



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UAC
TESIS

**"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710,
CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE
ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"**

Presentado por:

Alpaca Ninan, Antonio Daniel

Cahuana Surquislla, Roger

Para optar al título profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Montesinos Cervantes, José Alberto

CUSCO – PERU

2022



Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia, por haberme brindado su apoyo incondicional y demostrarme siempre su afecto, para ser mejor persona y profesional.

Roger Cahuana Surquislla

A mi familia quienes supieron guiarme con sus consejos y apoyarme en todo momento a poder culminar mi carrera profesional.

A mis profesores, gracias por su tiempo, su apoyo, y la sabiduría que me transmitieron a lo largo de toda mi estancia universitaria, y un agradecimiento especial a nuestro asesor de tesis por sus enseñanzas y tiempo invertido en esta investigación.

Un agradecimiento a todos mis amigos que apoyaron directa e indirectamente el desarrollo de esta investigación, por sus consejos, soporte y enseñanzas brindadas, y un agradecimiento especial a mi compañero de tesis, por su compromiso durante el avance de la presente tesis que hizo posible la culminación de la misma.

Antonio Daniel Alpaca Ninan



Agradecimientos

En primer lugar, agradecemos a Dios, por su infinita bondad, por acompañarnos siempre y darnos fuerzas todos los días.

A nuestro asesor Mgtr. José Alberto Montesinos Cervantes, por su paciencia y constancia quien gracias a sus consejos, experiencia y tiempo invertido como profesional no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

A todas aquellas personas quienes nos ayudaron directa e indirectamente en la elaboración de este proyecto, por brindándonos su apoyo y por la gran calidad humana que nos demostraron con su amistad.

Y gracias a todos los que nos brindaron su ayuda en la realización de este proyecto.



Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo analizar la estabilidad del talud ubicado en la progresiva 23+710; de la Carretera Yaurisque – Ranraccasa, Paruro y plantear una propuesta de estabilización. Para lo cual, tras haber obtenido información de las propiedades físico mecánicas de los suelos y características topográficas del talud, se determinó el factor de seguridad (FS) y su interpretación, a partir de esto se propuso un sistema de estabilización, empleando la metodología de equilibrio límite por medio del análisis y modelado en el software Geo5.

Para alcanzar del objetivo del presente trabajo de tesis, primeramente, se realizó el reconocimiento del área de estudio, la inspección e identificación del talud más crítico. Con la información obtenida se procedió a realizar un levantamiento topográfico a fin de conocer las características morfológicas de la superficie del terreno y establecer las secciones de análisis.

Posteriormente se efectuó la prueba del sondaje eléctrico vertical (SEV), considerando las zonas más críticas del talud definidas anteriormente, para, mediante las propiedades eléctricas del suelo, conocer la distribución de resistividad del suelo de esta manera determinar la estratificación geoelectrica del terreno, conocer el lecho rocoso e identificar el nivel freático; con la interpretación de lo anterior, se procedió a extraer muestras de suelo de las calicatas emplazadas a partir de la información anterior, con el propósito de conocer las propiedades físico mecánicas de los suelos presentes en el área de estudio, mediante la ejecución de ensayos de laboratorio e insitu; ensayos tales como: Ensayo de compresión triaxial del tipo No consolidado No drenado (UU), Análisis Granulométrico por tamizado, Límite líquido, Límite Plástico, Contenido de humedad natural, Ensayo de Velocidad de Infiltración (Porchet), Densidad de Campo mediante el Ensayo de Cono de Arena, Ensayo de penetrómetro Dinámico Ligero (DPL) y gravedad específica mediante el picnómetro de agua, los cuales nos permitieron determinar algunos parámetros importantes de los suelos, como: Clasificación del suelo, peso específico, Ángulo de fricción interna, cohesión, etc., estos parámetros fueron fundamentales para la obtención del factor de seguridad (FS) y análisis de la estabilidad del talud, empleando la metodología de equilibrio límite la cual se basa en las leyes de la estática para determinar el estado de equilibrio de una masa de terreno potencialmente inestable donde las fuerzas resistentes y desestabilizadoras están uniformemente a lo largo de la superficie de falla del talud; mediante el uso del software Geo5 en su presentación “Estabilidad de Taludes”, el cual es un software que engloba los métodos de equilibrio límite.



Finalmente, se obtuvo un valor máximo del factor de seguridad (FS) para las secciones de análisis de 1.35, determinándose así; que el talud de estudio es inestable de acuerdo al factor seguridad (FS) mínimo de 1.5 requerido por la normativa nacional CE020 “Estabilización de suelos y taludes”. Por lo tanto, se propuso un sistema de estabilización con la modificación de la sección del talud mediante la reducción de la pendiente (abatimiento del talud), incorporación de muros de contención (gaviones) y sistema de drenaje, para luego realizar su correspondiente análisis lográndose alcanzar un factor de seguridad (FS) mínimo de 1.50 lo cual supera el factor de seguridad mínimo requerido por la normativa nacional CE020 “Estabilización de suelos y taludes”, garantizando de esta manera la estabilidad del talud.

Palabras claves: Talud, Análisis Estabilidad de Taludes, Factor de Seguridad, Equilibrio Limite.



Abstract

The present investigation had as objective to analyze the stability of the slope located in the progressive 23+710; of the Yaurisque - Ranraccasa Highway, Paruro and plan a stabilization proposal. For which, after having obtained information on the physical-mechanical properties of the soils and topographic characteristics of the slope, the factor of safety (FS) and its interpretation were determined, from this a stabilization system was proposed, using the methodology of limit equilibrium through analysis and modeling in Geo5 software.

To achieve the objective of this thesis work, firstly, the recognition of the study area, the inspection and identification of the most critical slope was carried out. With the information obtained, a topographic survey was carried out in order to know the morphological characteristics of the land surface and establish the analysis sections.

Subsequently, the vertical electrical sounding (SEV) test was carried out, considering the most critical areas of the slope defined above, to, through the electrical properties of the soil, know the resistivity distribution of the soil, thus determining the geoelectric stratification of the terrain, knowing bedrock and identify the water table; With the interpretation of the above, we proceeded to extract soil samples from the pits located from the previous information, with the purpose of knowing the physical-mechanical properties of the soils present in the study area, through the execution of tests of laboratory and in situ; tests such as: Triaxial compression test of the Unconsolidated Undrained (UU) type, Granulometric Analysis by sieving, Liquid Limit, Plastic Limit, Natural Moisture Content, Infiltration Rate Test (Porchet), Field Density by the Sand cone, Light Dynamic Penetrometer (DPL) test and specific gravity using the water pycnometer, which allowed us to determine some important soil parameters, such as: Soil classification, specific weight, Angle of internal friction, cohesion, etc. ., these parameters were essential for obtaining the safety factor (FS) and slope stability analysis, using the limit equilibrium methodology which is based on the laws of statics to determine the equilibrium state of a mass of potentially unstable terrain where resisting and destabilizing forces are uniformly along the failure surface of the slope; through the use of Geo5 software in its presentation "Slope Stability", which is a software that includes limit equilibrium methods.

Finally, a maximum value of the safety factor (FS) for the analysis sections of 1.35 was obtained, thus being determined; that the studied slope is unstable according to the minimum safety factor (FS) of 1.5 required by the national regulation CE020 "Stabilization of soils and slopes". Therefore, a stabilization system was proposed with the modification of the slope



section by reducing the slope (lowering the slope), incorporating retaining walls (gabions) and a drainage system, to later carry out its corresponding analysis, achieving achieve a minimum safety factor (FS) of 1.50, which exceeds the minimum safety factor required by national regulation CE020 "Stabilization of soils and slopes", thus guaranteeing the stability of the slope.

Keywords: Slope, Slope Stability Analysis, Safety Factor, Limit Equilibrium.

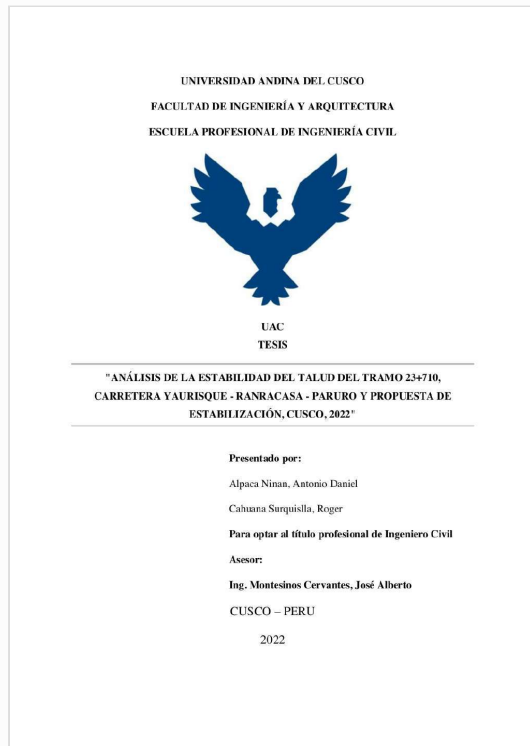


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Roger Cahuana Surquislla
Título del ejercicio: TESIS
Título de la entrega: TESIS FINAL
Nombre del archivo: Tesis_Estabilidad_de_Talud_Cahuana-Alpaca.docx
Tamaño del archivo: 42.72M
Total páginas: 445
Total de palabras: 48,972
Total de caracteres: 264,525
Fecha de entrega: 17-may.-2023 04:55p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2095760858





TESIS FINAL

por Roger Cahuana Surquislla

Fecha de entrega: 17-may-2023 04:55p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2095760858

Nombre del archivo: Tesis_Estabilidad_de_Talud_Cahuana-Alpaca.docx (42.72M)

Total de palabras: 48972

Total de caracteres: 264525





1
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UAC

TESIS

"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710,
CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE
ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"

Presentado por:

Alpaca Ninan, Antonio Daniel

Cahuana Surquislla, Roger

2

Para optar al título profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Montesinos Cervantes, José Alberto

CUSCO – PERU

2022



INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	aprenderly.com Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Coliente Tlaxcalteca Alfredo. "Inestabilidad de laderas y taludes", TESIUNAM, 2010 Publicación	<1%
6	Parcero López Ancelmo Rolando. "Estabilidad de taludes de presas de tierra y enrocado ante sismos y fuerzas de filtración", TESIUNAM, 2017 Publicación	<1%
7	HERRERA VILLAVICENCIO JUVENAL. "Programa de Reconversión y Manejo de Áreas Degradadas del Proyecto Construcción	<1%



Introducción

La carretera Yaurisque – Ranraccasa – Paruro representa una importante infraestructura vial tanto de acceso, transporte y conexión a la ciudad del Cusco, así como un importante factor para el desarrollo económico de los pobladores de las distintas comunidades aledañas, beneficiarios de la vía, la cual debido al aumento del parque automotor así como el crecimiento de los usuarios de la vía ha sido objeto de diferentes intervenciones como: trazo de nuevas rutas, construcción de terraplenes y la ampliación de las dimensiones de la calzada, esto sumado a la escarpada topografía y factores hidrológicos, muy características de la serranía de nuestro país, condujeron a la ejecución de cortes y rellenos que conllevaron a la modificación de la geometría natural de los taludes, presentes en la vía, resultando estos en nuevos taludes con distinta morfología y pendiente además de la existencia de problemas geodinámicos y aguas subterráneas los cuales provocaron deslizamientos de tierras, caídas de rocas etc., originados por la inestabilidad de los taludes. Todo esto resultando en la obstrucción de la vía además de ser un peligro para conductores y peatones.

Por tal motivo es imperativo el estudio y la búsqueda de alternativas de solución que mejoren la estabilidad de los taludes. Siendo el objetivo del presente trabajo de tesis analizar la estabilidad del talud de la carretera Yaurisque – Ranraccasa – Paruro, tramo 23+710 y proponer un sistema de estabilización. Para lo cual se obtuvo el factor de seguridad (FS) del talud empleando el método de equilibrio limite mediante el software Geo5, el cual consisten en dividir la masa del terreno potencialmente inestable en rebanadas verticales, calcular el equilibrio de cada una de ellas y analizar el equilibrio global, lo cual nos permitió conocer la estabilidad del talud por medio de la interpretación del factor de seguridad (FS).

El análisis de la estabilidad de taludes aporta de manera sustancial en la protección de infraestructuras en especial la construcción de carreteras, ya que, al optimizarse su diseño y proceso constructivo, se optimiza también su costo de construcción, mantenimiento, reposición y vida útil además de brindar al usuario mayor confiabilidad y seguridad lo cual mejora el estándar de calidad de nuestros caminos. La propuesta de estabilización planteada está en función directa del tipo de suelo y topografía del talud, por esta razón, en esta investigación, se realizó una aplicación práctica, seleccionando un talud de nuestro medio para poder efectuar el correspondiente estudio y plantear una solución.

Para tal efecto, se llevó a cabo el reconocimiento del talud, realización de ensayos y pruebas en campo, ensayos de laboratorio, procesamiento de datos, determinación e interpretación de los



resultados. Por ende, la presente investigación consta de seis capítulos siguiendo el siguiente orden:

Capítulo I: Está referido al planteamiento del problema e identificación, justificación e importancia de la investigación, limitaciones y objetivos de la investigación.

Capítulo II: Se presentan los antecedentes nacionales e internacionales relacionadas al tema de estudio donde se detallan aspectos fundamentales de la estabilidad de taludes, los cuales sirvieron de apoyo para la presente investigación, además este capítulo contiene los aspectos teóricos pertinentes, hipótesis y definición de las variables estudiadas en la investigación.

Capítulo III: Se pormenorizan la metodología y diseño de la investigación, la descripción de la población y muestra, los criterios de inclusión, los instrumentos metodológicos y de ingeniería, los procedimientos de recolección de datos y análisis de datos.

Capítulo IV: Se exponen e interpretan los resultados de la investigación.

Capítulo V: Se presentan, las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos de la investigación.



Índice General

Dedicatoria	i
Agradecimientos.....	ii
Resumen	iii
Abstract	v
Introducción	vii
Índice General	ix
Índice de Tablas	xiii
Índice de Figuras	xxiv
Capítulo I: Planteamiento del Problema.....	1
1.1 Identificación del problema	1
1.1.1 Descripción del problema.....	1
1.1.2 Formulación interrogativa del problema	3
1.2 Justificación e importancia de la investigación	4
1.2.1 Justificación técnica	4
1.2.2 Justificación social	4
1.2.3 Justificación por viabilidad	5
1.2.4 Justificación por relevancia.....	5
1.3 Limitaciones de la investigación	5
1.4 Objetivo de investigación	7
1.4.1 Objetivo General	7
1.4.2 Objetivos Específicos.....	7
Capítulo II: Marco Teórico	8
2.1 Antecedentes de la tesis	8
2.1.1 Antecedentes a Nivel Nacional	8
2.1.2 Antecedentes a Nivel Internacional.....	10
2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes.....	13
2.2.1 Análisis de la Estabilidad de Taludes.....	13
2.2.2 Talud.....	13
2.2.3 Parámetros necesarios en el cálculo del equilibrio.....	22



2.2.4	Propiedades físico mecánica de los suelos	30
2.2.5	Ensayos de laboratorio	37
2.2.6	Topografía	45
2.2.7	Estudios de Infiltración	46
2.2.8	Factor de seguridad	47
2.2.9	Obtención del Factor de Seguridad	48
2.2.10	Metodologías para el Análisis de Estabilidad de Taludes	48
2.2.11	Aplicaciones Informáticas	60
2.2.12	Métodos para estabilizar Taludes	60
2.2.13	Principales métodos de Estabilización	62
2.3	Hipótesis	69
2.3.1	Hipótesis general	69
2.3.2	Sub hipótesis	69
2.4	Definición de Variables	70
2.4.1	Variables Independientes	70
2.4.2	Variable Dependiente	70
2.4.3	Cuadro de operacionalización de variables	70
Capitulo III: Metodología.....		71
3.1	Metodología de la tesis	71
3.1.1	Enfoque de la investigación	71
3.1.2	Nivel de la investigación	71
3.1.3	Método de la investigación	71
3.2	Diseño de la investigación	71
3.2.1	Diseño metodológico.....	71
3.2.2	Diseño de Ingeniería.....	71
3.3	Población y Muestra	73
3.3.1	Población.....	73
3.3.2	Muestra.....	74
3.3.3	Criterios de inclusión	75



3.4	Instrumentos	76
3.4.1	Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos	76
3.4.2	Instrumentos de ingeniería	88
3.5	Procedimientos de Recolección de Datos.....	104
3.5.1	Reconocimiento e Inventario de Campo	104
3.5.2	Levantamiento Topográfico	109
3.5.3	Sondaje eléctrico Vertical (SEV)	123
3.5.4	Análisis Granulométrico por Tamizado	130
3.5.5	Límites de Consistencia de los Suelos	141
3.5.6	Ensayo para Determinar el Contenido Humedad del Suelo.....	156
3.5.7	Ensayo de Densidad de Campo Insitu Mediante Cono de Arena	161
3.5.8	Ensayo estándar para la Gravedad Especifica de Solidos mediante Picnómetro de Agua	171
3.5.9	Ensayo de Velocidad de Infiltración en el suelo por el Método de Porchet	178
3.5.10	Ensayo de Compresión Triaxial No Consolidado No Drenado (UU).....	182
3.5.11	Ensayo Normalizado para la auscultación con penetrómetro Dinámico Ligero de punta Cónica (DPL)	208
3.6	Procedimiento de Análisis de datos.....	215
3.6.1	Levantamiento Topográfico	215
3.6.2	Estudio Geológico	226
3.6.3	Sondaje eléctrico vertical (SEV)	235
3.6.4	Análisis Granulométrico por Tamizado	238
3.6.5	Límites de Consistencia de los suelos	245
3.6.6	Ensayo para Determinar el Contenido de Humedad del Suelo	252
3.6.7	Ensayo de Densidad de Campo Insitu Mediante Cono de Arena	257
3.6.8	Ensayo Estandart para la Gravedad Especifica de los Sólidos Mediante Picnómetro de agua.....	262
3.6.9	Clasificación de suelos por el método SUCS.....	276



3.6.10	Ensayo de Velocidad de Infiltración en el suelo por el Método Porchet	283
3.6.11	Ensayo de Compresión triaxial No consolidado No drenado (UU)	290
3.6.12	Ensayo Normalizado para la auscultación con penetrómetro Dinámico Liger de punta Cónica (DPL)	336
3.6.13	Cálculo de las Pendientes de las secciones del talud	363
3.6.14	Cálculo del Factor de Seguridad del Talud Natural	367
3.6.15	Cálculo del factor de Seguridad del Talud Con la Propuesta de Estabilización 383	
Capitulo IV: Resultados		395
4.1	Del Levantamiento Topografía.....	395
4.2	Respecto al Estudio de Suelos	395
4.3	Del Sondaje Eléctrico Vertical	398
4.4	Respecto al Factor de Seguridad	398
4.5	Con respecto al factor de seguridad con la propuesta de estabilización.....	398
Capítulo V: Discusión		400
Glosario		403
Conclusiones		407
Recomendaciones.....		409
Referencias		411
Anexos.....		416
Apéndice.....		552



Índice de Tablas

Tabla 1: Coordenadas geográficas del punto de interés.....	2
Tabla 2: Ubicación Política.....	2
Tabla 3: Factores inherentes a la estabilidad de Taludes	19
Tabla 4: Parámetros elásticos para varios tipos de suelos.....	26
Tabla 5: Rangos de valor del Módulo de Elasticidad Es para suelos seleccionados	27
Tabla 6: Parámetros elásticos para varios tipos de suelos.....	28
Tabla 7: Valores o rangos del Módulo de Possion para diferentes tipos de suelo	28
Tabla 8: Rango de valores aproximado del módulo edométrico.....	29
Tabla 9: Clasificación de suelos según índice de plasticidad	33
Tabla 10: Sistema de clasificación de suelos por SUCS.....	35
Tabla 11: Sistema USCS.....	35
Tabla 12: Sistema de clasificación de suelos por SUCS.....	36
Tabla 13: Características de los Suelos – Según AASHTO.....	37
Tabla 14: Coeficientes de seguridad a emplear en el análisis de estabilidad de taludes.....	48
Tabla 15: Principales Métodos para el análisis de estabilidad de Taludes por Equilibrio Limite	51
Tabla 16: Cuadro de operacionalización de variables.....	70
Tabla 17: Cuadro de ensayos a desarrollarse para el análisis del talud de estudio	75
Tabla 18: Formato N° 01 para recolección de datos de Reconocimiento e Inventario de Campo	77
Tabla 19: Formato N° 02 para recolección de datos del Levantamiento Topográfico	78
Tabla 20: Formato N° 03 para la recolección de datos del Sondaje Eléctrico Vertical	79
Tabla 21: Formato N° 04 para toma de datos del Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado.....	80
Tabla 22: Formato N° 05 toma de datos Límites de Consistencia de los Suelos.....	81
Tabla 23: Formato N° 06 toma de datos para Ensayo para determinar el contenido de humedad del suelo.....	82
Tabla 24: Formato N° 07 Ensayo para determinar la densidad y peso unitario del suelo insitu mediante el método del cono de arena.	83
Tabla 25: Formato N° 08 para toma de datos de Ensayo Estándar para la Gravedad Especifica de Solidos de Suelo Mediante Picnómetro de Agua	84



Tabla 26: Formato N° 09 para toma de datos Velocidad de Infiltración en el suelo- Método de Porchet.....	85
Tabla 27: Formato N° 10 para toma de datos Ensayo de compresión triaxial del tipo No consolidado No drenado (UU).	86
Tabla 28: Formato N° 11 Toma de datos de auscultación con penetrómetro dinámico ligero (DPL).....	87
Tabla 29: Instrumentos de Ingeniería para el Levantamiento Topográfico.	88
Tabla 30: Instrumentos de Ingeniería para el Sondaje Eléctrico vertical.....	90
Tabla 31: Instrumentos de Ingeniería para los Ensayos de Análisis Granulométrico por Tamizado.....	92
Tabla 32: Instrumentos de Ingeniería para el Ensayo para Determinar el Límite Líquido.....	93
Tabla 33: Instrumentos de Ingeniería para el Ensayo para Determinar el Límite Plástico.....	94
Tabla 34: Instrumentos de Ingeniería del Ensayo para Determinar el Contenido de Humedad del Suelo.....	96
Tabla 35: Instrumentos de Ingeniería para el Ensayo para Determinar la Densidad y Peso Unitario del Suelo Insitu mediante el Método del Cono de Arena	97
Tabla 36: Instrumentos de ingeniería para el ensayo estándar para la gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua	98
Tabla 37: Instrumentos de Ingeniería para el ensayo de Velocidad de Infiltración en el Suelo por el Método de Porchet.	100
Tabla 38: Instrumentos de ingeniería para el Ensayo de compresión triaxial del tipo No consolidado No drenado (UU)	101
Tabla 39: Instrumentos de ingeniería para el ensayo normalizado para la auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL).	102
Tabla 40: Formato N° 01 inventario de visita a campo	106
Tabla 41: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 01-32... ..	112
Tabla 42: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 33-64... ..	113
Tabla 43: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 65-96... ..	114
Tabla 44: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 97-128.	115
Tabla 45: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 129-160	116
Tabla 46: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 161-192	117



Tabla 47: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 193-224	118
Tabla 48: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 225-256	119
Tabla 49: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 257-288	120
Tabla 50: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 289-320	121
Tabla 51: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 321-332	122
Tabla 52: Formato N° 03 toma de datos Valores de Resistividades Aparentes de SEV-01 .	127
Tabla 53: Formato N° 03 toma de datos Valores de Resistividades Aparentes de SEV-02 .	128
Tabla 54: Formato N° 03 toma de datos Valores de Resistividades Aparentes de SEV-03 .	129
Tabla 55: Formato N° 04 para toma de datos Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado Calicata 01, C-01.....	135
Tabla 56: Formato N° 04 para toma de datos Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado Calicata 02, C-02.....	136
Tabla 57: Formato N° 04 para toma de datos Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado Calicata 03, C-03.....	137
Tabla 58: Formato N° 04 para toma de datos Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado Calicata 04, C-04.....	138
Tabla 59: Formato N° 04 para toma de datos Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado Calicata 05, C-05.....	139
Tabla 60: Formato N° 04 para toma de datos Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado Calicata 06, C-06.....	140
Tabla 61: Formato N° 05 toma de datos Límites de Consistencia Calicata 01, C-01.....	150
Tabla 62: Formato N° 05 toma de datos Límites de Consistencia Calicata 02, C-02.....	151
Tabla 63: Formato N° 05 toma de datos Límites de Consistencia Calicata 03, C-03.....	152
Tabla 64: Formato N° 05 toma de datos Límites de Consistencia Calicata 04, C-04.....	153
Tabla 65: Formato N° 05 toma de datos Límites de Consistencia Calicata 05, C-05.....	154
Tabla 66: Formato N° 05 toma de datos Límites de Consistencia Calicata 06, C-06.....	155
Tabla 67: Toma de datos, ensayo 01	158
Tabla 68: Toma de datos, ensayo 02	158
Tabla 69: Toma de datos, ensayo 03	159



Tabla 70: Toma de datos, ensayo 04	159
Tabla 71: Toma de datos, ensayo 05	160
Tabla 72: Toma de datos, ensayo 06	160
Tabla 73: Toma de datos, ensayo 01	165
Tabla 74: Toma de datos, ensayo 02	166
Tabla 75: Toma de datos, ensayo 03	167
Tabla 76: Toma de datos, ensayo 04	168
Tabla 77: Toma de datos, ensayo 05	169
Tabla 78: Toma de datos, ensayo 06	170
Tabla 79: Toma de datos, ensayo 01	175
Tabla 80: Toma de datos, ensayo 02	175
Tabla 81: Toma de datos, ensayo 03	176
Tabla 82: Toma de datos, ensayo 04	176
Tabla 83: Toma de datos, ensayo 05	177
Tabla 84: Toma de datos, ensayo 06	177
Tabla 85: Formato N° 09 toma de datos Velocidad de Infiltración en el suelo- Método de Porchet (Calicatas 1-6).	181
Tabla 86: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 01 – Ensayo 01	190
Tabla 87: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 01 – Ensayo 02	191
Tabla 88: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 01 – Ensayo 03	192
Tabla 89: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 02 – Ensayo 01	193
Tabla 90: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 02 – Ensayo 02	194
Tabla 91: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 02 – Ensayo 03	195
Tabla 92: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 03 – Ensayo 01	196
Tabla 93: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 03 – Ensayo 02	197
Tabla 94: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 03 – Ensayo 03	198
Tabla 95: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 04 – Ensayo 01	199
Tabla 96: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 04 – Ensayo 02	200
Tabla 97: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 04 – Ensayo 03	201
Tabla 98: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 05 – Ensayo 01	202
Tabla 99: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 05 – Ensayo 02	203
Tabla 100: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 05 – Ensayo 03	204
Tabla 101: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 06 – Ensayo 01	205
Tabla 102: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 06 – Ensayo 02	206



Tabla 103: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 06 – Ensayo 03	207
Tabla 104: Toma de datos, ensayo DPL 01	211
Tabla 105: Toma de datos, ensayo DPL 02	212
Tabla 106: Toma de datos, ensayo DPL 03	213
Tabla 107: Toma de datos, ensayo DPL 04	214
Tabla 108: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 01-32.....	215
Tabla 109: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 33-64.....	216
Tabla 110: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 65-96.....	217
Tabla 111: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 97-128.....	218
Tabla 112: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 129-160.....	219
Tabla 113: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 161-192.....	220
Tabla 114: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 193-224.....	221
Tabla 115: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 225-256.....	222
Tabla 116: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 257-288.....	223
Tabla 117: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 289-320.....	224
Tabla 118: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 321-332.....	225
Tabla 119: Características litológicas de las unidades geológicas respecto a sus aplicaciones para la evaluación de recursos y los planes de ordenamiento territorial	234
Tabla 120: Análisis de Resistividades Aparentes de SEV-01	235
Tabla 121: Análisis de Resistividades Aparentes de SEV-02.....	236
Tabla 122: Análisis de Resistividades Aparentes de SEV-03.....	236
Tabla 123: Procesamiento de datos del Ensayo, Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 01, C-01	239
Tabla 124: Procesamiento de datos del Ensayo, Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 02, C-02.....	240
Tabla 125: Procesamiento de datos del Ensayo, Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 03, C-03.....	241
Tabla 126: Procesamiento de datos del Ensayo, Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 04, C-04.....	242
Tabla 127: Procesamiento de datos del Ensayo, Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 05, C-05.....	243
Tabla 128: Procesamiento de datos del Ensayo, Análisis Granulométrico por Tamizado Calicata 06, C-06.....	244



Tabla 129: Procesamiento de para el límite líquido, límite plástico calicata e índice de plasticidad Calicata 01, C-01.	246
Tabla 130: Procesamiento de para el límite líquido, límite plástico calicata e índice de plasticidad Calicata 02, C-02.	247
Tabla 131: Procesamiento de para el límite líquido, límite plástico calicata e índice de plasticidad Calicata 03, C-03.	248
Tabla 132: Procesamiento de para el límite líquido, límite plástico calicata e índice de plasticidad Calicata 04, C-04.	249
Tabla 133: Procesamiento de para el límite líquido, límite plástico calicata e índice de plasticidad Calicata 05, C-05.	250
Tabla 134: Procesamiento de para el límite líquido, límite plástico calicata e índice de plasticidad Calicata 06, C-06.	251
Tabla 135: Procesamiento Humedad del suelo, ensayo 01	253
Tabla 136: Procesamiento Humedad del suelo, ensayo 02	253
Tabla 137: Procesamiento Humedad del suelo, ensayo 03	254
Tabla 138: Procesamiento Humedad del suelo, ensayo 04	254
Tabla 139: Procesamiento Humedad del suelo, ensayo 05	255
Tabla 140: Procesamiento Humedad del suelo, ensayo 06	255
Tabla 141: Procesamiento del ensayo Densidad de Campo, ensayo 01	258
Tabla 142: Procesamiento del ensayo Densidad de Campo, ensayo 02	259
Tabla 143: Procesamiento del ensayo Densidad de Campo, ensayo 03	259
Tabla 144: Procesamiento del ensayo Densidad de Campo, ensayo 04	260
Tabla 145: Procesamiento del ensayo Densidad de Campo, ensayo 05	260
Tabla 146: Procesamiento del ensayo Densidad de Campo, ensayo 06	261
Tabla 147: Procesamiento del ensayo Gravedad Especifica, ensayo 01	264
Tabla 148: Procesamiento de las Relaciones Gravimétricas y Volumétricas, ensayo 01	265
Tabla 149: Procesamiento del ensayo Gravedad Especifica, ensayo 02	266
Tabla 150: Procesamiento de las Relaciones Gravimétricas y Volumétricas, ensayo 02	267
Tabla 151: Procesamiento del ensayo Gravedad Especifica, ensayo 03	268
Tabla 152: Procesamiento de las Relaciones Gravimétricas y Volumétricas, ensayo 03	269
Tabla 153: Procesamiento del ensayo Gravedad Especifica, ensayo 04	270
Tabla 154: Procesamiento de las Relaciones Gravimétricas y Volumétricas, ensayo 04	271
Tabla 155: Procesamiento del ensayo Gravedad Especifica, ensayo 05	272
Tabla 156: Procesamiento de las Relaciones Gravimétricas y Volumétricas, ensayo 05	273



Tabla 157: Procesamiento del ensayo Gravedad Especifica, ensayo 06.....	274
Tabla 158: Procesamiento de las Relaciones Gravimétricas y Volumétricas, ensayo 06.....	275
Tabla 159: Clasificación de suelos SUCS Calicata 01, C-01.....	277
Tabla 160: Clasificación de suelos SUCS Calicata 02, C-02.....	278
Tabla 161: Clasificación de suelos SUCS Calicata 03, C-03.....	279
Tabla 162: Clasificación de suelos SUCS Calicata 04, C-04.....	280
Tabla 163: Clasificación de suelos SUCS Calicata 05, C-05.....	281
Tabla 164: Clasificación de suelos SUCS Calicata 06, C-06.....	282
Tabla 165: Procesamiento de datos del ensayo de velocidad de infiltración en el suelo por el método de Porchet – Calicata 01	284
Tabla 166: Procesamiento de datos del ensayo de velocidad de infiltración en el suelo por el método de Porchet – Calicata 02.....	285
Tabla 167: Procesamiento de datos del ensayo de velocidad de infiltración en el suelo por el método de Porchet – Calicata 03.....	286
Tabla 168: Procesamiento de datos del ensayo de velocidad de infiltración en el suelo por el método de Porchet – Calicata 04.....	287
Tabla 169: Procesamiento de datos del ensayo de velocidad de infiltración en el suelo por el método de Porchet – Calicata 05.....	288
Tabla 170: Procesamiento de datos del ensayo de velocidad de infiltración en el suelo por el método de Porchet – Calicata 06.....	289
Tabla 171: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 01 – Ensayo 01.....	293
Tabla 172: Procesamiento de datos Compresión Triaxial UU, Calicata 01 – Ensayo 02.....	294
Tabla 173: Procesamiento de datos Compresión Triaxial UU, Calicata 01 – Ensayo 03.....	295
Tabla 174: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 01, Grafico Esfuerzo Deformación, Esfuerzos Efectivos y Totales	296
Tabla 175: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 01, Valores de Circulo de Mohr	297
Tabla 176: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 01, Cálculo del Ángulo de Fricción y Cohesión por Métodos Analíticos.....	298
Tabla 177: Gráfico Circulo de Morh Esfuerzos Totales y Esfuerzos Efectivos, Calicata 01	299
Tabla 178: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 02 – Ensayo 01	300



Tabla 179: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 02 – Ensayo 02.....	301
Tabla 180: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 02 – Ensayo 03.....	302
Tabla 181: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 02, Grafico Esfuerzo Deformación, Esfuerzos Efectivos y Totales	303
Tabla 182: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 02, Valores de Circulo de Mohr	304
Tabla 183: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 02, Cálculo del Ángulo de Fricción y Cohesión por Métodos Analíticos.....	305
Tabla 184: Gráfico Circulo de Morh Esfuerzos Totales y Esfuerzos Efectivos, Calicata 02	306
Tabla 185: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 03– Ensayo 01	307
Tabla 186: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 03 – Ensayo 02.....	308
Tabla 187: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 03 – Ensayo 03.....	309
Tabla 188: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 03, Grafico Esfuerzo Deformación, Esfuerzos Efectivos y Totales	310
Tabla 189: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 03, Valores de Circulo de Mohr	311
Tabla 190: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 03, Cálculo del Ángulo de Fricción y Cohesión por Métodos Analíticos.....	312
Tabla 191: Gráfico Circulo de Morh Esfuerzos Totales y Esfuerzos Efectivos, Calicata 03	313
Tabla 192: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 04– Ensayo 01	314
Tabla 193: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 04 – Ensayo 02.....	315
Tabla 194: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 04 – Ensayo 03.....	316
Tabla 195: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 04, Grafico Esfuerzo Deformación, Esfuerzos Efectivos y Totales	317
Tabla 196: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 04, Valores de Circulo de Mohr	318



Tabla 197: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 04, Cálculo del Ángulo de Fricción y Cohesión por Métodos Analíticos.....	319
Tabla 198: Gráfico Circulo de Morh Esfuerzos Totales y Esfuerzos Efectivos, Calicata 04	320
Tabla 199: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 05– Ensayo 01	321
Tabla 200: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 05 – Ensayo 02.....	322
Tabla 201: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 05 – Ensayo 03.....	323
Tabla 202: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 05, Grafico Esfuerzo Deformación, Esfuerzos Efectivos y Totales	324
Tabla 203: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 05, Valores de Circulo de Mohr	325
Tabla 204: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 05, Cálculo del Ángulo de Fricción y Cohesión por Métodos Analíticos.....	326
Tabla 205: Gráfico Circulo de Morh Esfuerzos Totales y Esfuerzos Efectivos, Calicata 05	327
Tabla 206: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 06– Ensayo 01	328
Tabla 207: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 06 – Ensayo 02.....	329
Tabla 208: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 06 – Ensayo 03.....	330
Tabla 209: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 06, Grafico Esfuerzo Deformación, Esfuerzos Efectivos y Totales	331
Tabla 210: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 06, Valores de Circulo de Mohr	332
Tabla 211: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 06, Cálculo del Ángulo de Fricción y Cohesión por Métodos Analíticos.....	333
Tabla 212: Gráfico Circulo de Morh Esfuerzos Totales y Esfuerzos Efectivos, Calicata 06	334
Tabla 213: Número de Golpes DPL, Ensayo 01	338
Tabla 214: Número de Golpes equivalentes SPT, Ensayo 01	339
Tabla 215: Corrección de golpes Equivalentes SPT, Ensayo 01	340
Tabla 216: Representación N° Golpes SPT Corregido, Ensayo 01	341
Tabla 217: Cálculos en Función del SPT Equivalente Corregido, Ensayo 01	342



Tabla 218: Graficas del SPT Equivalente Corregido, Ensayo 01	343
Tabla 219: Número de Golpes DPL, Ensayo 02	344
Tabla 220: Número de Golpes equivalentes SPT, Ensayo 02.....	345
Tabla 221: Corrección de golpes Equivalentes SPT, Ensayo 02	346
Tabla 222: Representación N° Golpes SPT Corregido, Ensayo 02	347
Tabla 223: Cálculos en Función del SPT Equivalente Corregido, Ensayo 02.....	348
Tabla 224: Graficas del SPT Equivalente Corregido, Ensayo 02	349
Tabla 225: Número de Golpes DPL, Ensayo 03	350
Tabla 226: Número de Golpes equivalentes SPT, Ensayo 03.....	351
Tabla 227: Corrección de golpes Equivalentes SPT, Ensayo 03	352
Tabla 228: Representación N° Golpes SPT Corregido, Ensayo 03	353
Tabla 229: Cálculos en Función del SPT Equivalente Corregido, Ensayo 03.....	354
Tabla 230: Graficas del SPT Equivalente Corregido, Ensayo 03	355
Tabla 231: Número de Golpes DPL, Ensayo 04	356
Tabla 232: Número de Golpes equivalentes SPT, Ensayo 04.....	357
Tabla 233: Corrección de golpes Equivalentes SPT, Ensayo 04	358
Tabla 234: Representación N° Golpes SPT Corregido, Ensayo 04	359
Tabla 235: Cálculos en Función del SPT Equivalente Corregido, Ensayo 04.....	360
Tabla 236: Graficas del SPT Equivalente Corregido, Ensayo 04	361
Tabla 237: Pendiente Media - Taylor & Schwarz (Sección 01)	364
Tabla 238: Pendiente Media - Taylor & Schwarz (sección 02)	365
Tabla 239: Pendiente Media - Taylor & Schwarz (Sección 03)	366
Tabla 240: Configuración inicial del Software	369
Tabla 241: Tabla de Coordenadas de la Sección 01	370
Tabla 242: Tabla de Coordenadas de la Sección 02	371
Tabla 243: Tabla de Coordenadas de la Sección 03	372
Tabla 244: Importación de los puntos que representan la Sección 01, para los diferentes estratos de suelo elegidos	373
Tabla 245: Vista 3D de los diferentes estratos, para un espesor de 01 metros – Sección 01	374
Tabla 246: Creación del tipo de Suelo Sección 01	375
Tabla 247: Asignación de los tipos de Suelos Sección 01	376
Tabla 248: Asignación de las Sobrecargas, Sección 01	377
Tabla 249: Asignación del Nivel Freático, Sección 01	378
Tabla 250: Colocación de la posible línea de Falla – Sección 01	379



Tabla 251: Análisis y Obtención del Factor de Seguridad Sección 01	380
Tabla 252: Análisis y Obtención del Factor de Seguridad Sección 02	381
Tabla 253: Análisis y Obtención del Factor de Seguridad Sección 03	382
Tabla 254: Valores Referenciales para taludes en Corte (Relación H:V).....	385
Tabla 255: Vista de la interfaz 2D - Sección 01, Talud modificado.....	385
Tabla 256: Vista de la interfaz 3D - Sección 01, Talud modificado.....	386
Tabla 257: Creación del Cuerpo Rígido/Gavión - Sección 01, Talud modificado	387
Tabla 258: Vista con Materiales asignados - Sección 01, Talud modificado	388
Tabla 259: Asignación de Sobrecargas - Sección 01, Talud modificado	389
Tabla 260: Asignación de Posible línea de falla	390
Tabla 261: Análisis y Obtención del Factor de Seguridad más crítico, Sección 01 – Talud Modificado	391
Tabla 262: Análisis y Obtención del Factor de Seguridad, Sección 02 – Talud Modificado.....	392
Tabla 263: Análisis y Obtención del Factor de Seguridad, Sección 03 – Talud Modificado.....	393
Tabla 264: Valores de las pendientes del talud y factor de seguridad	395
Tabla 265: Clasificación de suelos en cada calicata.	396
Tabla 266: Parámetros físico mecánicos de las calicatas exploradas	397
Tabla 267: Datos para las secciones y el FS.	398
Tabla 268: Datos para los perfiles y el FS elegido.....	399



Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación geográfica de la provincia de Paruro	1
Figura 2: Ubicación de los distritos de Paruro – Yaurisque en la provincia Paruro	2
Figura 3: Ubicación del Área de Interés	3
Figura 4: Detalle de la sección de un talud	14
Figura 5: Detalle de la Sección de un Talud Artificial	15
Figura 6: Deslizamiento o movimiento en masa típico, con diversas partes	16
Figura 7: Mecanismos de falla en suelos	20
Figura 8: Envolvente de Mohr Coulomb (a) esfuerzos tangenciales vs normales. (b) esfuerzos principales	24
Figura 9: Criterio de rotura en suelos de Mohr-Coulomb y Envolvente de falla	25
Figura 10: Relación esfuerzo-deformación unitaria	26
Figura 11: Curva granulométrica	30
Figura 12: Carta de Plasticidad de Casagrande	32
Figura 13: Diagrama de un equipo de prueba triaxial	38
Figura 14: Envolvente de falla para ensayo CD	40
Figura 15: Envolvente de falla para ensayo CU	41
Figura 16: Envolvente de falla para ensayo UU	42
Figura 17: Jarra de plástico y cono de metal para el dispositivo del cono de arena	42
Figura 18: Determinación del peso unitario de campo con el método del cono de arena	43
Figura 19: Distribución de electrodos para medidas de resistividad en el terreno	45
Figura 20: Esquema estabilidad talud	47
Figura 21: Representación Gráfica del método de Equilibrio Limite	50
Figura 22: Masa deslizante dividida en dovelas verticales y fuerzas interdovelas	50
Figura 23: Sección de un talud con la definición del problema	56
Figura 24: Malla típica para el análisis de un talud vertical por elementos finitos	59
Figura 25: Métodos para Estabilizar un Talud: Cambio de la Geometría	63
Figura 26: Métodos para Estabilizar un Talud: Drenaje	64
Figura 27: Diseño de Ingeniería	72
Figura 28: Secciones del talud correspondientes a la población	73
Figura 29: Secciones del talud correspondientes a la muestra	74
Figura 30: Visita a Campo con el Asesor	104
Figura 31: Ubicación de la posible Línea de Falla	105
Figura 32: Inventario de Campo	105



