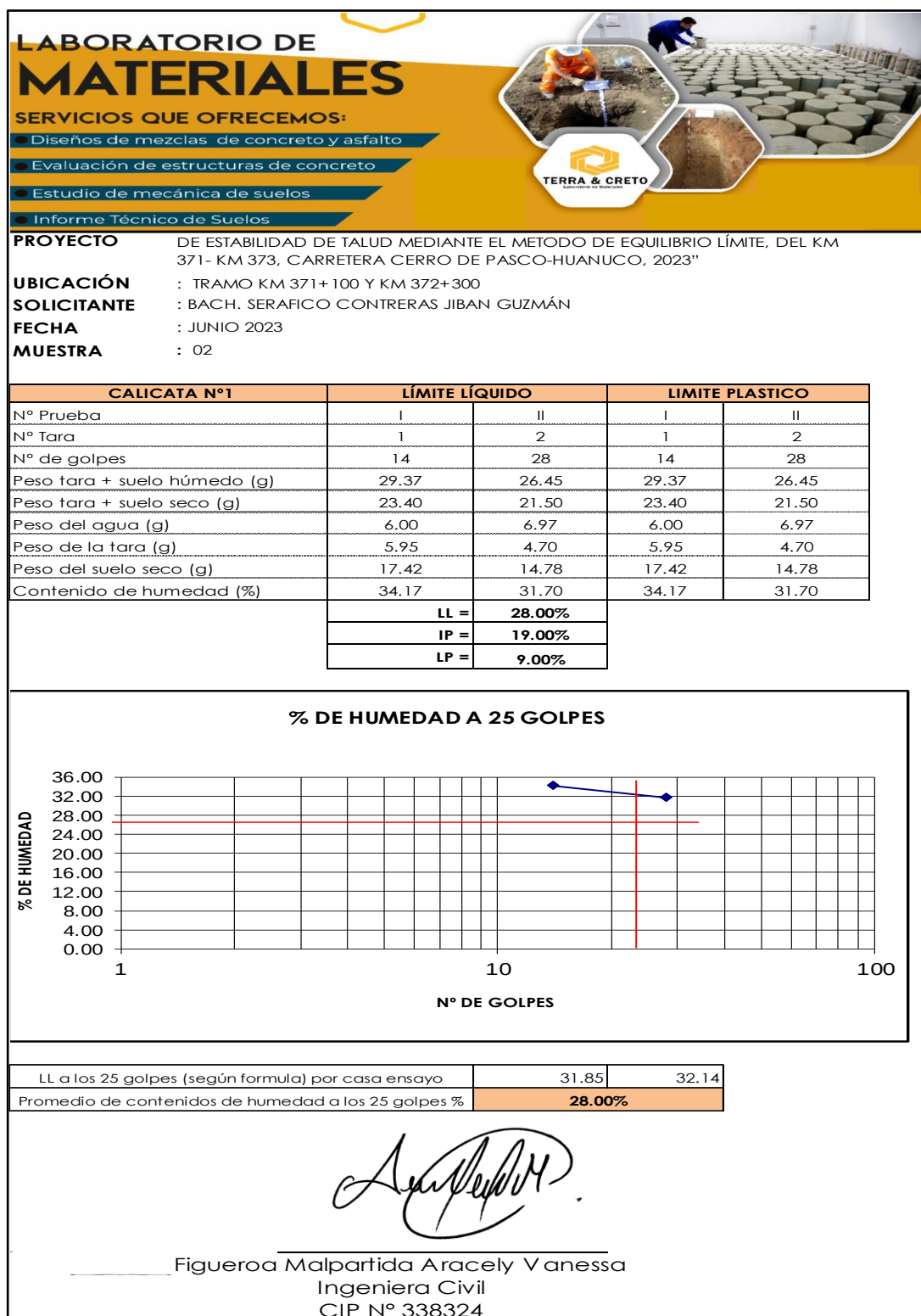


Figura 68

Ensayo de peso específico para el Km 371+100

LABORATORIO DE MATERIALES

SERVICIOS QUE OFRECEMOS:

- Diseños de mezclas de concreto y asfalto
- Evaluación de estructuras de concreto
- Estudio de mecánica de suelos
- Informe Técnico de Suelos



TERRA & CRETO
Laboratorio de Suelos

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO

PROYECTO : "IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACIÓN DE ANCLAJES EN EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANTE EL METODO DE EQUILIBRIO LÍMITE, DEL KM 371- KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO, 2023"

UBICACIÓN : TRAMO KM 371+100 Y KM 372+300

SOLICITANTE : BACH. SERAFICO CONTRERAS JIBAN GUZMÁN

FECHA : JUNIO 2023

MUESTRA : 01

CALICATA N°1	UNIDADES	M-1	M-2
Peso de la fiola + muestra + Agua	gr.	730.5	750.8
Peso de la fiola + Agua	gr.	630.2	660.2
Peso de la muestra	gr.	200.0	220.5
Volumen desplazado	cc.	99.7	129.9
Peso específico	gr/cc.	2.006	1.697
Peso específico Promedio	gr/cc.	1.815	
Peso específico Promedio	Kn/m3	17.80	



Figueroa Malpartida Aracely Vanessa
Ingeniera Civil
CIP N° 338324

Figura 69

Ensayo de peso específico para el Km 372+300

LABORATORIO DE MATERIALES

SERVICIOS QUE OFRECEMOS:

- Diseños de mezclas de concreto y asfalto
- Evaluación de estructuras de concreto
- Estudio de mecánica de suelos
- Informe Técnico de Suelos



TERRA & CRETO
Laboratorio de Suelos

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO

PROYECTO

UBICACIÓN

SOLICITANTE

FECHA

MUESTRA

: "IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACIÓN DE ANCLAJES EN EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANTE EL METODO DE EQUILIBRIO LÍMITE, DEL KM 371- KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO, 2023"

: TRAMO KM 371+100 Y KM 372+300

: BACH. SERAFICO CONTRERAS JIBAN GUZMÁN

: JUNIO 2023

: 02

CALICATA N°1	UNIDADES	M-1	M-2
Peso de la fiola + muestra + Agua	gr.	760.2	750.8
Peso de la fiola + Agua	gr.	630.2	660.2
Peso de la muestra	gr.	200.0	220.5
Volumen desplazado	cc.	70.0	129.9
Peso específico	gr/cc.	2.857	1.697
Peso específico Promedio	gr/cc.	1.845	
Peso específico Promedio	Kn/m3	18.1	