Figura 33: Reconocimiento del talud de estudio junto a nuestro asesor de tesis.....	109
Figura 34: Estacionamiento o montaje del equipo.....	110
Figura 35: Posicionamiento del prisma para el levantamiento	110
Figura 36: Recorrido de los prismeros para la toma de datos.....	111
Figura 37: Toma de datos(mosqueo)	111
Figura 38: Selección de los sectores donde se realizó la prueba	123
Figura 39: Fijación en el terreno el punto elegido como centro del SEV.....	124
Figura 40: Colocación de los electrodos y conexión de los cables.....	124
Figura 41: Inyección de corriente y lectura de la medida.....	125
Figura 42: Cambio de estación en el pie del talud	125
Figura 43: Lectura y toma de los datos de la prueba	126
Figura 44: Muestras representativas extraídas de las calicatas	130
Figura 45: Cuarteo de muestra.....	131
Figura 46: Pesado de la muestra seleccionada.....	131
Figura 47: Proceso de secado en el horno.....	132
Figura 48: Secado en el horno después del lavado	132
Figura 49: Tamizado de la muestra.....	133
Figura 50: Material retenido en cada malla	133
Figura 51: Pesado del material retenido en cada malla.....	134
Figura 52: Preparación de la muestra.....	141
Figura 53: Tamizado por la malla N°40	142
Figura 54: Humedecido de la muestra	142
Figura 55: Mezclado de la muestra.....	143
Figura 56: Colocación de la mezcla húmeda en la copa.....	143
Figura 57: Nivelación de la masa.....	144
Figura 58: Pasado del encalanador	144
Figura 59: Puesta en movimiento de la cuchara por medio de la manivela.....	145
Figura 60: Toma de muestra para la determinación del contenido de humedad	145
Figura 61: Amasado de la muestra.....	146
Figura 62: Moldeado en forma de cilindros.....	146
Figura 63: Se continua hasta que se desmorone	147
Figura 64: Colocado de los rollitos en recipientes.....	147
Figura 65: Pesaje de la muestra	148
Figura 66: Amasado de una subsiguiente muestra.....	148



Figura 67: Colocación de la muestra en el horno para determinar su contenido de humedad	149
Figura 68: Material extraído pesado	156
Figura 69: Material extraído pesado en Laboratorio.....	157
Figura 70: Secado del material en Horno	157
Figura 71: Verificación del equipo de cono de Arena	161
Figura 72: Pesaje del equipo de cono de arena con la arena graduada (P1)	162
Figura 73: Colocación del plato base en el fondo de la calicata.....	162
Figura 74: Excavación del hoyo y medición de su altura	163
Figura 75: Material extraído pesado	163
Figura 76: Vista de la arena en el hoyo y cono.....	164
Figura 77: Cono de arena pesado después del ensayo	164
Figura 78: Pesaje del suelo a utilizar	171
Figura 79: Pesaje del picnómetro y el agua desairada	172
Figura 80: Colocación del material seleccionado dentro del picnómetro.....	172
Figura 81: Proceso de mezclado del suelo con el agua.....	173
Figura 82: Proceso de desairado	173
Figura 83: Pesaje del suelo, agua y picnómetro terminado el ensayo	174
Figura 84: Toma de la temperatura de la muestra.....	174
Figura 85: Excavación de agujeros de 23cm de diámetro y 55cm de profundidad	178
Figura 86: Agujero humedecido previamente.....	179
Figura 87: Colocación del tubo de en el agujero	179
Figura 88: Vertido de agua en el agujero	180
Figura 89: Lectura del nivel de descenso de agua y tiempo	180
Figura 90: Extracción de la Muestra inalterada de Campo.....	183
Figura 91: Traslado de la muestra envuelta en cinta de embalaje	183
Figura 92: Proceso de moldeo de las muestras inalteradas.....	184
Figura 93: Muestras ya moldeadas y cubiertas con cinta de embalaje	184
Figura 94: Muestra alterada pesado para el ensayo	185
Figura 95: Proceso de compactación con ayuda de un pisón en 3 capas.....	185
Figura 96: Proceso de pesaje de la muestra alterada.....	186
Figura 97: Medición del diámetro, altura y pesaje de las muestras	186
Figura 98: Membrana de Látex dentro del molde con extractor de aire.....	187
Figura 99: Muestra Colocada dentro del latex y sujeción con anillos de jebe.....	187



Figura 100: Colocación de la muestra e instalación de la cámara de carga.....	188
Figura 101: Programación de la carga e inicio del ensayo	188
Figura 102: Vista de la Falla de la muestra dentro de la Cámara de confinamiento	189
Figura 103: Vista de la Falla de la muestra fuera de la Cámara de confinamiento	189
Figura 104: Ensamblaje del equipo DPL	208
Figura 105: Aplicación de la carga con el martillo de 10kg	209
Figura 106: Acoplamiento de una segunda varilla	210
Figura 107: Extracción de las varillas penetradas.....	210
Figura 108: Mapa geológico regional de la zona de estudio	226
Figura 109: Sección Geológica longitudinal- borde NE de la cordillera occidental	227
Figura 110: Columna estratigráfica de la Formación Paruro. Tomado de Jaimes y Romero (1996)	228
Figura 111: Unidades geomorfológicas locales del cuadrángulo del Cusco	229
Figura 112: Mapa geomorfológico de subunidades.....	230
Figura 113: Estratigrafía de los dominios morfoestructurales regionales	231
Figura 114: Mapa hidrogeológico.....	232
Figura 115: Falla de Paruro correspondiente a una falla inferida.....	233
Figura 116: Figura Perfil Geoeléctrico de isorresistividades aparentes, línea A-A': constituidos por los SEV01, SEV02 y SEV03 / Perfil de la Línea A-A' de Isorresistividades Aparentes.	237

Capítulo I: Planteamiento del Problema

1.1 Identificación del problema

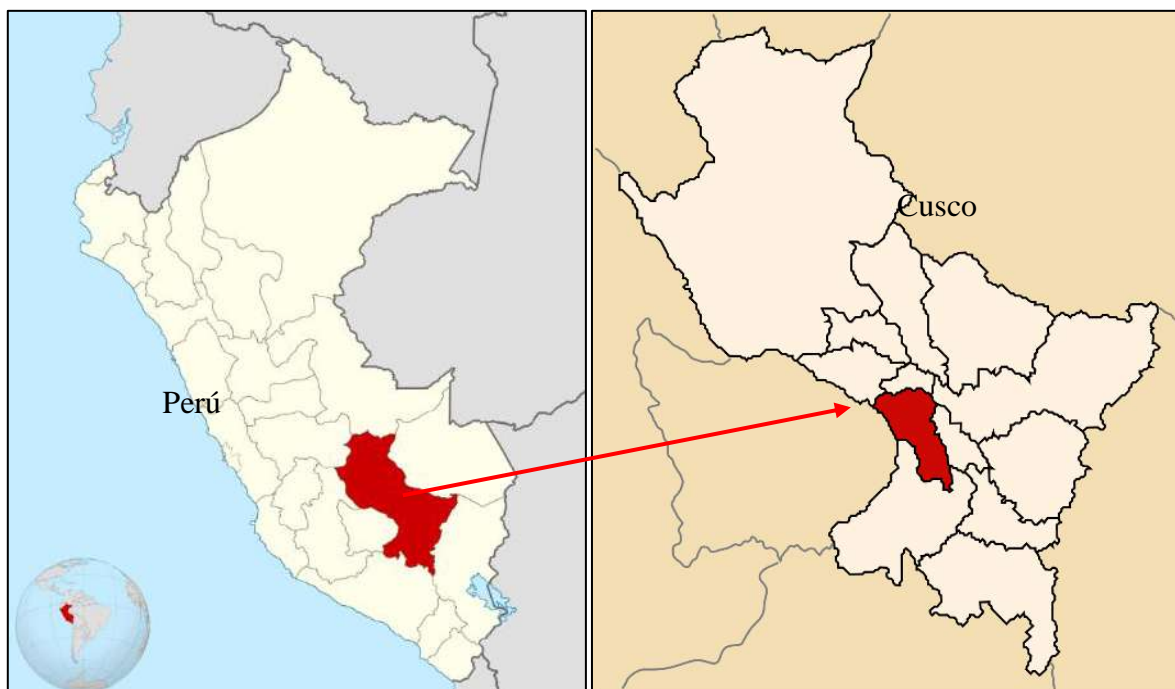
1.1.1 Descripción del problema

En la actualidad el tramo 23+710 de la carretera Yaurisque – Ranraccasa – Paruro, presenta deslizamientos de masas de suelos ocasionados principalmente por la inestabilidad del talud debido a factores como, el tipo de suelo (limo- arcilloso), precipitaciones en épocas de lluvias y sumado a la modificación de la geometría natural del talud realizados por PER Plan COPESCO. Ocasionando problemas como obstrucción de la vía, daños a la infraestructura e inconvenientes a los usuarios de esta importante medio de transporte, por tal motivo nuestro proyecto busca analizar la estabilización del talud y plantear una propuesta de estabilización que garantice un factor de seguridad (FS) mínimo establecido por la norma CE020 Estabilización de Suelos y Taludes.

Ubicación geográfica

El presente proyecto de investigación se desarrolló en la el tramo 23+710 de la carretera Yaurisque – Ranraccasa – Paruro, ubicado en los distritos de Yaurisque y Paruro de la provincia de Paruro, departamento del Cusco, donde se encuentran ubicado el talud objeto de estudio.

Figura 1: *Ubicación geográfica de la provincia de Paruro*



Fuente: (wikipedia, 2021)

Figura 2: Ubicación de los distritos de Paruro – Yaurisque en la provincia Paruro



Fuente: (Gobierno del Peru, 2021)

Ubicación geográfica de la investigación

Tabla 1: Coordenadas geográficas del punto de interés

Carretera	Coordenadas UTM		Coordenadas Geográficas	
	Este (m)	Norte (m)	Longitud	Latitud
Yaurisque - Ranraccasa				
KM 23+710	769974.33	8509592.61	72°30'22.85"O	13°28'9.60"S

Fuente: Elaboración Propia

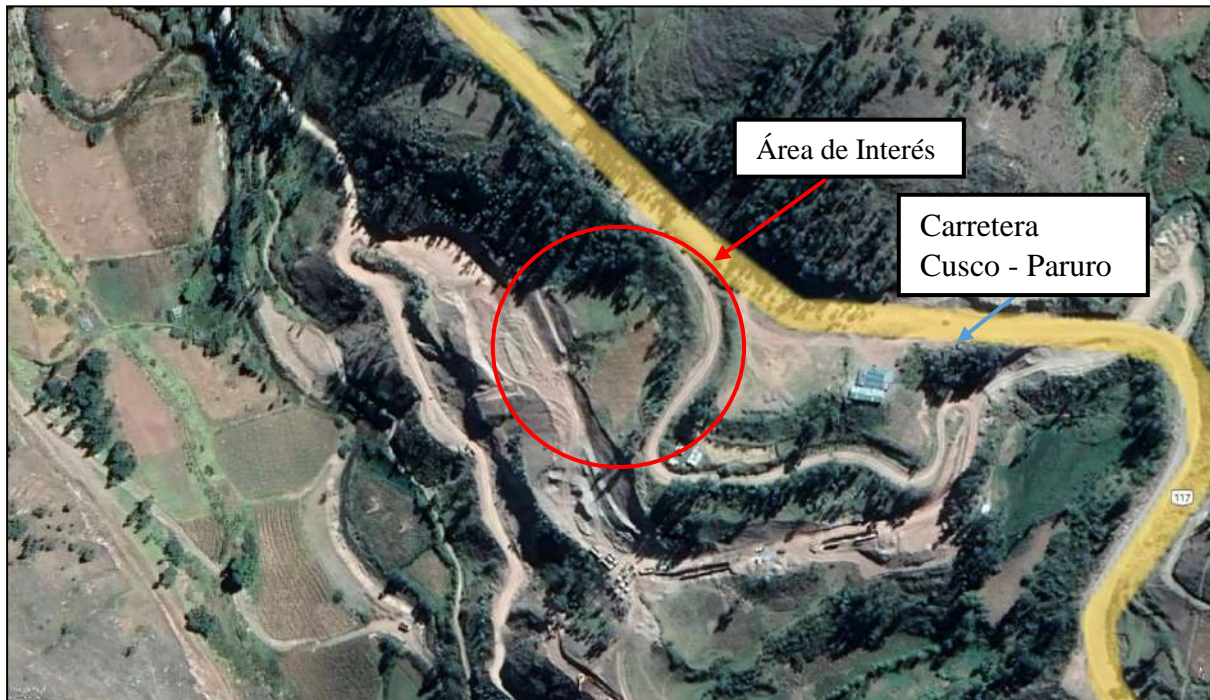
Ubicación Política de la investigación

Tabla 2: Ubicación Política

Departamento	Provincia	Distrito
Cusco	Paruro	Paruro - Yaurisque

Fuente: Elaboración Propia

Figura 3: *Ubicación del Área de Interés*



Fuente: Elaboración Propia – Con información del Google Earth

1.1.2 Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1 Formulación interrogativa del problema general

¿Cuál será la estabilidad del talud del tramo 23+710, Carretera Yaurisque – Ranraccasa – Paruro y una propuesta de estabilización, Cusco 2022?

1.1.2.2 Formulación interrogativa de los problemas específicos

Problema específico N°01: ¿Cuáles serán los parámetros físico mecánicos de los suelos para el análisis de la estabilidad del talud, tramo 23+710 Carretera Yaurisque - Ranraccasa – Paruro Cusco 2022?

Problema específico N°02: ¿Cuáles serán el parámetro topográfico para el análisis de estabilidad del talud, tramo 23+710 Carretera Yaurisque - Ranraccasa – Paruro Cusco 2022?

Problema específico N°03: ¿Cuál será el factor de seguridad (FS) del talud, tramo 23+710, Carretera Yaurisque–Ranraccasa–Paruro - Cusco 2022?

Problema específico N°04: ¿Cuál será el factor de seguridad (FS) del talud con la propuesta de reducción de la pendiente, incorporación de muros de contención(gaviones) y sistema de drenaje, tramo 23+710 Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro Cusco 2022?



1.2 Justificación e importancia de la investigación

1.2.1 Justificación técnica

El presente proyecto de investigación se justifica técnicamente por que los investigadores poseen conocimiento en los cursos de Geotecnia, Geología, Mecánica de Suelos, Topografía y Materiales de Construcción llevados durante su época universitaria, las cuales servirán de base para el correcto desarrollo de la investigación.

Además, se justifica ya que se realizará procedimientos técnicos para determinar las propiedades físico mecánicas de los suelos, adicionalmente se examinarán las características físicas, geográficas y geológicas del área de estudio.

Con todo lo anterior se realizará un análisis del factor de seguridad que determina la estabilidad del talud de estudio, para posteriormente proponer la implementación de un sistema de estabilización, mediante la aplicación de la metodología de equilibrio limites, todo esto en el tramo 23+710, Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, Cusco.

1.2.2 Justificación social

La presente investigación podrá servir como guía y base para futuras investigaciones relacionadas al tema de estabilidad de taludes, en especial a los estudiantes y futuros investigadores de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la universidad andina del cusco.

La carretera Yaurisque – Ranraccasa – Paruro actualmente es una de las vías que articula a la ciudad del Cusco con la capital de la Provincia de Paruro, vía importante porque permite la comunicación de los diferentes centros poblados de la provincia de Paruro con la capital del cusco, todo esto permite un desarrollo económico social de los pobladores beneficiarios de esta carretera, que de acuerdo a información brindada por PER PLAN COPESCO beneficiaria a más de 58,000 pobladores, y que a la fecha viene siendo mejorada mediante una ampliación del ancho de su plataforma, que a lo largo de los años viene sufriendo eventos de deslizamiento de taludes en diferentes puntos, por lo tanto, es necesario garantizar su integridad y funcionamiento mediante una investigación.



1.2.3 Justificación por viabilidad

El siguiente proyecto de investigación es viable ya que se cuenta con acceso al área de estudio, conocimientos necesarios para abordar el tema, acceso y dominio de programas para el análisis de la información obtenida del área de estudio; como Autocad Civil 3D, Autocad, Geo 5(estabilidad de taludes), Arcgis, bibliografía necesaria como lo son normas y guías, además se cuenta con los recursos económicos y disponibilidad de tiempo para la realización de los ensayos indispensables y por último se cuenta con el acceso a los diferentes equipos de laboratorio necesarios dentro de la universidad.

1.2.4 Justificación por relevancia

La investigación es relevante debido a que los deslizamientos de los taludes en la zona de estudio son un problema continuo, ya que todos los años en especial en épocas de lluvias ocurre el deslizamiento de grandes masas de tierra del talud sumadas a la modificación de la geometría del talud por una obra de ampliación de la vía hizo que este fenómeno se acentuó y ocurra más frecuentemente, perjudicando social y económicamente a las poblaciones aledañas mereciendo por tal motivo alternativas de solución o control, además de permitirnos analizar la estabilidad del talud y proponer un sistema de estabilización que contribuirá en la mejora del factor de seguridad del talud.

También es relevante porque nos permite tener un mejor entendimiento del comportamiento de los taludes en base a las características geométricas, geológicas, hidrogeológicas y geotécnicas de área de estudio.

Asimismo, la realización de ensayos, toma de datos, procesamiento y obtención de resultados del talud de estudio, podrán servir a las entidades pertinentes para la elección de la mejor alternativa de solución, debido a que los deslizamientos provocados por la inestabilidad de taludes es el principal problema presente durante la ejecución de actividades en la infraestructura vial.

1.3 Limitaciones de la investigación

- La presente investigación estará limitada geográficamente al talud cuyas coordenadas son 191269.00 m E y 8477795.00 m S, de la zona 19L en coordenadas UTM, ubicada políticamente en el distrito de Paruro, provincia de Paruro y departamento del Cusco.
- La toma de datos se limita a la época entre los meses de octubre y noviembre del 2022.



- La metodología utilizada será el Método de Equilibrio Limite mediante la utilización del Software de Geotecnia **GEOS**, en su presentación estabilidad de taludes (en su versión Demo), la cual servirá para la determinación del factor de seguridad (FS) del talud.
- La investigación está enmarcada en la revisión de las normas técnicas Nacionales como son la CE.020 “Estabilización de suelos y Taludes”, la Norma E050 “suelos y Cimentaciones”, Manual de Ensayo de Materiales R.D. N°18-2016-MTC14, Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC y el Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG2018.
- Los ensayos necesarios para la obtención de las propiedades físico mecánicas de los suelos presentes en el área de estudio serán los descritos en el capítulo III.
- El sistema de control de taludes elegido para el análisis se limita a un sistema abatimiento del talud, muro de contención(gaviones) y sistema de drenaje detallados en los planos que se encuentra en los anexos.
- Las propiedades de los suelos del estrato superficial serán obtenidas mediante ensayos de laboratorio y en campo.
- Las propiedades de los estratos de suelos profundos obtenidos por el Sondaje eléctrico vertical serán obtenidas a partir de tablas debido a su dificultad de obtención.
- El análisis de la estabilidad del talud se realizó en condiciones estáticas, por lo tanto, no se consideró factores sísmicos, ni se realizaron ensayos de carácter sísmico.
- La sobrecarga asumida sobre la superficie de rodadura, para el análisis de la estabilidad talud, se consideró 9.34kN/m, que representa a un vehículo HL93 detallado en el manual de puentes del MTC, debido a que esta representa una carga distribuida para vías de un carril.
- Para el planteamiento del sistema de estabilización del talud de estudios no se tomó en consideración aspectos de costos de los materiales que forman parte del sistema, ya que el aspecto presupuestal sobrepasa y no guardan relación para el alcance de los objetivos de la presente investigación sin embargo se anexó un presupuesto que servirá de referencia.



1.4 Objetivo de investigación

1.4.1 Objetivo General

Analizar la estabilidad del talud del tramo 23+710, Carretera Yaurisque – Ranraccasa – Paruro, Cusco 2022 y plantear una propuesta de estabilización.

1.4.2 Objetivos Específicos

Objetivo específico N° 01.

Obtener los parámetros físico mecánicos de los suelos para el análisis de la estabilidad del talud, tramo 23+710 Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro Cusco 2022.

Objetivo específico N° 02.

Determinar los parámetros topográficos para el análisis de estabilidad del talud, tramo 23+710, Carretera Yaurisque–Ranraccasa–Paruro, Cusco, 2022.

Objetivo específico N° 03.

Determinar el factor de seguridad (FS) del talud, tramo 23+710, Carretera Yaurisque–Ranraccasa–Paruro, Cusco, 2022.

Objetivo específico N° 04.

Determinar el factor de seguridad (FS) del talud con la propuesta de reducción de la pendiente, incorporación de muros de contención(gaviones) y sistema de drenaje, tramo 23+710 Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro Cusco 2022.



Capítulo II: Marco Teórico

2.1 Antecedentes de la tesis

2.1.1 Antecedentes a Nivel Nacional

a) Antecedentes a nivel nacional 01

Autor: Arias Villacorta Santos Edwin; Chacon Tito Richard Mijael

Título: Evaluación del riesgo geológico de la carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, tramo Ranraccasa - Paruro, (km 8+900 – 25+900) Paruro-Cusco.

Centro de Estudios: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)

Lugar: Cusco

Año: 2020

Resumen: El presente trabajo tuvo como objetivo el análisis y la evaluación de la Peligrosidad, mediante el método “Heurístico” y el método multicriterio desarrollado por Thomas L. Saaty descrito por Jaime Suárez Díaz en su libro de Deslizamientos, que permitió hacer los mapas de susceptibilidad para cada fenómeno geodinámico y su correspondiente mapa de peligrosidad, desarrollado en la carretera Ranraccasa - Paruro (Km 8+900 a 25+900), todo esto con una previa descripción Geomorfológica e Hidrológica, para luego determinar las características Hidrogeológicas de la zona de estudio, siendo esta una investigación de Nivel Descriptiva, Analítico y Deductivo; debido a que se describe los diferentes fenómenos geodinámicos y los diferentes componentes geológicos de la zona, se analizó el impacto de estas y se pudo generar una identificación de los fenómenos geodinámicos, geológicos, entre otros.

En esta investigación se determinó los niveles de susceptibilidad para cada fenómeno: Desprendimientos, Flujos de Barro y de Detritos, Deslizamientos Rotacionales y Traslacionales, se ponderó los factores desencadenantes: Precipitaciones, Sismicidad, Acciones Antrópicas, y con ambos productos (Susceptibilidad y F. Desencadenantes) se obtuvo los niveles de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo. Además, se concluyó por medio del control de riesgos la existencia de daños por el riesgo INADMISIBLES.



Del análisis de los niveles de vulnerabilidad con los niveles de peligrosidad, obtenidas en esta investigación de forma cualitativa, se obtuvo el riesgo, en base a ese resultado se recomiendan algunas medidas para la prevención y mitigación tanto estructurales como no estructurales, dentro de los estructurales tenemos construcción de muros, limpieza de material suelto, recubrimiento con geotextiles, reforestación, modificación topográfica, etc., mientras que en las no estructurales tenemos capacitaciones y charlas a la población usuaria y beneficiaria.

b) Antecedentes a nivel nacional 02

Autor: Shirley Zenaida Bustamante Corrido; Carlos Enrique García Yépez.

Título: Evaluación del factor de seguridad del talud correspondiente a la quebrada de Sipaspucyo, en función a la topografía, estudios de infiltración y propiedades mecánicas de los suelos.

Centro de Estudios: Universidad Andina del Cusco (UAC)

Lugar: Cusco

Año: 2018

Resumen: En esta investigación se evaluó el factor de seguridad del talud correspondiente a la quebrada de Sipaspucyo, en función a la topografía, estudios de infiltración y propiedades mecánicas de los suelos. Para la cual procedieron a realizar el cálculo del factor de seguridad en tres tramos según la superficie de falla del talud por el método Bishop Simplificado, debido a los investigadores dedujeron que era una falla circular la cual simularon y se asemejaría más a la realidad, esta investigación tuvo un enfoque del tipo Cuantitativo, de nivel descriptivo – Correlacional, un método de investigación Hipotético – Deductivo y de diseño de investigación no experimental.

Mediante la aplicación del Método Bishop Simplificado, realizaron el cálculo del factor de seguridad, estableciendo que el talud en las condiciones que se encontró era inestable. Por lo tanto, presentaron una propuesta como aporte a la investigación que es la estabilización con muro gaviones. Para esta investigación donde se aplicó el método de Bishop Simplificado para el cálculo de la estabilidad de taludes mediante el factor de seguridad, se recomienda el uso de nuevas metodologías para el cálculo del factor de seguridad y propone como una solución para este talud inestable un sistema de muros con gaviones, que garantice un mejor comportamiento y aumento en el factor de seguridad.



c) Antecedentes a nivel nacional 03

Autor: Alberca Abad Christian Paul; Rondo Saavedra Cesar Marcelino

Título: “Estabilización de taludes utilizando geomalla coextruída Mono-Orientada en el tramo de la carretera Samne-Casmiche, Departamento la Libertad”

Centro de Estudios: Universidad Cesar Vallejo (UAC)

Lugar: Trujillo

Año: 2020

Resumen: En la presente investigación se realizó un análisis de la aplicación de una geomalla coextruídas Mono-Orientadas para mejorar la Estabilización de taludes en un tramo de la carretera Samne-Casmiche, Departamento la Libertad; donde fue necesario para lograr el objetivo un estudio de la Topografía del terreno, Clasificación del suelo, ángulo de fricción, cohesión, factor de seguridad del talud, estabilidad del talud, y posteriormente un análisis de presupuestos, partidas y costos del uso de este sistema, asimismo esta investigación es de carácter Aplicada, No experimental, Transeccional y Descriptiva Simple, debido a la aplicación de teorías simples con variables no manipulables como es el caso de las características de los taludes, además de realizar una recolección de datos para su posterior análisis.

Con el diseño propuesto se logró incrementar el factor de seguridad del talud de estudio de 1.62 a 2.06 siendo ambos superiores a 1.5 (valor mínimo necesario), lo que nos indica que se garantiza la estabilidad del talud.

Además, se planteó un diseño para la estabilidad del talud teniendo como principal dispositivo el uso la geomalla coextruídas Mono-Orientadas, además se añadió refuerzo de muro de gavión y anclajes, que en conjunto logran mejorar la estabilidad de los taludes.

2.1.2 Antecedentes a Nivel Internacional

a) Antecedentes a nivel Internacional 01

Autor: Sergio Adrián González Ruiz

Título: “Análisis de la estabilidad global de un relleno reforzado con geo sintético en la localidad de Llico”.

Centro de Estudios: Universidad Católica de la Santísima Convención



Lugar: Concepción, Chile

Año: 2017

Resumen: En el presente proyecto se analizó la estabilidad estática y pseudoestática de un relleno, con y sin refuerzo de Geomallas Biaxiales a corto y largo plazo, con el soporte de los softwares SLOPE/W de GEOSTUDIO y estabilidad de taludes de GEO5, para lo cual se realizó un estudio de las propiedades geotécnicas a corto plazo del suelo de estudio, esta investigación tuvo un enfoque del tipo Cuantitativo debido a que se recolecto datos para comprobar teoría, de nivel descriptivo, dado de detalla los fenómenos a investigar y de diseño No experimental, dado que no se realizó ninguna manipulación de las variables.

Además, se obtuvo la estratigrafía y el factor de seguridad en condiciones iniciales y finales, para escenarios estáticos y pseudoestáticos, usando los modelos Morgenstern & Price (1965) y Spencer (1967), con la finalidad de garantizar la estabilidad global del relleno, además se analizó la posible licuación existente en el lugar causada por un sismo $M_w=8.8$ con una aceleración 0.4g.

En esta investigación se concluyó que para condiciones estáticas para los casos a corto y largo plazo obtenidos por los métodos rigurosos de Morgenstern & Price (1965) y Spencer (1967) se obtienen factores de seguridad del relleno sin refuerzo de 1.58 y 1.57 respectivamente, mientras que al usar geomallas biaxiales se incrementa a más del doble, obteniendo valores de factores de seguridad de 3.8 y 3.4 respectivamente.

Adicionalmente para el análisis de la estabilidad global en condición pseudoestáticos se obtuvo valores del factor de seguridad iguales a 1.026 para el método de Morgenstern & Price (1965) y 1.017 para el método propuesto por Spencer (1967), para los casos con refuerzo y sin éste a largo plazo, siendo por lo tanto desfavorable y no garantiza una estabilidad del relleno y se logró demostrar que para condiciones estáticas el uso de geomalla Biaxial en rellenos se logró un incremento de más del doble en el factor de seguridad, mientras que para condiciones pseudoestaticas para el mismo relleno no se logró incrementar el factor de seguridad debido a que el ancho de análisis era superior a los 80 m debido a que la malla biaxial no logra ser traccionada.

b) Antecedentes a nivel Internacional 02

Autor: Milena Mesa Lavista; Eduardo Tejada-Piusseaut



Título: Análisis de la estabilidad de taludes en terraplenes mediante los métodos de equilibrio límite y el método de elementos finitos

Centro de Estudios: Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría

Lugar: La Habana, Cuba

Año: 2017

Resumen: En el presente trabajo se aplicaron los métodos de equilibrio límite (Bishop, Fellenius, M-Price y Janbu) y el método de elementos finitos para calcular del factor de seguridad en la estabilidad de taludes en terraplenes de carreteras cuando se modifican la altura y pendientes del talud. En esta investigación se aplicó un enfoque del tipo Cuantitativo ya que se recolecto información de la caracterización de suelos, de nivel descriptivo, porque evalúa fenómenos que ocurren y de diseño No experimental, dado que no se realizó ninguna alteración en las variables que podrían alterar los resultados y objetivos.

En el análisis de modelaron tres tipos de terraplenes, considerando diferentes alturas (6 m, 12 m y 18 m). De acuerdo al tipo de suelo empleado para esta investigación, se definieron pendientes donde los taludes son estables para terraplenes con una altura no mayor a 12 m de altura.

En esta investigación se concluyó que para garantizar un factor de seguridad mínima de 1.5 según métodos de equilibrio límite y Elementos Finitos se tiene:

- Para terraplenes menores a 6 m, se comprobó que las pendientes en los taludes de 2:1 y 1.5:1 resultan estables,
- Para terraplenes entre 6 y 12 m, se comprobó que la combinación de taludes diferentes (1,5:1 y 2:1), favorece la estabilidad.
- Para terraplenes mayores a los 12 m de altura, se sugiere el uso de bermas que aseguren la estabilidad del talud.

En esta investigación se determinó para un tipo de suelo específico cuales serían las pendientes adecuadas de los taludes del terraplén hasta alturas de 12m, mientras que para terraplenes con taludes superiores a los 12m se recomienda el uso de bermas.



2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes

2.2.1 Análisis de la Estabilidad de Taludes

El estudio de la estabilidad de taludes requiere un entendimiento adecuado de muchos puntos, los cuales se encuentran relacionados entre sí, como los tipos de movimientos de masa, sus características morfológicas, geológico, velocidad y causas de la falla, la clasificación y descripción precisa de los materiales que engloban los movimientos en masa y medidas cuantitativas de sus propiedades relevantes, los métodos de cálculo de la estabilidad del talud en términos del tipo de falla, real o prevista y las propiedades de los materiales, correlación entre las observaciones de campo y los resultados del cálculo de estabilidad (Suarez Diaz, 2012).

En el estudio de la estabilidad de los taludes se abordan fenómenos de estado último o de rotura de masas de suelo. Los agentes externos responsables de la inestabilidad son una fuerza de masa, el peso y, eventualmente, los efectos de filtración, a los cuales hay que añadir otros factores como las sobrecargas (estáticas/ dinámicas) (Pérez de Ágreda, 1998).

Los movimientos en masa ocurren principalmente en respuesta a, ayudadas algunas veces por actividad sísmica. La manera como un talud cede ante dichas fuerzas está controlada por una multitud de factores, entre los cuales los más importantes son la geología, la hidrología, la hidráulica, el relieve, el clima y la meteorización (Escobar P. & Duque-Escobar, 2017).

Para analizar la estabilidad de un talud, se debe considerar que el material que lo compone puede ser anisotrópico; es decir, que no se comporte de manera proporcional a sus propiedades, como el módulo de elasticidad (E), a lo largo de toda su evaluación. La anisotropía acarrea que se deban tener en cuenta distintos factores que dificultan el procedimiento; pero, para volver accesibles los cálculos, pueden asumirse simplificaciones convencionales de las fórmulas de equilibrio. Por medio de las mismas, se emplea una menor cantidad de propiedades en el planteamiento, lo cual contribuye en la generalización de los estudios de suelos (Catanzariti, 2017).

2.2.2 Talud

Los taludes son formaciones geológicas que han adquirido un perfil transversal inclinado, caracterizado por un ángulo de reposo (β), debido a la erosión natural o a manipulación humana.



Pueden componerse de suelo, roca o el conglomerado de distintos materiales (Catanzariti, 2017).

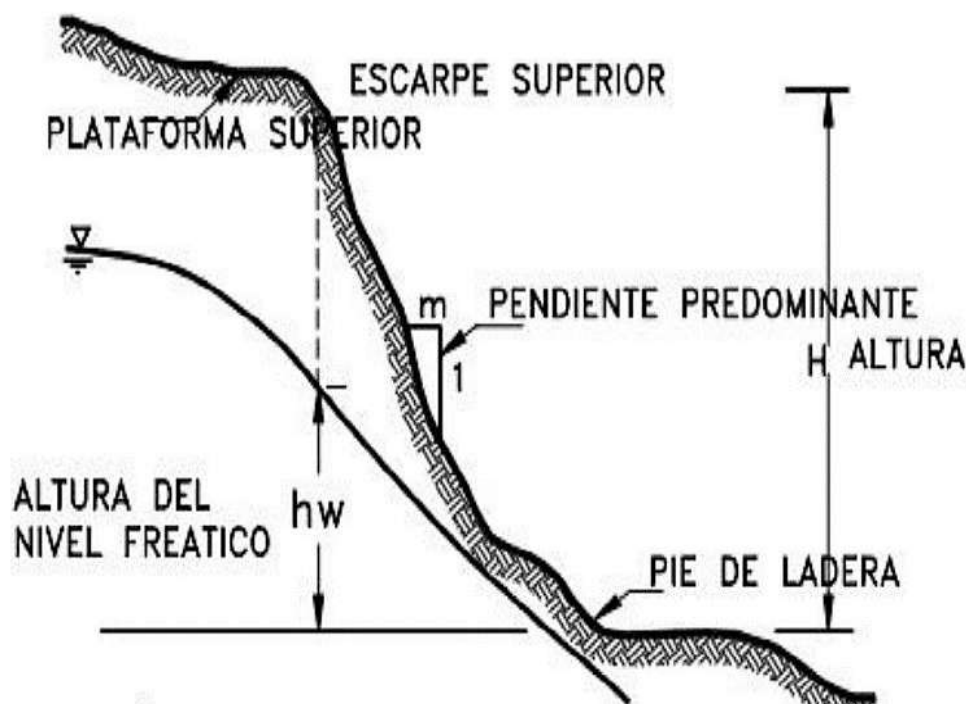
Otra definición importante la cual indica que un talud es cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra. No hay duda que el talud constituye una estructura compleja de analizar debido a que en su estudio coinciden los problemas de mecánica de suelos y de mecánica de rocas, sin olvidar el papel básico que la geología aplicada desempeña en la formulación de cualquier criterio aceptable (De Matteis, 2003).

2.2.2.1 Tipos de Taludes

Naturales: Son formados por la naturaleza a través de la historia geológica.

Artificiales: Resultan de la intervención del hombre y son llevadas a cabo para construir: carreteras, represas ferrocarriles, taludes, cortes, terraplenes etc. Para alcanzar la altura e inclinación que garanticen la estabilidad del proyecto se deben de realizar los cortes adecuados para ello se debe conocer las propiedades geomecánicas de los materiales y de las condiciones de flujo de agua.

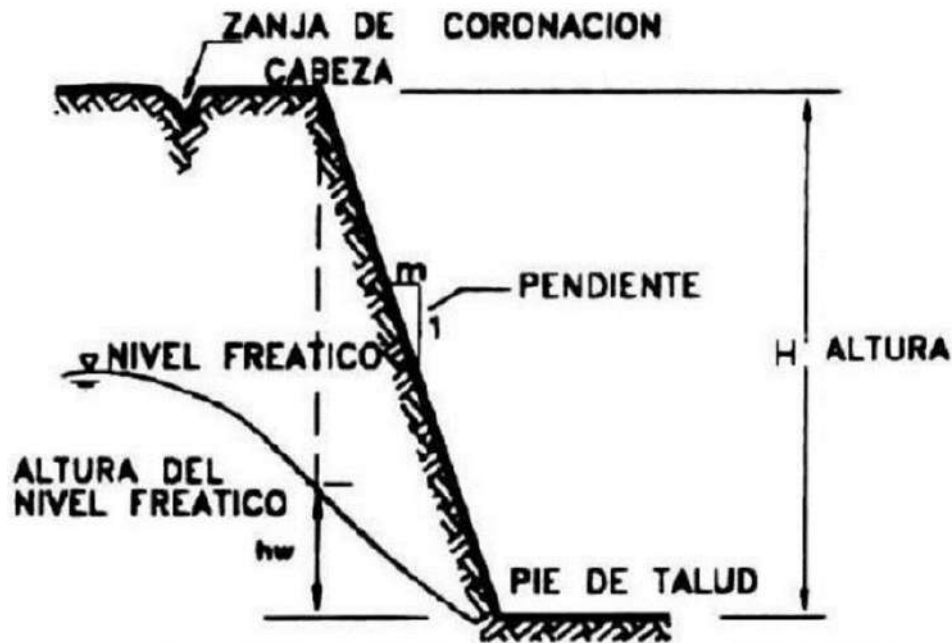
Figura 4: *Detalle de la sección de un talud*



Fuente: (Suarez, 1998)



Figura 5: *Detalle de la Sección de un Talud Artificial*



Fuente: (Suarez, 1998)

2.2.2.2 Etapas en el proceso de falla

La clasificación de deslizamientos pretende describir e identificar los cuerpos que están en movimiento relativo. Las clasificaciones existentes son esencialmente geomorfológicas y solamente algunas de ellas introducen consideraciones mecánicas o propiamente geológicas. Se consideran cuatro etapas diferentes en la clasificación de los movimientos:

Deben adaptarse a las condiciones verdaderas de los movimientos. En este orden de ideas, se deben considerar cuatro etapas diferentes en la clasificación de movimiento:

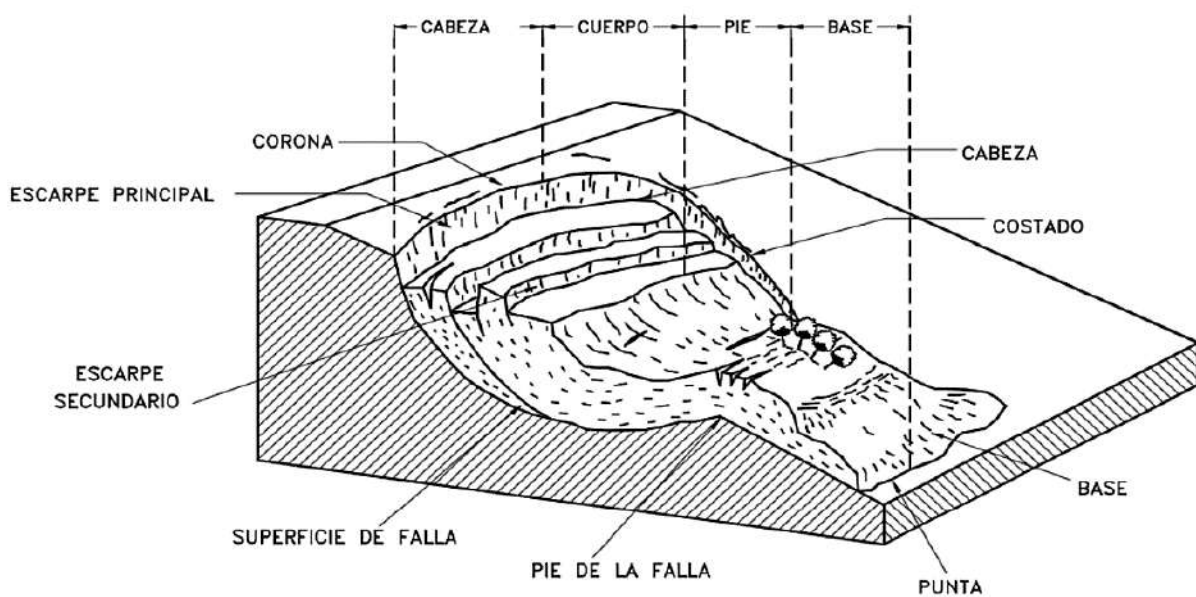
- Etapa de deterioro o antes de la falla donde el suelo es esencialmente intacto.
- Etapa de falla caracterizada por la formación de una superficie de falla o el movimiento de una masa importante de material.
- La etapa post-falla que incluye los movimientos de la masa involucrada en un deslizamiento desde el momento de la falla y hasta el preciso instante en el cual se detiene totalmente.
- La etapa de posible reactivación en la cual pueden ocurrir movimientos que pueden considerarse como una nueva falla, e incluye las tres etapas anteriores (Suarez, 1998).



2.2.2.2.1 Nomenclatura de los procesos en movimiento

Los procesos geotécnicos activos de los taludes y laderas corresponden generalmente, a movimientos hacia abajo y hacia afuera de los materiales que conforman un talud de roca, suelo natural o relleno, o una combinación de ellos. Los movimientos ocurren generalmente, a lo largo de superficies de falla, por caída libre, movimientos de masa, erosión o flujos. Algunos segmentos del talud o ladera pueden moverse hacia arriba, mientras otros se mueven hacia abajo (Suarez, 1998).

Figura 6: Deslizamiento o movimiento en masa típico, con diversas partes



Fuente: (Suarez, 1998)

En la Figura 6 Se muestra un deslizamiento o movimiento en masa típico, con sus diversas partes cuya nomenclatura es la siguiente (Suarez, 1998):

1. **Escarpe principal.** - Corresponde a una superficie muy inclinada a lo largo de la periferia del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material fuera del terreno original. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material forma la superficie de falla.
2. **Escarpe secundario.** - Una superficie muy inclinada producida por desplazamientos diferenciales dentro de la masa que se mueve.
3. **Cabeza.** - Las partes superiores del material que se mueve a lo largo del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.



4. **Cima.** - El punto más alto del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.
5. **Corona.** - El material que se encuentra en el sitio, prácticamente inalterado y adyacente a la parte más alta del escarpe principal.
6. **Superficie de falla.** - Corresponde al área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado. El volumen de suelo debajo de la superficie de falla no se mueve.
7. **Pie de la superficie de falla.** - La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.
8. **Base.** - El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.
9. **Punta o uña.** - El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.
10. **Costado o flanco.** - Un lado (perfil lateral) del movimiento.
11. **Superficie original del terreno.** - La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.
12. **Derecha e izquierda.** - Para describir un deslizamiento se prefiere usar la orientación geográfica, pero si se emplean las palabras derecha e izquierda debe referirse al deslizamiento observado desde la corona mirando hacia el pie.

2.2.2.3 Tipos de movimientos de masas en el talud

- **Desprendimientos:** En los desprendimientos de una masa de cualquier tamaño se desprende de un talud de pendiente fuerte, a lo largo de una superficie, en la cual ocurre ningún o muy poco desplazamiento de corte y desciende principalmente, a través del aire por caída libre, a saltos o rodando. (Suarez, 1998).