Figueroa Malpartida Aracely Vanessa
Ingeniera Civil
CIP N° 338324

Figura 70
Ensayo de corte directo para el Km 371+100

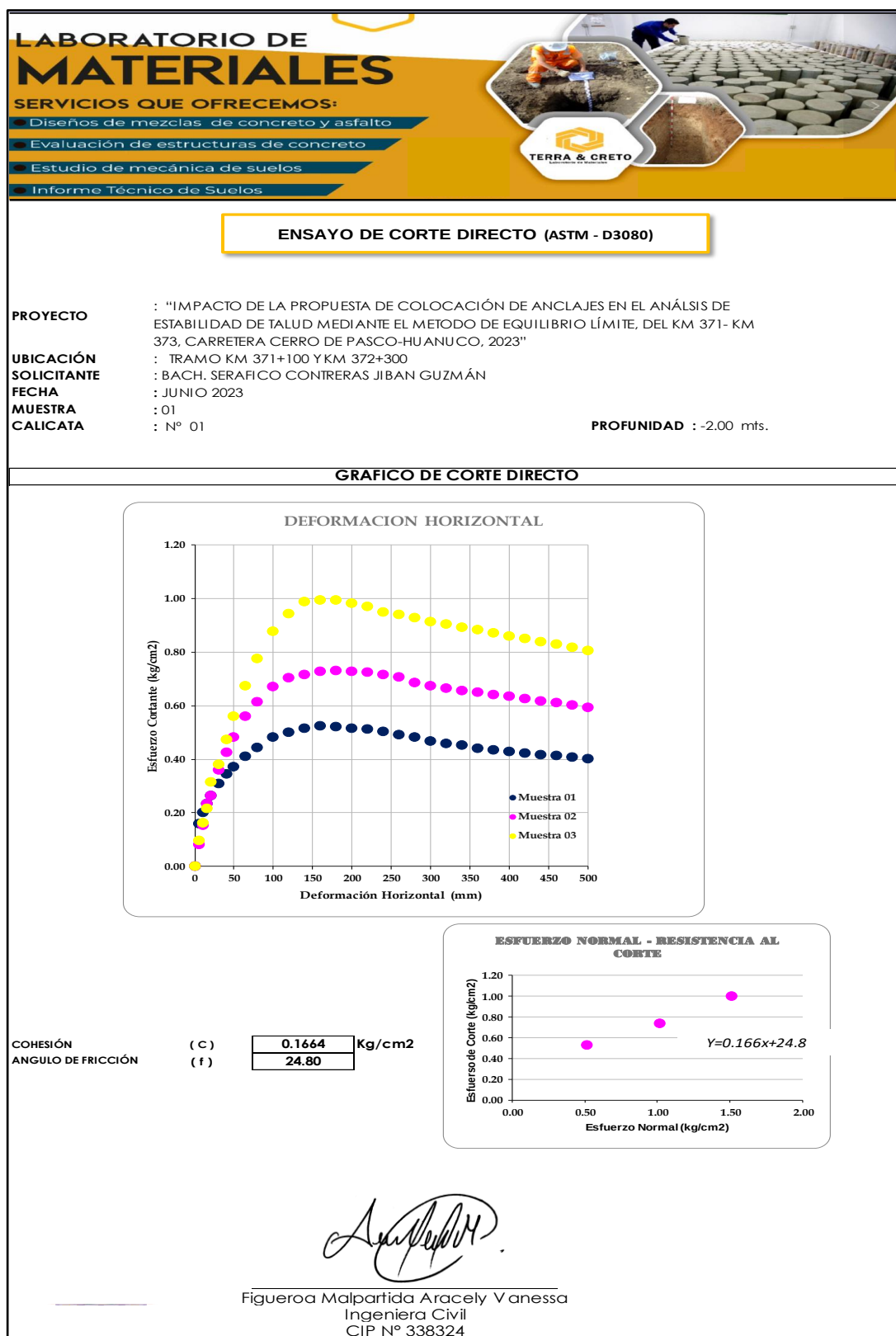


Figura 71
Ensayo de corte directo para el Km 372+300

LABORATORIO DE MATERIALES

SERVICIOS QUE OFRECEMOS:

- Diseños de mezclas de concreto y asfalto
- Evaluación de estructuras de concreto
- Estudio de mecánica de suelos
- Informe Técnico de Suelos



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM - D3080)

PROYECTO : "IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACIÓN DE ANCLAJES EN EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANTE EL METODO DE EQUILIBRIO LÍMITE, DEL KM 371- KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO, 2023"

UBICACIÓN : TRAMO KM 371+100 Y KM 372+300

SOLICITANTE : BACH. SERAFICO CONTRERAS JIBAN GUZMÁN

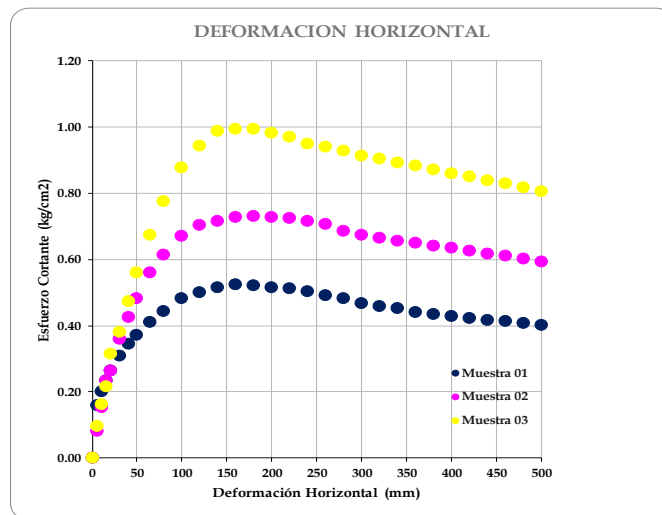
FECHA : JUNIO 2023

MUESTRA : 02

CALICATA : N° 02

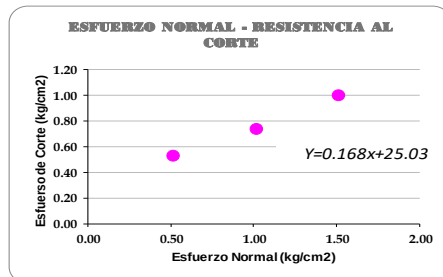
PROFUNDIDAD : -2.10 mts.

GRAFICO DE CORTE DIRECTO



COHESIÓN (C) **0.1689** Kg/cm²

ÁNGULO DE FRICCIÓN (f) **25.03**

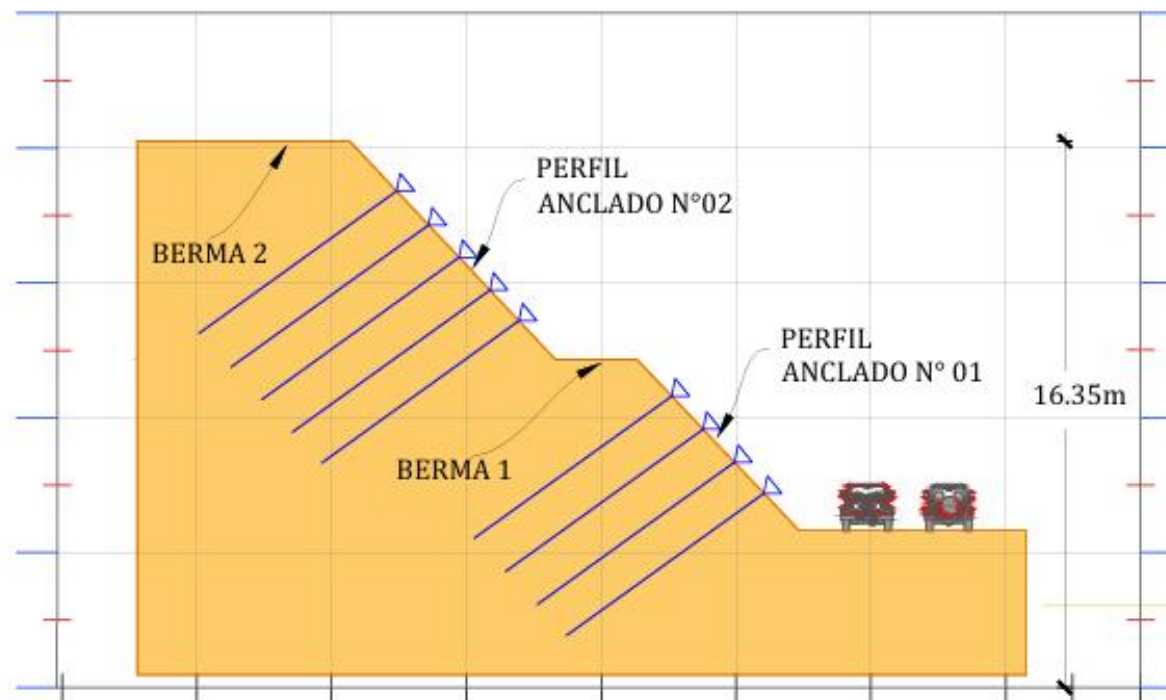


Figueroa Malpartida Aracely Vanessa
Ingeniera Civil
CIP N° 338324

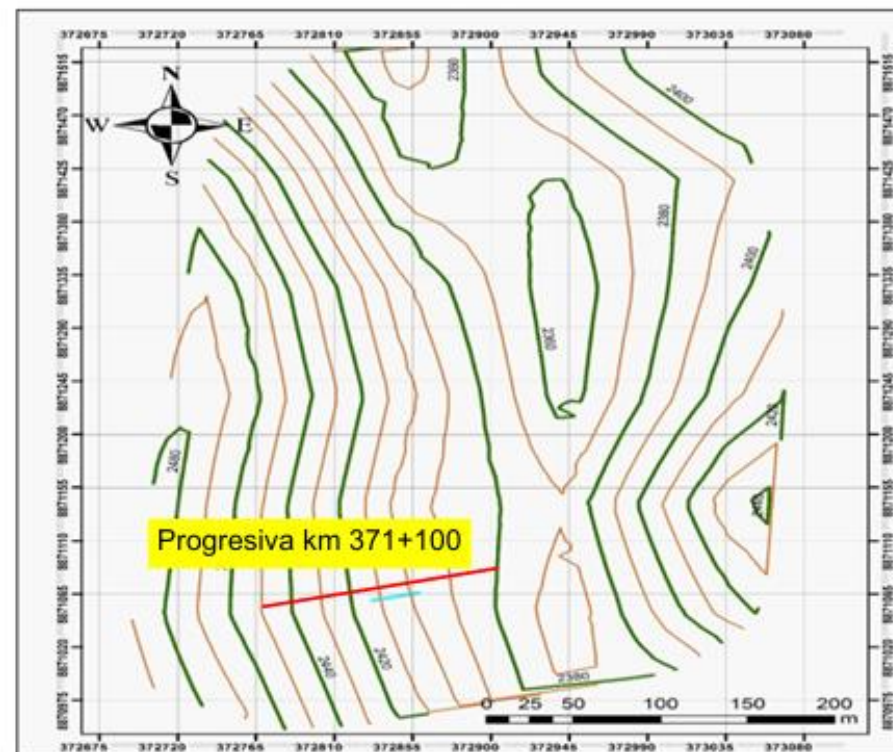
ANEXO 6

**PLANO DE SECCIÓN TRANSVERSAL CON ANCLAJES –
PROGRESIVA KM 371+100**

PERFIL: 371+100



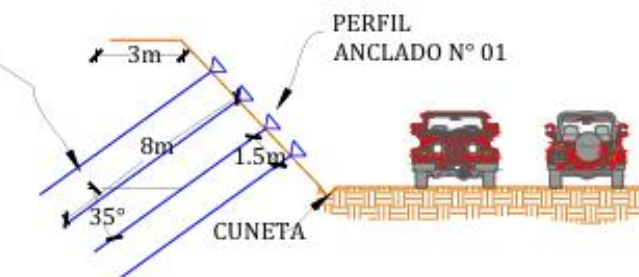
PERFIL DEL TALUD 01 CON ANCLAJES
ESC. 1:500



PERFIL DEL TALUD CON ANCLAJE N°1

ESC. 1:200

ANCLAJE de 8m de longitud, con un diámetro de $\frac{3}{8}$ " , un recubrimiento de 20mm en la lechada y tiene un bulbo de longitud de 3m
 ÁNGULO de colocación es de 35°
 CARGA NOMINAL (KN) de 30KN
 SEPARACIÓN entre los anclajes es 1.5m
 LECHADA DE CEMENTO DE $f'c=21MPa$

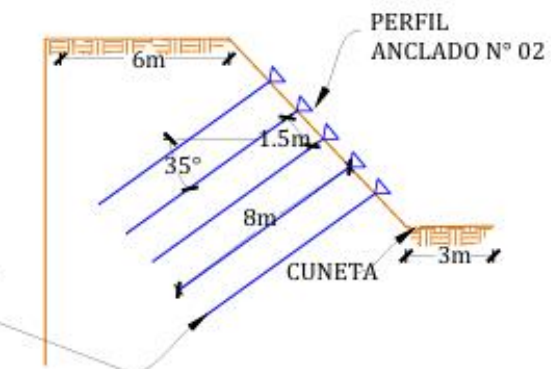


PERFIL DEL TALUD ANCLADO N°2

ESC. 1:200

ANCLAJE de 8m de longitud, con un diámetro de $\frac{3}{8}$ " , un recubrimiento de 20mm en la lechada y tiene un bulbo de longitud de 3m