El movimiento es muy rápido y extremadamente rápido y puede o no, ser precedido de movimientos menores que conduzcan a la separación progresiva o inclinación del bloque o masa de material. La observación muestra que los movimientos tienden a comportarse como caídos de caída libre cuando la pendiente superficial es de más de 75 grados; En taludes de ángulo menor generalmente, los materiales rebotan y en los taludes de menos de 45 grados los materiales tienden a rodar. Los “caídos de roca” corresponden a bloques de roca relativamente sana, los caídos de residuos o detritos están compuestos por fragmentos de materiales pétreos y los caídos de tierra corresponden a materiales compuestos de partículas pequeñas de suelo o masas blandas.



- **Vuelcos:** Este tipo de movimiento consiste en una rotación hacia adelante de una unidad o unidades de material térreo con centro de giro por debajo del centro de gravedad de la unidad y generalmente, ocurren en las formaciones rocosas. Las fuerzas que lo producen son generadas por las unidades adyacentes, el agua en las grietas o juntas, expansiones y los movimientos sísmicos. La inclinación puede abarcar zonas muy pequeñas o incluir volúmenes de varios millones de metros cúbicos (Suarez, 1998).
- **Reptación:** La reptación consiste en movimientos muy lentos a extremadamente lentos del suelo sub superficial sin una superficie de falla definida. Generalmente, el movimiento es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno. Se les atribuye a las alteraciones climáticas relacionadas con los procesos de humedecimiento y secado en suelos, usualmente, muy blandos o alterados. La reptación puede preceder a movimientos más rápidos como los flujos o deslizamientos (Suarez, 1998).
- **Deslizamiento:** Este movimiento consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada. El movimiento puede ser progresivo, o sea, que no se inicia simultáneamente a lo largo de toda, la que sería, la superficie de falla.
Los deslizamientos pueden ser de una sola masa que se mueve o pueden comprender varias unidades o masas semi-independientes.
Los deslizamientos pueden obedecer a procesos naturales o a desestabilización de masas de tierra por el efecto de cortes, rellenos, deforestación, etc.

Toda masa de suelo que constituya un talud natural, terraplén o corte, presenta una tendencia a desplazarse hacia la parte baja y al frente por efecto de su propio peso. Cuando la resistencia al esfuerzo cortante del suelo contrarresta esa tendencia, el talud es estable; en caso contrario, se produce un deslizamiento.

Según el Manual para la inspección visual de obras de estabilización (INVIAS, 2013), los factores que intervienen en los procesos de inestabilidad se pueden clasificar como internos y externos; dentro de los internos se encuentran aquellas características que definen la susceptibilidad de la ladera, Sin embargo, los factores externos pueden eventualmente construirse como agentes contribuyentes. La tabla 3 presenta la clasificación general de los factores.



Tabla 3: *Factores inherentes a la estabilidad de Taludes*

Factores Internos	Geológicos
	Geomorfológicos
	Geotécnicos
	Vegetación
Factores Externos	Climatológicos
	Sísmicos
	Antropogénicos

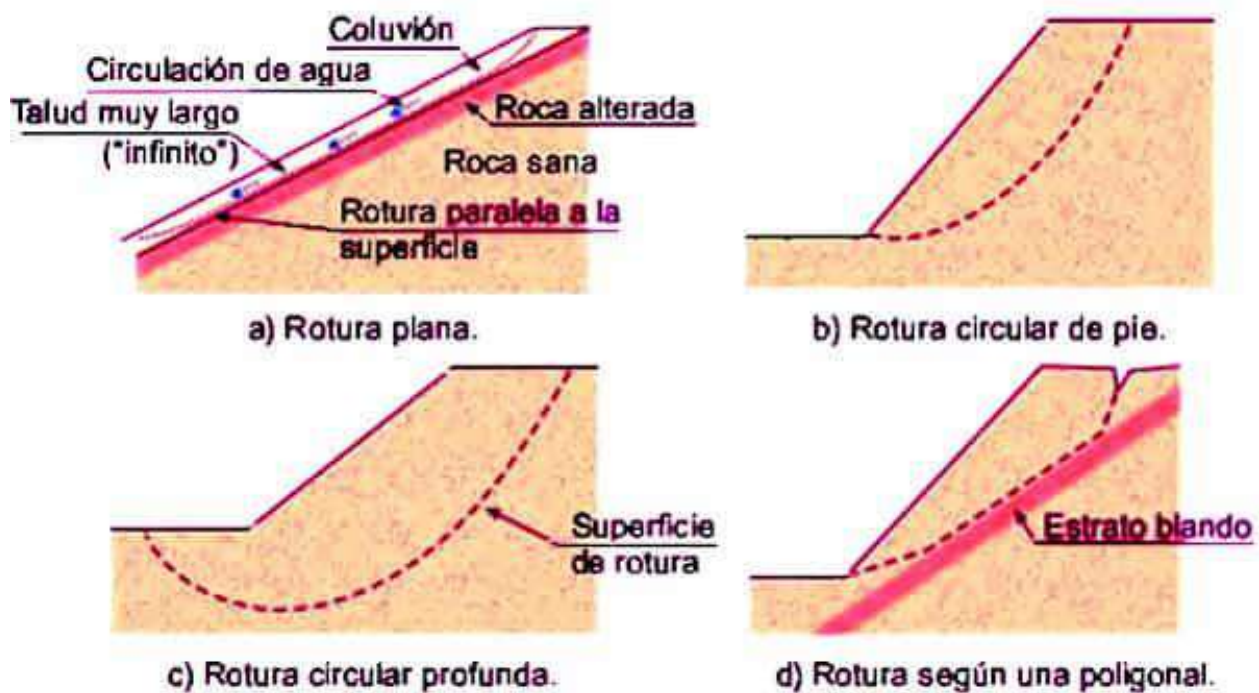
Fuente: (Rodríguez, 2012).

Se indica que la clasificación de movimientos de falla de taludes se divide en seis grandes grupos:

- Caídas.
- Volcamientos.
- Deslizamientos.
- Propagación Lateral.
- Flujos.
- Movimientos complejos.

En la gran mayoría de los deslizamientos de taludes de suelos se ha identificado que la geometría de ruptura es la curva con forma diversa dependiendo de la morfología y estratigrafía del talud. La superficie de rotura generalmente es casi circular, pasando exactamente por el pie del talud (deslizamiento de pie). Por otro lado, podría ser circular cuando pasa por debajo del pie de talud (deslizamiento profundo). Asimismo, podría ocurrir una falla plana cuando existen recubrimientos de suelos sobre roca, esto generalmente ocurre en las laderas naturales o una falla poligonal cuando se tiene estratos blandos (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

Figura 7: *Mecanismos de falla en suelos*



Fuente: (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

2.2.2.4 Factores influyentes en la estabilidad de taludes

2.2.2.4.1 Factores Internos

Referidas a todas aquellas características propias del talud, las cuales se presentan de manera natural, entre las que podemos destacar:

- **Geológicos:** En general la geología es la ciencia que estudia el origen, formación y evolución de la tierra, a través de estudios esencialmente históricos, considerando las leyes de la física y química establecidas por el hombre, para poder determinar qué tipo de materiales componen el suelo y su estructura. Para esta investigación será necesario realizar visita a campo y realizar el estudio geológico de la zona, mediante una evaluación visual de los suelos presentes, elaboración de calicatas y toma de muestras, además será acompañada con la evaluación de la geología local con información de los mapas geológicos nacionales, que permitirán entender de mejor manera el comportamiento del talud. Adicionalmente se realizará un análisis mediante el sondaje eléctrico vertical para poder tener establecido los estratos del suelo a profundidades difíciles de encontrar con calicatas comunes.



- **Geomorfológicos:** Se considera la morfología como el estudio de las formas de la tierra, en otras palabras, la caracterización o tratado del relieve terrestre, en este caso se realizará el levantamiento topográfico, que permite mediante curvas de nivel detallar la forma 3D de la superficie mediante representaciones en vistas 2D, así establecer las diferentes secciones necesarias del talud que servirá para la evaluación de la estabilidad.
- **Geotécnicos:** Se considera la geotecnia como una aplicación de la geología, haciendo énfasis en el estudio de la composición y propiedades de la zona más superficial de la corteza terrestre, con la finalidad de caracterizar las propiedades del suelo y aplicarlos en el análisis de estructuras civiles, para este caso será necesario un estudio de las propiedades de los suelos presentes en los suelos del talud, para posteriormente mediante la aplicación de teorías de estabilidad de taludes determinar el factor de seguridad del talud.
- **Vegetación:** Detalla la presencia de cobertura vegetal y su influencia dentro de los taludes, se puede entender la presencia de vegetación como positiva y negativa, es positiva cuando la vegetación colabora con la impermeabilización del talud, evitando la infiltración excesiva de agua, evitando la saturación del suelo, además de poder colaborar estructuralmente mediante la presencia de árboles o plantas cuya longitud de raíz atraviese la superficie de falla del talud, de no ser el caso de presentar raíces largas, esta vegetación solo añadirá peso extra al talud, además que en épocas de sequía la falta de riego ocasiona que la vegetación consuma el agua en el suelo y genere grietas a tracción en zonas atípicas.

Con respecto a los factores que influyen en la estabilidad del talud de origen externo tenemos:

- **Climatológicos:** Se refiere a todos los factores de origen meteorológico, ajenos a la naturaleza del talud, entre la más importantes tenemos el aspecto hidrológico, que estudia el volumen, intensidad y distribución del agua en la superficie terrestre, debido a que este factor suele ser un factor desencadenante de los fenómenos geodinámicos externos y los factores hidrogeológicos (presencia de agua en los suelos y su interacción) como factores condicionantes. Para esta investigación se realizará un estudio considerando aspectos hidrológicos e Hidrogeológicos, para determinar su impacto en la estabilidad del talud, en especial la saturación de los suelos y la generación de pesos adicionales producto de tener infiltración del agua.



- Sísmicos: Corresponde a la presencia de movimientos bruscos de la tierra, originada por la liberación de energía acumulada causada por la interacción de las placas tectónicas, otros desencadenantes son la activación de fallas sísmicas y la erupción de volcanes.
- Antropogénicos: Corresponde a todos los factores ocasionados por el hombre, en este caso en específico se considerará las cargas originadas por la infraestructura presente y en especial las cargas originadas por la carretera existente.

2.2.3 Parámetros necesarios en el cálculo del equilibrio

Las propiedades del material de un talud necesarias para el planteamiento simplificado de las fórmulas de equilibrio describen su comportamiento mecánico, con lo que podrá determinarse cómo reaccionará ante las cargas aplicadas. Los valores de las propiedades pueden determinarse por medio de ensayos de laboratorio con muestras extraídas in situ. A continuación, se listarán las propiedades mínimas necesarias para el trabajo de tesis y se describirá cómo caracterizan al material:

2.2.3.1 Cohesión (c):

La cohesión (c) es la propiedad de un material por medio de la cual se mantiene unido a nivel molecular debido a fuerzas internas e independientemente del esfuerzo normal (Bowles, 1982). La conexión es proporcional a la cantidad de contactos establecidos entre las unidades volumétricas más reducidas, por lo que un material de partículas pequeñas contará con mayor cohesión. Al ocupar menos espacio y contar con un área de interacción mayor por la gran cantidad de partículas presentes, las moléculas reducidas pueden interconectarse de mejor manera (Geosuport, 2011).

La cohesión es influenciada por la humedad del material, pues el agua contenida en los poros incorpora su atracción molecular. Se puede determinar si un suelo es cohesivo o no al evaluar si sus partículas se mantienen unidas cuando una muestra del mismo se encuentra seca. Adicionalmente, existen ensayos para calcular el valor de la cohesión tanto para elementos saturados como para drenados, la cual se mide en kgf/cm^2 (Geosuport, 2011).

2.2.3.2 Ángulo de fricción interna (ϕ):

La propiedad del ángulo de fricción interna (ϕ) es el parámetro que correlaciona la fuerza de fricción (Fr) y la fuerza normal (FN) de un material. La fuerza de fricción es la resistencia que ejerce un cuerpo a permitir su deslizamiento relativo a una superficie con la que se encuentre



en contacto. La fuerza normal es la ejercida entre sí por cuerpos en interacción y sin la cual los mismos no se encontrarían realmente en contacto. En la siguiente ecuación, se observa cómo puede calcularse el valor del ángulo de fricción interna como una función trigonométrica inversa de las fuerzas normal y de fricción (Geosuport, 2011).

$$\phi = \tan^{-1} \frac{F_r}{F_N}$$

Ecuación: Cálculo del ángulo de fricción interna. (Geosuport, 2011).

2.2.3.3 Resistencias (σ , τ):

La resistencia es la propiedad de los materiales mediante la cual sus partículas intentan mantenerse unidas en su estado inicial antes de ingresar en una condición de falla. La propiedad describe el comportamiento mecánico, está ligado a la cohesión y al ángulo de fricción interna y, por tanto, también juega un rol importante en la estabilidad de un cuerpo. Puede dividirse la resistencia como normal (σ) o cortante (τ) en función al sentido de las cargas aplicadas debido a que cada una influye en la desestabilización de un cuerpo de manera diferente. En la siguiente ecuación, se muestra la relación entre los dos tipos de resistencias de un mismo material durante un ensayo de compresión triaxial (Bowles J. , 1982).

$$\tau = c + \sigma * \tan\phi$$

Ecuación: Relación entre parámetros de diferentes resistencias (Bowles J. , 1982).

En el caso de los suelos, se pueden determinar las resistencias por medio de ensayos que varían en sus condiciones de encontrarse confinados (C) y/o drenados (D). Los mismos consisten en aplicar cargas en una muestra, tanto axial como cortante, para determinar los parámetros de cohesión y ángulo interno de fricción que permiten el cumplimiento de la relación entre resistencias. Según los tipos de ensayos, se obtienen los siguientes tipos de parámetros (Bowles J. , 1982):

- Ensayo confinado drenado (CD): Cohesión (c') y ángulo de fricción interna (ϕ') efectivos
- Ensayo confinado no drenado (CU): Cohesión (c) y ángulo de fricción interna (ϕ) totales
- Ensayo no confinado no drenado (UU): Cohesión (c_u) última

Mediante la ecuación, se muestra la relación que permite obtener el valor de la resistencia de corte, mientras que la resistencia normal se calcula por medio de la fórmula anterior (Bowles J. , 1982).

$$\tau = C_u$$

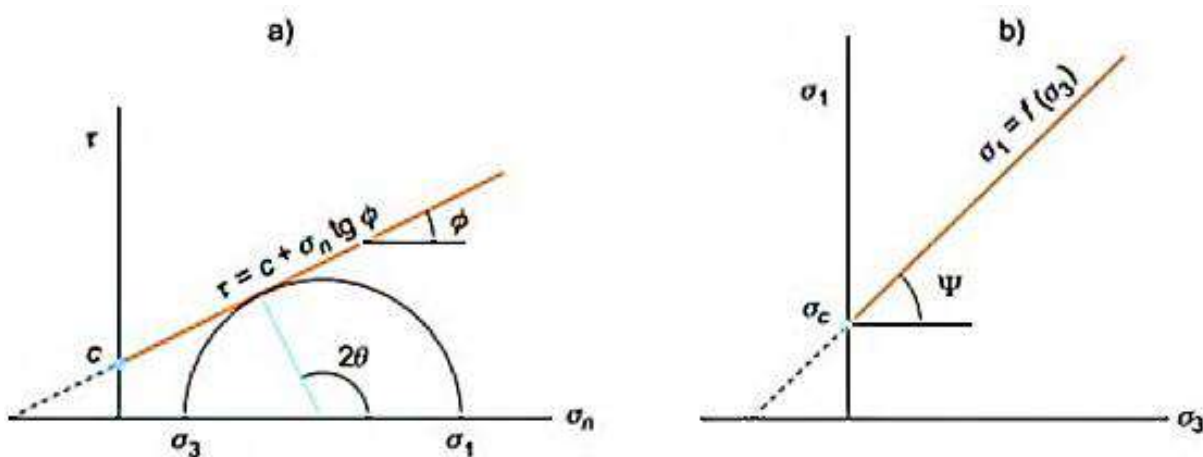
Ecuación: Cálculo de resistencia al corte (Bowles J. , 1982).

- **Criterio de rotura de Mohr Coulomb**

Según la teoría de Mohr los materiales se rompen debido a una combinación entre esfuerzo cortante y normal. Aprovechando esta teoría, Coulomb propuso un criterio de rotura para los suelos que relaciona tensiones efectivas y normales actuando en cualquier plano del suelo (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002). Esta relación se describe en la siguiente ecuación:

$$\tau = c' + (\sigma_n - u) \tan(\phi)$$

Figura 8: *Envolvente de Mohr Coulomb (a) esfuerzos tangenciales vs normales. (b) esfuerzos principales*

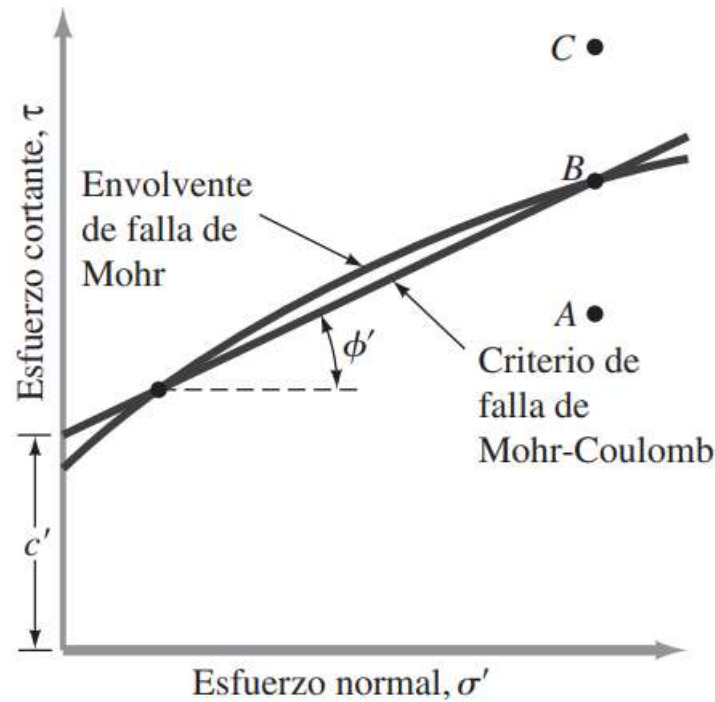


Fuente: (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

La ecuación anterior representa una recta que normalmente es conocida como envolvente de falla o de rotura. En la siguiente imagen se pueden apreciar algunos aspectos muy importantes.

En la Figura 9, el punto (B) representa un estado de rotura. Mientras que el punto (A) representa un estado que cuenta con cierto grado de seguridad, pues para cierto esfuerzo normal el esfuerzo tangencial es considerablemente menor que el máximo esfuerzo tangencial. Finalmente, el punto (C) es un estado imposible, ya que el esfuerzo tangencial sobrepasa el máximo valor de este.

Figura 9: Criterio de rotura en suelos de Mohr-Coulomb y Envolvente de falla



Fuente: (Das B. , 2003)

2.2.3.4 Módulo de elasticidad (E):

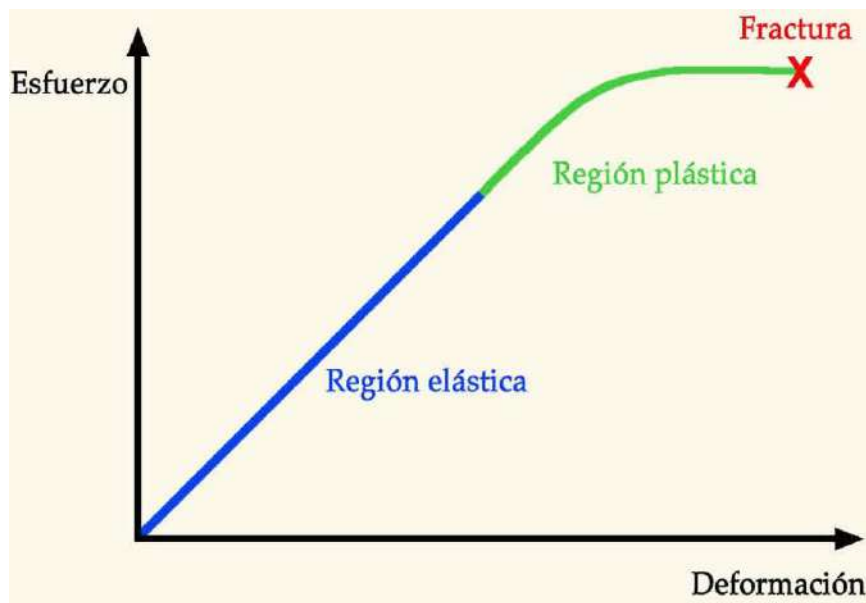
El módulo de elasticidad de Young (E) es un parámetro que relaciona los valores del esfuerzo axial aplicado (σ) sobre un material y su deformación unitaria resultante (ϵ) (Bowles J. , 1982). En la ecuación que a continuación se presenta, se observa cómo se determina el valor del módulo de elasticidad a partir de los datos de ensayos de carga y de deformación axial.

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon}$$

Ecuación: Cálculo del módulo de elasticidad de Young (Bowles J. , 1982).

A partir del módulo de Young y conociendo si se aplicó una carga o deformación inicial, se puede plantear el inicio de la gráfica de esfuerzo-deformación unitaria que describe el comportamiento de un material y permite determinar su resistencia y ductilidad. El parámetro E solo describe el primer tramo de la gráfica para suelos puesto que su los mismos dejan de comportarse linealmente cuando se aplican grandes cargas (Bowles J. , 1982). En la Fig. 10, se observa un gráfico general de comportamiento esfuerzo - deformación de un material hasta llegar a su fallo.

Figura 10: Relación esfuerzo-deformación unitaria



Fuente: (Editor Geoxnet, 2019)

Si bien el término de “módulo de elasticidad” se usa de manera más convencional, lo más apropiado sería denominarlo “módulo de esfuerzo-deformación” debido a que se produce por el movimiento discontinuo de las partículas del material. Además, es posible plantear el módulo en distintos tramos del gráfico de comportamiento, incluso fuera del rango elástico, para aproximar resultados, sea interpretando E como una recta tangente o una secante al gráfico (Bowles J. , 1982).

En base a varias investigaciones realizadas para diferentes tipos de suelos se logró caracterizar el parámetro elástico, como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 4: Parámetros elásticos para varios tipos de suelos

Tabla 17.6 Parámetros elásticos para varios tipos de suelo

Tipo de suelo	Módulo de elasticidad, E_s (MN/m ²)	Coefficiente de Poisson, μ_s
Arena suelta	10–25	0.20–0.40
Arena semi-densa	15–30	0.25–0.40
Arena densa	35–55	0.30–0.45
Arena limosa	10–20	0.20–0.40
Arena y grava	70–170	0.15–0.35
Arcilla blanda	4–20	
Arcilla media	20–40	0.20–0.50
Arcilla dura	40–100	

Fuente: (Das B. M., 2015)



Tabla 5: Rangos de valor del Módulo de Elasticidad Es para suelos seleccionados

Soil	E_s , MPa
Clay	
Very soft	2–15
Soft	5–25
Medium	15–50
Hard	50–100
Sandy	25–250
Glacial till	
Loose	10–150
Dense	150–720
Very dense	500–1440
Loess	15–60
Sand	
Silty	5–20
Loose	10–25
Dense	50–81
Sand and gravel	
Loose	50–150
Dense	100–200
Shale	150–5000
Silt	2–20

Fuente: (Bowles J. E., 1997)

Considerar que estos valores son comúnmente utilizados como valores promedios de diseño, pero dependen en gran medida del historial de esfuerzo, contenido de agua, densidad y edad del suelo – depósito.

2.2.3.5 Módulo de Poisson (ν):

El módulo de Poisson (ν) se utiliza para relacionar la deformación de un material en la dirección donde se aplica una carga (ϵ_1) y la deformación en un sentido ortogonal (ϵ_3) producida por la misma carga. Su valor exacto es complicado de obtener mediante ensayos, pero se puede aproximar teóricamente por medio de la siguiente ecuación (Bowles J. , 1982).

$$\nu = \frac{\epsilon_3}{\epsilon_1}$$

Ecuación: Cálculo del módulo de Poisson. (Bowles, 1982)

Se ha encontrado que el valor del módulo de Poisson puede variar según la magnitud de la carga que se aplique. Para mitigar la incertidumbre, suelen emplear valores convencionales para definir la propiedad que varían entre 0.2 y 0.5 (Bowles J. , 1982).

Varias investigaciones permiten que sea posible tener valores promedio para diferentes tipos de suelo, como se muestra en la siguiente tabla:



Tabla 6: Parámetros elásticos para varios tipos de suelos

Tabla 17.6 Parámetros elásticos para varios tipos de suelo

Tipo de suelo	Módulo de elasticidad, E_s (MN/m ²)	Coefficiente de Poisson, μ_s
Arena suelta	10–25	0.20–0.40
Arena semi-densa	15–30	0.25–0.40
Arena densa	35–55	0.30–0.45
Arena limosa	10–20	0.20–0.40
Arena y grava	70–170	0.15–0.35
Arcilla blanda	4–20	
Arcilla media	20–40	0.20–0.50
Arcilla dura	40–100	

Fuente: (Das B. M., 2015)

Tabla 7: Valores o rangos del Módulo de Poisson para diferentes tipos de suelo

Type of soil	μ
Clay, saturated	0.4–0.5
Clay, unsaturated	0.1–0.3
Sandy clay	0.2–0.3
Silt	0.3–0.35
Sand, gravelly sand	–0.1–1.00
commonly used	0.3–0.4
Rock	0.1–0.4 (depends somewhat on type of rock)
Loess	0.1–0.3
Ice	0.36
Concrete	0.15
Steel	0.33

μ	Soil type
0.4–0.5	Most clay soils
0.45–0.50	Saturated clay soils
0.3–0.4	Cohesionless—medium and dense
0.2–0.35	Cohesionless—loose to medium

Fuente: (Bowles J. E., 1997)



2.2.3.6 Módulo de Edométrico (ν):

Se trata de un parámetro similar al módulo de elasticidad, pero en este caso el módulo edométrico de deformación, es un módulo de compresión confinada sin deformaciones horizontales y solo tiene validez para determinados valores de carga (Zuloaga, 2014). El módulo edométrico E_m (E') es un módulo de deformación del suelo confinado.

La relación entre E_{def} y E_{oed} está dada por:

$$E_{def} = E_{oed} \left(1 - \frac{2\nu^2}{1 - \nu} \right)$$

$$E_{oed} = \frac{E_{def}}{\beta}$$

$$\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1 - \nu}$$

E_{def} : Modulo de deformación elástico

E_{oed} : Modulo edometrico

ν : coeficiente de poisson (relación entre las deformaciones unitarias lateral y axial)

Tabla 8: Rango de valores aproximado del módulo edométrico

Suelo	Módulo edométrico E_{oed} [MPa]
Grava	60 - 600
Arenas de densidad media a arenas densas	7 - 130
Cohesivo	2 - 30

Fuente: (Vaniček, 2000)



2.2.4 Propiedades físico mecánica de los suelos

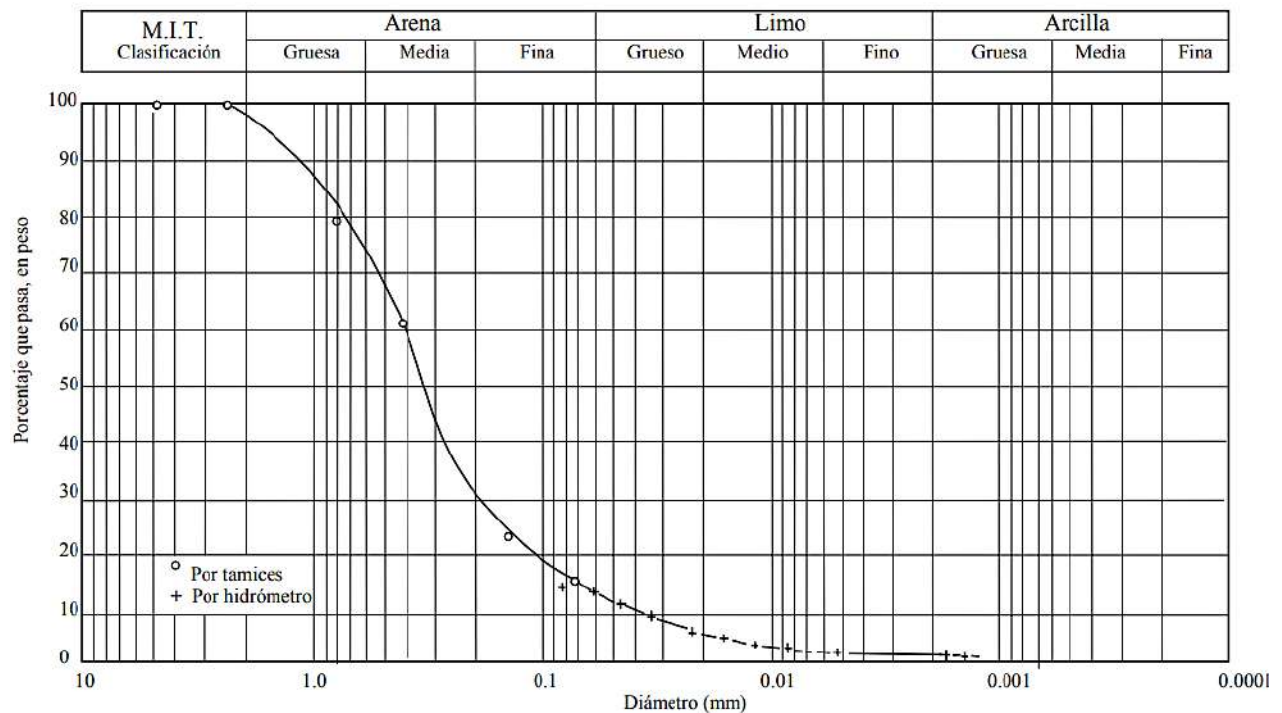
2.2.4.1 Análisis granulométrico por tamizado.

Un análisis granulométrico es la clasificación de los suelos para usos de ingeniería y se toma de manera universal y que además uno de los criterios de aceptabilidad de suelos para cualquier tipo de obra de construcción sobre el suelo es la granulometría (Bowles J. , 1982). El objetivo principal del ensayo es distribuir las partículas de la muestra del espécimen (suelo) de acuerdo a su tamaño, para después ser clasificado a través de los sistemas AASHTO o SUCS.

La información obtenida del análisis granulométrico es presentada en un cuadro de representación logarítmica para los tamaños de partículas, en donde el porcentaje que pasa también considerado como el porcentaje de más finos es considerada como la ordenada en la escala natural.

Una vez realizado la curva de distribución se conoce los diámetros característicos tales como D10, D85, D60, etc. La letra “D” corresponde al tamaño de grano o diámetro aparente, y el sub índice al porcentaje del material más fino (MTC, 2000).

Figura 11: Curva granulométrica



Fuente: (Badillo, 2010)



a) Coeficiente de uniformidad.

Es un indicador de la gradación o la variación de rango de los tamaños de los granos presentes, el cual puede calcularse numericamente para la curva de tamaños de los granos, para la fracción mayor que la malla No. 200, el parámetro C_u indica que los diámetros D_{60} y D_{10} varían en tamaños apreciables (Bowles J. , 1982), el cual está definido con la siguiente ecuación.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Donde D_{60} es el tamaño donde el 60% del peso del suelo sea igual o menor y D_{10} que también llamado por Hazen el diámetro efectivo, es el tamaño tal que sea mayor o igual que el 10% en peso del suelo. Para los suelos con $C_u < 3$ se consideran muy uniformes e incluso las arenas naturales muy uniformes presentan un $C_u < 2$ (Bowles J. , 1982).

b) Coeficiente de concavidad.

Representa una medida de la forma de la curva entre el D_{60} y el D_{10} , Ec. 8

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$$

Donde el coeficiente de curvatura o concavidad varía entre 1 y 3 en los suelos bien graduados (Badillo, 2010).

2.2.4.2 Límites de Consistencia

Los límites de consistencia nacen a partir de la plasticidad del suelo que se define como una propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse (Badillo, 2010).

A medida que el contenido de agua decrece un suelo tiende a ser plástico o puede estar en los siguientes estados de consistencia que los define Atterberg.

- Estado líquido, con propiedades y apariencia de una suspensión.
- Estado semilíquido, con propiedades de un fluido viscoso.
- Estado plástico, en el que el suelo se comporta plásticamente.
- Estado semisólido, el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero con disminución de volumen cuando se somete al secado.
- Estado sólido, el volumen del suelo no varía con el secado.



De estos estados se puede definir los límites líquido y plástico, que por conclusión se da lo siguiente.

Límite líquido (LL), es el estado donde se encuentra la frontera entre los estados semilíquido y plástico.

Límite plástico (LP), es el estado donde se encuentra la frontera entre los estados plástico y semisólido.

El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido.

El valor calculado deberá aproximarse al centésimo (Lucas, 2014)

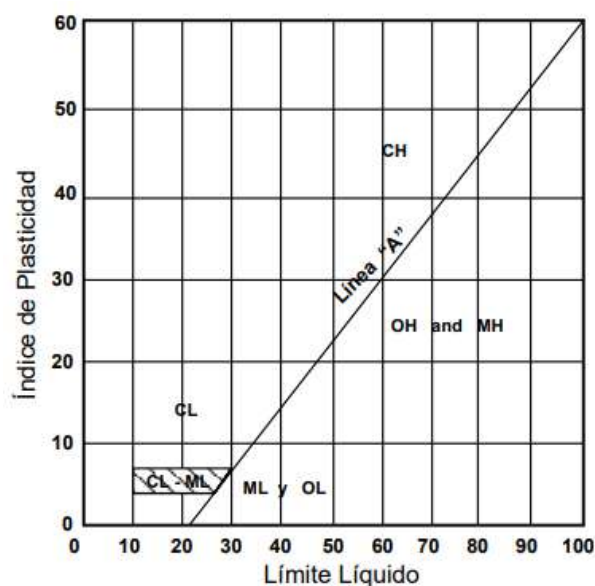
Índice de plasticidad

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP elevado corresponde a un suelo muy arcilloso; por lo contrario, un IP bajo es característico de un suelo poco arcilloso (MTC, 2013).

La diferencia de los valores entre el límite líquido y límite plástico es llamado como el índice plástico, que se relaciona con la cantidad de arena añadida, que se considera como un parámetro a definir en la plasticidad.

$$I_p = LL - LP$$

Figura 12: Carta de Plasticidad de Casagrande



Fuente: (MTC, 2017)



Tabla 9: Clasificación de suelos según índice de plasticidad

Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20$	Alta	suelos muy arcillosos
$IP \leq 20$ $IP > 7$	Media	suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
$IP = 0$	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: (MTC, 2013)

2.2.4.3 Clasificación de los suelos

Los suelos se pueden clasificar de acuerdo a su comportamiento, tamaños y composición además de la agrupación y correlación mediante un sistema o metodología de clasificación que define y evalúa las propiedades del suelo.

Hay dos sistemas de clasificación de suelos de uso común para propósitos de ingeniería.

- A.** El Sistema Unificado de Clasificación del suelo (SUCS o USCS) que se utiliza para casi todos los trabajos de ingeniería geotécnica;
- B.** El sistema de clasificación AASHTO que se usa por la construcción de carreteras y terraplenes.

Ambos sistemas utilizan los resultados del análisis granulométrico y la determinación de los límites de Atterberg para determinar la clasificación del suelo.

Las fracciones texturales del suelo son: grava, arena, limo, arcilla. A un suelo que comprende uno o más de estos componentes se le da un nombre descriptivo y una designación que consta de letras o números y letras. Estas letras dependen de las proporciones relativas de los componentes y de las características de plasticidad del suelo (Borselli, 2017).



A. Sistema de clasificación según SUCS.

Este tipo de sistema discrimina en 2 conjuntos importantes: gruesos y finos, de acuerdo a los que pasan por el tamiz N° 200. Los suelos que en su estructura contienen grano grueso se fraccionan en gravas y arenas de acuerdo estos pasen por el tamiz N° 4 serán clasificadas (las gravas y arenas) de acuerdo al porcentaje de finos q presentan (% del pasante por el tamiz N° 200) en limpias y secas (Márquez , 2006).

Los suelos de un sistema unificado se designan por un símbolo de dos letras: el primero considera que el principal componente de la tierra, y la segunda describe informaciones de la curva granulométrica o características de plasticidad. Por ejemplo: la arena pobremente graduada se denomina SP y arcilla con baja plasticidad es CL.

Para la clasificación SUCS, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

Regla 1: Si menor del 50% del suelo pasa la malla No. 200 (0.075 mm), el suelo es de grano grueso, y la primera letra será G o S.

Regla 2: Si más del 50% pasa la malla No. 200(0.075 mm), el suelo es de grano fino y la primera letra será M o C.

Regla 3: Arenas y gravas limpias (con menos del 5% que pasa la malla No. 200): se les da una segunda letra P si están mal graduada o W si bien graduadas. Arenas y gravas, con más de 12% en peso que pasa la malla No. 200: se les da una segunda letra M si son limosas o C, si son arcillosos.

Arenas y gravas que tienen entre 5 y 12%: se dan clasificaciones duales como SP-SM.

Limos, arcillas y suelos orgánicos se les da la segunda letra H o L para designar a la plasticidad de alta o baja (Borselli Matriz, 2017).

Las normas específicas para la clasificación se describen detalladamente en la norma ASTM D 2487 (Ver Tabla 10).



Tabla 10: Sistema de clasificación de suelos por SUCS

El sistema Unificado de clasificación de suelos, utiliza como identificación los siguientes símbolos:										
Simbolo	G	S	M	C	O	Pt	H	L	W	P
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limos o arcillas orgánicas	Turba y suelos altamente orgánicos	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduado	Mal graduado
	Primera letra					Segunda letra				

Fuente: (Borselli Matriz, 2017)

Tabla 11: Sistema USCS

IDENTIFICACION EN EL CAMPO				SÍMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO POR EL TAMIZ # 200	GRAVAS - MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA ES RETENIDA POR EL TAMIZ # 4	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS		GW	GRAVA BIEN GRADUADA, MEZCLA DE GRAVA Y ARENA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA A PARTIR DE LA CURVA GRANULOMETRICA SEGUN EL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE: CASOS LIMITES QUE REQUIEREN EL EMPLEO DE SIMBOLOS DOBLES GW, GP, SW, SP GH, GC, SH, SC MENOS DEL 5% MAS DEL 12% 5% AL 12%	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 4 ; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ ENTRE 1 Y 3	
		PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS		GP	GRAVAS MAL GRADUADAS, MEZCLAS DE ARENA Y GRAVA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS GW	
	GRAVAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	FRACCION FINA NO PLASTICA (PARA LA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML MAS ABAJO)		GM	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO		LIMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA "A" O I_p MENOR QUE 4	POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON I_p ENTRE 4 Y 7; CASOS LIMITES QUE REQUIEREN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES
		FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICARLOS VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)		GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA		LIMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O I_p MAYOR QUE 7	
SUELOS DE GRANO FINO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA POR EL TAMIZ # 200	ARENAS - MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA PASA POR EL TAMIZ # 4	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS		SW	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	UTILICESE LA CURVA GRANULOMETRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO INDICADAS EN LA COLUMNA DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO LINEA A: $I_p = 0.73(WL - 20)$ 	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 6 ; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ ENTRE 1 Y 3	
		PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS		SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS SW	
	ARENAS CON FINO (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	FINOS NO PLASTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML MAS ABAJO)		SM	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO MAL GRADUADAS		LIMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA "A" O I_p MENOR QUE 4	POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON I_p ENTRE 4 Y 7; CASOS LIMITES QUE REQUIEREN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES
		FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)		SC	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE ARENAS O ARCILLAS		LIMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O I_p MAYOR QUE 7	
MÉTODOS DE IDENTIFICACION PARA LA FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 40								
SUELOS DE GRANO FINO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA POR EL TAMIZ # 200	LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (A LA DISGREGACION)	DILATANCIA (REACCION A LA AGITACION)	TENACIDAD (CONSISTENCIA CERCA DEL LIMITE PLASTICO)	ML	LIMOS INORGANICOS Y ARENAS MUY FINAS, POLVO DE ROCA, ARENAS FINAS LIMOSAS O ARCILLAS CON LIGERA PLASTICIDAD		
		NULA A LIGERA	RAPIDA A LENTA	NULA	CL	ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD BAJA A MEDIA, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS MAGRAS		
		MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA	MEDIA	OL	LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD		
SUELOS DE GRANO FINO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA POR EL TAMIZ # 200	LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50	LIGERA A MEDIA	LENTA	LIGERA A MEDIA	MH	LIMOS INORGANICOS, SUELOS LIMOSOS O ARENOSOS FINOS MICACEOS O CON DIATOMEAS, LIMOS ELASTICOS		
		ALTA A MUY ALTA	NULA	ALTA	CH	ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD ELEVADA, ARCILLAS GRASAS		
		MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA	LIGERA A MEDIA	OH	ARCILLAS ORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIA A ALTA		
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	FACILMENTE IDENTIFICABLES POR SU COLOR, OLORES, SENSACION ESPONJOSA Y FRECUENTEMENTE POR SU TEXTURA FIBROSA			Pt	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS			

Fuente: (Bowles J. , 1982)

B. Sistema de Clasificación AASHTO

Este sistema es usado principalmente para explanaciones de caminos y carreteras; clasifican en ocho grupos tomando considerando la distribución granulométrica, el límite líquido e índice de plasticidad. Empezando con A-1 sucesivamente hasta A-8.



Los materiales de grano grueso abarcan los grupos: A-1, A-2 y A-3; los materiales de grano fino abarcan: A-4, A-5, A-6 y A-7, los materiales de turba, lodo y otros suelos altamente orgánicos abarcan el grupo A-8, en la tabla 12 se muestra la Clasificación AASHTO (MTC, 2017).

- Grano Grueso: Grupos A-1, A-2 y A-3 cuando el 35% o menos de la muestra que pasa el tamiz N°200.
- Grano Fino, Grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 cuando más del 35% de la muestra que pasa el tamiz N°200.

Por simple inspección visual se logra catalogar en el grupo A-8 a los suelos con alto contenido orgánico como son: las bostas y compostas orgánicas. Para una subdivisión en el grupo A-7 se recurre al límite líquido y al índice de grupo (GI), entre el mayor sea el valor del índice de grupo menor será su utilidad como material de subrasante. Un GI=20 o más indica un material muy pobre para usar se con ese propósito.

$$GI = (F200 - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F200 - 35)(IP - 10)$$

Al momento de calcular el índice de grupo para un suelo de los grupos A-2-6 o A-2-7, use solo la ecuación de índice de grupo parcial relativa al índice de plasticidad.

$$GI = (F200 - 35)(IP - 10)$$

Dónde:

F200= % que pasa la malla N°200.

LL= Límite Líquido.

IP= Índice de plasticidad.

Tabla 12: Sistema de clasificación de suelos por SUCS

Clasificación General	Suelos Granulares (≤ 35% pasa 0,08 mm)						Suelos Finos (> 35% Bajo 0,08 mm)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Grupo	A-1a		A-1b	A-2-4				A-2-5	A-2-6*	A-2-7*	A-7-5** A-7-6**
Sub-Grupo	A-1a		A-1b	A-2-4				A-2-5	A-2-6*	A-2-7*	A-7-5** A-7-6**
2 mm	≤ 50										
0,5 mm	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
0,08 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35				36			
W _L				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas Limosas Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
** A-7-5: IP ≤ (W _L - 30)						** A-7-6: IP > (W _L - 30)					
Si el suelo es NP → IG = 0; Si IG < 0 → IG = 0											



Fuente: (MTC, 2017)

“Los grupos de suelos son 7, subdivididos en otros más (para llegar a 12):” (Escobar P. & Duque-Escobar, 2017).