ÁNGULO de colocación es de 35°
 CARGA NOMINAL (KN) de 30KN
 SEPARACIÓN entre los anclajes es 1.5m
 LECHADA DE CEMENTO DE $f'c=21MPa$

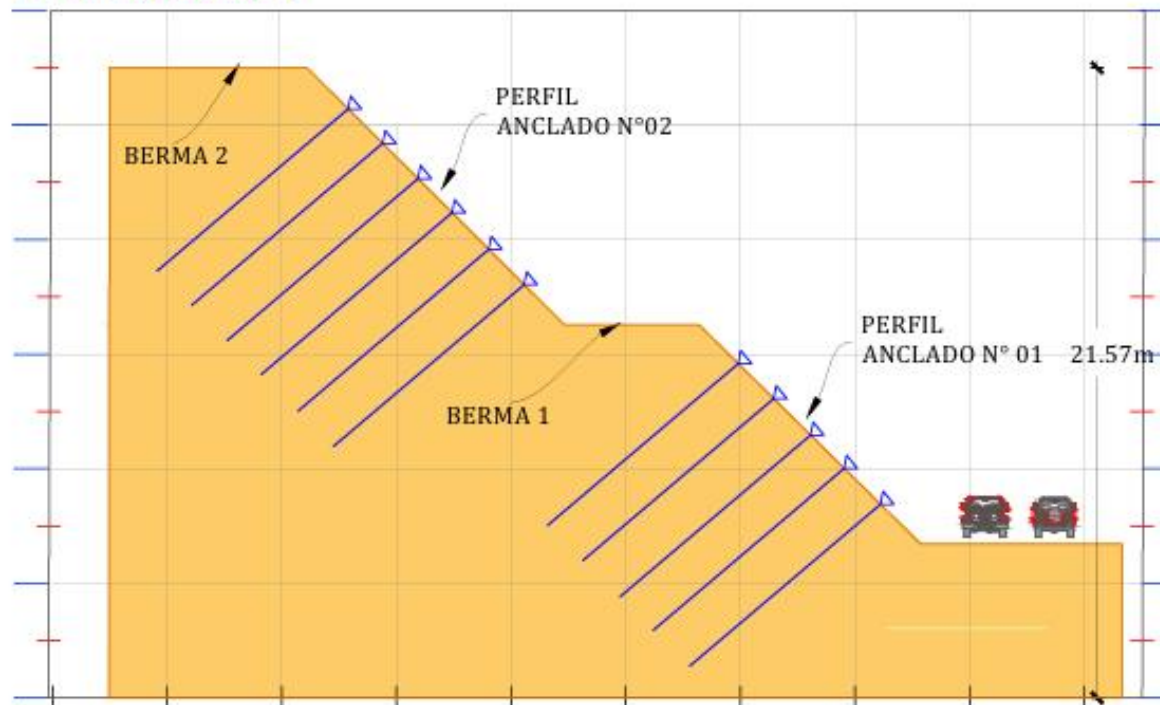


 UNIVERSIDAD DE HUANUCO FACULTAD DE INGENIERÍA E. A. P. DE INGENIERÍA CIVIL	
TESIS IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACIÓN DE ANCLAJES EN EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371-KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO HUÁNUCO, 2023	
PLANO DE DETALLES DE LOS ANCLAJES EN LOS TALUDES DEL KM 371+100	LAMINA: L-01
ESCALA Indicada	FECHA MAY-2023

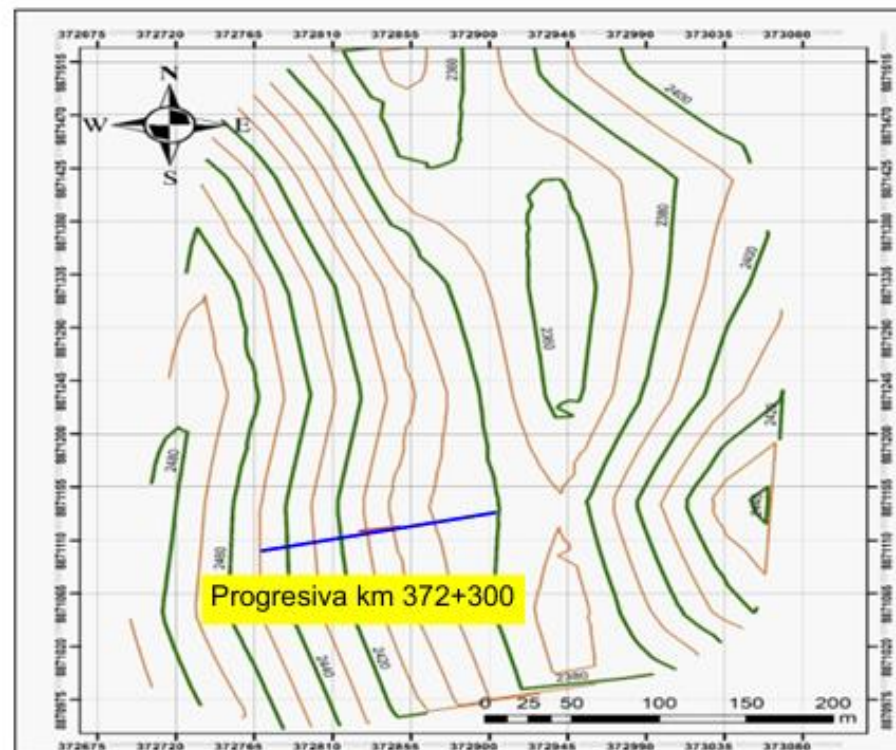
ANEXO 7

**PLANO DE SECCIÓN TRANSVERSAL CON ANCLAJES –
PROGRESIVA KM 372+300**

PERFIL: 372+300

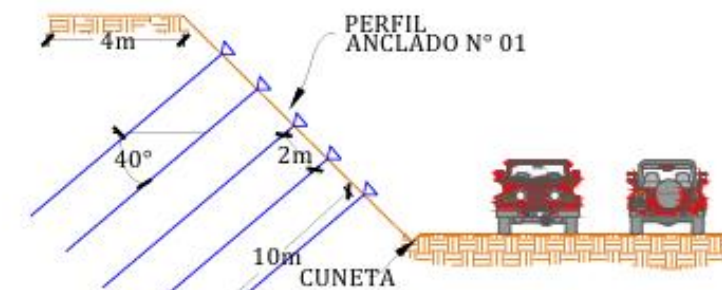


PERFIL DEL TALUD 02 CON ANCLAJES
ESC. 1:500



PERFIL DEL TALUD CON ANCLAJE N°1

ESC. 1:200



ANCLAJE de 10m de longitud, con un diámetro de 1/2", un recubrimiento de 20mm en la lechada y tiene un bulbo de longitud de 5m

ÁNGULO de colocación es de 40°

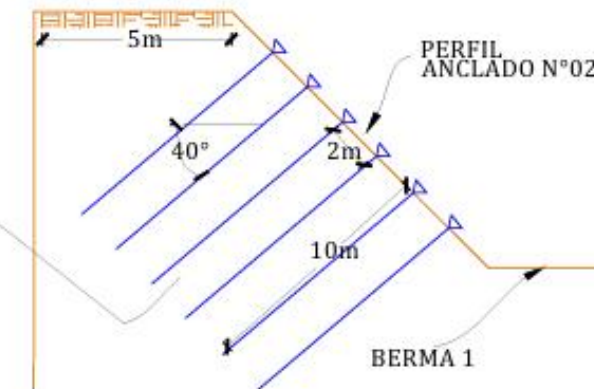
CARGA NOMINAL (KN) de 50KN

SEPARACIÓN entre los anclajes es 2m

LECHADA DE CEMENTO DE $f_c=21\text{MPa}$

PERFIL DEL TALUD ANCLADO N°2

ESC. 1:200



ANCLAJE de 10m de longitud, con un diámetro de 1/2", un recubrimiento de 20mm en la lechada y tiene un bulbo de longitud de 5m

ÁNGULO de colocación es de 40°

CARGA NOMINAL (KN) de 50KN

SEPARACIÓN entre los anclajes es 2m

LECHADA DE CEMENTO DE $f_c=21\text{MPa}$

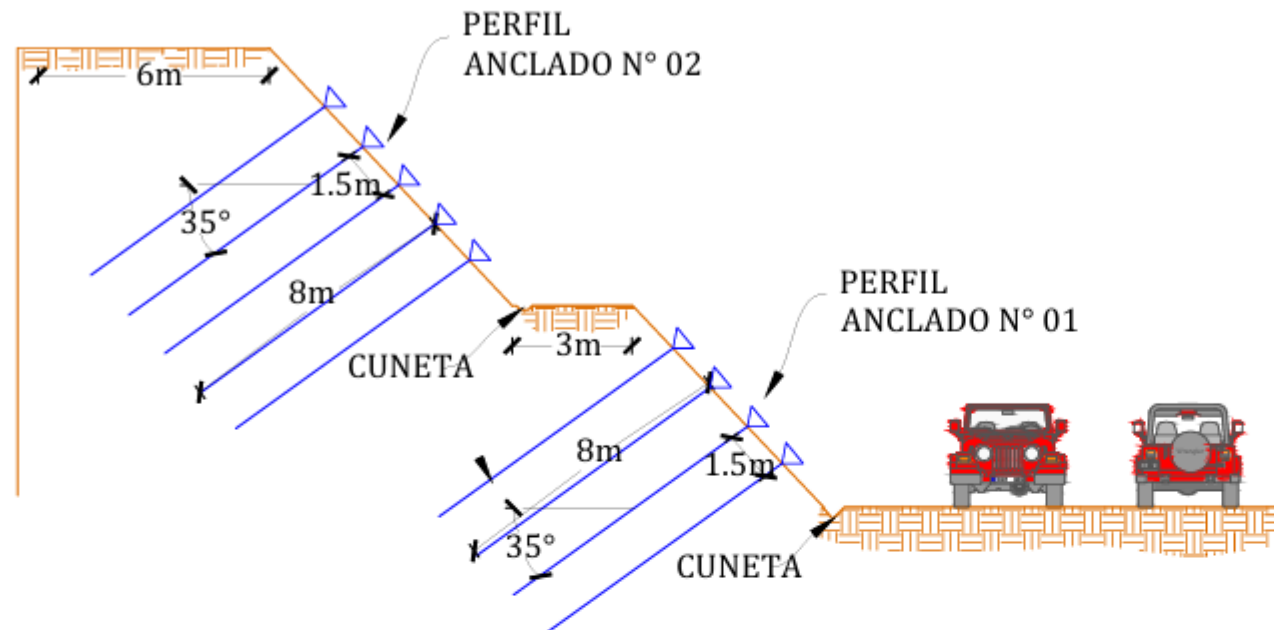
		UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO FACULTAD DE INGENIERÍA E. A. P. DE INGENIERÍA CIVIL	
TESIS IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACIÓN DE ANCLAJES EN EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371-KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO HUÁNUCO, 2023			
PLANO DE DETALLES DE LOS ANCLAJES EN LOS TALUDES DEL KM 372+300		LAMINA: L-02	
ESCALA Indicada	FECHA MAY-2023		

ANEXO 8

**PLANO DE DISEÑO DE ANCLAJES – PROGRESIVA KM
371+200**

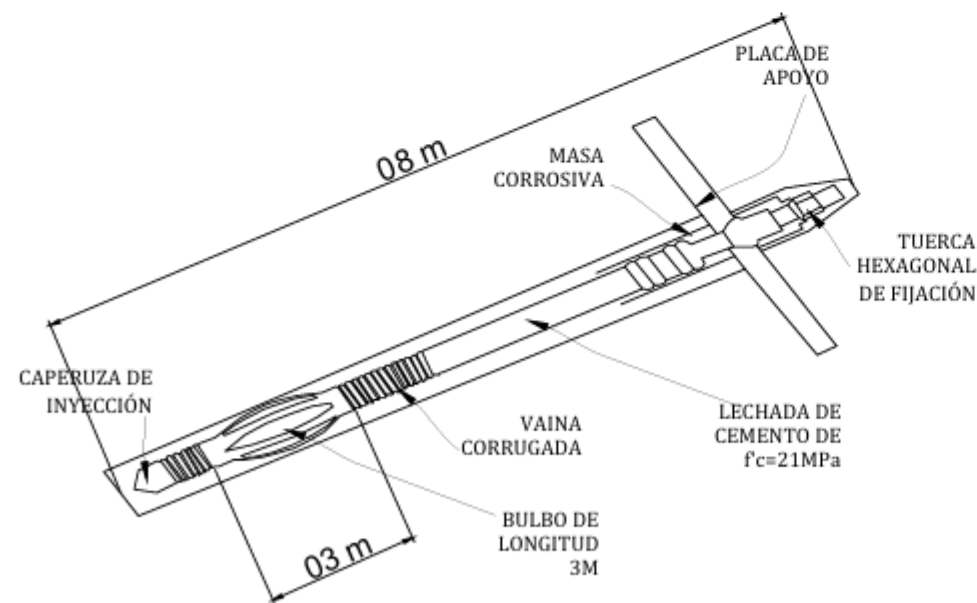
PERFIL DEL TALUD ANCLADO PROGRESIVA KM 371+100