Grueso granulares: 35% o menos pasa el T-200 comprende:

- A-1, si menos del 20% pasa el T-200 y menos del 50% pasa el T-40.
- A-2, si menos del 35% pasa el T-200, (limoso o arcilloso).
- A-3, si menos del 10% pasa el T-200 y 51% o más pasa el T-40 (Escobar P. & Duque-Escobar, 2017).

Suelos Fino Granulares (grupo limo arcillas): más del 35% pasa el T – 200

- A-4 si $IP \leq 10$ (limo) y $LL \leq 40\%$.
- A-5 si $IP \leq 10$ (limo) y $LL \leq 41\%$.
- A-6 si $IP \geq 11$ (arcilla) y $LL \leq 40\%$.
- A-7 si $IP \geq 11$ (arcilla) y $LL \leq 41\%$ (Escobar P. & Duque-Escobar, 2017).

Tabla 13: Características de los Suelos – Según AASHTO

Grupo Suelos.	Permeabilidad	Elasticidad.	Cambio de volumen.	Capilaridad.	Bases de pavimentos.	Sub bases.	Terraplenes.	Valoración escala.
A-1	--	---	--	-	++	++	++	+++ Sobresaliente.
A-2	-	++	+	m	-	M	+	++ Muy alto.
A-3	+	-	---	-	+	+	+	+ Alto.
A-4	-	+	+-	++++	-	-	+-	m Moderado.
A-5	-	m	++	++++	---	-	---	- Deficiente.
A-6	---	-	++	++	--	--	-	-- Bajo.
A-7	--	m	++	++	--	--	--	--- Muy bajo.

Fuente: (Escobar P. & Duque-Escobar, 2017)

2.2.5 Ensayos de laboratorio

2.2.5.1 Ensayo de corte Triaxial

Los ensayos triaxiales son uno de los métodos más confiables, para la determinación de los parámetros de resistencia al corte además que son empleados para determinar las características mecánicas de los suelos debido a la capacidad realista de simular las condiciones de esfuerzo.



Se pueden realizar ensayos tanto de extensión como de compresión, y pueden ejecutarse con deformación controlada o con carga controlada. Cuando el ensayo es de deformación controlada como en este caso, se le va aplicando las deformaciones a una razón (velocidad de deformación) ya establecida, mientras se mide el esfuerzo desviador aplicado mediante una celda de carga.

Existen dos etapas definidas en los ensayos triaxiales, la primera es la de consolidación de la muestra, la cual puede ser aplicada de manera isotrópica o anisotrópica, luego se procede a la llevar el espécimen hasta la falla aplicando el esfuerzo desviador, en cada etapa existen dos posibles escenarios: permitir el drenaje o impedirlo.

Tomando en consideración las etapas anteriormente mencionadas, el ensayo triaxial puede ser de tres tipos:

- Consolidado – Drenado (CD)
- Consolidado – No Drenado (CU)
- No consolidado – No drenado (UU)

Cada uno de estos tipos posee características diferentes, a continuación, se dará un mayor detalle de cada uno.

2.2.5.1.1 Consolidado-Drenado (CD)

Para llevar a cabo un ensayo de compresión triaxial consolidado drenado, en primer lugar, se aplica la presión de confinamiento lentamente para evitar la aparición de presión de poros en la muestra, esta condición es mucho más crítica en arcillas debido a la permeabilidad de las mismas.

Luego de verificar que la presión de poros sea cero, y por consiguiente la consolidación de la muestra haya concluido, se aplica el esfuerzo desviador, teniendo en cuenta también que no se genere presión de poros durante la aplicación del mismo. En el caso de las arcillas como ya se explicó anteriormente, esta prueba toma más tiempo.

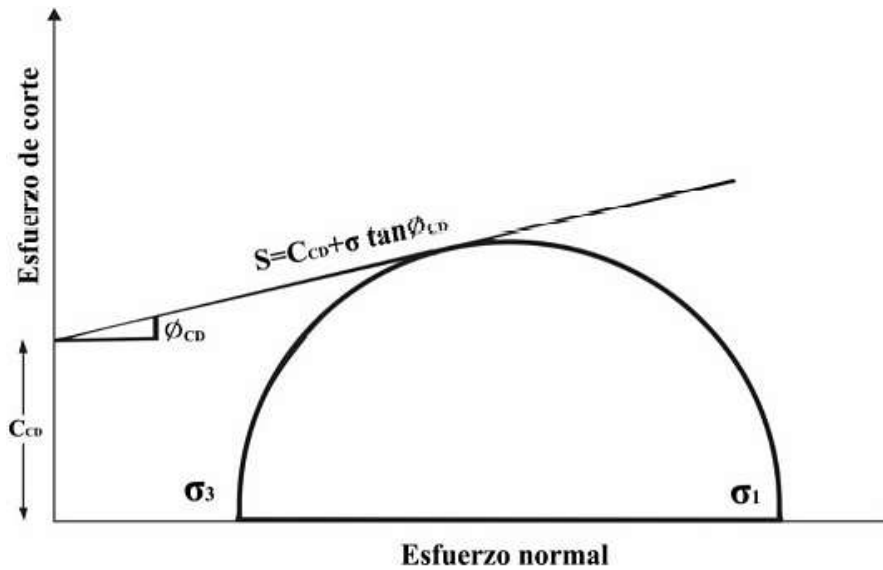
Todos los esfuerzos aplicados en este ensayo son efectivos en todo momento (para las dos etapas), es decir, se mantiene la válvula para el drenaje abierta.

En cuanto a la envolvente de Mohr, tomando en cuenta a σ_3 (la presión de confinamiento) y σ_1 (esfuerzo desviador máximo en el cual falla la muestra de suelo), se definen ambos extremos del círculo crítico en la falla (estado tensional).

Las características de este tipo de ensayo se utilizan para cálculos donde las condiciones denotan una falla frente a cargas lentas debido a su condición drenada en todo momento.

Generalmente se realiza el ensayo para tres especímenes diferentes con los cuales se puede ajustar con mayor precisión la envolvente y verificar tanto la cohesión como el ángulo de fricción del mismo como se muestra en la figura que se muestra a continuación.

Figura 14: *Envolvente de falla para ensayo CD*



Fuente: (Das B. M., 2015)

2.2.5.1.2 Consolidado- No drenado (CU)

El ensayo consolidado no drenado es el más utilizado debido a que se pueden calcular esfuerzos tanto efectivos como totales. En cuanto al procedimiento, inicialmente se aplica la presión de confinamiento, permitiendo la consolidación de la muestra y manteniendo la presión de poros neutra en esta etapa (válvula de drenaje abierta).

Luego se cierra la válvula y aplica el esfuerzo desviador. Debido a que la muestra ya no puede drenar, se generan presiones de poros, las cuales son medidas a lo largo de toda la segunda parte del ensayo (la rotura). El parámetro de presión de poros de Skempton define este incremento de forma adimensional, relacionándolo con el esfuerzo desviador de la siguiente manera:

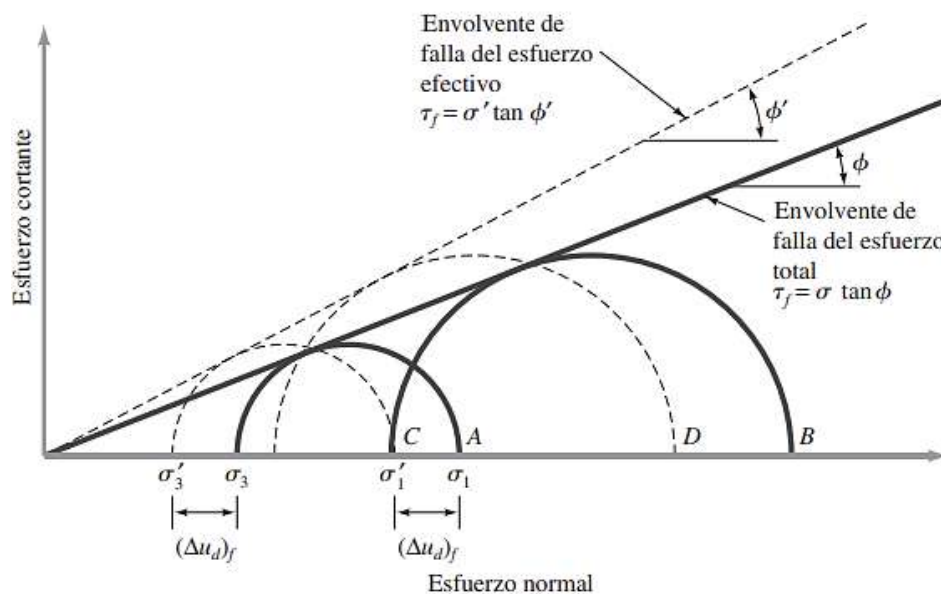
$$\bar{A} = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_d}$$

Una vez que el espécimen es llevado a la falla y se tienen los registros para diversas muestras, se puede definir la envolvente de Mohr. De los círculos correspondientes a los esfuerzos totales,

la envolvente que se obtiene es la que define la resistencia no drenada del suelo, la cual es aplicable para circunstancias donde las sollicitaciones son de manera rápida. Por último, si requerimos las presiones efectivas, debemos restar la presión de poros medida en el momento de máximo esfuerzo desviador, obteniendo así las características que hubiéramos adquirido de un ensayo consolidado-drenado.

Este tipo de ensayo es más utilizado en arcillas por su celeridad (en la rotura) en comparación con el ensayo tipo CD. En la Figura 2.12 se muestra la envolvente tanto de esfuerzos efectivos como totales que son adquiridas de un ensayo consolidado-no drenado.

Figura 15: *Envolvente de falla para ensayo CU*



Fuente: (Das B. M., 2015)

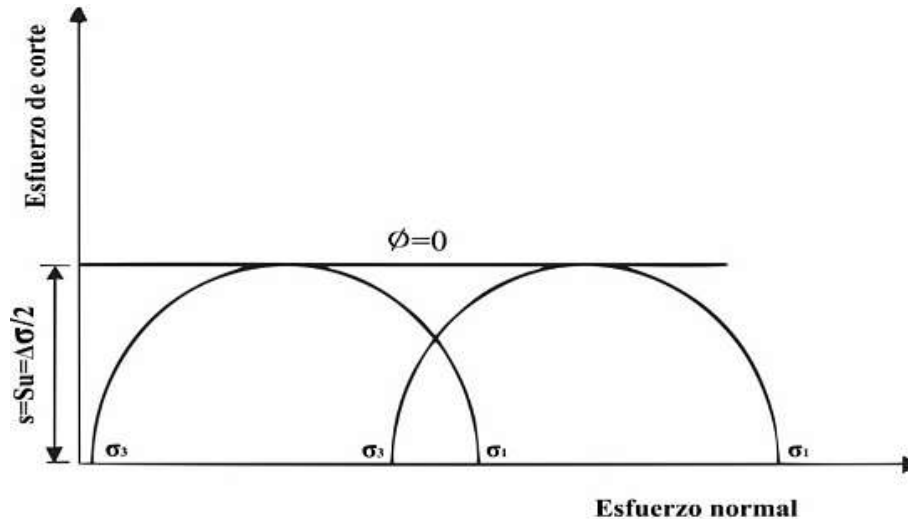
2.2.5.1.3 No consolidado- No drenado (UU)

Este último tipo de ensayo triaxial no permite el drenaje del espécimen en ninguna de sus etapas, es decir, la válvula de drenaje permanece siempre cerrada. Para desarrollar este tipo de ensayo se aplica en primer lugar la presión de confinamiento y seguidamente el esfuerzo desviador, estas condiciones se dan instantáneamente ya que no se debe esperar que exista ningún tipo de disipación de la presión de poros en la muestra. El aumento de la presión de poros se verá influenciado tanto por el esfuerzo desviador como el de confinamiento. Generalmente este tipo de ensayos se realiza para arcillas y se calcula la resistencia al corte no drenado (S_u). La envolvente de falla que se puede apreciar al realizar los ensayos para diferentes esfuerzos desviadores es una recta horizontal, es decir con ángulo de fricción nulo. El diámetro del círculo de Mohr es independiente de la presión de confinamiento dada. En la siguiente Figura se



muestra una envolvente, en la cual se puede apreciar los parámetros anteriormente mencionados.

Figura 16: *Envolvente de falla para ensayo UU*



Fuente: (Das B. M., 2015)

2.2.5.2 Ensayo para determinar la densidad y peso unitario del suelo insitu mediante el método del cono de arena

2.2.5.2.1 Método del cono de arena (Norma ASTM D-1556)

El dispositivo de cono de arena consiste en un vaso o jarra de plástico con un cono de metal unido a su parte superior (figura 2.14). La jarra se llena con arena de Ottawa seca muy uniforme y se determina el peso (W_1) de la jarra, el cono y la arena que llena la jarra.

Figura 17: *Jarra de plástico y cono de metal para el dispositivo del cono de arena*



Fuente: (Das B. M., 2015)



En el campo, se excava un pequeño agujero en la zona donde el suelo ha sido compactado. Si se determina el peso de la humedad del suelo excavado desde el agujero (W_2) y se conoce el contenido de humedad de la tierra excavada, el peso seco del suelo (W_3) está dado por:

$$W_3 = \frac{W_2}{1 + \frac{w(\%)}{100}}$$

Donde w = contenido de humedad.

Después de excavar del agujero, el cono con la jarra llena de arena unida a él se invierte y se coloca sobre el orificio (figura 2.15). Se deja que la arena fluya fuera de la jarra dentro del orificio y el cono. Una vez que el orificio y el cono están llenos, se determina el peso de la jarra, el cono y la arena restante en la jarra (W_4), por lo que

$$W_5 = W_1 - W_4$$

Donde W_5 = peso de arena que llena el agujero y el cono.

El volumen del orificio excavado ahora se puede determinar como

$$V = \frac{W_5 - W_c}{\gamma_{d(\text{arena})}}$$

Figura 18: Determinación del peso unitario de campo con el método del cono de arena

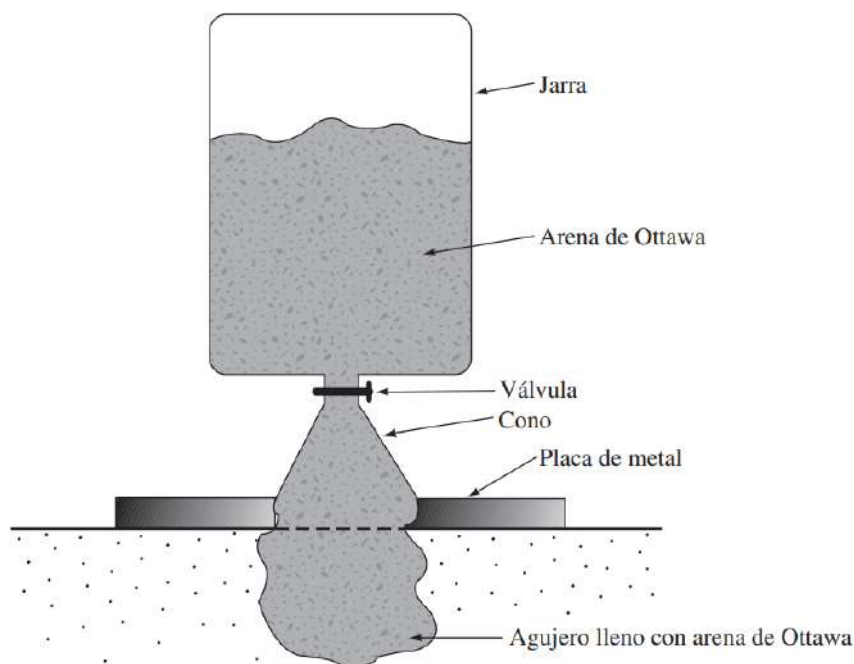


Figura: (Das B. M., 2015)



Donde:

W_c = peso de la arena para llenar sólo el cono

$\gamma_{d(arena)}$ = peso unitario en seco de la arena de Ottawa utilizada

Los valores de W_c y $\gamma_{d(arena)}$ se determinan a partir de la calibración realizada en el laboratorio. El peso unitario seco de compactación hecho en el campo ahora se puede determinar cómo:

$$\gamma_d = \frac{\text{peso seco del suelo excavado del agujero}}{\text{volumen del agujero}} = \frac{W_3}{V}$$

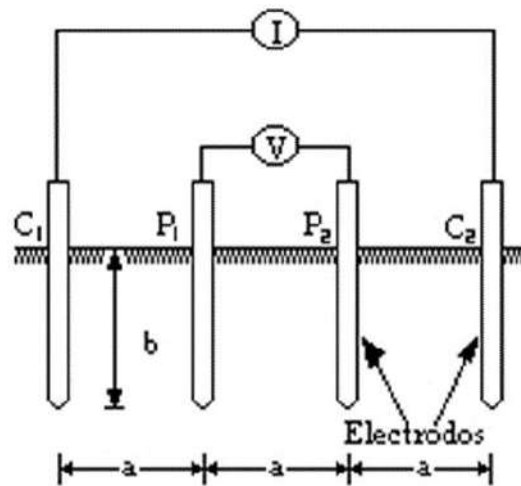
2.2.5.3 Ensayo para determinar estratos del suelo mediante Sondeo eléctrico Vertical (SEV)

El Sondeo Eléctrica Vertical es un método que consiste en determinar la distribución del suelo a partir de su resistividad, debido a que todos los materiales que constituyen el suelo manifiestan un determinado comportamiento al paso de corriente eléctrica, por eso cuando el flujo eléctrico y líneas de campo son constantes corresponden a materiales homogéneos, pero si los valores del campo varían indica una variación de materiales dentro del mismo deposito.

Determinar los posibles materiales que componen el suelo a partir de su resistividad eléctrica es posible, dado que se han realizado estudios de la resistividad de diversos materiales (naturales y artificiales), que permiten establecer una relación entre la resistividad y el tipo de material, además que es posible determinar la presencia de aguas subterráneas. En términos generales se sabe que los suelos gruesos o rocosos presentan una alta resistividad, mientras que los suelos arcillosos o con altos contenidos de humedad y sales presentan anomalías de baja resistividad.

El método consiste en inyectar corriente al terreno mediante dos electrodos C1 y C2, para luego monitorear medir las diferencias del potencial con otro par de electrodos P1 y P2, a fin de medir la dificultad con la que la corriente eléctrica fluye a través de un material, el cálculo de la resistividad se realizar de acuerdo a la norma NRF 011 CFE 2004, y la profundidad de análisis dependerá de la distancia inicial entre los electrodos A y B.

Figura 19: Distribución de electrodos para medidas de resistividad en el terreno



Fuente: (Ruelas Gomez, s.f.)

2.2.6 Topografía

Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de los puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los 3 elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación (Montes De Oca, 2004).

2.2.6.1 Levantamiento Topográfico

Un levantamiento topográfico consiste en describir un terreno desde un punto de vista topográfico. Usando instrumentos especializados, el topógrafo escanea la superficie de la tierra y toma datos, generalmente usando un teodolito o una estación total. Con los datos obtenidos en el levantamiento topográfico se elaboran mapas o planos específicos de un lugar, describiendo en particular las características del terreno, como los relieves o los desniveles que puedan existir (PYMET Proyectos y mediciones Topográficas S.L., 2022).

El principal objetivo de un levantamiento topográfico en taludes es la determinar su configuración superficial y visualizar todo el conjunto de particularidades del mismo, que permiten un mejor análisis de la estabilidad de taludes, principalmente mediante la entrega de curvas de nivel y secciones transversales de los taludes que se necesiten investigar.

2.2.6.2 Etapas de un Levantamiento Topográfico

Un levantamiento topográfico generalmente consta de los siguientes procesos:



- Reconocimiento del Terreno y elaboración del plan de trabajo
- Trabajo de campo y toma de información
- Trabajo de gabinete o procesamiento de la información

2.2.7 Estudios de Infiltración

Se define como infiltración a la capacidad que tienen los diferentes suelos para dejar pasar el agua a través de su estructura, además se puede establecer como la medida por la cual el suelo o terreno es capaz de absorber el agua producto de las precipitaciones e irrigaciones.

2.2.7.1 Coeficiente de Permeabilidad

El coeficiente de permeabilidad es una constante de proporcionalidad relacionada con la facilidad de movimiento de un flujo a través de un medio poroso. Existen dos métodos generales de laboratorio para determinar directamente el coeficiente de permeabilidad de un suelo. Estos son los llamados método de la cabeza constante y el método de la cabeza variable. Ambos métodos se basan en el uso de la ley de Darcy. (Bowles J. E., 1981)

2.2.7.1.1 Ensayos de Nivel Variable o Método Porchet

Este método, consiste en un agujero cilíndrico, excavado en tierra, de radio y profundidad constante, en el cuales se mide el descenso del nivel del agua dentro del pozo a través del tiempo.” (Luna Saez, 2003)

Según (Puga Lagos, 2012), la fórmula para determinar el cálculo de la superficie por la cual el agua se infiltra es la siguiente:

$$S = \pi * R(2H + R)$$

Y para calcular el coeficiente de permeabilidad se usa la siguiente expresión

$$f = \frac{R}{2(T_2 - T_1)} - \ln\left(\frac{2H_1 + R}{2H_2 + R}\right)$$

Donde:

R: Radio del orificio excavado en el suelo

H: Altura del agua en el orificio

T1 y T2: Tiempos de los registros H1 y H2 respectivamente



2.2.8 Factor de seguridad

El análisis de estabilidad se basa en determinar el factor de seguridad que posee el talud en estudio. Este factor se halla comparando los esfuerzos a los que está sometido el talud y los esfuerzos que éste puede soportar. Para taludes relativamente homogéneos, la superficie de falla se aproxima a un arco circular, a lo largo del cual las fuerzas de ruptura y resistentes pueden ser analizadas. Existen varios tipos de análisis de la estabilidad de taludes y pueden ser clasificados en tres grandes categorías: Método del equilibrio límite, Análisis límite y método de elementos finitos. El método más difundido es el del equilibrio límite, el cuál asume la validez del criterio de falla de Coulomb a lo largo de la superficie de falla asumida. Se consideran diagramas de cuerpo libre para hacer actuar las fuerzas asumidas o conocidas.

Figura 20: Esquema estabilidad talud



Fuente: (Valiente Sanz, Sobrecases Martí, & Díaz Orrego, 2015)

El esfuerzo cortante inducido en la superficie de falla asumida es comparado con el esfuerzo resistente del material. El método de las rebanadas, que considera un análisis de falla rotacional, es la solución más comúnmente utilizada dentro del Método del equilibrio Límite. Este método se basa en el cálculo del factor de seguridad del talud en estudio sometiendo a comparación la resistencia al corte disponible y el equilibrio de esfuerzos de corte:

FS = Resistencia al corte disponible / Equilibrio de esfuerzos de corte

El factor de seguridad hallado nos indica lo siguiente:

- 1) Si el factor de seguridad es menor a la unidad (**FS** <1), el talud es inestable o ya colapsado.
- 2) Si el factor de seguridad es mayor a la unidad (**FS** >1), el talud es estable.
- 3) Si el factor de seguridad es menor a la unidad (**FS** =1), el talud presenta el riesgo de una falla inminente



Tabla 14: Coeficientes de seguridad a emplear en el análisis de estabilidad de taludes

NORMATIVA	TALUD TEMPORAL		TALUD PERMANENTE	
	ESTÁTICA	SÍSMICA	ESTÁTICA	SÍSMICA
AASHTO LRFD	1,33-1,53	1,1	1,33-1,53	1,1
NAVFAC-DM7	1,3-1,25	1,2-1,15	1,5	1,2-1,15
FHWA-NHI-11-032	-	1,1	-	1,1
CE.020	-	-	1,5	1,25

Fuente: (Valiente Sanz, Sobrecases Martí, & Díaz Orrego, 2015)

2.2.9 Obtención del Factor de Seguridad

Para la determinación del factor de seguridad es necesario la aplicación de diversos métodos de cálculo matemático, que consecuentemente se utiliza para definir y evaluar la Estabilidad de los Taludes, para ello se aplican principalmente condiciones de equilibrio para fuerzas y momentos generados dentro del talud, con respecto a una superficie de falla asumida (Beneyto, 2011), considera que la determinación del factor de seguridad puede ser abordada mediante el empleo de teorías simplificadas de resistencia de materiales, como los métodos de equilibrio límite, o bien, mediante técnicas más precisas como el Método de los Elementos Finitos, conduciendo, en ambos casos, a soluciones determinísticas, en estos casos pueden emplearse técnicas iteradas de búsqueda donde la solución no es única, sino que está acotada en un intervalo.

Adicionalmente para un mejor análisis del factor de seguridad, se deben de considerar parámetros externos como son la incidencia de Sobrecargas (Fijas o Temporales), las fuerzas originadas por la filtración dentro de la masa de suelo, así como las acciones sísmicas.

2.2.10 Metodologías para el Análisis de Estabilidad de Taludes

En base a lo mencionado por varios autores el análisis de la estabilidad de un talud se realiza en función de un Factor de Seguridad (FS) obtenido a partir de un análisis matemático de estabilidad, por lo tanto, se deben de analizar todos los factores que afectan la estabilidad como son la geometría del talud, parámetros geológicos, presencia de grietas, cargas dinámicas por sismo, flujo de agua, propiedades de los suelos, etc. Además, se debe tomar en cuenta que existen factores que influyen en la estabilidad que no pueden ser cuantificadas para ser incluidas



en un modelo matemático, sin embargo, las suposiciones a las que llegan los diversos autores en cuanto al comportamiento del suelo (como material isotrópico) y las superficies de falla asumidas para el análisis de estabilidad (planas, circulares, logarítmicas, parabólicas y combinaciones de estas) dotan al ingeniero responsable de una herramienta valiosa al momento de tomar alguna decisión.

Entre las diversas metodologías disponibles para el análisis de Estabilidad en taludes se tiene principalmente dos grandes grupos, los métodos de Equilibrio Límite y los métodos numéricos, adicionalmente se cuenta con otros métodos menos utilizados y de mayor especialización como son los métodos dinámicos para el análisis de caídas de roca y flujos, entre otros.

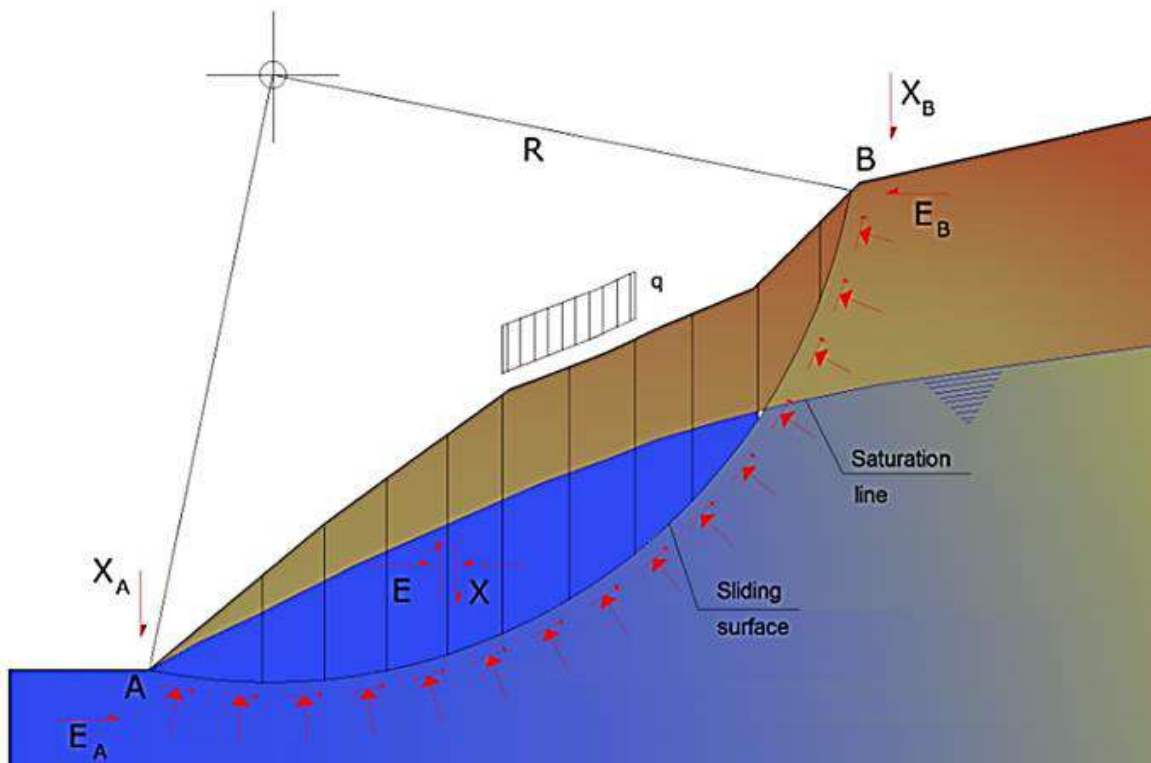
2.2.10.1 Método de Equilibrio Límite

Es uno de los métodos más utilizados para el cálculo de la estabilidad de taludes, debido a que este tipo de análisis requiere información sobre la resistencia del suelo mas no la relación esfuerzo – deformación, lo que hace sencillo su uso al momento de obtener el coeficiente de seguridad, además los cálculos realizados se basan en un análisis en condiciones de equilibrio estáticas. Para este método se presume que, para una falla en el talud, las fuerzas resistentes con las desestabilizadoras son uniformemente distribuidas a lo largo de la superficie de falla y además guardan una relación igual a la unidad.

Es posible realizar el análisis de toda la longitud de la superficie de falla o dividiendo la masa del suelo que se desliza sobre la superficie de falla en “n” porciones o dovelas, donde cada una de estas porciones será afectada por el sistema general de fuerzas.

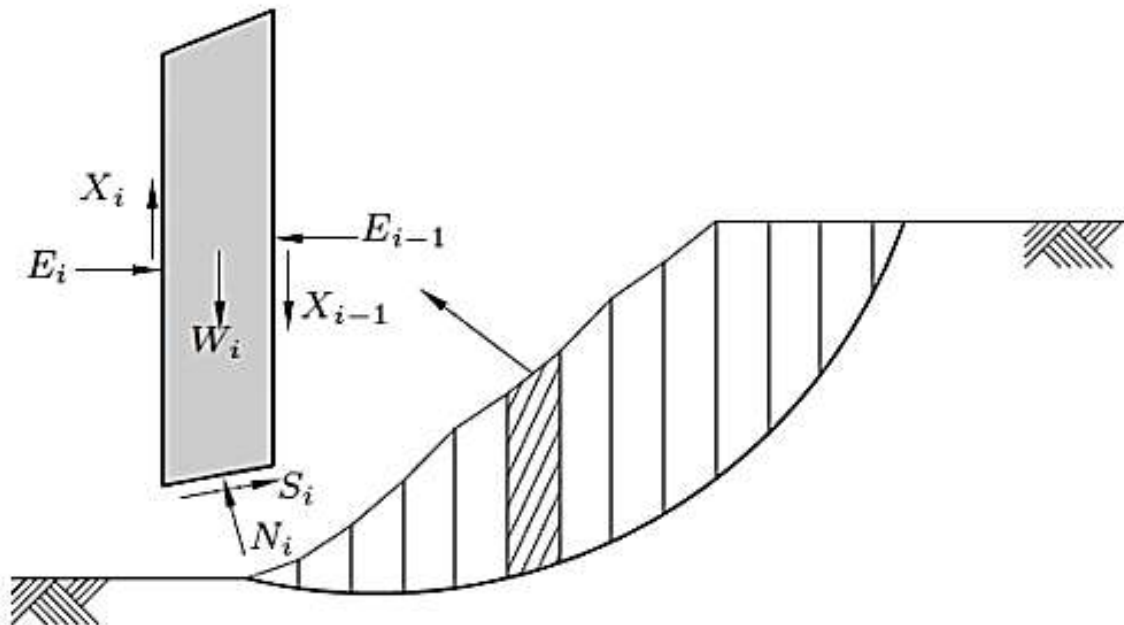
La constante evolución y mejora del análisis del sistema en tajadas o dovelas realizada por diversos investigadores permitió obtener métodos más complejos y precisos que apoyadas por programas computacionales permitieron la creación de Softwares fáciles de utilizar, con metodologías de iteración que permiten mejores grados de precisión.

Figura 21: Representación Gráfica del método de Equilibrio Limite



Fuente: (Catanzariti, 2017)

Figura 22: Masa deslizante dividida en dovelas verticales y fuerzas interdovelas



Fuente: (Bojorque Iñiguez, 2011)



Tabla 15: Principales Métodos para el análisis de estabilidad de Taludes por Equilibrio

Limite

Método	Tipo de Superficie de Falla	Equilibrio	Características
Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1972)	Circulares	De Fuerzas	-No considera fuerzas entre Dovelas -No satisface equilibrio entre masa deslizada como para dovelas individuales -Procedimiento Simple -Impreciso para taludes planos con alta presión de poros -Factores de Seguridad Bajos
Bishop Simplificado (Bishop 1955)	Circulares	De Momentos	-Asume la fuerza cortante entre dovelas igual a cero -Soluciones sobre determinadas debido a que no se fija condiciones de equilibrio para una dovela -Factor de Seguridad altos
Janbu Simplificado (Janbu 1968)	Cualquier forma de superficie de falla	De Fuerzas	-Asume la inexistencia de fuerzas cortantes entre dovelas -Solución sobre determinada que no satisface totalmente las condiciones de equilibrio de momentos por lo que asume un factor de corrección F_0 . -Factor de Seguridad Bajos
Sueco Modificado. U.S. Army Corps of Engineers (1970)	Cualquier forma de superficie de falla	De Fuerzas	-Asume que las fuerzas tienen una dirección igual a la de la superficie del terreno -Factores de Seguridad Altos



Método	Tipo de Superficie de Falla	Equilibrio	Características
Lowe y Karafiath (1960)	Cualquier forma de superficie de falla	De Fuerzas	<ul style="list-style-type: none">-Asume que las fuerzas entre partículas se encuentran inclinadas en un Angulo igual al promedio entre la superficie del terreno y las bases de las dovelas-Al generar una serie de incógnitas no satisface el equilibrio de momentos-Se considera como el método más preciso de equilibrio de fuerzas
Spencer (1967)	Cualquier forma de superficie de falla	Momentos y Fuerzas	<ul style="list-style-type: none">-Asume la inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada dovela-Satisface rigurosamente el equilibrio estático considerando que la fuerza resultante entre tajadas tiene una inclinación constante pero desconocida
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma de superficie de falla	Momentos y Fuerzas	<ul style="list-style-type: none">-Asume que las fuerzas laterales siguen un sistema predeterminado-Sigue un modelo de inclinación de Spencer, pero considerando que la inclinación de la resultante de fuerzas entre dovelas varía de acuerdo a una función arbitraria



Método	Tipo de Superficie de Falla	Equilibrio	Características
Sarma (1973)	Cualquier forma de superficie de falla	Momentos y Fuerzas	<ul style="list-style-type: none"> -Asume que la magnitud de las fuerzas verticales sigue un sistema predeterminado -Emplea las dovelas para calcular un coeficiente sísmico necesario para producir la falla, permitiendo obtener una relación entre factor de Seguridad y Coeficiente Sísmico -Para casos estáticos el coeficiente sísmico corresponde a cero -Satisface todas las condiciones de equilibrio, sin embargo, la superficie de falla correspondiente resulta diferente a la obtenida empleando cualquier otro procedimiento más convencional

Fuente: (Suarez, 1998)

Se puede mencionar que los métodos de mayor uso son los de Bishop y Janbu, a pesar que teóricamente no satisfacen equilibrios de fuerzas o de momentos, por lo que los factores de seguridad obtenidos pueden llegar a diferir notablemente de aquellos métodos que si los garantizan (Spencer y Morgenstern – Price).

Todos los métodos mencionados entregan en muchos casos resultados diferentes y hasta contradictorios, lo que permite describir la incertidumbre propia de la estabilidad de taludes, por lo que poder establecer una comparación directa entre métodos es imposible, pero aun así de acuerdo a una investigación documentada por (Fredlund & Krahn, 1977) menciona que el método Bishop entrega factores de seguridad que varían en aproximadamente en 5% con respecto a métodos más precisos, mientras que el método de Janbu subestima en 30% el factor de seguridad y en otros casos los subestima hasta en 5%, de acuerdo a lo mencionado se puede



concluir que métodos más complejos y precisos son posibles, pero se generan problemas numéricos más complicados de resolver.

Las diversas formulaciones existentes de equilibrio límite basado en la división de la masa potencial de falla en un número finito de dovelas, consideran características similares para su empleo. Estas consideraciones semejantes incluyen según (Bojorque Iñiguez, 2011):

- La masa posible de falla es dividida en un número finito de dovelas.
- La masa de falla actúa como un cuerpo rígido.
- Las fuerzas normales actúan en el centro de la base de las dovelas.
- La resistencia a lo largo de la superficie de falla es distribuida con el mismo factor de seguridad.
- Supuestos con relación a las fuerzas interdovelas son empleados para hacer el problema estáticamente determinado.
- El factor de seguridad es determinado a partir de las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y/o momentos.
- Se emplean métodos interactivos, tipo prueba-error, para la solución del factor de seguridad.

2.2.10.1.1 Soluciones de equilibrio límite

- **Condiciones idealizadas.** En el análisis de estabilidad de taludes se presentan dos factores de mayor importancia que dificultan el análisis. El primero es la existencia de suelos diferentes o heterogéneos y de propiedades de suelo en los taludes que no sean homogéneas. El segundo está relacionado con las condiciones de borde que definen la red de flujo, las cuales por lo general se conocen de manera aproximada.

Para la resolución de estos problemas se asumen las siguientes simplificaciones:

a. Se toma una sección promedia típica y se asume que no actúan esfuerzos de corte de dirección normal a la sección. La masa analizada tiene dimensión unitaria en dimensión normal a la sección.

b. Se asume que la sección promedio está formada por suelos uniformes, cada uno con propiedad constante.

c. Se asume que la resistencia al corte de cada suelo individual presente en la sección se puede representar mediante la ecuación de Mohr-Coulomb.



d. Se presupone que las condiciones de flujo de agua y las presiones correspondientes, representadas por una red de flujo, son conocidas.

-Procedimiento de las soluciones. De acuerdo con (Escobar P. & Duque-Escobar, 2017), las soluciones empleadas por el principio del equilibrio límite utilizan el siguiente procedimiento:

a. Se asume una superficie de falla.

b. Se estudia el equilibrio de la masa de suelo que se deslizaría, considerando el conjunto de los esfuerzos actuales. El suelo genera un grado de resistencia y se comporta como un material rígido-plástico, por lo tanto, no presenta movimientos antes de la falla.

c. Se asume que el factor de seguridad, F_s , está dado por la relación entre la resistencia al corte disponible en el suelo, y los esfuerzos movilizados en el suelo por el sistema de fuerzas actuantes sobre la masa considerada.

Si el F_s es mayor que 1,00 se entienden que no existe movimiento, por otro lado, si es menor de 1,00, existe movimiento de la masa de suelo.

d. Se hace uso del criterio de falla de Mohr-Coulomb, el cual indica que la resistencia disponible está dada por:

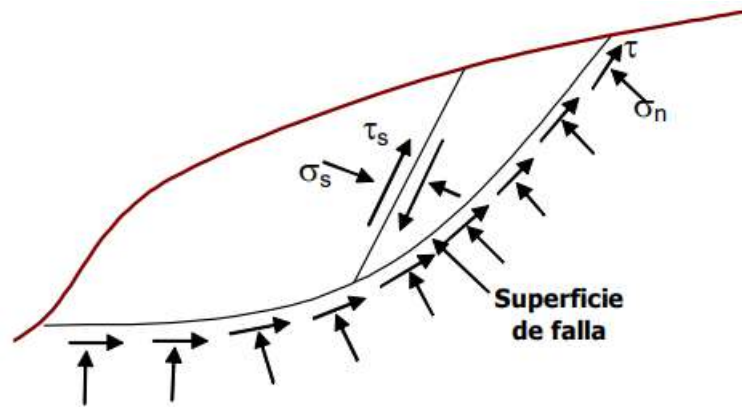
$$\tau_f = c' + (\sigma_n - u) \times \tan \phi$$

Mientras que la resistencia al corte, movilizada se expresa como

$$\tau_m = \frac{\tau_f}{F_s} = \frac{1}{F_s} \times (c' + (\sigma_n - u) \times \tan \phi)$$

-Diferencias entre los métodos. Existen diversos métodos que están basados en el principio del equilibrio límite que se fundamentan en el procedimiento mencionado anteriormente; los cuales se diferencian en la alimentación de datos, como se detalla a continuación:

Figura 23: Sección de un talud con la definición del problema



Fuente: (Escobar P. & Duque-Escobar, 2017)

a. Al asumir la forma de la superficie de falla. Algunas superficies de falla son los siguientes:

Plana: Coulomb (1776), Culman (1866)

Arco cicloidal: Collin (1846)

Arco circular: Petterson (1916), Fellenius (1936), Bishop (1955)

Arco espiral logarítmica: Rendulic (1935)

Bloque deslizante: (dos o tres superficies planas)

Superficie parabólica: Vargas (1981)

Superficie de falla general: Kenney (1956), Janbu ((1973), Morgerstern-Price (1965), Chugaev (1964), Sarma (1973).

b. El tipo de solución. Pueden ser analíticas, como en el método de tajadas, o gráfica, como en los métodos de círculos de fricción de Taylor, como arco circular de Fellenius y bloque deslizante.

c. En la aplicabilidad del método. Algunos se utilizan para analizar masas homogéneas de suelo, como el del círculo de Taylor, o el de Hoek y Bray (1981), otros a masas homogéneas de suelo a diferentes tipos de superficies de falla, como los de tajadas.

d. En las consideraciones sobre el equilibrio estático. De acuerdo con las suposiciones que utilice el método, se obtendrán soluciones simplificadas, rigurosas o aceptables.



e. En el tipo de parámetros de resistencia al corte del suelo que emplea. Las soluciones pueden aceptar parámetros en esfuerzos totales únicamente, otras aceptar los parámetros en totales y en esfuerzos efectivos.

-Definición del problema. Como se muestra en la figura 23, con los métodos basados en el principio de equilibrio límite se pretende, asumiendo una posible superficie de falla, encontrar un conjunto de fuerzas actuantes a lo largo del límite de dicha superficie, de tal manera que la masa de suelo se encuentre en equilibrio.

La solución debe satisfacer:

1. σ_n y τ deben ser aceptables para el material.
2. $\sigma_n > 0$ y debe ser un esfuerzo de compresión.
3. τ debe tener una dirección.
4. τ debe ser positivo
5. τ_s y σ_s son esfuerzos internos en la masa deslizada, deben ser aceptables para el material y/o, $\tau_s \leq c'_p + (\sigma_s - u) \tan \phi'_p$

Donde:

c'_p = Cohesión efectiva promedio

ϕ'_p = Ángulo de fricción interna efectivo promedio

6. El punto de aplicación de la resultante de σ_s debe estar dentro de la masa de suelo.

Estos métodos mencionados anteriormente son relativamente simples y proporcionan resultados razonablemente buenos para el análisis y evaluación de taludes. La gran parte de los métodos de análisis se basan en el principio del equilibrio límite, al asumir la forma geométrica de la superficie de falla, generalmente basándose en observaciones de superficies de falla reales, e introducir procedimientos que simplifican entre los cuales se aproxima el esfuerzo normal sobre la superficie de falla, hasta llegar a encontrar la relación entre las fuerzas actuales y las resistentes en la condición de equilibrio límite o de falla inminente (Escobar P. & Duque-Escobar, 2017).



2.2.10.2 Métodos Numéricos

El auge que tomo la tecnología en los últimos años ha permitido desarrollar el análisis de la estabilidad de taludes de formas más completas, incluyendo cada vez más información y permitiendo analizar escenarios consecuentemente más complejos que no eran posibles mediante sistemas manuales, siendo los más importantes los Elementos Finitos, Diferencias Finitas, Elementos Discretos y elementos de borde.

La principal diferencia entre estos métodos sobre los diversos métodos de Equilibrio Limite, es la posibilidad de incluir las deformaciones dentro del análisis, que permiten determinar el posible proceso de falla, en especial en procesos de falla progresiva y aquellos que dependen del factor tiempo. A su vez estos métodos permiten análisis en escenarios difíciles de evaluar como son las fallas por Volteo, donde la superficie de corte no es continua, permite también realizar el análisis de la influencia de factores externos que influyen dentro del talud, como lo son la existencia de infraestructura que ocasiona esfuerzos tensionales y deformaciones iniciales en el sistema.

2.2.10.2.1 Análisis de la Estabilidad de Taludes mediante Elementos Finitos

Perteneciente al grupo de método numéricos, este método resuelve muchas dudas que quedan pendientes en el método de Equilibrio Limite, dado que incluye en su análisis Esfuerzos y Deformaciones que se presentan en el suelo, para cualquier tipo de superficie de falla y asegura las condiciones de esfuerzos y deformaciones en los nodos de los elementos, aunque en su mayoría admiten desplazamientos pequeños y no se obtiene un factor de seguridad como resultado directo, más bien se obtiene una representación de los campos de esfuerzos y deformaciones (deslizamientos).

Este método fue introducido por (Clough & Woodward III, 1967), principalmente consiste en dividir la masa del suelo en varias unidades discretas llamados elementos finitos que se interconectan en sus nodos y en los bordes predefinidos, donde se utiliza la formulación de desplazamientos que se presentan los resultados en forma de esfuerzos y deformaciones en puntos nodales y la condición de falla que se obtiene es la de un fenómeno progresivo donde no todos los elementos llegan a fallar.

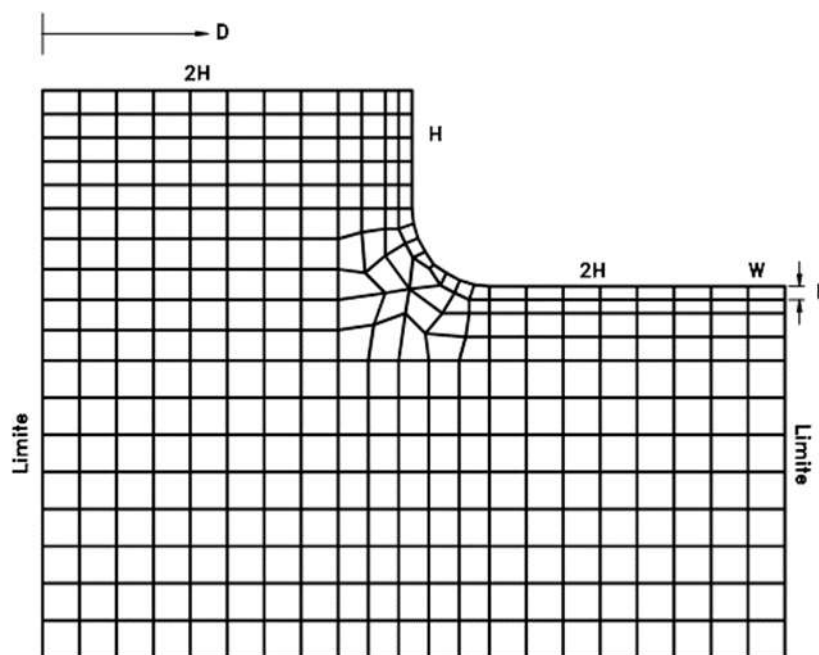
Todo lo mencionado lo convierte en una herramienta muy poderosa, aunque compleja, (Wong, 1984) menciona que la obtención de un factor de seguridad por este método es dificultosa pero esas limitaciones fueron resueltas por investigaciones posteriores. (Ugai & Leshchinsky, 1995)

Un análisis por elementos finitos debe satisfacer las siguientes características:

- Debe mantenerse el equilibrio de esfuerzos en cada punto, el cual es realizado empleando la teoría elástica para describir los esfuerzos y deformaciones. Para predecir el nivel de esfuerzos se requiere conocer la relación esfuerzo - deformación.
- Las condiciones de esfuerzos de frontera deben satisfacerse.

Dentro de las limitaciones más importantes de este método en la aplicación real están, la necesidad de definir la relación esfuerzo – deformación, en especial en depósitos de suelos naturales y el poco conocimiento de los esfuerzos reales in situ para incorporar al modelo, además el análisis más utilizado es aquel en dos direcciones, por su facilidad de aplicación y de acuerdo a las capacidades de los ordenadores, lo que conlleva a asumir deformaciones y esfuerzos laterales como nulas.

Figura 24: Malla típica para el análisis de un talud vertical por elementos finitos



Fuente: (Ashford & Sitar, 1994)

- **Análisis de la Estabilidad Estática**

El caso estático establece el paso inicial para un análisis de la estabilidad de un talud, pues en este caso se analiza con las cargas permanentes y constantes que se encuentran dentro del sistema, como lo es el peso (W). La verificación del equilibrio en un escenario estático asegura la estabilidad a lo largo del tiempo mientras no se apliquen cargas externas. (Urrutia , 2011).



La aplicación de este análisis resulta el más simple, para lo cual es posible aplicar cualquiera de los métodos mencionados (Equilibrio Límite y Métodos Numéricos).

2.2.11 Aplicaciones Informáticas

Al día de hoy, la evolución de la tecnología permitió la creación de diversos aplicativos informativos, con capacidad de resolver la estabilidad de los taludes de formas más dinámicas e incluso instantáneas, utilizando como base las diversas metodologías de análisis de la estabilidad de Taludes.

Entre los softwares que permiten un análisis de la estabilidad de taludes mediante una aplicación de elementos finitos tenemos a Slope/W, Quake/W y Geo5, ambas con utilidades tanto para análisis en condiciones estáticas y dinámicas, para diversas condiciones de superficies de falla, como para condiciones saturadas y drenadas.

Adicionalmente estos softwares permiten un cálculo simultáneo para los diversos métodos de equilibrio límite mencionados, lo que nos permitirá realizar una evaluación y comparación con los otros métodos.

2.2.12 Métodos para estabilizar Taludes

Para poder seleccionar un método adecuado que solucione la inestabilidad de los taludes, es necesario considerar factores técnicos, sociales, económicos, políticos, así como variables en tiempo y espacio. En base a todo lo mencionado existen varios métodos que buscan reducir el impacto negativo de estos fenómenos, disminuir y hasta eliminar la ocurrencia de estos.

2.2.12.1 Métodos de Remediación

Al realizar un análisis de la estabilidad de un talud, se busca entender los factores o condiciones desencadenantes, los niveles de amenaza y riesgo, y las posibles fallas que podría perjudicar al ser humano, todo esto brinda a los profesionales una base para poder tomar una elección de un método de prevención, control o estabilización.

Entre las alternativas de remediación tenemos:

2.2.12.1.1 Prevención de la amenaza

Consiste en el manejo de la vulnerabilidad, para evitar la materialización de riesgos o amenazas, basadas principalmente en evitar que el evento suceda. La prevención debe tener un carácter legal por parte de los gobiernos, mediante regulaciones que se impongan a la población en



búsqueda de la protección de esta misma, por lo tanto, se puede establecer las siguientes regulaciones:

- Restricción de la expansión urbana en zonas susceptible a deslizamientos
- Regulaciones a excavaciones, cortes y actividades de construcción
- Plantear medidas de mitigación para planes de desarrollo urbano
- Instalación y desarrollo de sistemas de monitoreo, control y alarma

2.2.12.1.2 Elusión de la amenaza

Consiste en la reducción de la vulnerabilidad, aceptando que la amenaza va a ocurrir, pero que es necesario tomar medidas que eviten la materialización de riesgos específicos, el proceso de elución toma importancia cuando se tienen taludes demasiados grandes o antiguos donde una estabilización total es imposible por factores principalmente económicos. Dentro de los principales métodos tenemos:

- Variación o relocalización del proyecto, en especial para zonas difíciles de estabilizar o demasiado grandes, cuya limitación es la disponibilidad económica y la búsqueda de un mejor lugar
- Remoción total de los deslizamientos, viable para pequeños taludes, pero requiere estudios de las zonas aledañas pues se podrían originar nuevos deslizamientos
- Remoción parcial de los deslizamientos, utilizado en suelos inestables con espesores pequeños, o capas subsuperficiales inestables, cuya principal dificultad es la presencia del nivel freático subsuperficial
- Modificación del nivel de proyecto, para casos donde la modificación de la geometría de la infraestructura es necesaria para evitar cortes en los suelos y taludes excesivos, pero originando disminución de las características del proyecto
- Obras adicionales (puentes, viaductos o similares), apropiado para terrenos con demasiadas pendientes, pero necesarios estudios de cimentaciones o buscar zonas estables.

2.2.12.1.3 Control

Cuyo principal objetivo es la de salvaguardar la integridad de las personas y propiedades una vez ocurrido el deslizamiento, se suelen colocar abajo de los taludes con la finalidad de retener la masa en movimiento, la principal desventaja es la costosa inversión que estas conllevan, al tratarse en muchas ocasiones de estructuras de grandes dimensiones.



2.2.12.1.4 Estabilización

Uno de los métodos más importantes, donde se busca la reducción de la amenaza a partir de añadir un sistema que incrementa el factor de seguridad, garantizando así un mejor comportamiento del talud, para todo lo mencionado es necesario lo siguiente:

- De acuerdo a los estudios del talud establecer el sistema o combinación de sistemas más apropiados
- Realizar el detalle del sistema a utilizar, mediante planos y especificaciones de diseño
- Establecer una guía o instrumentación de control durante y después de la estabilización

Con todo lo mencionado, es necesario aclarar que no existen métodos o diseños de estabilización únicos, muchas veces es necesario unir diferentes sistemas y de ser necesario realizar modificaciones durante la etapa de construcción.

2.2.13 Principales métodos de Estabilización

Una vez verificado la inestabilidad del talud, se debe analizar aspectos económicos, sociales, ambientales y disponibilidad de materiales para definir el mejor método de estabilización, tanto en la cresta como al pie del talud.

Con lo mencionado se pueden agrupar tres grandes grupos de soluciones para la estabilización del talud:

- Aumentar la resistencia del suelo, como es el drenaje del suelo e incorporación de sustancias que modifiquen las propiedades del suelo (cemento, conglomerantes u otros)
- Disminuir los esfuerzos actuantes en el talud, se refiere principalmente a la modificación de la geometría del talud, reduciendo la cresta, menores ángulos de inclinación o reducción de la altura (banquetas)
- Aumentar los esfuerzos de confinamiento del talud, mediante infraestructura de estabilización como muros de gravedad, pantallas ancladas o bermas.

Con lo mencionado podemos decir que las principales soluciones son:

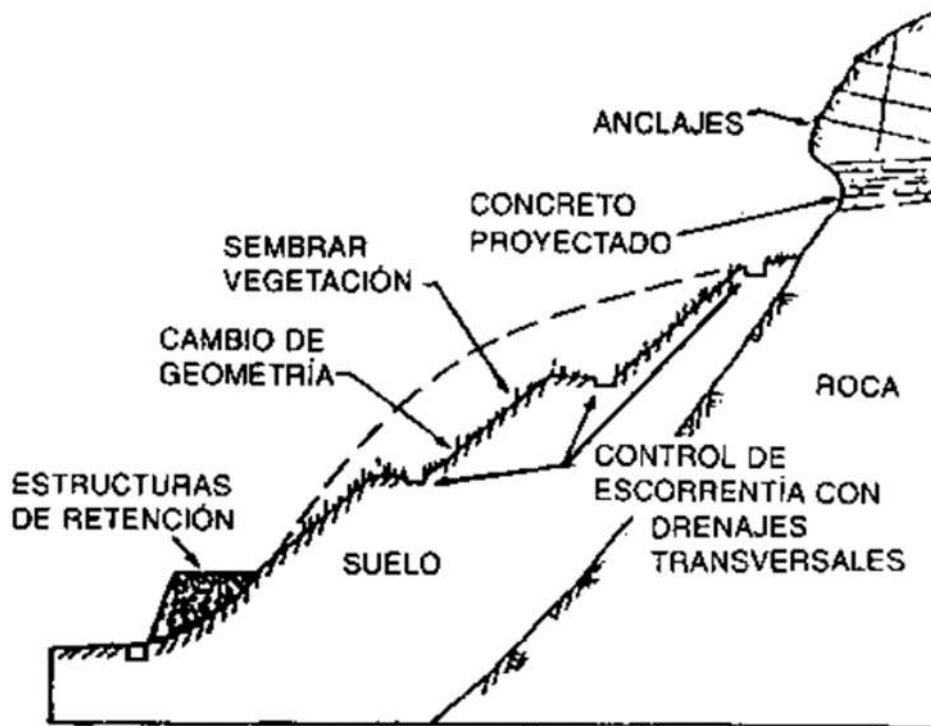
2.2.13.1 Cambio de la Geometría

El principal objetivo es la de reducir los esfuerzos que ocasionan la inestabilidad y aumentar la resistencia de todo el sistema mediante la alteración de la geometría del talud, esta solución se utiliza principalmente en suelos cohesivos.



Entre las principales modificaciones se tiene la disminución de la pendiente del talud, reducción de la altura y la creación de bermas (banquetas). Una consideración importante es considerar el drenaje correcto durante y después del proceso constructivo, debido a que una modificación del talud suele eliminar la superficie impermeable y las bermas tienden a almacenar agua en forma de charcos.

Figura 25: *Métodos para Estabilizar un Talud: Cambio de la Geometría*



Fuente: (OPS, 1997)

2.2.13.2 Drenaje

El principal problema de inestabilidad de taludes es la presencia de agua, debido a que satura los suelos generando mayores pesos y aumento de presiones, en especial en suelos con mediano o alto grado de meteorización.

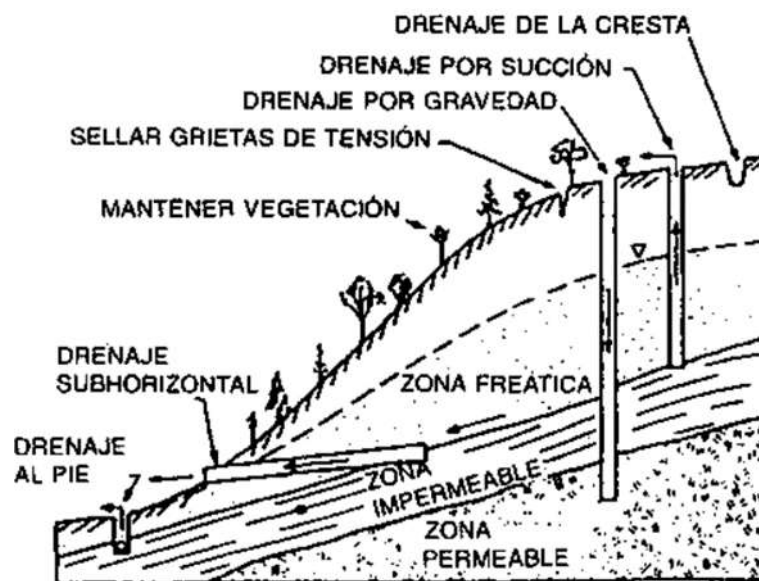
Dentro de los métodos utilizados para drenaje se tiene:

- Drenajes subhorizontales, consiste en la instalación de tuberías dentro del talud de forma horizontal, cubiertas por filtros para poder evacuar el agua interna hacia el pie del talud mediante una pequeña pendiente, la profundidad de perforación y distancia entre tubos dependerá del tipo de suelo a drenar (menos separación para materiales como arcillas y limos)



- Drenajes Verticales, consiste en la instalación de drenajes de forma vertical, de tal forma que se busque atravesar estratos impermeables que se encuentran sobre otro estrato permeable con drenaje libre y con menor presión hidrostática, así se garantizara que toda el agua sobre el estrato impermeable logre ingresar al estrato más permeable
- Drenajes Transversales o Interceptores, su función es la de evacuar toda el agua que se pueda acumular en los diferentes niveles del talud, evitando que puedan generar erosión. Normalmente se colocan en las crestas y pie de taludes, mediante canales o tuberías de recolección que derivan el agua que cae superficialmente y evitan que ingresen al siguiente nivel inferior
- Drenajes de Contrafuerte, consiste en canales verticales, en dirección a la pendiente, rellenas de material granular permeables, con profundidades mayores a la profundidad donde se encuentra la superficie de falla, de esta forma se garantiza el drenaje interno y se mejora la resistencia del suelo debido a la inclusión de material seleccionado

Figura 26: Métodos para Estabilizar un Talud: Drenaje



Fuente: (OPS, 1997)

2.2.13.3 Soluciones Estructurales

Muchas veces los taludes presentan materiales con malas propiedades físico – mecánicas sumadas a condiciones dinámicas adversas (presencia de fallas geológicas) hace que aun incluyendo los dos métodos de estabilización (Cambio de geometría y Drenaje) no sean suficientes para garantizar la seguridad ante un deslizamiento. Por todo lo mencionado muchas veces es necesario incluir estructuras que incrementen las fuerzas resistentes, sea de forma



activa (Estructuras de gravedad, Tirantes, etc.) o pasivas (oponer resistencia al movimiento de la masa de suelo), por lo tanto, podemos detallar los dos sistemas principales:

- Muros de gravedad y en cantiléver, donde se utiliza el peso propio de la estructura y del suelo que se pone sobre esta para generar una resistencia que se opone al empuje generado por el talud, resultan antieconómicas por el demasiado material que se requiere para garantizar un adecuado peso, así mismo los muros en cantiléver al utilizar concreto armado o similares que resultan más económicos por utilizar distribuciones que garantizan mayores pesos generadas por el mismo material de relleno propio del talud. La principal desventaja es el costo y que usar materiales sólidos no se garantiza el correcto drenaje, por lo tanto, se incluyen obras adicionales que incrementan el peso, una solución muy utilizada que resulta barata y garantiza la permeabilidad es el uso de gaviones
- Pantallas, para este método se utilizan elementos en forma de mallas o pantallas que se apoyan sobre toda la cara del talud, estas al poseer resistencias a tracción considerables evitan el desprendimiento de material añadiendo confinamiento, es común reforzar este sistema con anclajes tensados que se perforan más allá de la superficie de falla, por lo cual se generan empujes activos opuestos al movimiento de la masa del suelo. En la mayoría de los casos es común cubrir estas mallas con concreto o similares, añadiendo permeabilidad además de añadir peso y resistencia contraria a la generada por el talud.

2.2.13.4 Introducción a los Geosintéticos

Según el libro *Designing with Geosynthetics* (Koerner, 2005) y de acuerdo con ASTM D4439, los geotextiles se definen como:

“Geosintético, un producto planar fabricado a partir de materiales poliméricos utilizados con tierra, roca u otros materiales relacionados con la ingeniería geotécnica como parte integral de un proyecto, estructura o sistema hecho por el hombre”.

Estos surgieron para cubrir aplicaciones en diferentes ramas como por ejemplo aplicaciones geotécnicas, hidráulicas y ambientales, por lo que se destaca como un material muy versátil y sólido. Las principales características que hacen de los geosintéticos tan ventajoso son:

- Se controla la calidad a partir de su elaboración en fábrica
- Fáciles y rápidos de instalar
- Suelen reemplazar recursos donde se utiliza materia prima



- Reemplaza diseños clásicos de tierra u otros materiales de construcción, lo que los hace competitivos contra otros diseños
- El tiempo de vida es adecuado
- Versátil al momento de cubrir regulaciones o normas específicas
- Su aplicación hizo posibles diseños considerados difíciles y hasta imposibles
- Muy comerciales y fáciles de conseguir
- Poseen carta de especificaciones detalladas según los fabricantes
- Muchos fabricantes tienen especificaciones genéricas, lo que permite su uso integrado para cada profesión

Su aplicación radica principalmente en reforzar los suelos, lo que mejora el comportamiento de todo el talud en el futuro. Los geotextiles al día de hoy se utilizan en cinco principales funciones: Separaciones, Refuerzo, Filtración, Drenaje y Contención.

2.2.13.5 Tipos de Geosinteticos

Según Koerner, Robert en su libro *Designing with Geosynthetics* define 8 tipos de geotextiles:

2.2.13.5.1 Geomallas

Representan uno de los segmentos con más crecimiento, las geomallas son plásticos formados con un patrón de rejilla muy abierta - es decir, con grandes aberturas entre los nervios individuales en direcciones longitudinales y transversales a la máquina. Las geomallas se forman de varias maneras: (1) estirada en una o dos direcciones para mejorar las propiedades físicas, (2) hechas en telares o máquinas de tejer por métodos estándar y bien establecidos, o (3) hecha por varillas de unión o correas juntas. Existen muchas áreas de aplicación, sin embargo, estas funcionan casi exclusivamente como materiales de refuerzo (Koerner, 2005).

2.2.13.5.2 Geotextiles

Uno de los sistemas con un crecimiento increíble en los últimos 25 años, los geotextiles son de hecho textiles en el sentido tradicional, sino que consisten en fibras sintéticas en lugar de las naturales, con la finalidad de eliminar problemas como la biodegradación y la vida útil corta. Estas fibras sintéticas se hacen en telas porosas flexibles por máquinas de tejer estándar o están enmarañados entre sí de manera aleatoria no tejida. Existe por lo menos 100 áreas de aplicación específica para geotextiles que se han desarrollado; sin embargo, la tela siempre realiza al



menos una de las cuatro funciones discretas: separación, refuerzo, filtración y / o drenaje (Koerner, 2005).

2.2.13.5.3 Geodren

Los Georedes (Geodrán) están formados por una extrusión continua de conjuntos paralelos de costillas poliméricas en ángulos agudos entre sí. Cuando se abren las costillas, se forman relativamente grandes aberturas en una configuración como red. Su función de diseño está completamente dentro de la zona de drenaje, donde se utilizan para transportar líquidos de todo tipo (Koerner, 2005).

2.2.13.5.4 Geomembranas

Las geomembranas son láminas relativamente delgadas, impermeables de material polimérico utilizados principalmente para revestimientos y cubiertas de las instalaciones de almacenamiento de líquidos o sólidos. Esto incluye todos los tipos de vertederos, embalses, canales y otras instalaciones de contención. Así, la función primaria es siempre como una barrera de contención de líquido o vapor o ambos. La gama de aplicaciones, sin embargo, es grande, y además del área de medio ambiente, las aplicaciones están creciendo rápidamente en geotécnica, el transporte, la hidráulica y la ingeniería de desarrollo privado (Koerner, 2005).

2.2.13.5.5 Forro de arcilla Geosintético

Forros de arcilla geosintética (GCL) son una yuxtaposición de materiales poliméricos y de suelo natural. Son rollos fabricados en capas finas de arcilla de bentonita intercaladas entre dos geotextiles o unidos a una geomembrana. La integridad estructural del material compuesto se obtiene por punzonado con agujas, costura, o unión física. GCL se utiliza como un componente compuesto debajo de una geomembrana o por ellos mismos en aplicaciones ambientales y de contención, así como en el transporte, geotécnica, hidráulica, y diversas aplicaciones privadas de desarrollo (Koerner, 2005).

2.2.13.5.6 Geopipe

Tubería plástica o geopipe se incluye aquí porque de una conciencia evidente que se utiliza en todos los aspectos de la geotécnica, el transporte, el medio ambiente, la hidráulica y la ingeniería de desarrollo privado (Koerner, 2005).



2.2.13.5.7 Geobloque

Los Geobloques son un producto creado por el proceso de expansión polimérico que resulta en una "espuma" que se compone de muchas células cerradas pero llenadas de gas. La naturaleza del esqueleto de las paredes celulares es el material polimérico no expandido. El producto resultante es generalmente en forma grande, pero extremadamente ligero, los bloques se apilan de lado a lado, proporcionando relleno ligero en numerosas aplicaciones. Aunque la función principal es dictada por la aplicación, la separación es siempre una consideración y geobloque se incluirá en esta categoría en vez de crear una separada (Koerner, 2005).

2.2.13.5.8 Geocompuestos

Los Geocompuestos consisten en una combinación de geotextiles, geomallas, georedes, y / o geomembranas en una unidad producida por la fábrica. Además, cualquiera de estos cuatro materiales se puede combinar con otro material sintético (por ejemplo, láminas de plástico deformado o cables de acero) o con el suelo. Por ejemplo, un geodrén con geotextiles en ambas superficies y un GCL que consiste en un geotextil / bentonita / sándwich de geotextil son ambos geocompuestos. Esta área emocionante trae los mejores esfuerzos creativos del ingeniero, fabricante, y el contratista. Las áreas de aplicación son numerosas y continúan creciendo constantemente. Los geocompuestos abarcan toda la gama de funciones enumeradas anteriormente para geosintéticos: separación, refuerzo, filtración, drenaje y contención (Koerner, 2005).

2.2.13.6 Limitaciones de la aplicación de los métodos de estabilización de taludes

Todos los métodos de estabilización dependerán principalmente del tipo de suelo, magnitud de las deformaciones, corrosión, durabilidad y constructividad, por lo tanto, los factores más importantes a considerar son:

- Presencia de agua, en especial cuando existe nivel freático, se debe garantizar que todas las obras no interrumpan el aforamiento superficial, en especial durante la etapa de construcción, pues genera mayores presiones y se deben escoger métodos que toleren los movimientos
- Debe considerarse el tipo adecuado de infraestructura utilizada, que se acomoden a los movimientos de las masas de suelo, por ejemplo, las estructuras de gravedad no se influyen por las deformaciones en comparación con sistemas que llevan refuerzos



- Se debe considerar que los elementos de refuerzo estarán en contacto de una u otra forma con el aire, suelo y agua (humedad o lluvia), por lo tanto, se debe garantizar que estos materiales, en especial los metálicos, contengan un recubrimiento mínimo que garantice la durabilidad y añada resistencia a la corrosión.
- Por último, uno de los factores que viene tomando fuerza son las consideraciones ambientales, evaluar los impactos antes, durante y después de la construcción o instalación del método de estabilización. Uno de los principales defectos es la contaminación de las corrientes de agua, o la modificación de estas (corrientes de aguas subterráneas y superficiales) por obras de drenaje instaladas, por lo tanto, se deben asegurar una recuperación del entorno una vez terminada las obras proyectadas.

2.3 Hipótesis

2.3.1 Hipótesis general

La estabilidad del talud del tramo 23+710, Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro no supera el factor mínimo de seguridad de 1.50, por lo tanto, se considera inestable, siendo una propuesta de estabilización la modificación de la sección del talud mediante la reducción de la pendiente, incorporación de muros de contención(gaviones) y sistema de drenaje.

2.3.2 Sub hipótesis

Sub Hipotesis N° 01: Los parámetros físico mecánicos de los suelos para el análisis de estabilidad del talud del tramo 23+710, Carretera Yaurisque–Ranraccasa–Paruro, Cusco, 2022 son la Cohesión, Angulo de Fricción interna y Peso Específico.

Sub Hipotesis N° 02: Los parámetros topográficos para el análisis de estabilidad del talud, tramo 23+710, Carretera Yaurisque–Ranraccasa–Paruro, Cusco, 2022 son la pendiente transversal, altura y longitud del talud.

Sub Hipotesis N° 03: El factor de seguridad (FS) del talud, tramo 23+710, Carretera Yaurisque–Ranraccasa–Paruro, Cusco, 2022 se encuentra por debajo de 1.50.

Sub Hipotesis N° 04: El factor de seguridad (FS) con la propuesta de reducción de la pendiente, incorporación de muros de contención(gaviones) y sistema de drenaje, tramo 23+710 Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro Cusco 2022, supera el valor mínimo de 1.5.



2.4 Definición de Variables

2.4.1 Variables Independientes

- Propuesta de estabilización

2.4.2 Variable Dependiente

- Estabilidad del talud

2.4.3 Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 16: Cuadro de operacionalización de variables

	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Independiente	Propuesta de estabilización	Solución geotécnica integral que se implementa en un talud, capas de incorporarle equilibrio suficiente y sostenible medidos por factores de seguridad, sin afectar negativamente a su entorno.	Será la aplicación de la propuesta en el talud, mediante abatimiento del talud para disminución de la pendiente, incorporación de muros gaviones para control de movimientos y sistema de drenaje con objetivo de incrementar el factor de seguridad a parámetros mínimos requeridos.	D1: Sección transversal del talud.	Pendiente del talud, Banquetas.	Método Equilibrio Limite, Software GEO5. Norma CE020 Estabilización de suelos y taludes.
				D2: Incorporación Muro de contención (gaviones).	Gavión.	
				D3: Incorporación de Sistema de drenaje.	Cuneta de coronación, drenaje de aguas subterráneas y pluviales.	
Dependiente	Estabilidad del talud	Proceso en el que se evalúan cuantitativamente la interacción entre las fuerzas estabilizantes o resistentes y las fuerzas desestabilizantes o movilizantes que actúan sobre un talud (Norma CE020).	El análisis de la estabilidad del talud se realiza en función de un factor de seguridad, que se obtiene a partir de un análisis matemático de estabilidad, para lo cual se analizan factores como geometría del talud, parámetros geológicos, presencia de grietas, cargas dinámicas, flujos de agua y propiedades de los suelos entre otros.	D1: Propiedades Físicomecánicas del Suelo	SEV, Análisis Granulométrico, Límites de Consistencia, Contenido Humedad, Densidad Natural, Gravedad Específica, Infiltración, Angulo de fricción, cohesión, compacidad.	Resistivímetro Inteligente, Juego de Tamices normalizados, Cuchara de Casagrande, Cono de Arena, Picnómetro normalizado, Procedimiento Porchet, Equipo de Compresión triaxial, Equipo DPL, Manual de Ensayo de Materiales (MTC), Formatos de laboratorio.
				D2: Topografía	Distancias, elevaciones y pendientes	Estación total, Software Autocad civil 3D, Formatos de recolección de datos Topográficos
				D3: Factor de Seguridad Natural	FS ≥ 1.5 : Estable FS < 1.5 : Inestable	Método Equilibrio Limite, Software GEO5. Norma CE020 Estabilización de suelos y taludes.
				D4: Factor de Seguridad Natural con la propuesta de Estabilización	FS ≥ 1.5 : Estable FS < 1.5 : Inestable	Método Equilibrio Limite, Software GEO5. Norma CE020 Estabilización de suelos y taludes.

Fuente: Elaboración propia



Capítulo III: Metodología

3.1 Metodología de la tesis

3.1.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación posee un enfoque Cuantitativo, debido a que según los autores (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014) sostienen que las investigaciones con enfoque cuantitativo usan la recolección de datos para comprobar una hipótesis, previo una medición, toma de datos, análisis, con base a la medición numérica.

3.1.2 Nivel de la investigación

El siguiente proyecto de investigación es de nivel descriptivo, debido a que el objetivo principal es especificar las características del fenómeno que se ponga a estudio y análisis, en otras palabras, el nivel descriptivo mide, evalúa, recolecta datos, dimensiona los componentes del fenómeno a estudiar. En una investigación descriptiva se mide y se recolecta información sobre toda la cuestión que involucra el fenómeno, y en conclusión así poderlas describirlas lo que se investiga (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

3.1.3 Método de la investigación

Corresponde a un método Hipotético Deductivo. Ya que en esta tesis se plantean hipótesis que luego de realizar un reconocimiento de campo, recolección y análisis de datos, se comprueban o refutan y con esto llegamos a la aprobación y desaprobación de nuestra hipótesis planteada con los resultados obtenidos de la comparación de los métodos de estabilización utilizados (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

3.2 Diseño de la investigación

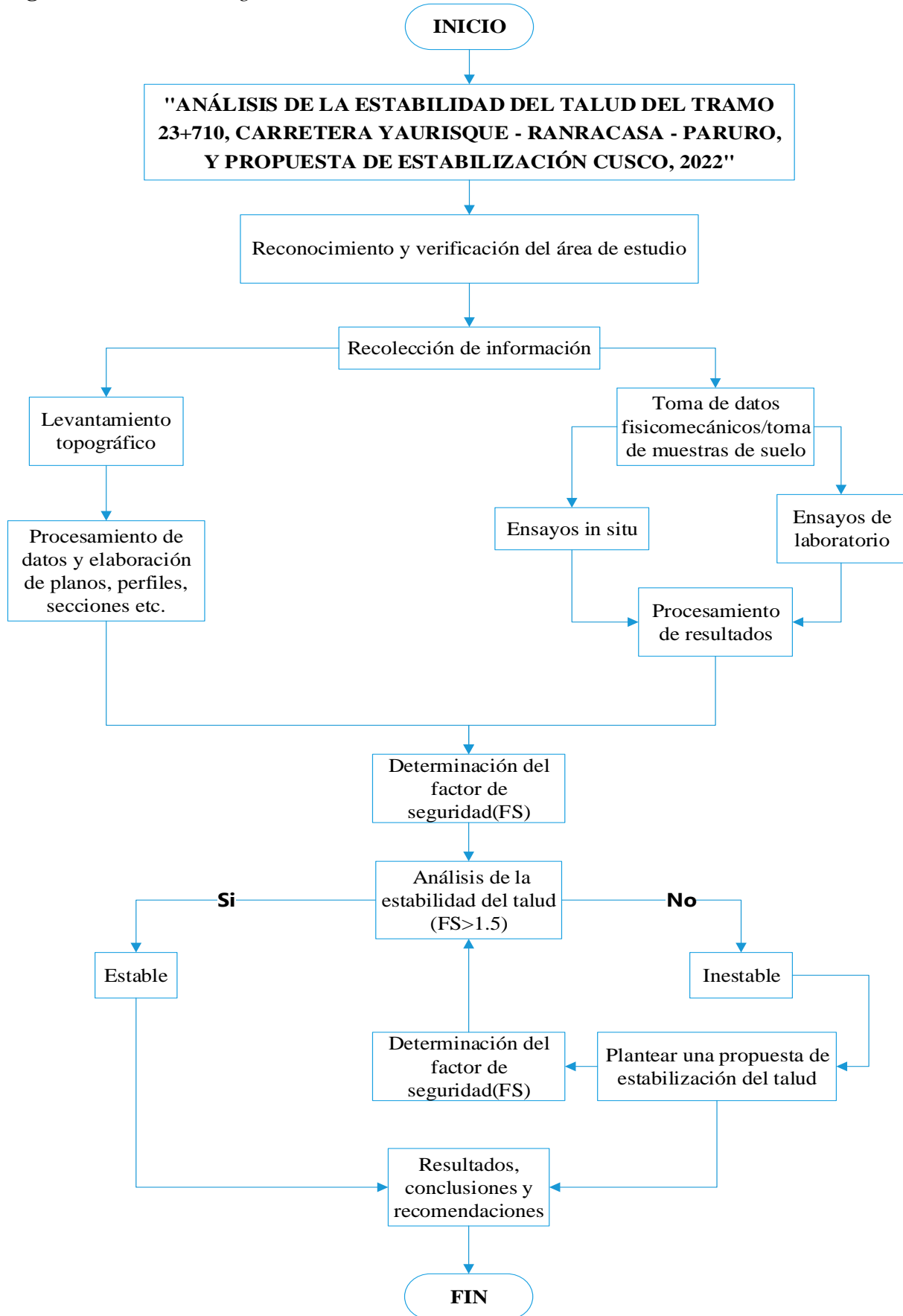
3.2.1 Diseño metodológico

Es de carácter experimental. Debido a que en esta tesis se manipulan deliberadamente una o más variables independientes para analizar las consecuencias de esa manipulación sobre una o más variables dependientes, dentro de una situación de control para el investigador (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

3.2.2 Diseño de Ingeniería



Figura 27: Diseño de Ingeniería



Fuente: Elaboración propia

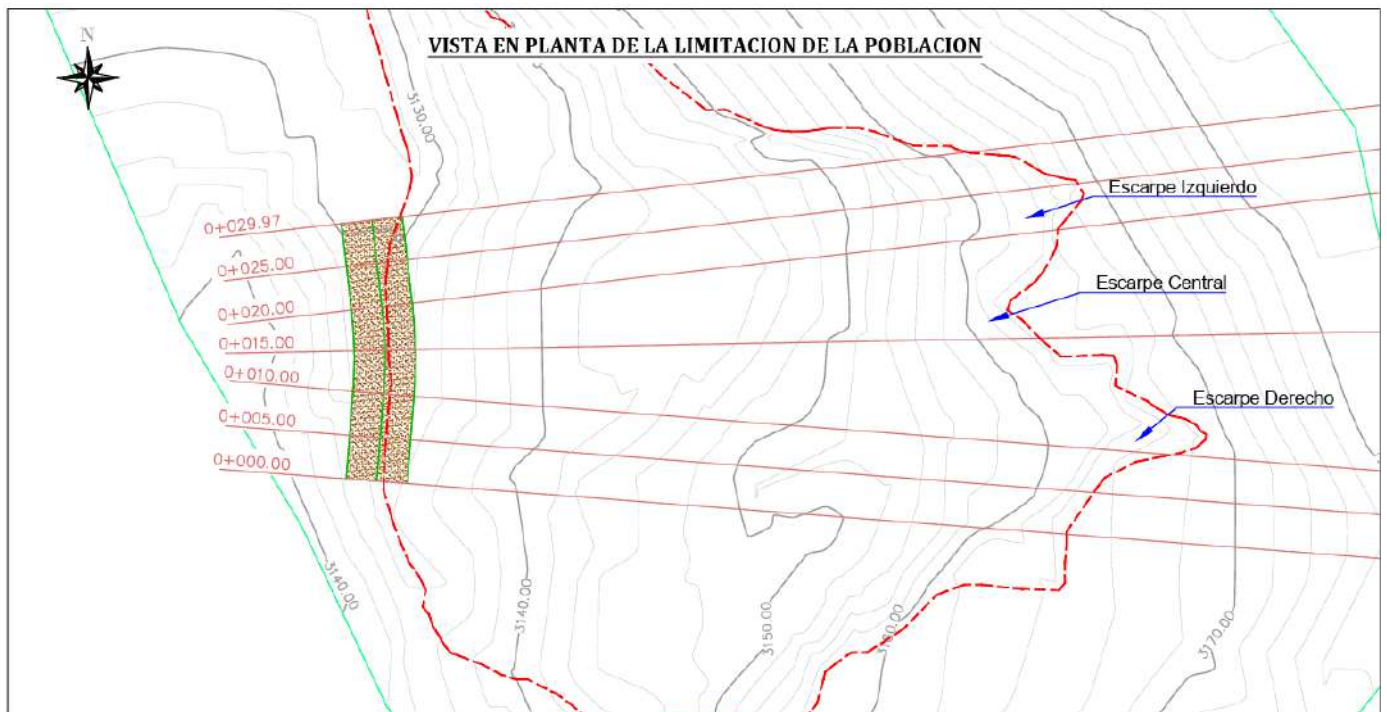
3.3 Población y Muestra

3.3.1 Población

3.3.1.1 Descripción de la población

La población de la presente investigación está definida por las secciones del talud ubicado en la margen derecha, próximo a la progresiva 23 + 700 de la carretera Yaurisque - Ranracasa - Paruro, en las coordenadas 191299m E, 8477802m S, de la zona 19 L, sistema de coordenadas UTM WGS84, donde se aprecian tres escarpes, derecho, central e izquierdo, que engloban todo el talud de análisis.

Figura 28: Secciones del talud correspondientes a la población



Fuente: Elaboración propia

3.3.1.2 Cuantificación de la población

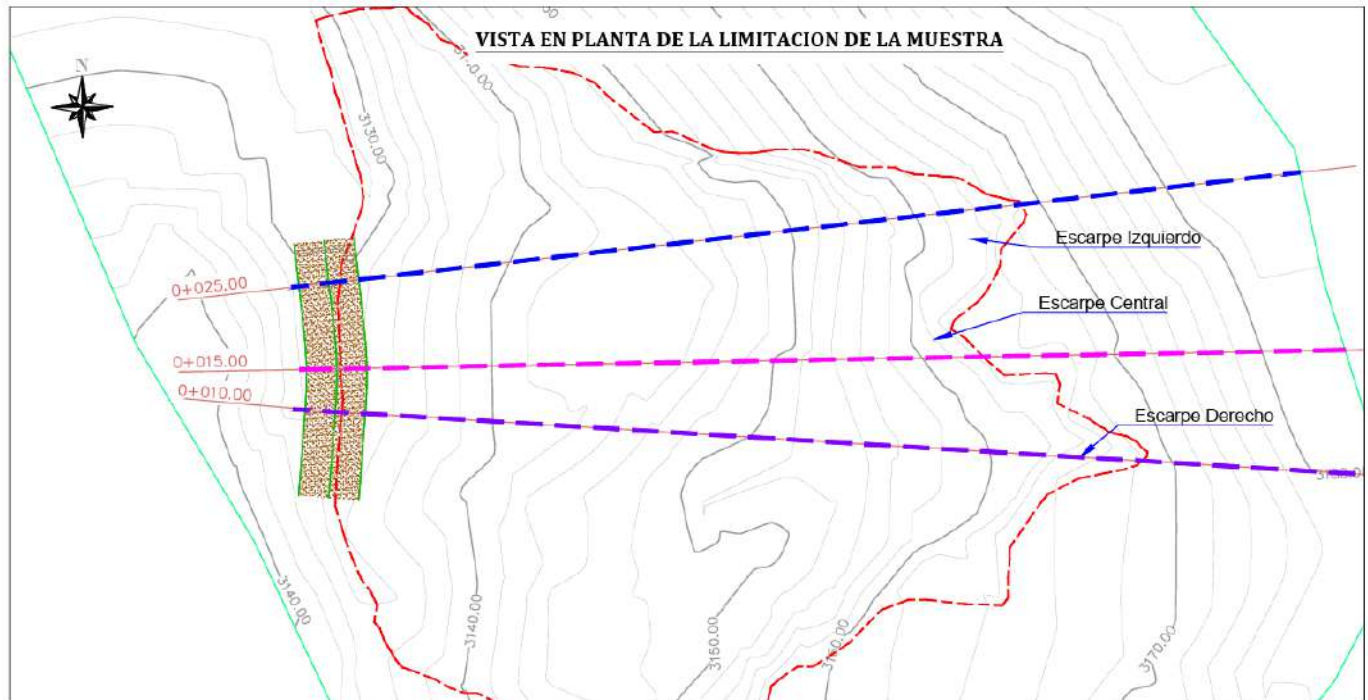
Está conformada por las 7 secciones del talud distribuidas cada 5 metros, que abarcan todo el largo del talud, dividiéndolo en tres zonas importantes, escarpe izquierdo, escarpe central y escarpe derecho del talud.

3.3.2 Muestra

3.3.2.1 Descripción de la muestra

Está conformada por las secciones más críticas, correspondientes a las secciones más largas y profundas; de cada escarpe identificado del talud de estudio.