ESC. 1:200



PARÁMETROS DE DISEÑO

ANCLAJE de 8m de longitud, con un diámetro de $\frac{3}{8}$ "
Bulbo de longitud de 3m
Recubrimiento de 20mm en la lechada
ÁNGULO de colocación es de 35°
CARGA NOMINAL (KN) de 30KN
SEPARACIÓN entre los anclajes es 1.5m
LECHADA DE CEMENTO DE $f_c=21\text{MPa}$
CARGA NOMINAL de 45Kn
Verificación de Deslizamiento Acero-Lechada $>0.2\text{m}$
Verificación de falla por Arrancamiento $L_b=3\text{m}$
Verificación de la Tensión en el Acero: Limite de Rotura $AT= 55.7 \text{ mm}^2$ Limite Elástico $AT= 60.90 \text{ mm}^2$



DETALLE DEL ANCLAJE PERMANENTE DEL KM 371+100

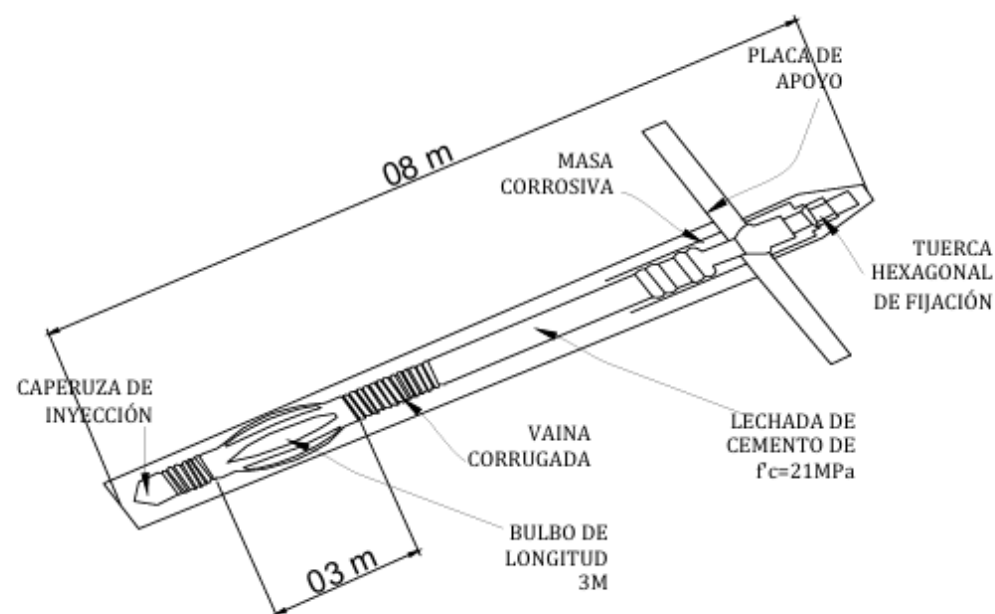
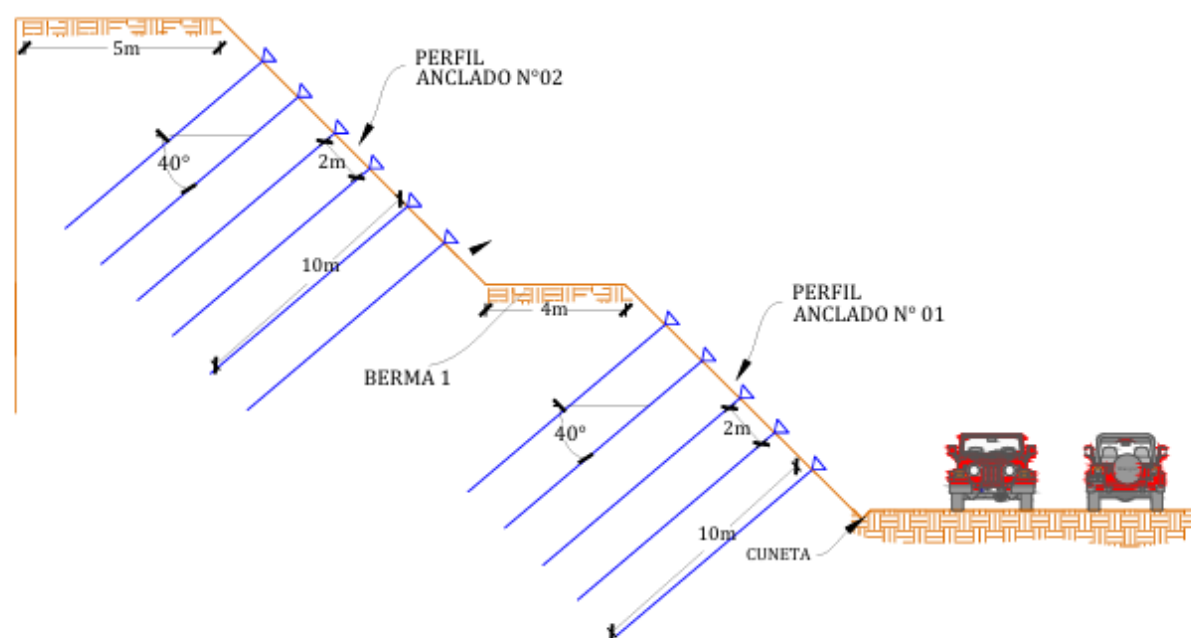
ESC. 1:500

 UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO FACULTAD DE INGENIERÍA E. A. P. DE INGENIERÍA CIVIL	
TESIS IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACIÓN DE ANCLAJES EN EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371-KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO HUÁNUCO, 2023	
PLANO DE DETALLES DE DISEÑO DE LOS ANCLAJES EN EL TALUD DEL KM 371+100	LAMINA : L-03
ESCALA Indicada	FECHA MAY-2023