Figura 29: Secciones del talud correspondientes a la muestra



Fuente: Elaboración propia

3.3.2.2 Cuantificación de la muestra

Está conformada por las 3 secciones más críticas, ubicadas en el escarpe izquierda, escarpe central y escarpe derecho del talud.

3.3.2.3 Método de muestreo

El método de muestreo de esta investigación es no probabilístico, debido a que la elección de los elementos presentes en la investigación no depende de la probabilidad ya que el muestreo se hizo de forma intencional o de conveniencia según el criterio del investigador.

El procedimiento no es mecánico, ni en base a fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de una persona o grupo de personas, y desde luego, las muestras seleccionadas por decisiones subjetivas (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).



3.3.2.4 Criterios de evaluación de muestra

Respecto a los criterios de evaluación de la muestra se darán en función a la norma CE 0.20 Estabilización de suelos y taludes, el cual se basa en la Norma técnica peruana los cuales se tomaron como guía, para la ejecución de los ensayos y pruebas, de acuerdo a lo siguiente detalle:

Tabla 17: Cuadro de ensayos a desarrollarse para el análisis del talud de estudio

Ensayos o pruebas	Normatividad o método
Levantamiento topográfico	
Sondaje eléctrico vertical	
Velocidad de Infiltración en el suelo	Método de porchet
Análisis granulométrico por tamizado	MTC E 107, NTP 339.128, ASTM D 422
Limite liquido	MTC E 110, NTP 339.129
Limite plástico	MTC E 111, NTP 339.129
Ensayo de compresión triaxial del tipo No consolidado No drenado (UU)	MTC E 131, NTP 339.164, ASTM T D 2850
Ensayo para determinar la densidad y peso unitario del suelo insitu mediante el metodo del cono de arena	MTC E 117, NTP 339.143
Método de ensayo estándar para la gravedad especifica de solidos de suelo mediante picnómetro de agua	MTC E 113, NTP 339.131
Método de ensayo para determinar el contenido de humedad del suelo	MTC E 108, NTP 339.127, ASTM D 2216
Método de ensayo normalizado para la auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL)	NTP 339.159 2001

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Criterios de inclusión

Los criterios para la inclusión de la muestra fueron los siguientes:





- Las calicatas emplazadas corresponden únicamente al talud ubicado próximo a la progresiva 23 + 700 de la carretera Yaurisque - Ranracasa - Paruro, en las coordenadas 191299m E, 8477802m S, de la zona 19 L, sistema de coordenadas UTM WGS84.
- Las calicatas tienen una dimensión de 1.00m x 1.20m y con una profundidad mínima de 3.00m.
- Se realizó el levantamiento topográfico y el procesamiento de datos para el talud de estudio considerando el área de influencia, aspectos morfológicos y la geometría del talud.
- Las ubicaciones de las calicatas fueron definidas mediante los ensayos de sondaje eléctrico vertical y juicio del experto (asesor de tesis).
- Los ensayos realizados fueron elegidos debido a que la información resultante de estos son datos de entrada para el análisis en el software Geo5.
- Los parámetros para la determinación del factor de seguridad (FS) fueron los que son utilizados por el software Geo5, en su presentación estabilidad de taludes mediante la metodología de equilibrio limite.
- La propuesta de estabilización del talud elegido fue mediante la recopilación información de otros proyectos en los cuales se aplicó dicho sistema además de la recomendación de nuestro asesor y demás profesionales.
- El software optado para esta investigación corresponde al Geo 5 el cual cuanta una gama de soluciones a problemas geotécnicos por distintos métodos siendo uno de ellos el método de equilibrio limite, empleado en esta investigación.

3.4 Instrumentos


3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos



Tabla 21: Formato N° 04 para toma de datos del Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAUQUISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO					
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422 y AASHTO T 88					
DATOS GENERALES					
Realizado por:					
Ubicación:					
Calicata: _____	Peso Inicial= _____				
Fecha: _____	% de Perdidas= _____				
Codigo: _____	Peso Final= _____				
	% Max de Perdida= _____				
DATOS ESPECÍFICOS					
	Tamiz	Peso	(%)	(%) que	
	Malla	Tamaño(mm)	Retenido(gr)	Retenido	Pasante
	4"	76.200			
	2"	50.800			
	1"	25.400			
	3/8"	9.525			
	N° 4	4.760			
	N° 10	2.000			
	N° 20	0.840			
	N° 40	0.425			
	N° 60	0.260			
	N° 100	0.150			
	N° 200	0.075			
	bandeja	0.000			

Curva Granulométrica



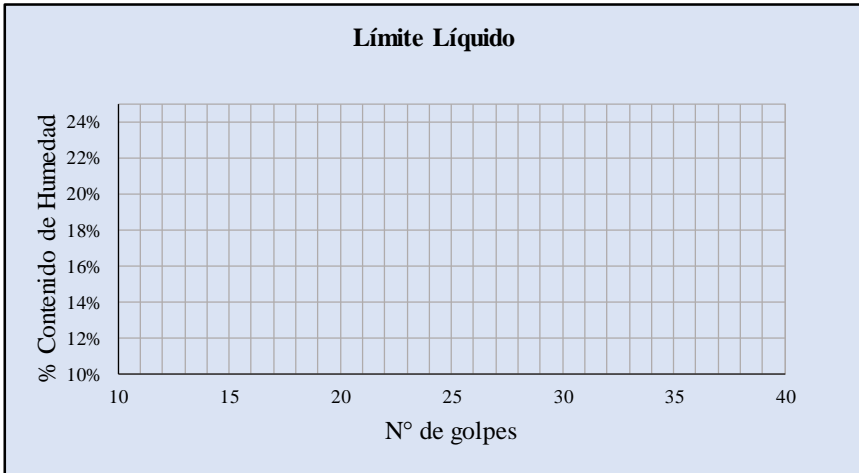


Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Arcilla
Grava			Arena			Limo			
	D60	D30	D10	Cu	Cc	Grava	Arena	Finos	

Fuente: Elaboración propia





Tabla 22: Formato N° 05 toma de datos Límites de Consistencia de los Suelos

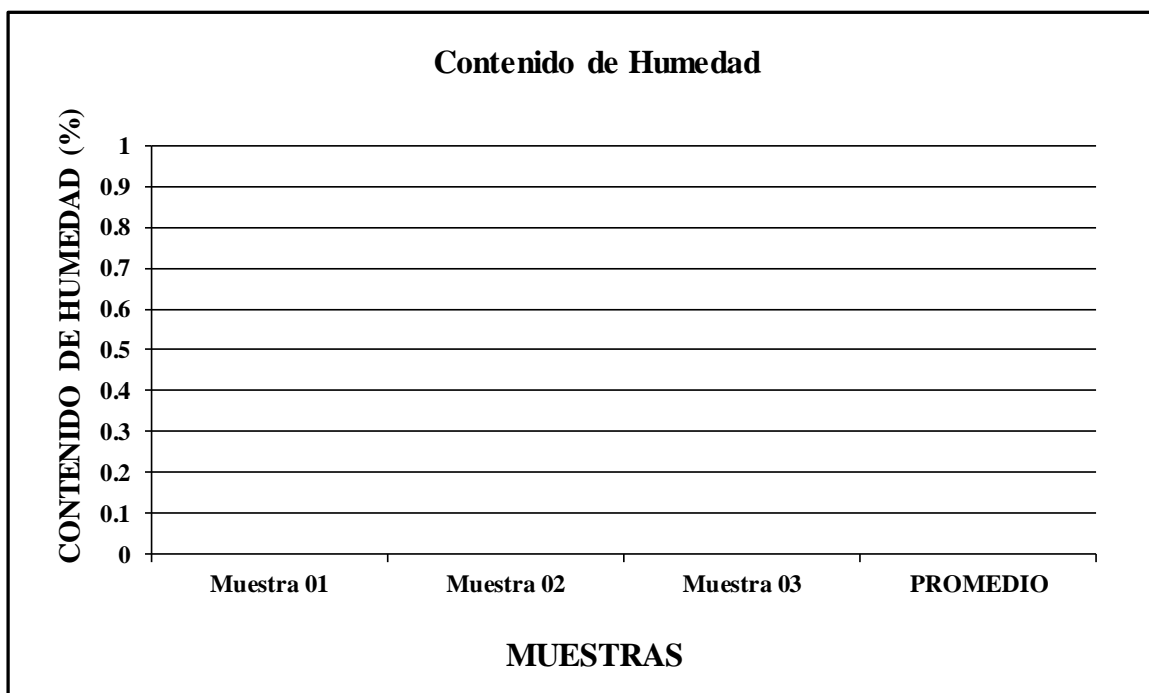
	<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>	 <small>Universidad Andina del Cusco</small>								
<p>TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"</p>										
<p>LIMITES DE CONSISTENCIA</p>										
<p>NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110, NTP 339.129</p>										
<p>DATOS GENERALES</p>										
HECHO POR:		Fecha:								
		Calicata:								
Ubicación:		Código:								
		Muestra:								
<p>DATOS ESPECÍFICOS</p>										
<p>LIMITE PLASTICO</p>										
N° de lata	1	2	3							
Peso del suelo humedo + lata (gr)				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">LP(%)=</td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td>LL(%)=</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IP(%)=</td> <td></td> </tr> </table>	LP(%)=		LL(%)=		IP(%)=	
LP(%)=										
LL(%)=										
IP(%)=										
Peso de suelo seco + lata (gr)										
Peso de la lata (gr)										
Peso del suelo seco (gr)										
Peso del suelo humedo (gr)										
Peso de agua (gr)										
Contenido de humedad(w)										
<p>LIMITE LIQUIDO</p>										
N° de lata	1	2	3	4						
Peso del suelo humedo + lata (gr)										
Peso de suelo seco + lata (gr)										
Peso de la lata (gr)										
Peso del suelo seco (gr)										
Peso del suelo humedo (gr)										
Peso del agua (gr)										
Contenido de humedad (w)										
Numero de golpes										
LL aproximado										
<p>Límite Líquido</p>										
										

Fuente: Elaboración propia



Tabla 23: Formato N° 06 toma de datos para Ensayo para determinar el contenido de humedad del suelo



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS:	"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"			
CALCULO DE LA HUMEDAD DEL MATERIAL				
DATOS GENERALES				
Realizado por:		Fecha:		
		Calicata:		
Norma Utilizada:		Muestra:		
Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	PROMEDIO
Peso de la Capsula				
Peso Caps. + Material Humedo				
Peso Caps. + Material Seco				
Peso del Agua en el Suelo				
Peso del Suelo Seco				
Contenido de Humedad (%)				
Contenido de Humedad (%) Proemdio				



Fuente: Elaboración propia



Tabla 24: Formato N° 07 Ensayo para determinar la densidad y peso unitario del suelo insitu mediante el método del cono de arena.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 			
TESIS:	"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"		
DENSIDAD DE CAMPO (Metodo Cono de Arena)			
DATOS GENERALES			
Realizado por:		Fecha:	
Norma Utilizada:		Calicata:	
N°	Descripcion	Dato	Unidad
01	Peso del Frasco + arena		gr
02	Peso del Frasco + arena sobrante		gr
03	Peso de la arena empleada		gr
04	Peso de la arena dentro del cono		gr
05	Peso de la arena dentro del Hoyo		gr
06	Densidad de la arena		gr/cm3
07	Volumen del Hoyo		cm3
08	Peso del Tarro mas material del hoyo		gr
09	Peso del Tarro		gr
10	Peso del material en el Hoyo		gr
11	Densidad Natural Humeda		gr/cm3
CALCULO DE LA DENSIDAD SECA DEL MATERIAL			
12	Contenido de Humedad		%
13	Densidad Natural Seca		gr/cm3

Fuente: Elaboración propia



Tabla 25: Formato N° 08 para toma de datos de Ensayo Estándar para la Gravedad Especifica de Solidos de Suelo Mediante Picnómetro de Agua

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO 			
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS:	"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"		
GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SUELOS - METODO DEL PICNOMETRO			
DATOS GENERALES			
Realizado por:		Fecha:	
		Calicata:	
Norma Utilizada:		Muestra:	
Descripción	Peso (g)		
Peso de la muestra Seca en Gramos (A) :			
Peso Picnometro + Agua (B) :			
Peso Picnometro + Agua + Suelo (C) :			
Temperatura del Agua :			
Factor de Correccion por Temperatura(K) :			
Gravedad Especifica (Pe) :			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 28: Formato N° 11 Toma de datos de auscultación con penetrómetro dinámico ligero (DPL)





UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS:	"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"				
DPL - PENETROMETRO DINAMICO LIGERO (NTP 339.159. 2001)					
Realizado por:				N° Ensayo:	
				Fecha:	
Ubicación:				N° Calicata:	
DATOS DEL ENSAYO				N° Hoja	
DATOS DEL PENETROMETRO			DPL	SPT	$N_1 = N_2 \frac{W_1 * H_1 * A_2 * e_2}{W_2 * H_2 * A_1 * e_1}$ <p>N1 : N° Golpes SPT N2 : N° Golpes DPL</p>
Peso del Martillo - W (kg)					
Altura de Caída - H (m)					
Área de la Punta - A (cm ²)					
Espesor de la Hincia - E (cm)					
Profundidad (m)	N° Golpes DPL	N° Golpes SPT	Cota (m.s.n.m)		<div style="text-align: center;"> <p>N° Golpes DPL</p> <p>0 10 20 30 40 50</p> </div>
				F : N1/N2=	

Fuente: Elaboración propia



3.4.2 Instrumentos de ingeniería

Tabla 29: Instrumentos de Ingeniería para el Levantamiento Topográfico.

Instrumento/herramienta	Descripción	Imagen referencial
Estación total	Leica TS06 plus	
Trípode	Instrumento para el soporte de la estación total.	
Prisma topográfico	Instrumento de medición compuesto por cristales que proyecta la señal EMD, desde la estación total.	
Jalón telescópico porta prismas	Permite adosar el prisma además de alcanzar mayores alturas para la toma de datos.	



GPS	Nos permite conocer puntos de la superficie terrestre por medio del posicionamiento satelital.	
Cámara celular	Cámara de celular Huawei Y9A 128GB de 64 megapíxeles,	
Cuaderna de apuntes	Cuaderno para realizar bosquejos, BMs, Anotaciones, croquis etc.	
EPPs	Equipos de protección personal como: cascos, chalecos, zapatos de obra,	

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 30: Instrumentos de Ingeniería para el Sondaje Eléctrico vertical.

Instrumento/herramienta	Descripción	Imagen referencial
Resistivímetro	Resistivímetro PASI MODELO GL-N, de tecnología	
Carretes de cables y pinzas cocodrilo	Cables de 50metros y dos pinzas cocodrilo.	
Cinta métrica	Cinta métrica de 60 metros	
Varillas de aceros inoxidable	Electrodos de acero inoxidable	




<p>Comba</p>	<p>Comba de 1.8kg para introducir las varillas en el suelo a estudiar.</p>	
<p>GPS</p>	<p>Nos permite conocer puntos de la superficie terrestre por medio del posicionamiento satelital.</p>	
<p>Cuaderna de apuntes</p>	<p>Cuaderno para realizar bosquejos, BMs, Anotaciones, croquis etc.</p>	
<p>Cámara celular</p>	<p>Cámara de celular Huawei Y9A 128GB de 64 megapíxeles.</p>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Instrumentos de Ingeniería para los Ensayos de Análisis Granulométrico por Tamizado.

Instrumento/herramienta	Descripción	Imagen referencial
Tamices	Juego de tamices construidos bajo la norma ASTM de la malla 4", 2", 1", 3/8"), N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100 y N° 200.	
Balanza digital	Balanza de precisión 1gr, 0.1gr y 0.01gr de medición de peso en gramos.	
Horno eléctrico	Horno de secado de materiales.	
Cepillos y brochas	Utilizadas para la limpieza de los instrumentos como del área de trabajo.	



<p>Bandejas</p>	<p>Utilizadas para el recojo o depósito de las muestras de suelos.</p>	
-----------------	--	---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Instrumentos de Ingeniería para el Ensayo para Determinar el Límite Líquido.


Instrumento/herramienta	Descripción	Imagen referencial
<p>Cuchara o copa de Casagrande</p>	<p>Dispositivo mecánico que puede ser operado manualmente o con motor</p>	
<p>Taras y recipientes metálicos</p>	<p>Recipientes metálicos para depositar las muestras ensayadas y poder llevarlas al horno, así como realizar el preparado de muestras de suelos.</p>	
<p>Ranurador, Espátula, bandejas</p>	<p>Ranurador para realizar la ranura o canal en la cuchara de casa grande y demás instrumentos de apoyo.</p>	



Probeta graduada	Probeta graduada en mililitros para para humedecer la muestra en proporciones establecidas.	
Balanza digital	Balanza de precisión 1gr, 0.1gr y 0.01gr de medición de peso en gramos.	
Horno eléctrico	Horno de secado de materiales.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Instrumentos de Ingeniería para el Ensayo para Determinar el Límite Plástico.

Instrumento/herramienta	Descripción	Imagen referencial
Placa de vidrio	Esencial para la realización del ensayo.	



<p>Taras y recipientes metálicos</p>	<p>Recipientes metálicos para depositar las muestras ensayadas y poder llevarlas al horno, así como realizar el preparado de muestras de suelos.</p>	
<p>Balanza digital</p>	<p>Balanza de precisión 1gr, 0.1gr y 0.01gr de medición de peso en gramos.</p>	
<p>Probeta graduada</p>	<p>Probeta graduada en mililitros para para humedecer la muestra en proporciones establecidas.</p>	
<p>Espátula</p>	<p>Para realizar el preparado de la muestra.</p>	
<p>Horno eléctrico</p>	<p>Horno de secado de materiales.</p>	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 34: Instrumentos de Ingeniería del Ensayo para Determinar el Contenido de Humedad del Suelo

Equipos	Descripción	Imagen referencial
Horno eléctrico	Horno de secado de materiales.	
Balanza digital	Balanza de precisión 1gr, 0.1gr y 0.01gr de medición de peso en gramos.	
Taras y recipientes metálicos	Recipientes metálicos para depositar las muestras ensayadas y poder llevarlas al horno, así como realizar el preparado de muestras de suelos.	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 35: Instrumentos de Ingeniería para el Ensayo para Determinar la Densidad y Peso Unitario del Suelo Insitu mediante el Método del Cono de Arena



Equipo y materiales	Descripción	Imagen referencial
Aparato de Densidad de cono de arena	Compuesto por un contenedor donde se deposita la arena graduada, plato de metal con orificio central, embudo de metal con una válvula cilíndrica de orificio.	 A photograph showing the sand cone apparatus. It includes a white plastic container, a brass funnel with a valve, and a metal plate with a central hole. The brand 'ELE' is visible on the funnel and plate.
Balanza digital	Balanza de precisión 1gr de medición de peso en gramos.	 A photograph of a digital precision scale with a white top and a blue and white base. The scale has a digital display and several buttons.
Herramientas diversas	Cinzel, badilejo, recipientes, comba	 A photograph showing various tools: a chisel, a trowel, a hammer, and several stainless steel bowls and containers.








<p>Arena graduada</p>	<p>Deberá ser limpia, uniforme, seca, no cementada, durable y que discorra libremente. Tener un coeficiente de uniformidad ($C_u = D_{60}/D_{10}$) menor de 2 y el tamaño máximo de partículas menor que 2,0 mm (Malla N° 10) y menos del 3% en peso que pase la malla de 250 μm (Malla N° 60).</p>	
-----------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Instrumentos de ingeniería para el ensayo estándar para la gravedad específica de solidos de suelo mediante picnómetro de agua

Equipos	Descripción	Imagen referencial
<p>Picnómetro</p>	<p>De capacidad mínima de 500 mL</p>	
<p>Balanza digital</p>	<p>Balanza de precisión 0.01gr de medición de peso en gramos.</p>	



Horno eléctrico	Horno de secado de materiales.	
Aparato para remover el aire entrampado	Una bomba de vacío o aspirador de agua, capaz de producir un vacío parcial de 100mm de mercurio (Hg) o una menor presión absoluta.	
Termómetro	Un termómetro capaz de medir un rango de temperatura dentro del cual el ensayo está siendo realizado, legible con una aproximación de 0,1°C y una profundidad de inmersión que varíe entre los 25 y 80 mm	
Embudo	Un embudo de superficie lisa no corrosiva con un pico que se extienda pasando la marca de calibración del matraz volumétrico o un tapón de cierre en los matraces taponados.	
Tamices	Tamiz – N° 4 (4,75m).	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 37: Instrumentos de Ingeniería para el ensayo de Velocidad de Infiltración en el Suelo por el Metodo de Porchet.


Instrumento/herramienta	Descripción	Imagen referencial
Tubería de NTP ISO 4435 Ø200mm	Tubería de 200 mm de diámetro de 50cm de largo	
Baldes de 19 litros	Baldes de 19 litros para el vertido de agua.	
Colorante	Colorante para apreciar mejor el nivel de agua	
Wincha	Instrumento que nos ayudara en la medición del nivel de agua.	
Cuaderno de apuntes	Cuaderno para realizar bosquejos, Anotaciones de los tiempos.	



Cronometro de celular	Instrumento de medición del tiempo.	
Picos y palas	Instrumentos para realizar las excavaciones los agujeros	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Instrumentos de ingeniería para el Ensayo de compresión triaxial del tipo No consolidado No drenado (UU)


Equipo	Descripción	Imagen referencial
Unidad triaxial automática	Unidad triaxial automática modelo PS-840 SERIE 116, ASTM T D 2850.	





<p>Badilejo, espátulas, serrucho y cierra.</p>	<p>Herramientas utilizadas para realizar el tallado de muestras inalteradas</p>	
<p>Balanza digital</p>	<p>Balanza de precisión 1 gr, 0.1gr y 0.01gr de medición de peso en gramos.</p>	
<p>Vernier</p>	<p>Para realizar la medición de los diámetros de los cilindros tallados.</p>	

Fuente: elaboración propia

Tabla 39: Instrumentos de ingeniería para el ensayo normalizado para la auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL).

Equipos	Descripción	Imagen referencial
<p>Penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL)</p>	<p>Nos permite estimar la resistencia de los suelos a través del número de golpes. Varillas de longitud 1.00 m.</p>	



<p>Cuaderno de apuntes</p>	<p>Cuaderno para realizar bosquejos, Anotaciones, croquis etc.</p>	
<p>Extractor de equipo DPL</p>	<p>Equipo para extraer las varillas del equipo DPL.</p>	

Fuente: Elaboración propia



3.5 Procedimientos de Recolección de Datos

3.5.1 Reconocimiento e Inventario de Campo

a) Equipos utilizados en la prueba

- Cámara Fotográfica
- Cuaderno de Apuntes
- Wincha metálica de 5.00 m
- GPS

b) Procedimiento

Para poder realizar el correcto reconocimiento del talud en estudio, se realizó lo siguiente:

1. Se realizó un viaje al lugar en compañía del asesor, donde se delimitó el área de estudio, se realizó un recorrido de todo el contorno a fin de poder identificar los fenómenos que pudieran estar originando la inestabilidad del talud.

Figura 30: *Visita a Campo con el Asesor*



Fuente: Elaboración propia

2. Acto seguido en compañía del asesor se localizó en campo la posible línea de falla y la zona del talud más inestable, donde se planteó la posible ubicación de las calicatas y los diferentes ensayos necesarios.



Figura 31: *Ubicación de la posible Línea de Falla*



Fuente: Elaboración propia

3. Seguidamente se realizó un recorrido minucioso de toda el área, delimitando donde se realizara el levantamiento topográfico y los diferentes ensayos; durante este recorrido se realizó un inventario de todos los elementos que se pudieron encontrar en el talud de estudio, así como sus alrededores, como es la presencia de grietas, presencia de vegetación, perfiles estratigráficos visibles dentro y fuera del talud deslizado, infraestructura existente, cursos de agua, identificación del tipo de suelo y depósitos geológicos, entre otros, el inventario consta de una pequeña descripción de las características y en algunos casos el apunte de las medidas y coordenadas para una identificación más precisa, así como permitir la representación gráfica en un plano de campo. Todos los datos fueron colocados con una fotografía y su breve descripción.

Figura 32: *Inventario de Campo*








Fuente: Elaboración propia









c) Toma de datos

Tabla 40: Formato N° 01 inventario de visita a campo

 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> 			
<p>TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"</p>			
Inventario de Campo			
DATOS GENERALES			
Realizado por:	Roger Cahuana Surquislla	Fecha:	12/11/2022
	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Página:	01
Foto	Descripción		
	Cauce artificial, correspondiente a una cuneta que desemboca en la cara derecha del talud, con un ancho que va desde los 0.60 m a los 1.10 m, y una profundidad de 0.60 m aproximadamente, infraestructura antigua que debe de ser redireccionada o anulada.		
	Grietas de tracción/tensión encontradas en los bordes de la corona derecha del talud, se aprecia nula vegetación, grietas con anchos de hasta 12 cm y profundidades mayores a los 70 cm, indicaría que el talud aun no alcanzo su estado de estabilización.		
	Cauces naturales con dirección al talud, ubicados en el borde con la carretera superior, estos al igual que la cuneta encontrada debe de ser redireccionada para evitar el flujo de aguas pluviales hacia el talud vulnerable.		



	<p>Parte central de la corona del talud, donde se interceptan la parte derecha e izquierda del talud, se aprecia los dos tipos de suelos que se hallan dentro del talud, materiales arcillosos y limos, de colores plomo y rojo.</p>
	<p>Grietas de traccion/tension encontradas en el pie de ladera del borde derecho del talud, presencia minima de vegetacion, grietas con anchos que van desde los 15cm a los 35cm y profundidades mayor a los 50 cm, se aprecia material arcilloso y piedras de canto rodado, material producto de los deslizamientos que ocurrio y hasta la fecha continuan en menor medida.</p>
	<p>Vista de la estratigrafia de la parte derecha del talud, se aprecia material arcilloso con una capa de materiales fluviales (piedras de canto rodado), estas vienen sufriendo desprendimientos continuos debido a la inestabilidad del talud.</p>
	<p>Ladera superior del talud, correspondiente a material que se desprendio del talud y se detuvo, presenta grietas y vegetacion menor, se verifico bloques todavia inestables o con predisposicion a seguir deslizando con direccion a la carretera que se encuentra mas abajo.</p>
	<p>Vista de la estratigrafia de la parte izquierda del talud, se aprecia material arcilloso y limos, presencia de vegetacion mayor y menor, y una superficie vulnerable pero mas estable debido a pendientes menores y a que el deslizamiento ocurrido se debio al desprendimiento de masa de este lado del talud, por lo que se tiene menor masa susceptible a deslizamiento.</p>
	<p>Vista de la ladera central, al igual que la ladera superior esta corresponde a material que se desprendio del talud y se detuvo, presenta material arcillosos y limos, vegetacion menor reciente y grandes grietas, susceptible a volver a desprenderse debido a ubicarse al lado de la carretera y no contar con alguna medida de control de movimiento de masas, ademas de ser susceptible a la infiltracion de aguas pluviales.</p>



	<p>Vista desde la parte inferior de las grietas que se encuentran a lo largo de toda la parte central del talud, grietas que rodean a los dos grandes bloques desprendidos, altamente vulnerables a la infiltración de agua, poca vegetación y materiales con menores pero constantes movimientos de masas.</p>
	<p>Vista del borde de la carretera o pie de talud, se aprecia agua que aflora desde el subsuelo y ratifica la existencia de nivel freático, además se puede observar bloques de materiales desprendidos del talud, así como el color de los suelos (plomo y rojo).</p>
	<p>Vista del borde derecho del talud, fuera del área de estudio, se observa infraestructura donde se intervino el talud mediante banquetas, infraestructura que no se realizó dentro del área de estudio.</p>
	<p>Vista de toda la masa del talud susceptible a deslizarse sobre la carretera, vegetación casi nula, grandes pendientes y bloques que conforman las laderas central y superior, grietas y bloques productos de deslizamientos previos.</p>
	<p>Vista del borde izquierdo del talud, fuera del área de estudio, se observa presencia de vegetación mayor, pendientes próximas a las naturales, debido a los grandes desprendimientos que ocurrieron y terminaron por liberar de pesos inestables del talud, ocasionando que se alcance una mejor estabilización.</p>

Fuente: Elaboración propia



3.5.2 Levantamiento Topográfico

a) Equipos utilizados

- 01 estación total Leica TS06 plus
- 01 GPS
- 02 prismas
- 02 jalones telescópicos para porta prismas
- 01 celulares con cámara
- 01 trípode
- 01 cuaderno de apuntes topográfico

b) Procedimiento

1. Primeramente, se realizó el reconocimiento, identificación e inspección del área de estudio, localizando los posibles accesos, inspeccionando el talud de estudio, identificando las zonas peligrosas, planificando como sería el itinerario a seguir para la toma de puntos considerando los puntos con mayor visibilidad para el estacionamiento de la estación total, así como los puntos de cambio para tener un entendimiento completo del área de estudio.

Figura 33: Reconocimiento del talud de estudio junto a nuestro asesor de tesis



Fuente: Elaboración propia.

2. A continuación, se procedió al estacionamiento o montaje del equipo sobre un punto topográfico tomado con el GPS anotando las coordenadas además de tener buena visibilidad.



Figura 34: *Estacionamiento o montaje del equipo*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 35: *Posicionamiento del prisma para el levantamiento*



Fuente: Elaboración propia

3. Se procedió a la toma de puntos para el levantamiento topográfico, haciendo lectura de los puntos ubicados en zonas representativas del talud; se hizo un recorrido con los encargados de llevar los prismas ubicándolos en zonas que representen mayor detalle del talud. Para luego procesar los datos tomados.



Figura 36: *Recorrido de los prismeros para la toma de datos*



Fuente: Elaboración propia

Figura 37: *Toma de datos(mosqueo)*




Fuente: Elaboración propia



c) Toma de datos

Tabla 41: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 01-32

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
TESIS:		TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"		
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO				
DATOS GENERALES				
Realizado por:	Antonio Daniel Alpaca Ninan		Fecha:	14/10/2022
	Roger Cahuana Surquislla		Página:	01
Sistema de Coordenadas:	WGS 1984 UTM		Zona:	19 S
Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
01	191237.0000	8477817.0000	3140.9881	Estacion
02	191238.2914	8477805.3770	3141.0125	Flanco Izquierdo del Talud
03	191230.0765	8477813.8000	3140.2158	Flanco Izquierdo del Talud
04	191233.8949	8477809.6250	3140.9362	Flanco Izquierdo del Talud
05	191237.7031	8477804.5770	3140.9770	Flanco Izquierdo del Talud
06	191240.4571	8477798.7660	3140.9704	Flanco Izquierdo del Talud
07	191243.7775	8477790.9120	3141.0493	Flanco Izquierdo del Talud
08	191246.5281	8477785.1470	3140.7411	Flanco Izquierdo del Talud
09	191250.0750	8477782.9550	3139.4306	Flanco Izquierdo del Talud
10	191253.6034	8477776.5130	3138.6559	Flanco Izquierdo del Talud
11	191253.5900	8477770.2010	3138.1769	Flanco Izquierdo del Talud
12	191228.4698	8477867.3350	3124.4001	Flanco Izquierdo del Talud
13	191239.9010	8477811.8230	3141.1023	Flanco Izquierdo del Talud
14	191236.6864	8477822.1480	3140.0416	Flanco Izquierdo del Talud
15	191233.3776	8477826.8020	3138.7036	Flanco Izquierdo del Talud
16	191227.5646	8477831.3720	3134.5259	Flanco Izquierdo del Talud
17	191208.7160	8477868.9650	3122.8441	Flanco Izquierdo del Talud
18	191228.4594	8477867.7820	3124.4504	Flanco Izquierdo del Talud
19	191235.1229	8477867.1640	3125.6642	Flanco Izquierdo del Talud
20	191244.1849	8477863.9720	3126.5321	Flanco Izquierdo del Talud
21	191250.7123	8477851.1880	3127.5711	Flanco Izquierdo del Talud
22	191207.2667	8477870.9750	3126.3875	Flanco Izquierdo del Talud
23	191212.2272	8477876.1190	3132.9134	Flanco Izquierdo del Talud
24	191219.3714	8477877.5400	3134.3381	Flanco Izquierdo del Talud
25	191252.0372	8477836.6980	3128.4590	Flanco Izquierdo del Talud
26	191225.1668	8477879.4940	3136.8428	Flanco Izquierdo del Talud
27	191258.6569	8477832.5300	3128.4709	Flanco Izquierdo del Talud
28	191232.5741	8477880.4110	3138.3428	Flanco Izquierdo del Talud
29	191252.7046	8477843.4670	3126.7514	Flanco Izquierdo del Talud
30	191237.4877	8477874.5670	3136.2793	Flanco Izquierdo del Talud
31	191254.8915	8477836.2450	3127.1574	Flanco Izquierdo del Talud
32	191244.4950	8477870.6140	3137.3057	Flanco Izquierdo del Talud

Fuente: Elaboración propia



Tabla 42: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 33-64

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"		
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO				
DATOS GENERALES				
Realizado por:		Antonio Daniel Alpaca Ninan	Fecha:	14/10/2022
		Roger Cahuana Surquislla	Pagina:	02
Sistema de Coordenadas:		WGS 1984 UTM	Zona:	19 S
Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
33	191257.2647	8477830.7750	3127.9744	Borde del talud cabeza
34	191250.9920	8477865.7570	3139.5497	Borde del talud cabeza
35	191249.8466	8477844.8420	3127.5724	Borde del talud cabeza
36	191255.2239	8477862.0160	3141.0804	Borde del talud cabeza
37	191251.8263	8477835.6310	3128.6215	Borde del talud cabeza
38	191259.7433	8477858.6610	3142.6290	Borde del talud cabeza
39	191253.7557	8477827.0180	3129.6742	Borde del talud cabeza
40	191263.4065	8477859.0200	3145.2580	Borde del talud cabeza
41	191265.5528	8477860.9110	3148.6203	Borde del talud cabeza
42	191254.5083	8477821.3200	3130.4711	Borde del talud cabeza
43	191269.9312	8477855.7410	3147.6283	Borde del talud cabeza
44	191256.8987	8477805.9600	3132.4168	Borde del talud cabeza
45	191275.5314	8477846.3540	3145.4290	Borde del talud cabeza
46	191260.8463	8477783.8410	3134.0331	Borde del talud cabeza
47	191280.8619	8477844.8570	3147.5081	Borde del talud cabeza
48	191268.3094	8477761.0710	3134.6979	Borde del talud cabeza
49	191287.1525	8477839.3450	3148.2704	Borde del talud cabeza
50	191277.1676	8477741.2140	3134.8434	Borde del talud cabeza
51	191280.6902	8477835.2830	3145.0774	Borde del talud cabeza
52	191284.7721	8477702.1090	3136.1989	Borde del talud cabeza
53	191262.1040	8477853.0560	3139.8548	Borde del talud cabeza
54	191262.7672	8477847.8200	3137.6608	Borde del talud cabeza
55	191267.9154	8477748.2110	3134.6072	Borde del talud cabeza
56	191265.8666	8477846.4950	3137.6805	Borde del talud cabeza
57	191262.9183	8477844.4710	3137.0677	Borde del talud cabeza
58	191265.8711	8477764.1990	3134.6759	Borde del talud cabeza
59	191260.5629	8477764.3870	3134.5200	Borde del talud cabeza
60	191265.7376	8477846.6430	3137.6601	Calicata
61	191256.6857	8477778.0390	3134.7093	Cuerpo del talud
62	191271.6892	8477839.0660	3137.5981	Cuerpo del talud
63	191265.4203	8477838.7820	3137.2799	Cuerpo del talud
64	191253.2338	8477791.5500	3133.4497	Cuerpo del talud

Fuente: Elaboración propia



Tabla 43: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 65-96

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"		
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO				
DATOS GENERALES				
Realizado por:		Antonio Daniel Alpaca Ninan	Fecha:	14/10/2022
		Roger Cahuana Surquislla	Pagina:	03
Sistema de Coordenadas:		WGS 1984 UTM	Zona:	19 S
Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
65	191266.6632	8477831.9260	3137.1719	Cuerpo del talud
66	191249.4105	8477806.9840	3132.0047	Cuerpo del talud
67	191268.3497	8477826.7060	3137.7246	Cuerpo del talud
68	191273.5927	8477831.7990	3138.3770	Cuerpo del talud
69	191271.5351	8477835.8440	3137.4318	Cuerpo del talud
70	191246.7159	8477827.8730	3129.3955	Cuerpo del talud
71	191270.0488	8477819.0730	3139.3947	Cuerpo del talud
72	191255.6098	8477812.1950	3131.6551	Calicata
73	191282.1495	8477811.7830	3143.6318	Zona superior del talud
74	191268.9166	8477818.0350	3138.8868	Zona superior del talud
75	191280.7685	8477835.4100	3145.0881	Zona superior del talud
76	191286.1051	8477836.5960	3147.0705	Zona superior del talud
77	191289.5072	8477837.7360	3148.7997	Zona superior del talud
78	191284.7841	8477833.4620	3144.5555	Zona superior del talud
79	191292.1457	8477838.0570	3150.3962	Zona superior del talud
80	191291.3620	8477833.9340	3145.7763	Zona superior del talud
81	191295.2275	8477829.5460	3145.7987	Zona superior del talud
82	191298.0372	8477835.3590	3152.8437	Zona superior del talud
83	191295.1933	8477829.5480	3145.7931	Zona superior del talud
84	191297.9928	8477824.9110	3146.0388	Zona superior del talud
85	191298.7074	8477820.3780	3145.3275	Zona superior del talud
86	191306.5281	8477836.0040	3157.7693	Zona superior del talud
87	191296.8949	8477814.5600	3145.3871	Zona superior del talud
88	191296.3003	8477810.6560	3146.1077	Zona superior del talud
89	191295.4180	8477807.3520	3147.1096	Zona superior del talud
90	191291.5274	8477802.3090	3147.3216	Zona superior del talud
91	191311.5164	8477835.0220	3159.8122	Zona superior del talud
92	191287.7519	8477797.9160	3147.3926	Zona superior del talud
93	191315.5391	8477835.0530	3161.6503	Zona superior del talud
94	191281.5293	8477796.2090	3145.8250	Zona superior del talud
95	191276.0827	8477795.2450	3144.5361	Zona superior del talud
96	191277.7326	8477788.5160	3144.1795	Zona superior del talud

Fuente: Elaboración propia





Tabla 44: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 97-128

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"		
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO				
DATOS GENERALES				
Realizado por:		Antonio Daniel Alpaca Ninan	Fecha:	14/10/2022
		Roger Cahuana Surquislla	Pagina:	04
Sistema de Coordenadas:		WGS 1984 UTM	Zona:	19 S
Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
97	191331.0854	8477827.8620	3167.6630	Flanco derecho del talud
98	191329.1338	8477820.1330	3164.7995	Flanco derecho del talud
99	191273.0082	8477795.0270	3141.7453	Flanco derecho del talud
100	191322.9069	8477816.3950	3163.9513	Flanco derecho del talud
101	191330.1837	8477811.3930	3165.1955	Flanco derecho del talud
102	191338.5644	8477805.1840	3166.4623	Flanco derecho del talud
103	191335.5330	8477797.6510	3165.6594	Flanco derecho del talud
104	191272.1606	8477800.7250	3140.2708	Flanco derecho del talud
105	191330.7021	8477791.8350	3164.4794	Flanco derecho del talud
106	191279.8945	8477804.2160	3141.4066	Flanco derecho del talud
107	191321.6294	8477787.9310	3162.8159	Flanco derecho del talud
108	191286.1614	8477809.9700	3142.8918	Flanco derecho del talud
109	191316.4964	8477783.2680	3161.4518	Flanco derecho del talud
110	191313.5623	8477780.2720	3160.7201	Flanco derecho del talud
111	191286.8059	8477816.9060	3143.6772	Flanco derecho del talud
112	191307.2630	8477777.5610	3159.3957	Flanco derecho del talud
113	191308.2950	8477777.5740	3158.9792	Cuneta
114	191288.2999	8477809.7470	3142.3004	Zona de cabecera del talud
115	191309.3699	8477772.0530	3159.8104	Cuneta
116	191291.8058	8477812.9090	3142.4263	Zona de cabecera del talud
117	191311.9995	8477761.1990	3161.2513	Cuneta
118	191293.4931	8477815.4840	3142.9567	Zona de cabecera del talud
119	191315.2093	8477748.0180	3162.9107	Cuneta
120	191296.7881	8477820.4380	3143.8249	Zona de cabecera del talud
121	191318.3697	8477734.7760	3167.3514	Cuneta
122	191291.9449	8477825.6730	3143.7389	Zona de cabecera del talud
123	191313.1044	8477753.8630	3162.4929	Cuneta
124	191314.3144	8477754.4490	3162.6601	Cuneta
125	191284.2683	8477826.3950	3142.1816	Zona de cabecera del talud
126	191303.6038	8477774.4650	3158.7338	Zona de cabecera del talud
127	191301.5922	8477769.2290	3158.5120	Zona de cabecera del talud
128	191287.7315	8477818.0750	3143.9244	Zona de cabecera del talud

Fuente: Elaboración propia



Tabla 45: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 129-160

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"	

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

DATOS GENERALES			
Realizado por:	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Fecha:	14/10/2022
	Roger Cahuana Surquislla	Página:	05
Sistema de Coordenadas:	WGS 1984 UTM	Zona:	19 S

Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
129	191299.8325	8477767.4410	3158.0741	Zona de cabecera del talud
130	191287.6989	8477818.0090	3143.9230	Zona de cabecera del talud
131	191301.4935	8477756.9640	3158.6521	Zona de cabecera del talud
132	191278.7079	8477816.4290	3143.4111	Zona de cabecera del talud
133	191306.0544	8477744.7190	3161.0127	Zona de cabecera del talud
134	191282.0208	8477810.0430	3143.4795	Zona de cabecera del talud
135	191308.8446	8477739.4040	3162.5727	Zona de cabecera del talud
136	191284.6928	8477819.1010	3143.5927	Calicata
137	191312.7626	8477733.5460	3165.9881	Zona de cabecera del talud
138	191317.2643	8477725.6700	3169.6273	Zona de cabecera del talud
139	191319.0678	8477721.5230	3170.6024	Zona de cabecera del talud
140	191319.2529	8477715.9500	3169.7632	Zona de cabecera del talud
141	191318.2625	8477708.9880	3166.8626	Zona de cabecera del talud
142	191319.5843	8477697.5990	3164.5306	Zona de cabecera del talud
143	191320.0108	8477694.5600	3162.8001	Zona de cabecera del talud
144	191296.8674	8477820.2250	3143.8488	Zona de cabecera del talud
145	191323.2902	8477685.6160	3157.2071	Zona de cabecera del talud
146	191312.2067	8477688.5510	3152.3226	Zona de cabecera del talud
147	191309.5889	8477688.5630	3152.4181	Zona de cabecera del talud
148	191309.0485	8477693.1070	3151.9317	Zona de cabecera del talud
149	191305.5100	8477692.6760	3151.9990	Zona de cabecera del talud
150	191304.9281	8477700.0480	3151.4818	Zona de cabecera del talud
151	191300.5791	8477703.6570	3151.3279	Zona de cabecera del talud
152	191299.7794	8477718.1160	3150.5976	Zona de cabecera del talud
153	191297.0885	8477719.7380	3150.3304	Zona de cabecera del talud
154	191295.6533	8477732.7710	3149.9949	Zona de cabecera del talud
155	191294.4602	8477743.8720	3148.9954	Zona de cabecera del talud
156	191291.0812	8477745.4950	3148.6627	Zona de cabecera del talud
157	191292.3512	8477755.0420	3148.5269	Zona de cabecera del talud
158	191289.3676	8477755.2150	3148.3889	Zona de cabecera del talud
159	191289.7566	8477763.2690	3148.3118	Zona de cabecera del talud
160	191278.4064	8477775.1150	3146.4788	Zona de cabecera del talud

Fuente: Elaboración propia



Tabla 46: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 161-192

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"		
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO				
DATOS GENERALES				
Realizado por:	Antonio Daniel Alpaca Ninan		Fecha:	14/10/2022
	Roger Cahuana Surquislla		Pagina:	06
Sistema de Coordenadas:	WGS 1984 UTM		Zona:	19 S
Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
161	191278.3023	8477767.1910	3142.7690	Zona de cabecera del talud
162	191273.2336	8477771.3540	3142.4072	Zona de cabecera del talud
163	191268.4489	8477774.0150	3140.2687	Zona de cabecera del talud
164	191270.6626	8477768.3620	3140.0255	Zona de cabecera del talud
165	191272.2955	8477760.5640	3138.9412	Zona de cabecera del talud
166	191275.7536	8477754.9410	3138.5391	Zona de cabecera del talud
167	191280.6844	8477758.9490	3142.4481	Zona de cabecera del talud
168	191288.9218	8477771.3360	3147.5433	Zona de cabecera del talud
169	191285.7050	8477773.7580	3147.2925	Zona de cabecera del talud
170	191284.0240	8477778.0540	3146.3843	Zona de cabecera del talud
171	191283.2515	8477782.1820	3147.1594	Zona de cabecera del talud
172	191278.7289	8477784.4540	3146.6066	Zona de cabecera del talud
173	191275.0102	8477784.5030	3143.6524	Flanco derecho del talud
174	191272.4899	8477786.4630	3141.8580	Flanco derecho del talud
175	191271.5763	8477791.4910	3141.6954	Flanco derecho del talud
176	191269.3063	8477796.7270	3140.7183	Flanco derecho del talud
177	191276.7166	8477795.3870	3144.7245	Flanco derecho del talud
178	191283.7964	8477795.5680	3146.5221	Flanco derecho del talud
179	191285.4362	8477787.5100	3147.3283	Flanco derecho del talud
180	191292.9560	8477796.6160	3149.6741	Flanco derecho del talud
181	191296.0812	8477795.2520	3152.1244	Flanco derecho del talud
182	191295.8019	8477792.3620	3151.8393	Flanco derecho del talud
183	191321.5028	8477815.0010	3161.1417	Flanco derecho del talud
184	191323.7896	8477812.7960	3161.6481	Flanco derecho del talud
185	191327.4527	8477810.3200	3161.8629	Flanco derecho del talud
186	191335.6928	8477807.3610	3163.0888	Flanco derecho del talud
187	191337.6800	8477803.0280	3162.5283	Flanco derecho del talud
188	191333.2063	8477799.1620	3160.9133	Flanco derecho del talud
189	191326.5685	8477793.9600	3159.3757	Flanco derecho del talud
190	191324.9423	8477790.7560	3161.1613	Flanco derecho del talud
191	191329.9531	8477793.2800	3162.3494	Flanco derecho del talud
192	191331.7583	8477795.0380	3162.2370	Flanco derecho del talud

Fuente: Elaboración propia





Tabla 47: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 193-224

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"		
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO				
DATOS GENERALES				
Realizado por:	Antonio Daniel Alpaca Ninan		Fecha:	14/10/2022
	Roger Cahuana Surquislla		Pagina:	07
Sistema de Coordenadas:	WGS 1984 UTM		Zona:	19 S
Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
193	191321.3965	8477791.0950	3158.9847	Flanco derecho del talud
194	191318.3291	8477791.0270	3156.6223	Flanco derecho del talud
195	191311.0795	8477786.6690	3153.3608	Flanco derecho del talud
196	191306.3622	8477783.9100	3152.7314	Flanco derecho del talud
197	191310.9788	8477781.8860	3155.9941	Flanco derecho del talud
198	191309.6278	8477783.7130	3154.8126	Flanco derecho del talud
199	191302.9565	8477778.3840	3152.9183	Flanco derecho del talud
200	191299.4896	8477779.0830	3150.7232	Flanco derecho del talud
201	191296.7389	8477781.3620	3149.9371	Flanco derecho del talud
202	191302.5462	8477789.8130	3148.8152	Flanco derecho del talud
203	191299.2915	8477789.6360	3148.4747	Flanco derecho del talud
204	191294.9523	8477789.4250	3149.8524	Flanco derecho del talud
205	191291.5510	8477786.5230	3148.7168	Flanco derecho del talud
206	191311.1971	8477794.8940	3151.9320	Flanco derecho del talud
207	191306.9203	8477799.7000	3152.5121	Flanco derecho del talud
208	191306.8839	8477799.7060	3152.5027	Calicata
209	191312.2147	8477801.5690	3152.5962	Masa deslizando del talud
210	191314.5985	8477799.1220	3153.6219	Masa deslizando del talud
211	191317.2589	8477801.8370	3155.4739	Masa deslizando del talud
212	191322.5303	8477804.5230	3157.5258	Masa deslizando del talud
213	191325.9532	8477801.9800	3158.9666	Masa deslizando del talud
214	191330.9883	8477804.4500	3161.1475	Masa deslizando del talud
215	191330.4690	8477799.8490	3160.3447	Masa deslizando del talud
216	191320.6271	8477812.6710	3159.8466	Masa deslizando del talud
217	191316.6673	8477811.4960	3157.4786	Masa deslizando del talud
218	191314.5764	8477811.0840	3155.9477	Masa deslizando del talud
219	191310.0625	8477812.6080	3153.5661	Masa deslizando del talud
220	191305.6183	8477813.8020	3149.0774	Masa deslizando del talud
221	191301.2017	8477811.7660	3148.1870	Masa deslizando del talud
222	191299.9501	8477817.6010	3146.2450	Masa deslizando del talud
223	191295.8966	8477818.7530	3143.9030	Masa deslizando del talud
224	191302.0753	8477822.7310	3147.3671	Masa deslizando del talud

Fuente: Elaboración propia




Tabla 48: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 225-256

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"		
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO				
DATOS GENERALES				
Realizado por:	Antonio Daniel Alpaca Ninan		Fecha:	14/10/2022
	Roger Cahuana Surquislla		Pagina:	08
Sistema de Coordenadas:	WGS 1984 UTM		Zona:	19 S
Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
225	191305.5721	8477824.4580	3149.3390	Flanco derecho del talud
226	191308.1721	8477828.0410	3151.3066	Flanco derecho del talud
227	191296.7121	8477835.5910	3149.3114	Flanco derecho del talud
228	191325.2757	8477812.1210	3162.0804	Flanco derecho del talud
229	191302.5108	8477832.7670	3150.2384	Flanco derecho del talud
230	191300.6984	8477830.4110	3147.9483	Flanco derecho del talud
231	191308.1522	8477832.5910	3152.0977	Flanco derecho del talud
232	191310.8701	8477829.3330	3153.3441	Flanco derecho del talud
233	191314.2713	8477828.9310	3156.2208	Flanco derecho del talud
234	191316.8523	8477827.1380	3157.2566	Flanco derecho del talud
235	191318.4331	8477829.8200	3159.2170	Flanco derecho del talud
236	191317.5610	8477833.0900	3160.1210	Flanco derecho del talud
237	191324.2474	8477831.7040	3163.1145	Flanco derecho del talud
238	191327.5145	8477829.4310	3164.0978	Flanco derecho del talud
239	191319.7612	8477718.0370	3170.2850	Flanco derecho del talud
240	191330.2551	8477827.8770	3165.3123	Flanco derecho del talud
241	191326.3008	8477827.3280	3163.1312	Flanco derecho del talud
242	191327.9596	8477824.9180	3162.4937	Flanco derecho del talud
243	191327.4092	8477821.4560	3163.5447	Flanco derecho del talud
244	191338.8051	8477818.0540	3167.8884	Calicata
245	191333.3569	8477829.2710	3168.5980	Calicata
246	191358.8744	8477827.0140	3182.5904	Carretera
247	191331.0663	8477828.5730	3167.5427	Flanco derecho del talud
248	191361.3493	8477818.8930	3181.7261	Carretera
249	191331.0531	8477828.6390	3167.5588	Flanco derecho del talud
250	191364.3734	8477804.7180	3180.4604	Carretera
251	191339.1704	8477822.0010	3169.6015	Flanco derecho del talud
252	191370.2506	8477789.8440	3179.2702	Carretera
253	191361.3819	8477775.0810	3178.3445	Carretera
254	191346.5616	8477816.7720	3172.0546	Flanco derecho del talud
255	191346.8789	8477800.9990	3168.1665	Flanco derecho del talud
256	191362.7910	8477773.4850	3177.4948	Carretera

Fuente: Elaboración propia





Tabla 49: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 257-288

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"		
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO				
DATOS GENERALES				
Realizado por:	Antonio Daniel Alpaca Ninan		Fecha:	14/10/2022
	Roger Cahuana Surquislla		Pagina:	09
Sistema de Coordenadas:	WGS 1984 UTM		Zona:	19 S
Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
257	191349.0667	8477780.9900	3169.2088	Flanco derecho del talud
258	191347.5825	8477759.4370	3176.4537	Carretera
259	191344.9177	8477777.7950	3168.0443	Flanco derecho del talud
260	191344.9697	8477754.7140	3175.2996	Carretera
261	191337.6087	8477771.5660	3166.7820	Flanco derecho del talud
262	191334.6098	8477742.4850	3173.7116	Carretera
263	191335.2519	8477763.9920	3167.3151	Flanco derecho del talud
264	191328.6188	8477732.9940	3172.9057	Carretera
265	191332.2668	8477730.5240	3172.6993	Ancho de carretera
266	191335.0050	8477729.7850	3172.4401	Borde de carretera
267	191330.3008	8477752.6620	3167.8709	Flanco derecho del talud
268	191328.6153	8477716.6120	3171.7865	Carretera
269	191328.0208	8477743.2720	3169.6880	Flanco derecho del talud
270	191323.9691	8477721.0470	3171.8704	Flanco derecho del talud
271	191326.7993	8477736.8440	3170.7624	Flanco derecho del talud
272	191321.6031	8477728.2880	3170.7429	Flanco derecho del talud
273	191322.1629	8477738.1210	3169.1446	Flanco derecho del talud
274	191331.7901	8477729.5840	3172.6256	Eje de carretera
275	191318.8590	8477750.3040	3163.6172	Flanco derecho del talud
276	191319.1917	8477730.5820	3169.3507	Flanco derecho del talud
277	191312.1731	8477751.2350	3162.6326	Flanco derecho del talud
278	191331.0010	8477783.4650	3164.4470	Flanco derecho del talud
279	191319.9175	8477771.0770	3162.7838	Flanco derecho del talud
280	191353.7765	8477830.4300	3182.1281	Carretera
281	191358.1951	8477833.3460	3182.8909	Carretera
282	191345.1387	8477851.4040	3184.8058	Carretera
283	191341.6616	8477855.5040	3186.4806	Carretera
284	191336.4103	8477860.2270	3186.4899	Carretera
285	191332.4517	8477860.3940	3185.6307	Carretera
286	191330.8329	8477863.8660	3185.9196	Carretera
287	191333.6453	8477865.6020	3187.1128	Carretera
288	191318.2739	8477886.5510	3187.8565	Carretera

Fuente: Elaboración propia



Tabla 50: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 289-320

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"		
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO				
DATOS GENERALES				
Realizado por:	Antonio Daniel Alpaca Ninan		Fecha:	14/10/2022
	Roger Cahuana Surquislla		Pagina:	10
Sistema de Coordenadas:	WGS 1984 UTM		Zona:	19 S
Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
289	191311.9180	8477894.4560	3188.5980	Carretera
290	191304.6876	8477910.8620	3189.6138	Carretera
291	191289.5644	8477923.3400	3184.5241	Pie de talud
292	191269.0690	8477938.7290	3183.2581	Pie de talud
293	191271.9220	8477949.2970	3186.8126	Pie de talud
294	191273.1637	8477956.9540	3191.7052	Pie de talud
295	191266.0905	8477965.5070	3192.0836	Pie de talud
296	191257.3021	8477971.7400	3193.2366	Pie de talud
297	191257.9105	8477975.2100	3194.2069	Pie de talud
298	191259.3694	8477929.3650	3180.3782	Pie de talud
299	191257.2935	8477919.6410	3176.7922	Pie de talud
300	191254.7050	8477909.4620	3170.9169	Pie de talud
301	191244.9286	8477913.1120	3170.2962	Pie de talud
302	191240.1650	8477905.7000	3164.1206	Pie de talud
303	191231.7069	8477912.4830	3164.7224	Pie de talud
304	191352.6477	8477754.3390	3175.3800	Carretera
305	191360.1141	8477763.2130	3176.6400	Carretera
306	191369.1605	8477774.6304	3178.5300	Carretera
307	191377.4578	8477790.3804	3179.3100	Carretera
308	191371.6136	8477805.1707	3180.5200	Carretera
309	191367.8827	8477821.1240	3181.8100	Carretera
310	191365.6653	8477828.4001	3182.6500	Carretera
311	191364.5465	8477836.3379	3182.9700	Carretera
312	191351.1410	8477854.8787	3184.8800	Carretera
313	191347.1015	8477859.7576	3186.5100	Carretera
314	191339.8835	8477864.2603	3185.6900	Carretera
315	191336.6036	8477867.6884	3185.9600	Carretera
316	191324.5068	8477889.5385	3187.8900	Carretera
317	191318.2420	8477897.6023	3188.6700	Carretera
318	191311.1631	8477913.2782	3189.6300	Carretera
319	191279.7323	8477959.5724	3191.6900	Carretera
320	191271.8360	8477969.3865	3192.0500	Carretera

Fuente: Elaboración propia



Tabla 51: Formato N° 02 toma de datos para Levantamiento Topográfico, puntos 321-332

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"		
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO				
DATOS GENERALES				
Realizado por:		Antonio Daniel Alpaca Ninan	Fecha:	14/10/2022
		Roger Cahuana Surquislla	Página:	11
Sistema de Coordenadas:		WGS 1984 UTM	Zona:	19 S
Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
321	191263.9169	8477978.7904	3194.2400	Carretera
322	191208.4349	8477864.2734	3122.7900	Carretera
323	191229.0544	8477863.0066	3124.3500	Carretera
324	191240.0165	8477860.4572	3126.5100	Carretera
325	191246.1143	8477849.8577	3127.6200	Carretera
326	191247.3197	8477836.6751	3128.4100	Carretera
327	191249.0426	8477826.6780	3129.6300	Carretera
328	191249.7338	8477821.5748	3130.4100	Carretera
329	191252.1334	8477806.0162	3132.3900	Carretera
330	191256.0732	8477783.8344	3134.0000	Carretera
331	191263.4492	8477760.8092	3134.6700	Carretera
332	191272.2046	8477740.8027	3134.8200	Carretera

Fuente: Elaboración propia



3.5.3 Sondaje eléctrico Vertical (SEV)

a) Equipos utilizados en la prueba

- 01 resistivimetro de tierra PASI MODELO GL-N
- 04 carretes de cable
- Wincha de 100m
- Electrodo de acero inoxidable
- Combas
- GPS
- Cuaderno de apuntes
- Multitester
- Celulares con cámara

b) Procedimiento

1. Se seleccionó los sectores en donde se realizaría la prueba, considerando la topografía del talud identificando los elementos del talud, las características del talud, el plano de falla y las recomendaciones del técnico operador, así como de nuestro asesor, para la obtención de mejores resultados.

Figura 38: Selección de los sectores donde se realizó la prueba



Fuente: Elaboración propia



2. Seguidamente se procedió a fijar en el terreno el punto elegido como centro del SEV, se determina el rumbo del dispositivo y se extendió las cintas métricas en esa dirección; se ubica los dos primeros electrodos (electrodos de lectura) a 1 metro a cada lado del origen del SEV, y se colocan los otros dos electrodos (electrodos de inyección) a 2 metros a cada lado del origen del SEV, se incrementa esta última distancia progresivamente, hasta abarcar el área de interés.

Figura 39: Fijación en el terreno el punto elegido como centro del SEV



Fuente: Elaboración propia

Figura 40: Colocación de los electrodos y conexión de los cables



Fuente: Elaboración propia



3. Terminada la disposición de los electrodos, estos como puntos A y B, el operador procede a realizar la inyección de corriente y la medida, tomando nota en la hoja de campo.

Figura 41: *Inyección de corriente y lectura de la medida*



Fuente: Elaboración propia

4. Seguidamente se desplazaron los electrodos A y B a las posiciones correspondientes a la segunda estación y se hizo la medida. Se prosiguió así en las estaciones subsiguientes, hasta alcanzar la máxima distancia posible, comprobando siempre la calidad de los resultados obtenidos.

Figura 42: *Cambio de estación en el pie del talud*



Fuente: Elaboración propia



Figura 43: *Lectura y toma de los datos de la prueba*





Fuente: Elaboración propia



c) Toma de datos


Tabla 52: Formato N° 03 toma de datos Valores de Resistividades Aparentes de SEV-01

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTUR. ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVI  Universidad Andina del Cusco			
TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"			
Sondaje Eléctrico Vertical			
Datos Generales			
Relizado por:	Roger Cahuana Surquislla	N° Ensayo:	SEV - 01
	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Fecha:	10/10/2022
Ubicación	Paruro - Paruro - Cusco		
Datos del Ensayo			
N	AB/2	MN/2	RESISTIVIDAD
1	1.00	0.50	65.16
2	2.00	0.50	71.26
3	3.00	0.50	85.15
4	4.00	0.50	92.26
5	5.00	1.00	102.36
6	6.00	1.00	141.58
7	7.00	1.00	121.10
8	8.00	1.00	65.11
9	9.00	1.00	78.21
10	10.00	1.00	100.26
11	15.00	2.00	121.28
12	16.00	2.00	115.44
13	17.00	2.00	185.72
14	18.00	2.00	244.26
15	20.00	2.00	362.39
16	21.00	2.00	936.80
17	22.00	2.00	925.26

Fuente: Elaboración propia



Tabla 53: Formato N° 03 toma de datos Valores de Resistividades Aparentes de SEV-02

		<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTUR. ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVI</p>			
<p>TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"</p>					
<p>Sondaje Eléctrico Vertical</p>					
<p>Datos Generales</p>					
Relizado por:	Roger Cahuana Surquisilla			N° Ensayo:	SEV - 02
	Antonio Daniel Alpaca Ninan			Fecha:	10/10/2022
Ubicación:	Paruro - Paruro - Cusco				
<p>Datos del Ensayo</p>					
N	AB/2	MN/2	RESISTIVIDAD		
1	1.00	0.50	152.36		
2	2.00	0.50	141.74		
3	3.00	0.50	125.84		
4	4.00	0.50	81.11		
5	5.00	0.50	65.12		
6	8.00	1.00	85.15		
7	10.00	1.00	96.45		
8	12.00	1.00	105.36		
9	15.00	1.00	144.25		
10	18.00	2.00	165.23		
11	20.00	2.00	187.27		
12	21.00	2.00	211.25		
13	22.00	2.00	254.29		
14	23.00	2.00	351.27		
15	24.00	2.00	412.58		
16	25.00	2.00	965.45		
17	26.00	2.00	1542.56		

Fuente: Elaboración propia



Tabla 54: Formato N° 03 toma de datos Valores de Resistividades Aparentes de SEV-03

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTUR. ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVI		
		TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"		
Sondaje Eléctrico Vertical				
Datos Generales				
Relizado por:	Roger Cahuana Surquislla		N° Ensayo:	SEV - 03
	Antonio Daniel Alpaca Ninan		Fecha:	10/10/2022
Ubicación:	Paruro - Paruro - Cusco			
Datos del Ensayo				
N	AB/2	MN/2	RESISTIVIDAD	
1	1.00	0.50	196.36	
2	3.00	0.50	251.14	
3	5.00	0.50	177.17	
4	7.00	0.50	96.14	
5	10.00	1.00	121.36	
6	11.00	1.00	136.45	
7	12.00	1.00	156.32	
8	13.00	1.00	185.45	
9	14.00	1.00	196.74	
10	15.00	1.00	245.36	
11	18.00	1.50	856.74	
12	19.00	1.50	1452.36	
13	20.00	1.50	2415.49	

Fuente: Elaboración propia



3.5.4 Análisis Granulométrico por Tamizado

a) Equipos utilizados en la prueba

- Juego de tamices bajo norma MTC E 107 y ASTM D 422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils.
- Horno de secado
- Balanza digital
- Cepillos y brochas
- Tara y recipientes
- Muestra representativa

b) Procedimiento

1. Recolección y cuarteo de la muestra que consiste en mezclar la muestra para obtener una muestra uniforme luego dividir la muestra en cuatro partes y tomar 2 de ellas reduciendo la muestra hasta el peso requerido y luego realizar el pesado.

Figura 44: Muestras representativas extraídas de las calicatas



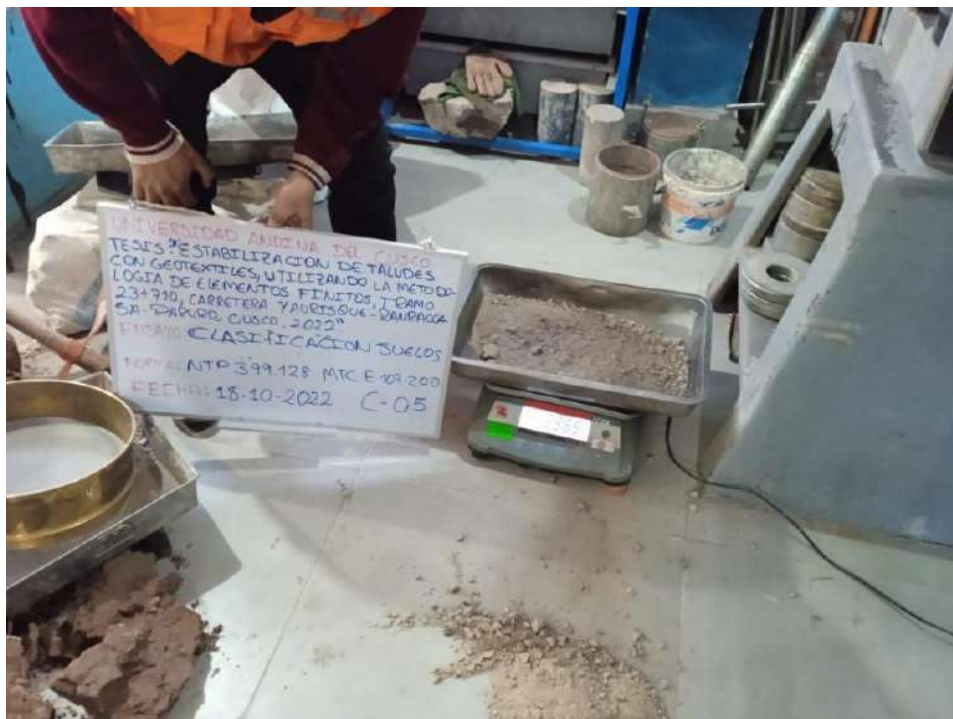
Fuente: Elaboración propia

Figura 45: Cuarteo de muestra



Fuente: Elaboración propia

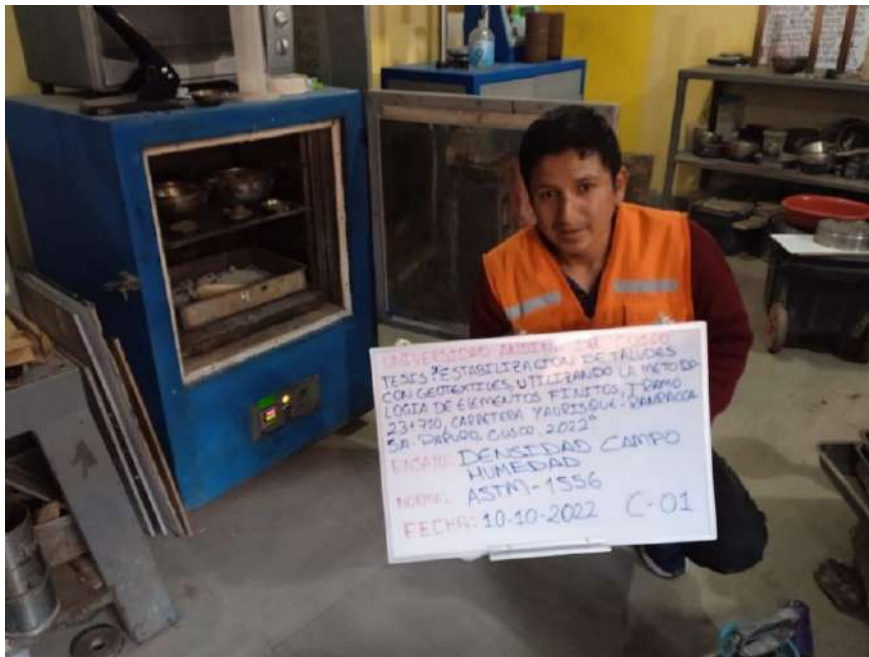
Figura 46: Pesado de la muestra seleccionada



Fuente: Elaboración propia

2. Obtenida la muestra se llevó al horno por 24 horas

Figura 47: *Proceso de secado en el horno*



Fuente: Elaboración propia

3. Culminado el proceso de secado se procedió a lavar la muestra haciendo uso de la malla N° 200, bandejas y agua para luego ser llevada al horno. Luego se enfría la muestra y se pesa.

Figura 48: *Secado en el horno después del lavado*



Fuente: Elaboración propia



4. La muestra se vertió por la parte superior de la serie de tamices y luego se sacudió por un tiempo de diez a quince minutos o mediante la máquina tamizadora. Se debe tener cuidado de no perder material durante el zarandeo.

Figura 49: Tamizado de la muestra



Fuente: Elaboración propia

5. Luego de realizar el tamizado se procedió a pesar el material retenido en cada malla 4", 2", 1", 3/8", N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100, N° 200.

Figura 50: Material retenido en cada malla



Fuente: Elaboración propia



Figura 51: *Pesado del material retenido en cada malla*





Fuente: Elaboración propia



c) Toma de datos



Tabla 55: Formato N° 04 para toma de datos Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado Calicata 01, C-01.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO					
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422 y AASHTO T 88					
DATOS GENERALES					
Realizado por:		Roger Cahuana Surquislla			
		Antonio Daniel Alpaca Ninan			
Ubicación:		Paruro - Paruro - Cusco			
Calicata:	Calicata 01	Peso Inicial=	850.00	gr	
Fecha:	10/12/2022	% de Perdidas=	0.90%		
Codigo:	C-01	Peso Final=	842.43	gr	
		% Max de Perdida=	2.00%		
DATOS ESPECÍFICOS					
	Tamiz		Peso Retenido(gr)	(% Retenido	(% que Pasante
	Malla	Tamaño(mm)			
	4"	76.200	0		
	2"	50.800	0		
	1"	25.400	0		
	3/8"	9.525	0		
	N° 4	4.760	0		
	N° 10	2.000	0		
	N° 20	0.840	0		
	N° 40	0.425	0		
	N° 60	0.260	45.8		
	N° 100	0.150	66.52		
	N° 200	0.075	141.46		
	bandeja	0.000	588.65		
			842.43	0.00%	

Fuente: Elaboración propia





Tabla 56: Formato N° 04 para toma de datos Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado Calicata 02, C-02.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO					
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422 y AASHTO T 88					
DATOS GENERALES					
Realizado por:		Roger Cahuana Surquislla Antonio Daniel Alpaca Ninan			
Ubicación:		Paruro - Paruro - Cusco			
Calicata:	Calicata 02	Peso Inicial=	850.00	gr	
Fecha:	12/10/2022	% de Perdidas=	1.33%		
Codigo:	C-02	Peso Final=	838.87	gr	
		% Max de Perdida=	2.00%		
DATOS ESPECÍFICOS					
	Tamiz		Peso Retenido(gr)	(%) Retenido	(%) que Pasante
	Malla	Tamaño(mm)			
	4"	76.200	0		
	2"	50.800	0		
	1"	25.400	0		
	3/8"	9.525	0		
	N° 4	4.760	0		
	N° 10	2.000	0		
	N° 20	0.840	32.26		
	N° 40	0.425	45.22		
	N° 60	0.260	85.21		
	N° 100	0.150	102.66		
	N° 200	0.075	132.26		
	bandeja	0.000	441.26		
			838.87		

Fuente: Elaboración propia





Tabla 57: Formato N° 04 para toma de datos Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado Calicata 03, C-03.

 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> 																																																																									
<p>TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"</p>																																																																									
<p>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422 y AASHTO T 88</p>																																																																									
<p>DATOS GENERALES</p>																																																																									
Realizado por:	Roger Cahuana Surquislla Antonio Daniel Alpaca Ninan																																																																								
Ubicación:	Paruro - Paruro - Cusco																																																																								
Calicata:	<u>Calicata 03</u>																																																																								
Fecha:	<u>13/10/2022</u>																																																																								
Código:	<u>C-03</u>																																																																								
	Peso Inicial= <u>850.00</u> gr																																																																								
	% de Perdidas= <u>1.04%</u>																																																																								
	Peso Final= <u>841.27</u> gr																																																																								
	% Max de Perdida= <u>2.00%</u>																																																																								
<p>DATOS ESPECÍFICOS</p>																																																																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tamiz</th> <th rowspan="2">Peso Retenido(gr)</th> <th rowspan="2">(%) Retenido</th> <th rowspan="2">(%) que Pasante</th> </tr> <tr> <th>Malla</th> <th>Tamaño(mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4"</td> <td>76.200</td> <td>0.00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2"</td> <td>50.800</td> <td>0.00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>25.400</td> <td>0.00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.525</td> <td>0.00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N° 4</td> <td>4.760</td> <td>0.00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N° 10</td> <td>2.000</td> <td>0.00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N° 20</td> <td>0.840</td> <td>0.00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N° 40</td> <td>0.425</td> <td>0.00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N° 60</td> <td>0.260</td> <td>65.33</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N° 100</td> <td>0.150</td> <td>143.31</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N° 200</td> <td>0.075</td> <td>156.8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>bandeja</td> <td>0.000</td> <td>475.83</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>841.27</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Tamiz		Peso Retenido(gr)	(%) Retenido	(%) que Pasante	Malla	Tamaño(mm)	4"	76.200	0.00			2"	50.800	0.00			1"	25.400	0.00			3/8"	9.525	0.00			N° 4	4.760	0.00			N° 10	2.000	0.00			N° 20	0.840	0.00			N° 40	0.425	0.00			N° 60	0.260	65.33			N° 100	0.150	143.31			N° 200	0.075	156.8			bandeja	0.000	475.83					841.27		
Tamiz		Peso Retenido(gr)	(%) Retenido				(%) que Pasante																																																																		
Malla	Tamaño(mm)																																																																								
4"	76.200	0.00																																																																							
2"	50.800	0.00																																																																							
1"	25.400	0.00																																																																							
3/8"	9.525	0.00																																																																							
N° 4	4.760	0.00																																																																							
N° 10	2.000	0.00																																																																							
N° 20	0.840	0.00																																																																							
N° 40	0.425	0.00																																																																							
N° 60	0.260	65.33																																																																							
N° 100	0.150	143.31																																																																							
N° 200	0.075	156.8																																																																							
bandeja	0.000	475.83																																																																							
		841.27																																																																							

Fuente: Elaboración propia





Tabla 58: Formato N° 04 para toma de datos Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado Calicata 04, C-04.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO					
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422 y AASHTO T 88					
DATOS GENERALES					
Realizado por:	Roger Cahuana Surquislla Antonio Daniel Alpaca Ninan				
Ubicación:	Paruro - Paruro - Cusco				
Calicata:	Calicata 04	Peso Inicial=	850.00	gr	
Fecha:	13/10/2022	% de Perdidas=	1.04%		
Codigo:	C-04	Peso Final=	841.27	gr	
		% Max de Perdida=	2.00%		
DATOS ESPECÍFICOS					
	Tamiz		Peso Retenido(gr)	(%) Retenido	(%) que Pasante
	Malla	Tamaño(mm)			
	4"	76.200	0.00		
	2"	50.800	0.00		
	1"	25.400	0.00		
	3/8"	9.525	0.00		
	N° 4	4.760	0.00		
	N° 10	2.000	0.00		
	N° 20	0.840	0.00		
	N° 40	0.425	0.00		
	N° 60	0.260	65.33		
	N° 100	0.150	143.31		
	N° 200	0.075	156.8		
	bandeja	0.000	475.83		
			841.27		

Fuente: Elaboración propia





Tabla 59: Formato N° 04 para toma de datos Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado Calicata 05, C-05

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO					
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422 y AASHTO T 88					
DATOS GENERALES					
Realizado por:		Roger Cahuana Surquislla Antonio Daniel Alpaca Ninan			
Ubicación:		Paruro - Paruro - Cusco			
Calicata:	Calicata 05	Peso Inicial=	1020.00	gr	
Fecha:	14/10/2022	% de Perdidas=	0.55%		
Codigo:	C-05	Peso Final=	1014.47	gr	
		% Max de Perdida=	2.00%		
DATOS ESPECÍFICOS					
	Tamiz		Peso Retenido(gr)	(%) Retenido	(%) que Pasante
	Malla	Tamaño(mm)			
	4"	76.200	0.00		
	2"	50.800	0.00		
	1"	25.400	0.00		
	3/8"	9.525	0.00		
	N° 4	4.760	0.00		
	N° 10	2.000	25.28		
	N° 20	0.840	36.50		
	N° 40	0.425	54.70		
	N° 60	0.260	74.41		
	N° 100	0.150	121.65		
	N° 200	0.075	187.00		
	bandeja	0.000	514.93		
			1014.47		

Fuente: Elaboración propia



Tabla 60: Formato N° 04 para toma de datos Ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado Calicata 06, C-06

 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> 																																																																									
<p>TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"</p>																																																																									
<p>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422 y AASHTO T 88</p>																																																																									
<p>DATOS GENERALES</p>																																																																									
Realizado por:	Roger Cahuana Surquislla Antonio Daniel Alpaca Ninan																																																																								
Ubicación:	Paruro - Paruro - Cusco																																																																								
Calicata:	<u>Calicata 06</u>																																																																								
Fecha:	<u>14/10/2022</u>																																																																								
Codigo:	<u>C-06</u>																																																																								
	Peso Inicial= <u>850.00</u> gr																																																																								
	% de Perdidas= <u>19.00%</u>																																																																								
	Peso Final= <u>714.31</u> gr																																																																								
	% Max de Perdida= <u>2.00%</u>																																																																								
<p>DATOS ESPECÍFICOS</p>																																																																									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tamiz</th> <th rowspan="2">Peso Retenido(gr)</th> <th rowspan="2">(%) Retenido</th> <th rowspan="2">(%) que Pasante</th> </tr> <tr> <th>Malla</th> <th>Tamaño(mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4"</td><td>76.200</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.800</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.400</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.525</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 4</td><td>4.760</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 10</td><td>2.000</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 20</td><td>0.840</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 40</td><td>0.425</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 60</td><td>0.260</td><td>32.62</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 100</td><td>0.150</td><td>97.88</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 200</td><td>0.075</td><td>106.70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bandeja</td><td>0.000</td><td>477.11</td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="2"></td><td>714.31</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Tamiz		Peso Retenido(gr)	(%) Retenido	(%) que Pasante	Malla	Tamaño(mm)	4"	76.200	0.00			2"	50.800	0.00			1"	25.400	0.00			3/8"	9.525	0.00			N° 4	4.760	0.00			N° 10	2.000	0.00			N° 20	0.840	0.00			N° 40	0.425	0.00			N° 60	0.260	32.62			N° 100	0.150	97.88			N° 200	0.075	106.70			bandeja	0.000	477.11					714.31		
Tamiz		Peso Retenido(gr)	(%) Retenido				(%) que Pasante																																																																		
Malla	Tamaño(mm)																																																																								
4"	76.200	0.00																																																																							
2"	50.800	0.00																																																																							
1"	25.400	0.00																																																																							
3/8"	9.525	0.00																																																																							
N° 4	4.760	0.00																																																																							
N° 10	2.000	0.00																																																																							
N° 20	0.840	0.00																																																																							
N° 40	0.425	0.00																																																																							
N° 60	0.260	32.62																																																																							
N° 100	0.150	97.88																																																																							
N° 200	0.075	106.70																																																																							
bandeja	0.000	477.11																																																																							
		714.31																																																																							

Fuente: Elaboración propia



3.5.5 Límites de Consistencia de los Suelos

a) Equipos utilizados en la prueba

- Límite Líquido

- Cuchara de Casagrande
- Taras, espátula, acanalador
- Bandejas para el mezclado
- Balanza aprox. 0.1gr
- Horno eléctrico

- Límite Plástico

- Placa de vidrio
- Taras y recipientes metálicos
- Balanza digital
- Horno eléctrico
- Espátula de acero inoxidable

b) Procedimiento

- Límite Líquido

1. Preparar la muestra seca, disgregándola con el mortero y pasarlo por la malla No. 40 para obtener una muestra representativa de unos 250 gr. aproximadamente.

Figura 52: Preparación de la muestra



Fuente: Elaboración propia

Figura 53: Tamizado por la malla N°40



Fuente: Elaboración propia

2. Colocar el suelo pasante malla No. 40 en una vasija y añadir una pequeña cantidad de agua, dejar que la muestra se humedezca.

Figura 54: Humedecido de la muestra



Fuente: Elaboración propia

3. Mezclar con ayuda de la espátula hasta que el color sea uniforme y conseguir una mezcla homogénea. La consistencia de la pasta debe ser pegajosa.

Figura 55: Mezclado de la muestra



Fuente: Elaboración propia

4. Se coloca una pequeña cantidad de masa húmeda en la parte central de la copa y se nivela la superficie.

Figura 56: Colocación de la mezcla húmeda en la copa



Fuente: Elaboración propia



Figura 57: Nivelación de la masa



Fuente: Elaboración propia

5. Luego se pasa el acanalador por el centro de la copa para cortar en dos la pasta de suelo.

Figura 58: Pasado del encalanador



Fuente: Elaboración propia

6. Poner en movimiento la cazuela con ayuda de la manivela y suministrar los golpes que sean necesarios para cerrar la ranura en 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ ”).



Figura 59: Puesta en movimiento de la cuchara por medio de la manivela



Fuente: Elaboración propia

7. Cuando se cierre la ranura en $\frac{1}{2}$ ", registrar la cantidad de golpes y tomar una muestra de la parte central para la determinación del contenido de humedad.

Figura 60: Toma de muestra para la determinación del contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia

- Límite Plástico

1. Se trabaja con el material preparado para el límite líquido se toma aproximadamente 20gr. Luego se amasa el suelo y se deja que pierda humedad hasta una consistencia a la cuál pueda



enrollarse sin que se pegue a las manos esparciéndolo y mezclándolo continuamente sobre la placa de vidrio.

Figura 61: Amasado de la muestra



Fuente: Elaboración propia

2. El rollito debe ser adelgazado en cada movimiento hasta que su diámetro sea de 3.2 mm (1/8 pulg.).

Figura 62: Moldeado en forma de cilindros



Fuente: Elaboración propia

3. La prueba continúa hasta que el rollito empieza a rajarse y tiende a desmoronarse



Figura 63: *Se continua hasta que se desmorone*



Fuente: Elaboración propia

4. Una vez que se ha producido el límite plástico se debe colocar el rollito en un recipiente de peso conocido y se pesa para determinar el contenido de humedad.