ANEXO 9
PLANO DE DISEÑO DE ANCLAJES – PROGRESIVA KM
372+300

PERFIL DEL TALUD ANCLADO PROGRESIVA KM 372+300

ESC. 1:200



DETALLE DEL ANCLAJE PERMANENTE DEL KM 372+300

ESC. 1:500

PARÁMETROS DE DISEÑO

ANCLAJE de 10m de longitud, con un diámetro de 1/2"

Bulbo de longitud de 5m

Recubrimiento de 20mm en la lechada

ÁNGULO de colocación es de 40°

CARGA NOMINAL (KN) de 50KN

SEPARACIÓN entre los anclajes es 2.00m

LECHADA DE CEMENTO DE $f'_c=21\text{MPa}$

CARGA NOMINAL de 75Kn

Verificación de Deslizamiento Acero-Lechada $>03\text{m}$

Verificación de falla por Arrancamiento $L_b=5\text{m}$

Verificación de la Tensión en el Acero:

Límite de Rotura $AT=92.9\text{ mm}^2$

Límite Elástico $AT=101.5\text{ mm}^2$



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
E. A. P. DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACIÓN DE ANCLAJES EN EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371-KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO HUÁNUCO, 2023

PLANO

DE DETALLES DE DISEÑO DE LOS ANCLAJES EN EL TALUD DEL KM 372+300

LAMINA:

L-04

ESCALA

Indicada

FECHA

MAY-2023

ANEXO 10

PANEL FOTOGRÁFICO

PANEL FOTOGRAFICO

Foto 1

Daños en la calzada en el KM 371

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	Carretera Cerro de Pasco – Huánuco, KM 371		
PROVINCIA:	PASCO	REGIÓN:	PASCO



Foto 2

Recorrido por el KM 371 al KM 372

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	Carretera Cerro de Pasco – Huánuco, KM 371		
PROVINCIA:	PASCO	PROVINCIA:	PASCO



PANEL FOTOGRAFICO

Foto 3

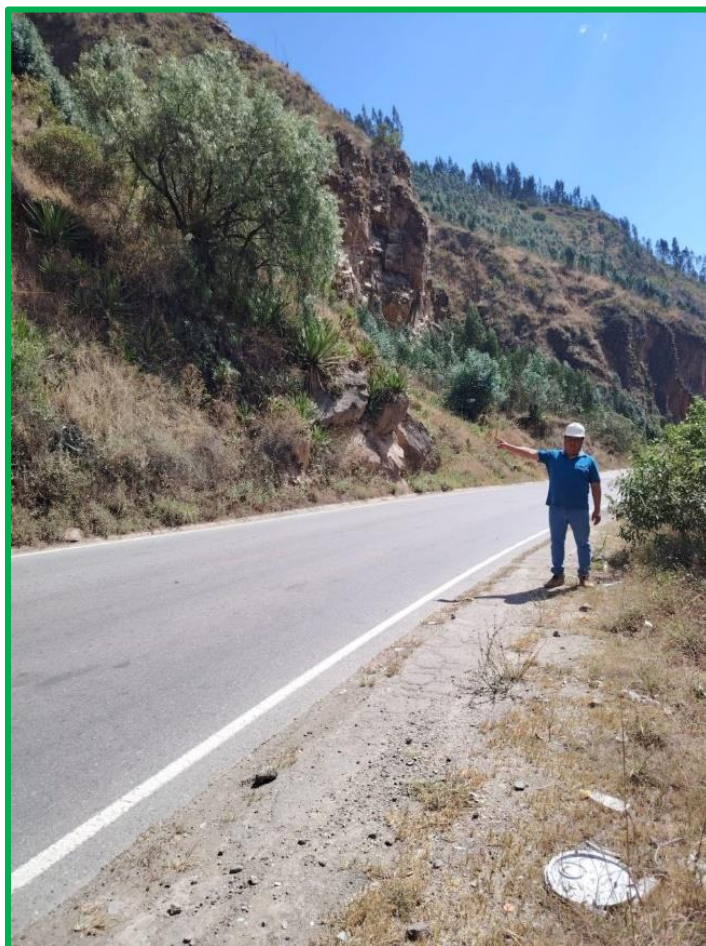
Talud en el KM 372

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	Carretera Cerro de Pasco – Huánuco, KM 372		
PROVINCIA:	PASCO	REGIÓN:	PASCO



Foto 4
Talud en el KM 372

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUÁNUCO - 2023		
LUGAR:	Carretera Cerro de Pasco – Huánuco, KM 372		
PROVINCIA:	PASCO	PROVINCIA:	PASCO



PANEL FOTOGRAFICO

Foto 5

Talud en el KM 372

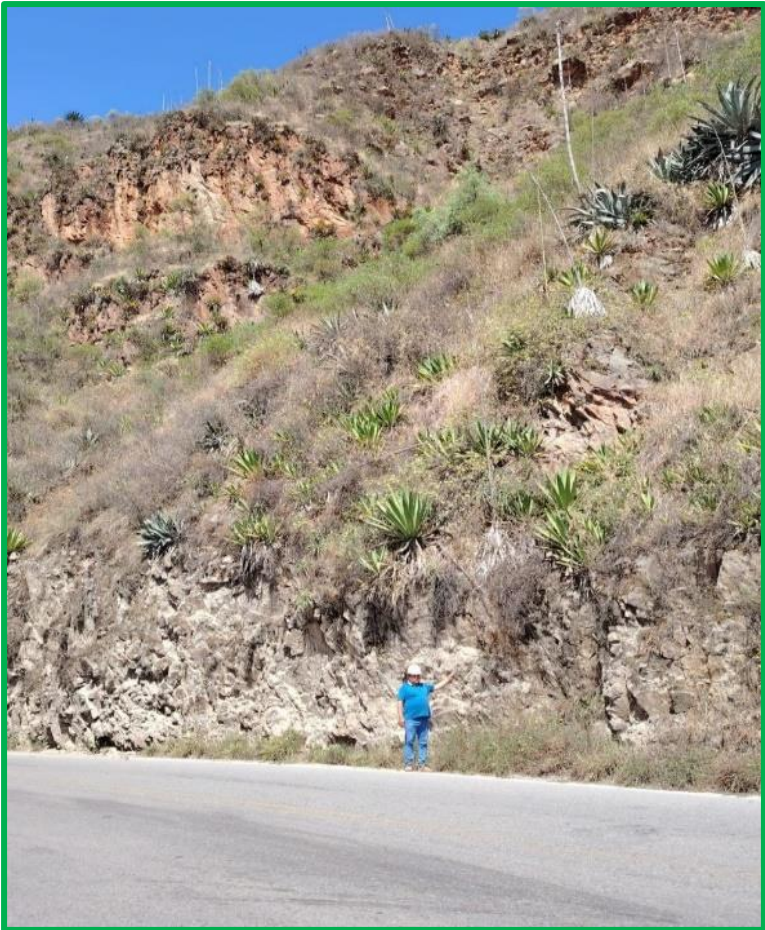
TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	Carretera Cerro de Pasco – Huánuco, KM 372		
PROVINCIA:	PASCO	REGIÓN:	PASCO
			

Foto 6*Talud en el KM 372*

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	Carretera Cerro de Pasco – Huánuco, KM 372		
PROVINCIA:	PASCO	PROVINCIA:	PASCO
			

PANEL FOTOGRAFICO

Foto 7

Visita en campo del KM 373

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	Carretera Cerro de Pasco – Huánuco, KM 373		
PROVINCIA:	PASCO	REGIÓN:	PASCO



Foto 8

Visualizamos talud en el KM 373

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	Carretera Cerro de Pasco – Huánuco, KM 373		
PROVINCIA:	PASCO	PROVINCIA:	PASCO



PANEL FOTOGRAFICO

Foto 9

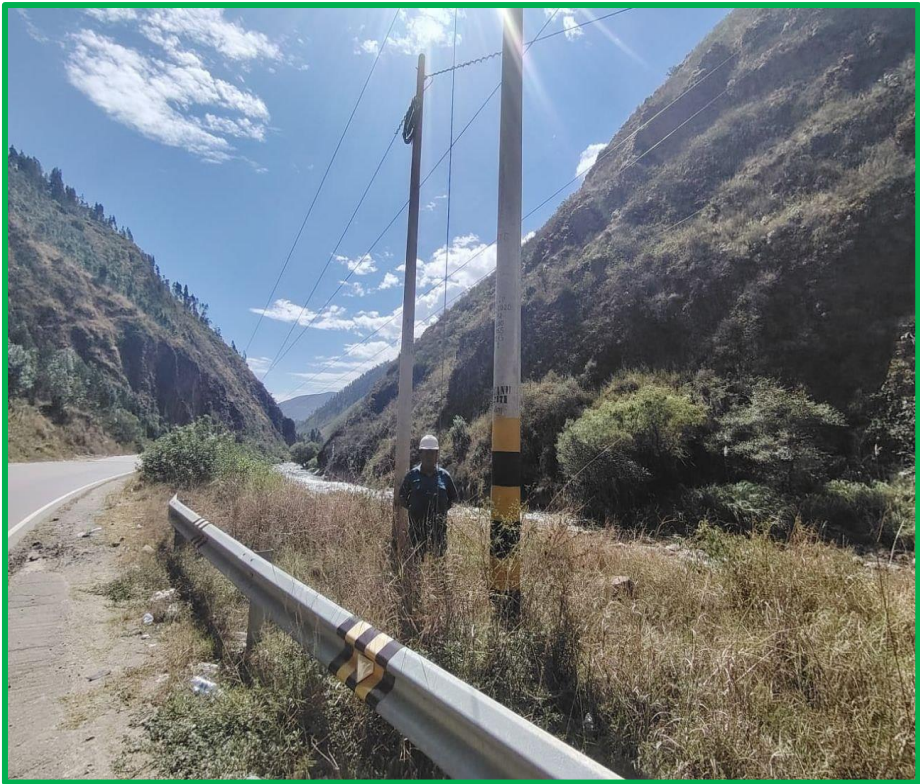
Talud en el KM 372

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	Carretera Cerro de Pasco – Huánuco, KM 372		
PROVINCIA:	PASCO	REGIÓN:	PASCO



Foto 10

Recorrido por el KM 373, verificación de talud.

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	Carretera Cerro de Pasco – Huánuco, KM 373		
PROVINCIA:	PASCO	PROVINCIA:	PASCO
			

PANEL FOTOGRAFICO

Foto 11

Trabajos realizados en el laboratorio de suelos

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS - LABORTEC		
PROVINCIA:	HUANUCO	REGIÓN:	PASCO



Foto 12

El material obtenido se lleva a la máquina para su secado

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS - LABORTEC		
PROVINCIA:	HUANUCO	PROVINCIA:	HUANUCO



PANEL FOTOGRAFICO

Foto 13

Se cierra correctamente la maquina durante el tiempo estipulado para que sece los materiales para su análisis

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023	
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS - LABORTEC	
PROVINCIA:	HUANUCO	PROVINCIA: HUANUCO
		

Foto 14

Se realiza el paso de lavado el material sacado del horno.

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS - LABORTEC		
PROVINCIA:	HUANUCO	PROVINCIA:	HUANUCO



PANEL FOTOGRAFICO

Foto 15

Se prepara el material para poder pasar por los tamices.

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS - LABORTEC		
PROVINCIA:	HUANUCO	PROVINCIA:	HUANUCO
			

Foto 16

Una vez secado el material se lleva a los tamices

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS - LABORTEC		
PROVINCIA:	HUANUCO	PROVINCIA:	HUANUCO
			

PANEL FOTOGRAFICO

Foto 17

Se hecha el material en la pila de tamices para luego poder obtener información necesaria para esta investigación

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS - LABORTEC		
PROVINCIA:	HUANUCO	PROVINCIA:	HUANUCO
			

Foto 18

Se mueve de un lado a otro la pila de tamices para continuar con el procedimiento de ensayo de suelos.

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS - LABORTEC		
PROVINCIA:	HUANUCO	PROVINCIA:	HUANUCO
			

PANEL FOTOGRAFICO

Foto 19

Cazuela ayudara para obtener la información del límite líquido y límite plástico

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS - LABORTEC		
PROVINCIA:	HUANUCO	PROVINCIA:	HUANUCO
			

Foto 20
Limite plástico

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:		IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023	
LUGAR:		LABORATORIO DE SUELOS - LABORTEC	
PROVINCIA:	HUANUCO	PROVINCIA:	HUANUCO
			

PANEL FOTOGRAFICO

Foto 21
Limite Liquido

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS - LABORTEC		
PROVINCIA:	HUANUCO	PROVINCIA:	HUANUCO



Foto 22

Luego es llevado al Horno para su secado.

TITULO DE INFORME FINAL DE TESIS:	IMPACTO DE LA PROPUESTA DE COLOCACION DE ANCLAJES EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD MEDIANE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE, DEL KM 371 – KM 373, CARRETERA CERRO DE PASCO – HUANUCO - 2023		
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS - LABORTEC		
PROVINCIA:	HUANUCO	PROVINCIA:	HUANUCO
			