Figura 64: *Colocado de los rollitos en recipientes*



Fuente: Elaboración propia



Figura 65: *Pesaje de la muestra*



Fuente: Elaboración propia

5. Seguidamente se vuelve a repetir la operación tomando otra porción de suelo.

Figura 66: *Amasado de una subsiguiente muestra*



Fuente: Elaboración propia

6. El límite plástico es el promedio de ambas determinaciones.



Figura 67: *Colocación de la muestra en el horno para determinar su contenido de humedad*





Fuente: Elaboración propia



c) Tamo de datos



Tabla 61: Formato N° 05 toma de datos Límites de Consistencia Calicata 01, C-01

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		 Universidad Andina del Cusco	
TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"					
LIMITES DE CONSISTENCIA					
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110, NTP 339.129					
DATOS GENERALES					
HECHO	Roger Cahuana Surquislla		Fecha:	12/10/2022	
POR:	Antonio Daniel Alpaca Ninan		Calicata:	Calicata 01	
Ubicación:	Paruro - Paruro - Cusco		Codigo:	C-01	
			Muestra:	Alterada	
DATOS ESPECÍFICOS					
LIMITE PLASTICO					
N° de lata	1	2	3		
Peso del suelo humedo + lata (gr)	13.12	11.63	13.77		
Peso de suelo seco + lata (gr)	12.12	10.76	12.79		
Peso de la lata (gr)	5.66	4.94	6.11		
Peso del suelo seco (gr)				LP(%)=	
Peso del suelo humedo (gr)				LL(%)=	
Peso de agua (gr)				IP(%)=	
Contenido de humedad(w)					
LIMITE LIQUIDO					
N° de lata	1	2	3	4	
Peso del suelo humedo + lata (gr)	95.78	96.72	104.73	104.76	
Peso de suelo seco + lata (gr)	84.02	83.24	89.02	87.43	
Peso de la lata (gr)	13.88	8.8	12.33	10.01	
Peso del suelo seco (gr)					
Peso del suelo humedo (gr)					
Peso del agua (gr)					
Contenido de humedad (w)					
Numero de golpes	37	31	22	16	
LL aproximado					

Fuente: Elaboración propia



Tabla 62: Formato N° 05 toma de datos Límites de Consistencia Calicata 02, C-02

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"					
LIMITES DE CONSISTENCIA					
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110, NTP 339.129					
DATOS GENERALES					
HECHO	Roger Cahuana Surquislla		Fecha:	12/10/2022	
POR:	Antonio Daniel Alpaca Ninan		Calicata:	Calicata 02	
Ubicación:	Paruro - Paruro - Cusco		Codigo:	C-02	
			Muestra:	Alterada	
DATOS ESPECÍFICOS					
LIMITE PLASTICO					
N° de lata	1	2	3		
Peso del suelo humedo + lata (gr)	11.81	12.46	11.43		
Peso de suelo seco + lata (gr)	10.83	11.47	10.58		
Peso de la lata (gr)	5.23	5.64	6.22		
Peso del suelo seco (gr)				LP(%)=	
Peso del suelo humedo (gr)				LL(%)=	
Peso de agua (gr)				IP(%)=	
Contenido de humedad(w)					
LIMITE LIQUIDO					
N° de lata	1	2	3	4	
Peso del suelo humedo + lata (gr)	102.04	95.18	98.36	100.36	
Peso de suelo seco + lata (gr)	88.07	80.40	82.22	82.48	
Peso de la lata (gr)	13.95	10.25	12.35	10.25	
Peso del suelo seco (gr)					
Peso del suelo humedo (gr)					
Peso del agua (gr)					
Contenido de humedad (w)					
Numero de golpes	37	31	22	16	
LL aproximado					

Fuente: Elaboración propia



Tabla 63: Formato N° 05 toma de datos Límites de Consistencia Calicata 03, C-03

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		 Universidad Andina del Cusco	
TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"					
LIMITES DE CONSISTENCIA					
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110, NTP 339.129					
DATOS GENERALES					
HECHO	Roger Cahuana Surquislla		Fecha:	13/10/2022	
POR:	Antonio Daniel Alpaca Ninan		Calicata:	Calicata 03	
Ubicación:	Paruro - Paruro - Cusco		Codigo:	C-03	
			Muestra:	Alterada	
DATOS ESPECÍFICOS					
LIMITE PLASTICO					
N° de lata	1	2	3		
Peso del suelo humedo + lata (gr)	12.02	10.92	12.45		
Peso de suelo seco + lata (gr)	10.93	10.05	11.41		
Peso de la lata (gr)	5.23	5.64	6.18		
Peso del suelo seco (gr)				LP(%)=	
Peso del suelo humedo (gr)				LL(%)=	
Peso de agua (gr)				IP(%)=	
Contenido de humedad(w)					
LIMITE LIQUIDO					
N° de lata	1	2	3	4	
Peso del suelo humedo + lata (gr)	93.74	90.04	94.42	97.85	
Peso de suelo seco + lata (gr)	80.17	74.71	77.20	77.24	
Peso de la lata (gr)	13.95	10.25	12.35	10.25	
Peso del suelo seco (gr)					
Peso del suelo humedo (gr)					
Peso del agua (gr)					
Contenido de humedad (w)					
Numero de golpes	37	31	21	13	
LL aproximado					

Fuente: Elaboración propia





Tabla 64: Formato N° 05 toma de datos Límites de Consistencia Calicata 04, C-04

	<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>	 Universidad Andina del Cusco							
<p>TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"</p>									
<p>LIMITES DE CONSISTENCIA NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110, NTP 339.129</p>									
<p>DATOS GENERALES</p>									
HECHO	Roger Cahuana Surquislla	Fecha: 13/10/2022							
POR:	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Calicata: Calicata 04							
Ubicación:	Paruro - Paruro - Cusco	Codigo: C-04							
		Muestra: Alterada							
<p>DATOS ESPECÍFICOS</p>									
<p>LIMITE PLASTICO</p>									
N° de lata	1	2	3						
Peso del suelo humedo + lata (gr)	11.69	11.53	12.48						
Peso de suelo seco + lata (gr)	10.58	10.45	11.25						
Peso de la lata (gr)	5.56	5.88	6.17						
Peso del suelo seco (gr)									
Peso del suelo humedo (gr)									
Peso de agua (gr)									
Contenido de humedad(w)									
			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">LP(%)=</td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td>LL(%)=</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IP(%)=</td> <td></td> </tr> </table>	LP(%)=		LL(%)=		IP(%)=	
LP(%)=									
LL(%)=									
IP(%)=									
<p>LIMITE LIQUIDO</p>									
N° de lata	1	2	3	4					
Peso del suelo humedo + lata (gr)	91.42	89.77	94.08	105.33					
Peso de suelo seco + lata (gr)	73.57	70.38	73.27	78.55					
Peso de la lata (gr)	13.55	10.38	12.84	10.46					
Peso del suelo seco (gr)									
Peso del suelo humedo (gr)									
Peso del agua (gr)									
Contenido de humedad (w)									
Numero de golpes	35	30	20	12					
LL aproximado									

Fuente: Elaboración propia




Tabla 65: Formato N° 05 toma de datos Límites de Consistencia Calicata 05, C-05

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		 Universidad Andina del Cusco	
TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"					
LIMITES DE CONSISTENCIA					
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110, NTP 339.129					
DATOS GENERALES					
HECHO	Roger Cahuana Surquislla		Fecha:	14/10/2022	
POR:	Antonio Daniel Alpaca Ninan		Calicata:	Calicata 05	
Ubicación:	Paruro - Paruro - Cusco		Codigo:	C-05	
			Muestra:	Alterada	
DATOS ESPECÍFICOS					
LIMITE PLASTICO					
N° de lata	1	2	3		
Peso del suelo humedo + lata (gr)	12.10	12.27	13.08		
Peso de suelo seco + lata (gr)	10.90	11.11	11.94		
Peso de la lata (gr)	5.32	5.55	6.47		
Peso del suelo seco (gr)					
Peso del suelo humedo (gr)					
Peso de agua (gr)					
Contenido de humedad(w)					
				LP(%)=	
				LL(%)=	
				IP(%)=	
LIMITE LIQUIDO					
N° de lata	1	2	3	4	
Peso del suelo humedo + lata (gr)	92.76	93.29	97.67	93.68	
Peso de suelo seco + lata (gr)	79.10	77.57	79.22	73.83	
Peso de la lata (gr)	13.95	10.25	12.35	10.25	
Peso del suelo seco (gr)					
Peso del suelo humedo (gr)					
Peso del agua (gr)					
Contenido de humedad (w)					
Numero de golpes	36	29	18	11	
LL aproximado					

Fuente: Elaboración propia



Tabla 66: Formato N° 05 toma de datos Límites de Consistencia Calicata 06, C-06

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		 Universidad Andina del Cusco	
TESIS: "ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"					
LIMITES DE CONSISTENCIA NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110, NTP 339.129					
DATOS GENERALES					
HECHO	Roger Cahuana Surquislla			Fecha:	14/10/2022
POR:	Antonio Daniel Alpaca Ninan			Calicata:	Calicata 06
Ubicación:	Paruro - Paruro - Cusco			Codigo:	C-06
				Muestra:	Alterada
DATOS ESPECÍFICOS					
LIMITE PLASTICO					
N° de lata	1	2	3		
Peso del suelo humedo + lata (gr)	11.28	12.15	12.95		
Peso de suelo seco + lata (gr)	10.21	11.01	11.75		
Peso de la lata (gr)	5.27	5.66	6.28		
Peso del suelo seco (gr)					
Peso del suelo humedo (gr)					
Peso de agua (gr)					
Contenido de humedad(w)					
				LP(%)=	
				LL(%)=	
				IP(%)=	
LIMITE LIQUIDO					
N° de lata	1	2	3	4	
Peso del suelo humedo + lata (gr)	98.61	97.60	105.00	104.98	
Peso de suelo seco + lata (gr)	80.41	78.01	83.24	80.47	
Peso de la lata (gr)	13.44	10.08	12.37	10.32	
Peso del suelo seco (gr)					
Peso del suelo humedo (gr)					
Peso del agua (gr)					
Contenido de humedad (w)					
Numero de golpes	37	31	21	13	
LL aproximado					

Fuente: Elaboración propia



3.5.6 Ensayo para Determinar el Contenido Humedad del Suelo

a) Equipos utilizados en la prueba

- Horno de secado (temperatura $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$)
- Balanza digital con una precisión de lectura de 0,1 g
- Recipientes metálicos
- Bolsas plásticas y recipientes herméticos

b) Procedimiento

Se consultó la normativa existente donde se detalle el proceder del ensayo, para tal motivo se realizó el ensayo de acuerdo a las normas NTP 339.127:1998 y la guía MTC E 108, del Manual de ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y comunicaciones.

1. Se inicia con la extracción de la muestra de campo, en este caso de acuerdo a la normativa y al tipo de suelo se requiere una cantidad mínima aproximada de 100g, pero para este proyecto se consideró la muestra de suelo extraída para el ensayo de densidad de campo, que supera notoriamente la cantidad mínima necesaria, para tres ensayos que se realizan.

Figura 68: *Material extraído pesado*



Fuente: Elaboración propia

2. La muestra extraída se pesó en campo, posteriormente se almaceno en un envoltorio plástico y se conservó adecuadamente donde se trasladó hasta el laboratorio lo más pronto posible y se volvió a pesar, se separó en diferentes recipientes para la obtención de la humedad de 3 muestras del suelo.



Figura 69: *Material extraído pesado en Laboratorio*



Fuente: Elaboración propia

3. Todas las muestras se secaron al horno por aproximadamente 24 horas, luego este material se volvió a pesar, así obteniéndose el peso del suelo seco.

Figura 70: *Secado del material en Horno*





Fuente: Elaboración propia

4. Finalmente se realizó los cálculos pertinentes, con el peso inicial del suelo húmedo natural y el peso del mismo material en condiciones secas.

c) Toma de datos





Tabla 67: Toma de datos, ensayo 01

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TESIS:	"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"			
CALCULO DE LA HUMEDAD DEL MATERIAL				
DATOS GENERALES				
Realizado por:	Roger Cahuana Surquislla	Fecha:	17/10/2022	
	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Calicata:	C - 01	
Norma Utilizada:	NTP 339.127:1998 y la guía MTC E 108	Muestra:	Alterada	
Descripcion	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	PROMEDIO
Peso de la Capsula	29.59	29.48	30.26	
Peso Caps. + Material Humedo	125.57	128.69	119.63	
Peso Caps. + Material Seco	120.28	123.25	114.71	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 68: Toma de datos, ensayo 02

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TESIS:	"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"			
CALCULO DE LA HUMEDAD DEL MATERIAL				
DATOS GENERALES				
Realizado por:	Roger Cahuana Surquislla	Fecha:	17/10/2022	
	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Calicata:	C - 02	
Norma Utilizada:	NTP 339.127:1998 y la guía MTC E 108	Muestra:	Alterada	
Descripcion	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	PROMEDIO
Peso de la Capsula	31.06	29.23	29.20	
Peso Caps. + Material Humedo	114.03	126.23	122.65	
Peso Caps. + Material Seco	110.69	122.29	118.96	

Fuente: Elaboración propia





Tabla 69: Toma de datos, ensayo 03

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TESIS:	"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"			
CALCULO DE LA HUMEDAD DEL MATERIAL				
DATOS GENERALES				
Realizado por:	Roger Cahuana Surquislla	Fecha:	17/10/2022	
	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Calicata:	C - 03	
Norma Utilizada:	NTP 339.127:1998 y la guía MTC E 108	Muestra:	Alterada	
Descripcion	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	PROMEDIO
Peso de la Capsula	29.97	29.78	29.49	
Peso Caps. + Material Humedo	117.27	121.71	116.82	
Peso Caps. + Material Seco	113.29	117.70	113.04	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 70: Toma de datos, ensayo 04

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TESIS:	"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"			
CALCULO DE LA HUMEDAD DEL MATERIAL				
DATOS GENERALES				
Realizado por:	Roger Cahuana Surquislla	Fecha:	17/10/2022	
	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Calicata:	C - 04	
Norma Utilizada:	NTP 339.127:1998 y la guía MTC E 108	Muestra:	Alterada	
Descripcion	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	PROMEDIO
Peso de la Capsula	30.78	30.41	29.31	
Peso Caps. + Material Humedo	121.69	127.75	122.91	
Peso Caps. + Material Seco	114.72	120.62	114.97	

Fuente: Elaboración propia





Tabla 71: Toma de datos, ensayo 05

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TESIS:	"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"			
CALCULO DE LA HUMEDAD DEL MATERIAL				
DATOS GENERALES				
Realizado por:	Roger Cahuana Surquislla	Fecha:	17/10/2022	
	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Calicata:	C - 05	
Norma Utilizada:	NTP 339.127:1998 y la guía MTC E 108	Muestra:	Alterada	
Descripcion	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	PROMEDIO
Peso de la Capsula	30.40	30.14	30.68	
Peso Caps. + Material Humedo	126.53	129.81	129.09	
Peso Caps. + Material Seco	121.15	124.09	122.89	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 72: Toma de datos, ensayo 06

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TESIS:	"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"			
CALCULO DE LA HUMEDAD DEL MATERIAL				
DATOS GENERALES				
Realizado por:	Roger Cahuana Surquislla	Fecha:	17/10/2022	
	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Calicata:	C - 06	
Norma Utilizada:	NTP 339.127:1998 y la guía MTC E 108	Muestra:	Alterada	
Descripcion	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	PROMEDIO
Peso de la Capsula	29.95	30.30	30.52	
Peso Caps. + Material Humedo	122.00	118.52	128.99	
Peso Caps. + Material Seco	115.81	112.90	121.83	

Fuente: Elaboración propia



3.5.7 Ensayo de Densidad de Campo Insitu Mediante Cono de Arena

a) Equipos utilizados en la prueba

- Equipo de cono de arena (Contenedor de arena con capacidad de volumen superior al volumen de excavación, embudo metálico con válvula cilíndrica, plato de metal con un orificio central con las medidas del embudo metálico)
- Arena previamente graduada
- Balanza con sensibilidad menor o igual a 5 g.
- Equipo de secado (Horno y contenedores metálicos)
- Equipo diverso (Cuchillo, pico, cincel, espátulas, clavos, cuchara o cucharón, bolsas de plástico, brochas y recipiente)
- Cuaderno de anotes
- Wincha metálica

b) Procedimiento

Para realizar el presente ensayo, se consultó la normativa existente donde se detalle el proceder del ensayo, para tal motivo se realizó el ensayo de acuerdo a las normas NTP 339.143:1999 y la guía MTC E 117, del Manual de ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y comunicaciones.

1. El primer paso es inspeccionar todos los elementos que componen el cono de arena, por si hubiera algún daño, y se procede a llenar el contenedor con toda la arena graduada posible.

Figura 71: Verificación del equipo de cono de Arena



Fuente: Elaboración propia



2. Se prepara la superficie del terreno, en este caso el fondo de las calicatas, asegurándose que la superficie este correctamente nivelada, con ayuda del pico y equipos menores se limpia el área y se coloca el plato metálico para determinar el área donde se realizara el ensayo.
3. Se procede a pesar el cono de la arena, en este caso en embudo con el contenedor con la arena graduada, para determinar el peso inicial de trabajo (P1).

Figura 72: *Pesaje del equipo de cono de arena con la arena graduada (P1)*



Fuente: Elaboración propia

4. Se coloca el plato en la superficie nivelada y se asegura con clavos insertados en el borde, para evitar el movimiento del plato durante el ensayo.

Figura 73: *Colocación del plato base en el fondo de la calicata*



Fuente: Elaboración propia



5. Se procede a excavar el hoyo de prueba, el volumen de excavación de acuerdo a norma dependerá del tamaño máximo de la partícula del suelo, en este caso se optó por el volumen mayor de 2830 cm³ que equivalen a aproximadamente 10 cm de altura; para este ensayo se excavaron alturas entre los 10 y 12 cm aproximadamente, durante la excavación se cuidó que no ingrese material desde las paredes de la calicata, y se extrajo todo el material del interior del hoyo almacenándolo en una bolsa plástica, en este proceso se limpia el plato base con las brochas y se recoge todo el material posible del hoyo.

Figura 74: *Excavación del hoyo y medición de su altura*



Fuente: Elaboración propia

6. El material extraído se pesa y posteriormente se guarda en un contenedor donde se trasladará al laboratorio para la determinación de su contenido de humedad.

Figura 75: *Material extraído pesado*



Fuente: Elaboración propia



7. Con el hoyo excavado y el plato base colocado y limpiado, se procede a colocar el embudo del cono de arena dentro del orificio del plato, y se procede a abrir la válvula, se deja que la arena dentro del contenedor llene todo el hoyo y el embudo metálico, cuando se verifique que la arena ya no fluye, se cierra la válvula y se retira el equipo de cono de arena.

Figura 76: *Vista de la arena en el hoyo y cono*



Fuente: Elaboración propia

8. El equipo de cono de arena retirado se procede a pesar, con arena que sobro del ensayo, con este peso (P2) se determinara la cantidad de arena utilizada en el ensayo.

Figura 77: *Cono de arena pesado después del ensayo*





Fuente: Elaboración propia



c) Toma de datos


Tabla 73: Toma de datos, ensayo 01

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 			
TESIS:	"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"		
DENSIDAD DE CAMPO (Metodo Cono de Arena)			
DATOS GENERALES			
Realizado por:	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Fecha:	15/10/2022
	Roger Cahuana Surquislla	Calicata:	01
Norma Utilizada:			
N°	Descripcion	Dato	Unidad
01	Peso del Frasco + arena	6985.00	gr
02	Peso del Frasco + arena sobrante	1252.00	gr
03	Peso de la arena empleada	5733.00	gr
04	Peso de la arena dentro del cono	1608.00	gr
05	Peso de la arena dentro del Hoyo	4125.00	gr
06	Densidad de la arena	1.55	gr/cm ³
07	Volumen del Hoyo	2663.01	cm ³
08	Peso del Tarro mas material del hoyo	-	gr
09	Peso del Tarro	-	gr
10	Peso del material en el Hoyo	4836.00	gr

Fuente: Elaboración propia





Tabla 74: Toma de datos, ensayo 02

 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> 			
TESIS:	<p>"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"</p>		
DENSIDAD DE CAMPO (Metodo Cono de Arena)			
DATOS GENERALES			
Realizado por:	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Fecha:	15/10/2022
	Roger Cahuana Surquislla	Calicata:	02
Norma Utilizada:			
N°	Descripcion	Dato	Unidad
01	Peso del Frasco + arena	7032.00	gr
02	Peso del Frasco + arena sobrante	1366.00	gr
03	Peso de la arena empleada	5666.00	gr
04	Peso de la arena dentro del cono	1608.00	gr
05	Peso de la arena dentro del Hoyo	4058.00	gr
06	Densidad de la arena	1.55	gr/cm ³
07	Volumen del Hoyo	2619.75	cm ³
08	Peso del Tarro mas material del hoyo	-	gr
09	Peso del Tarro	-	gr
10	Peso del material en el Hoyo	4811.00	gr

Fuente: Elaboración propia





Tabla 75: Toma de datos, ensayo 03

 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> 			
TESIS:	<p>"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"</p>		
DENSIDAD DE CAMPO (Metodo Cono de Arena)			
DATOS GENERALES			
Realizado por:	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Fecha:	15/10/2022
	Roger Cahuana Surquislla	Calicata:	03
Norma Utilizada:			
N°	Descripcion	Dato	Unidad
01	Peso del Frasco + arena	6892.00	gr
02	Peso del Frasco + arena sobrante	1366.00	gr
03	Peso de la arena empleada	5526.00	gr
04	Peso de la arena dentro del cono	1608.00	gr
05	Peso de la arena dentro del Hoyo	3918.00	gr
06	Densidad de la arena	1.55	gr/cm ³
07	Volumen del Hoyo	2529.37	cm ³
08	Peso del Tarro mas material del hoyo	-	gr
09	Peso del Tarro	-	gr
10	Peso del material en el Hoyo	4706.00	gr

Fuente: Elaboración propia





Tabla 76: Toma de datos, ensayo 04

 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> 			
TESIS:	<p>"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"</p>		
DENSIDAD DE CAMPO (Metodo Cono de Arena)			
DATOS GENERALES			
Realizado por:	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Fecha:	15/10/2022
	Roger Cahuana Surquislla	Calicata:	04
Norma Utilizada:			
N°	Descripcion	Dato	Unidad
01	Peso del Frasco + arena	6991.00	gr
02	Peso del Frasco + arena sobrante	1245.00	gr
03	Peso de la arena empleada	5746.00	gr
04	Peso de la arena dentro del cono	1608.00	gr
05	Peso de la arena dentro del Hoyo	4138.00	gr
06	Densidad de la arena	1.55	gr/cm ³
07	Volumen del Hoyo	2671.40	cm ³
08	Peso del Tarro mas material del hoyo	-	gr
09	Peso del Tarro	-	gr
10	Peso del material en el Hoyo	4971.00	gr

Fuente: Elaboración propia





Tabla 77: Toma de datos, ensayo 05

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS:	"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"		
DENSIDAD DE CAMPO (Metodo Cono de Arena)			
DATOS GENERALES			
Realizado por:	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Fecha:	15/10/2022
	Roger Cahuana Surquislla	Calicata:	05
Norma Utilizada:			
N°	Descripcion	Dato	Unidad
01	Peso del Frasco + arena	7085.00	gr
02	Peso del Frasco + arena sobrante	1252.00	gr
03	Peso de la arena empleada	5833.00	gr
04	Peso de la arena dentro del cono	1608.00	gr
05	Peso de la arena dentro del Hoyo	4225.00	gr
06	Densidad de la arena	1.55	gr/cm ³
07	Volumen del Hoyo	2727.56	cm ³
08	Peso del Tarro mas material del hoyo	-	gr
09	Peso del Tarro	-	gr
10	Peso del material en el Hoyo	5112.00	gr

Fuente: Elaboración propia



Tabla 78: Toma de datos, ensayo 06

 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> 			
TESIS:	<p>"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"</p>		
DENSIDAD DE CAMPO (Metodo Cono de Arena)			
DATOS GENERALES			
Realizado por:	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Fecha:	15/10/2022
	Roger Cahuana Surquislla	Calicata:	06
Norma Utilizada:			
N°	Descripcion	Dato	Unidad
01	Peso del Frasco + arena	6858.00	gr
02	Peso del Frasco + arena sobrante	1421.00	gr
03	Peso de la arena empleada	5437.00	gr
04	Peso de la arena dentro del cono	1608.00	gr
05	Peso de la arena dentro del Hoyo	3829.00	gr
06	Densidad de la arena	1.55	gr/cm ³
07	Volumen del Hoyo	2471.92	cm ³
08	Peso del Tarro mas material del hoyo	-	gr
09	Peso del Tarro	-	gr
10	Peso del material en el Hoyo	4628.00	gr

Fuente: Elaboración propia



3.5.8 Ensayo estándar para la Gravedad Especifica de Solidos mediante Picnómetro de Agua

a) Equipos utilizados en la prueba

- Picnómetro con una capacidad de 500 mL
- Balanza digital con una precisión de lectura de 0,01 g
- Horno de Secado (temperatura $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$)
- Extractor de aire (bomba de vacío)
- Agua destilada
- Contenedor donde se coloque el picnómetro
- Termómetro
- Contenedor de agua destilada y sistema de adición

b) Procedimiento

Se consultó la normativa existente donde se detalle el proceder del ensayo, para tal motivo se realizó el ensayo de acuerdo a las normas NTP 339.131:1999 y la guía MTC E 113, del Manual de ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y comunicaciones.

1. El primer paso es la preparación de la muestra, que de acuerdo al tipo de suelo y el volumen del picnómetro usado se establece la cantidad de muestra necesaria, en nuestro caso como haremos uso del picnómetro de 500 mL y nuestros tipos de suelos son Limos y Arcillas, se requerirá aproximadamente 50 gr de material, material que fue previamente secado en horno y tamizado en la malla N°4.

Figura 78: *Pesaje del suelo a utilizar*



Fuente: Elaboración propia



2. Se determina el peso del picnómetro utilizado.
3. Se añade agua destilada al picnómetro hasta la marca graduada, y se procede a pesar, este peso se anota como el peso del picnómetro más el agua desairada.

Figura 79: *Pesaje del picnómetro y el agua desairada*



Fuente: Elaboración propia

4. Se retira el agua a otro recipiente y se seca el picnómetro, luego se añade el material de suelo mediante un embudo cuyo pico pase la marca de calibración, enjuagar cualquier material remanente con el agua destilada, y se añade agua hasta una altura entre $1/3$ y $1/2$ de la profundidad del cuerpo principal del picnómetro, agitar la muestra para lograr la mezcla.

Figura 80: *Colocación del material seleccionado dentro del picnómetro.*



Fuente: Elaboración propia



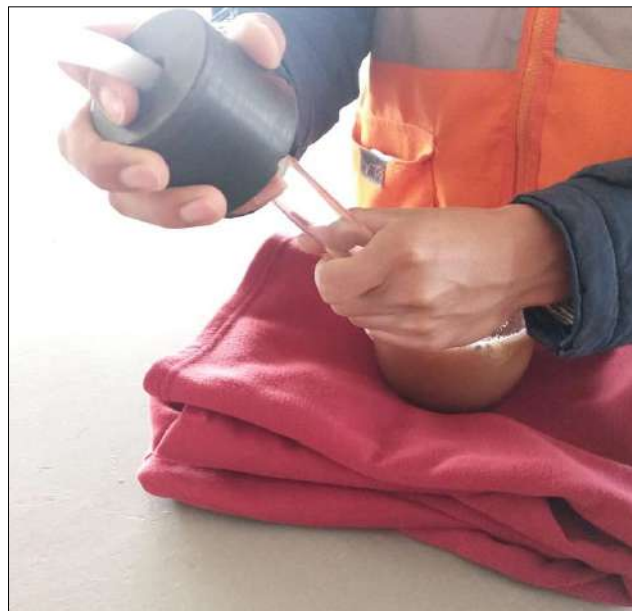
Figura 81: *Proceso de mezclado del suelo con el agua*



Fuente: Elaboración propia

5. Se realiza el proceso de desaire con el uso de la bomba de vacíos, por al menos unas 2 horas, durante este proceso se deberá agitar la mezcla, garantizando en todo momento que ocurra burbujeo constante, y especialmente al inicio del desairado.

Figura 82: *Proceso de desairado*



Fuente: Elaboración propia



6. A continuación, se añade agua hasta la marca de calibración, se debe garantizar una temperatura de equilibrio o constante durante este proceso, este material se pesa y representa el peso del picnómetro, del agua y del suelo.

Figura 83: *Pesaje del suelo, agua y picnómetro terminado el ensayo*



Fuente: Elaboración propia

7. Por último, se mide la temperatura de la mezcla dentro del picnómetro (T_t), para las correcciones de la gravedad específica por temperatura, para esta ocasión se colocó toda la mezcla en otro recipiente donde pudo ingresar el termómetro.

Figura 84: *Toma de la temperatura de la muestra*



Fuente: Elaboración propia





c) Toma de datos

Tabla 79: Toma de datos, ensayo 01

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS:	"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAUQUISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"		
GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SUELOS - METODO DEL PICNOMETRO			
DATOS GENERALES			
Realizado por:	Roger Cahuana Surquislla	Fecha:	25/10/2022
	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Calicata:	01
Norma Utilizada:	NTP 339.131:1999, guía MTC E 113	Muestra:	01
Descripcion	Peso (g)	$Pe = \frac{A}{B + (A - C)} \left[\frac{gf}{cm^3} \right]$	
Peso de la muestra Seca en Gramos (A) :	50.21		
Peso Picnometro + Agua (B) :	656.52		
Peso Picnometro + Agua + Suelo (C) :	687.13		
Temperatura del Agua :	23.50		
Factor de Correccion por Temperatura(K) :	0.9992		
Gravedad Especifica (Pe) :	2.56		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 80: Toma de datos, ensayo 02

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS:	"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAUQUISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"		
GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SUELOS - METODO DEL PICNOMETRO			
DATOS GENERALES			
Realizado por:	Roger Cahuana Surquislla	Fecha:	25/10/2022
	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Calicata:	02
Norma Utilizada:	NTP 339.131:1999, guía MTC E 113	Muestra:	02
Descripcion	Peso (g)	$Pe = \frac{A}{B + (A - C)} \left[\frac{gf}{cm^3} \right]$	
Peso de la muestra Seca en Gramos (A) :	50.43		
Peso Picnometro + Agua (B) :	656.54		
Peso Picnometro + Agua + Suelo (C) :	687.37		
Temperatura del Agua :	22.00		
Factor de Correccion por Temperatura(K) :	0.9996		
Gravedad Especifica (Pe) :	2.57		

Fuente: Elaboración propia



Tabla 81: Toma de datos, ensayo 03

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																	
TESIS:	"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"																
GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SUELOS - METODO DEL PICNOMETRO																	
DATOS GENERALES																	
Realizado por:	Roger Cahuana Surquislla	Fecha:	25/10/2022														
	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Calicata:	03														
Norma Utilizada:	NTP 339.131:1999, guía MTC E 113	Muestra:	03														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripcion</th> <th>Peso (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la muestra Seca en Gramos (A) :</td> <td>50.12</td> </tr> <tr> <td>Peso Picnometro + Agua (B) :</td> <td>656.51</td> </tr> <tr> <td>Peso Picnometro + Agua + Suelo (C) :</td> <td>687.03</td> </tr> <tr> <td>Temperatura del Agua :</td> <td>24.00</td> </tr> <tr> <td>Factor de Correccion por Temperatura(K) :</td> <td>0.9991</td> </tr> <tr> <td>Gravedad Especifica (Pe) :</td> <td>2.55</td> </tr> </tbody> </table>		Descripcion	Peso (g)	Peso de la muestra Seca en Gramos (A) :	50.12	Peso Picnometro + Agua (B) :	656.51	Peso Picnometro + Agua + Suelo (C) :	687.03	Temperatura del Agua :	24.00	Factor de Correccion por Temperatura(K) :	0.9991	Gravedad Especifica (Pe) :	2.55	$Pe = \frac{A}{B + (A - C)} \left[\frac{gf}{cm^3} \right]$	
Descripcion	Peso (g)																
Peso de la muestra Seca en Gramos (A) :	50.12																
Peso Picnometro + Agua (B) :	656.51																
Peso Picnometro + Agua + Suelo (C) :	687.03																
Temperatura del Agua :	24.00																
Factor de Correccion por Temperatura(K) :	0.9991																
Gravedad Especifica (Pe) :	2.55																

Fuente: Elaboración propia

Tabla 82: Toma de datos, ensayo 04

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																	
TESIS:	"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"																
GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SUELOS - METODO DEL PICNOMETRO																	
DATOS GENERALES																	
Realizado por:	Roger Cahuana Surquislla	Fecha:	25/10/2022														
	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Calicata:	04														
Norma Utilizada:	NTP 339.131:1999, guía MTC E 113	Muestra:	04														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripcion</th> <th>Peso (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la muestra Seca en Gramos (A) :</td> <td>50.34</td> </tr> <tr> <td>Peso Picnometro + Agua (B) :</td> <td>656.54</td> </tr> <tr> <td>Peso Picnometro + Agua + Suelo (C) :</td> <td>687.28</td> </tr> <tr> <td>Temperatura del Agua :</td> <td>22.50</td> </tr> <tr> <td>Factor de Correccion por Temperatura(K) :</td> <td>0.9995</td> </tr> <tr> <td>Gravedad Especifica (Pe) :</td> <td>2.57</td> </tr> </tbody> </table>		Descripcion	Peso (g)	Peso de la muestra Seca en Gramos (A) :	50.34	Peso Picnometro + Agua (B) :	656.54	Peso Picnometro + Agua + Suelo (C) :	687.28	Temperatura del Agua :	22.50	Factor de Correccion por Temperatura(K) :	0.9995	Gravedad Especifica (Pe) :	2.57	$Pe = \frac{A}{B + (A - C)} \left[\frac{gf}{cm^3} \right]$	
Descripcion	Peso (g)																
Peso de la muestra Seca en Gramos (A) :	50.34																
Peso Picnometro + Agua (B) :	656.54																
Peso Picnometro + Agua + Suelo (C) :	687.28																
Temperatura del Agua :	22.50																
Factor de Correccion por Temperatura(K) :	0.9995																
Gravedad Especifica (Pe) :	2.57																

Fuente: Elaboración propia



3.5.9 Ensayo de Velocidad de Infiltración en el suelo por el Método de Porchet

a) Equipos utilizados en la prueba

- Tubería de 200 mm de diámetro de 50cm de largo
- Baldes de 19 litros
- Empaques de colorante azul
- Agua
- Wincha
- Celulares con cronómetros y cámaras
- Cuaderno de apuntes
- Pico y palas

b) Procedimiento

1. Se realizó 6 los orificios de aproximadamente 23cm de diámetro y de 55 cm de profundidad en inmediaciones cercanas a las calicatas seleccionados por representar áreas características del talud obtenidos mediante el SEV.

Figura 85: *Excavación de agujeros de 23cm de diámetro y 55cm de profundidad*



Fuente: Elaboración propia

2. Se procedió a la saturación del agujero vertiendo agua constantemente 24 horas antes de realizar el ensayo.



Figura 86: *Agujero humedecido previamente*



Fuente: Elaboración propia

3. Se colocó el tubo en el agujero, que previamente fue marcado cada 1.00 cm y lecturas de 5.00 cm abarcando los 50 cm del tubo y se vertió el colorante en los baldes para lograr apreciar mejor el nivel de agua.

Figura 87: *Colocación del tubo de en el agujero*



Fuente: Elaboración propia



4. Se procedió a verter el agua en el agujero, alimentándolo continuamente, y se procedió a la lectura de las alturas conjuntamente con tiempos conforme el descenso progresivo del agua.

Figura 88: *Vertido de agua en el agujero*



Fuente: Elaboración propia

Figura 89: *Lectura del nivel de descenso de agua y tiempo*



Fuente: Elaboración propia



c) Toma de datos

Tabla 85: Formato N° 09 toma de datos Velocidad de Infiltración en el suelo- Método de Porchet (Calicatas 1-6).

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL 											
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAUQUISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"									
ENSAYO DE PERMEABILIDAD - PORCHET (MINVU, 1996)											
DATOS GENERALES											
Realizado por:		Roger Cahuana Surquislla				N° Ensayo:		1 - 6			
		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha:		07/11/2022			
Ubicación:		Paruro - Paruro - Cusco				N° Calicata:		C1 - C6			
DATOS DEL ENSAYO											
CAL - 01		CAL - 02		CAL - 03		CAL - 04		CAL - 05		CAL - 06	
Radio:	9.50	Radio:	9.50	Radio:	9.50	Radio:	9.50	Radio:	9.50	Radio:	9.50
Altura:	40.30	Altura:	40.10	Altura:	47.90	Altura:	41.45	Altura:	46.30	Altura:	44.50
Nivel (cm)	Tiempo (min)	Nivel (cm)	Tiempo (min)	Nivel (cm)	Tiempo (min)	Nivel (cm)	Tiempo (min)	Nivel (cm)	Tiempo (min)	Nivel (cm)	Tiempo (min)
40.30	0.00	40.10	0.00	47.90	0.00	41.45	0.00	46.30	0.00	44.50	0.00
35.20	0.50	36.30	0.50	44.40	0.50	40.30	0.50	42.50	0.50	42.50	0.50
31.10	1.00	33.10	1.00	41.40	1.00	39.25	1.00	39.50	1.00	40.85	1.00
27.60	1.50	30.60	1.50	38.80	1.50	38.44	1.50	37.00	1.50	39.60	1.50
24.90	2.00	28.80	2.00	36.50	2.00	37.91	2.00	35.10	2.00	38.65	2.00
23.00	2.50	27.60	2.50	34.60	2.50	36.23	4.00	33.70	2.50	37.00	3.00
16.00	5.00	24.60	5.00	27.90	5.00	35.29	5.00	26.20	5.00	35.00	5.00
14.00	7.50	20.50	7.50	22.40	7.50	33.63	7.50	22.70	7.50	33.00	7.50
12.00	12.50	17.00	10.00	20.00	10.00	31.56	10.00	20.20	10.00	31.80	10.00
11.00	17.50	14.80	12.50	18.80	12.50	29.64	15.00	18.60	12.50	29.60	12.50
9.50	22.50	14.00	15.00	17.80	15.00	26.31	20.00	17.80	15.00	27.20	15.00
9.00	27.50	12.50	20.00	16.70	17.50	24.01	35.00	16.60	17.50	25.50	20.00
7.70	37.50	12.00	25.00	15.80	20.00	22.01	45.00	15.50	20.00	24.00	25.00
7.00	47.50	10.80	30.00	14.90	25.00	20.12	55.00	14.50	25.00	22.00	30.00
6.30	57.50	10.00	35.00	14.10	30.00	18.90	65.00	13.80	30.00	20.50	40.00
5.60	67.50	9.40	40.00	13.40	35.00			12.80	40.00	19.70	50.00
5.10	77.50	8.60	50.00	12.00	45.00			12.00	50.00	18.30	60.00

Fuente: Elaboración propia



3.5.10 Ensayo de Compresión Triaxial No Consolidado No Drenado (UU)

a) Equipos utilizados en la prueba

- Equipo de Compresión Triaxial modelo PS-840 SERIE 116, (Prensa, Cámara, equipo digital de medición, entre otros)
- Molde de Metal para tallar muestra
- Utensilios para moldear la muestra (espátulas, sierra, martillo, cincel, badilejo, entre otros)
- Balanza digital
- Vernier
- Agua destilada
- Equipos menores de la máquina de compresión Triaxial (Papel Filtro, membrana de látex, piedra porosa, entre otros)
- Pico
- Pala
- Balde de capacidad 20 Lt
- Cinta de embalaje (Stretch Film transparente de 20’)
- Bolsas de Plástico

b) Procedimiento

Para realizar el presente ensayo, se consultó la normativa existente donde se detalle el proceder del ensayo, para tal motivo se realizó el ensayo de acuerdo a las normas NTP 339.164:2001 y la guía MTC E 131, del Manual de ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y comunicaciones, ambas normas se referencian en la normativa ASTM D 2850: Standard Method of Test Method for Unconsolidated - Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils.

1. El primer paso fue la preparación de la muestra, en este caso la norma permite el ensayo en especímenes alterados e inalterados, en todo momento se buscó la extracción de muestras inalteradas, pero debido a la naturaleza de los materiales presentes en el suelo se tuvo que trabajar con muestras alteradas en algunos casos.
2. Para los trabajos con muestra inalterada, se procedió a extraer las muestras del fondo de las calicatas que presentaban material concentrado y estable, se verificó que el bloque de material extraído supere las dimensiones del molde cilíndrico de prueba optado de aproximadamente 7 cm de diámetro con 14 cm de altura.



Figura 90: *Extracción de la Muestra inalterada de Campo*



Fuente: Elaboración propia

La muestra fue envuelta en cinta de embalaje (Stretch Film transparente de 20”), para garantizar la conservación de su humedad natural y confinar la muestra adecuadamente, y almacenada en cajas o baldes, hasta el traslado al laboratorio, cuidando en todo momento la integridad física de la muestra y puesta bajo techo para garantizar una temperatura adecuada.

Figura 91: *Traslado de la muestra envuelta en cinta de embalaje*



Fuente: Elaboración propia



Para los trabajos con las muestras alteradas se optó por extraer material del fondo de las calicatas, eliminando material orgánico o cualquier elemento que cayo dentro de la calicata, esta muestra fue colocada en bolsas de plástico y almacenadas en baldes y llevadas al laboratorio para su procesado.

3. El trabajo de moldeo se realizó con ambos tipos de muestras, con las muestras inalteradas se procedió a realizar el moldeo de las muestras, utilizando el molde cilíndrico de metal que posee el equipo triaxial, el proceso de tallado se hizo hasta que la muestra logre ingresar al molde sin la necesidad de aplicar demasiada fuerza, posteriormente se envuelven las muestras en cinta de embalaje para conservar las características de humedad natural hasta el inicio del ensayo.

Figura 92: *Proceso de moldeo de las muestras inalteradas*



Fuente: Elaboración propia

Figura 93: *Muestras ya moldeadas y cubiertas con cinta de embalaje*



Fuente: Elaboración propia



Para el ensayo con las muestras alteradas, es necesario conocer previamente la densidad de campo, humedad natural y composición natural del suelo, para este proceso se inicia con el secado de la muestra en un horno a 110 C° por 24 Horas, y se procede a separar aproximadamente 3 kg de este material, se pesa el contenedor y el material utilizado.

Figura 94: *Muestra alterada pesado para el ensayo*



Fuente: Elaboración propia

Luego se pesa la cantidad de agua correspondiente al porcentaje de humedad natural del suelo, esta cantidad de agua calculada se le añade a la muestra y se realiza una adecuada mezcla. El material ya preparado se coloca en 3 capas dentro del molde cilíndrico utilizado de 6.5 cm de diámetro por 12.7 cm de altura aproximadamente, en cada capa se aplican aproximadamente 25 golpes con un pisón, aplicando una fuerza que permita a la muestra una compactación similar a la natural.

Figura 95: *Proceso de compactación con ayuda de un pisón en 3 capas*



Fuente: Elaboración propia



Se procede a pesar la muestra dentro del cilindro, previa pesado del molde cilíndrico o extrayendo la muestra del molde cuidadosamente, se obtiene el volumen de la muestra a partir de las medidas del molde.

Con el volumen y peso obtenidos se calcula la densidad, esta deberá de asemejarse a la densidad de campo natural conocida, en caso que la densidad calculada sea próxima a la densidad natural, se considera la muestra válida para realizar el ensayo, en caso el valor de la densidad difiera considerablemente, se deberá repetir el ensayo de remoldeo, modificando la fuerza aplicada con el pisón.

Figura 96: *Proceso de pesaje de la muestra alterada*



Fuente: Elaboración propia

4. Con las muestras ya moldeadas, se procedió a medir sus dimensiones del diámetro y la altura, así como el peso, la medición del diámetro se realiza con ayuda del Vernier.

Figura 97: *Medición del diámetro, altura y pesaje de las muestras*



Fuente: Elaboración propia



5. Obtenidas las muestras, se coloca la membrana de látex dentro del molde de extracción de aire, para facilitar el ingreso de la muestra dentro de este molde metálico, posterior a esto se colocó la muestra dentro de este molde y se cubre con el latex cuidadosamente el molde, quedando la muestra totalmente dentro de la membrana de látex.

Figura 98: *Membrana de Látex dentro del molde con extractor de aire*



Fuente: Elaboración propia

6. Se coloca papel filtro, piedra porosa y los discos pulidos en la parte inferior y superior de la muestra, colocando todo dentro de la membrana de látex, se asegura la membrana de látex con anillos de jebe, colocados sobre los discos pulidos, para evitar el ingreso de agua, así como el movimiento del látex.

Figura 99: *Muestra Colocada dentro del latex y sujeción con anillos de jebe*



Fuente: Elaboración propia



7. Se procede a colocar la muestra sobre en pistón de carga, y se procede a instalar cuidadosamente la cámara de carga, se deberá asegurar la hermeticidad de la cámara, para lo cual se colocan anillos de jebe en la base del cilindro.

Figura 100: *Colocación de la muestra e instalación de la cámara de carga*



Fuente: Elaboración propia

8. Se ajusta el pistón de carga, subiendo la plataforma de carga o bajando el pistón superior mediante los engranajes de sujeción, hasta que el pistón toque la parte superior de la muestra, se debe garantizar que esta se encuentre horizontalmente mediante el uso del nivel de burbuja, posteriormente se colocan el lector de deformación, se llena el interior con agua destilada y se procede a programar la presión lateral, se realiza la programación de la carga y se inicia el ensayo, anotándose la lectura de carga y deformación.

Figura 101: *Programación de la carga e inicio del ensayo*



Fuente: Elaboración propia



- Después de alcanzada la falla, se quita la presión y se drena el agua dentro de la cámara, se desmonta el aparato del ensayo y se examina la muestra, a fin de entender el tipo de falla presente, se repite este ensayo otras 2 veces, siendo un total de 3 ensayos por muestra, además que la presión de confinamiento deberá ser diferente, preferiblemente el doble del anterior o poseer una relación de incremento.

Figura 102: *Vista de la Falla de la muestra dentro de la Cámara de confinamiento*



Fuente: Elaboración propia

Figura 103: *Vista de la Falla de la muestra fuera de la Cámara de confinamiento*



Fuente: Elaboración propia



c) Toma de datos

Tabla 86: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 01 – Ensayo 01

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAUQUISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"									
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL										N° PAG.:	01
Realizado por :		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha :		17/10/2022			
Tipo de ensayo :		UU		No Consolidado No drenado		Calicata :		01			
Forma de la Muestra :		Cilindrica				Tipo de Carga :		Carga Rapida, Sin drenaje			
						Tipo de Compresion		Inconfinada			
ENSAYO N°01											
MEDIDAS DE LA MUESTRA (cm)				s3=		10.00 psi		Peso=		768.000 gr	
Superior		Medio		Inferior		s3=		0.703 kg/cm2		Peso Unitario Humedo= 1.820 gr/cm3	
DIAMETRO		6.50 cm		6.50 cm		6.50 cm		H prom		12.72 cm	
ALTURA		12.70 cm		12.71 cm		12.75 cm		Ao prom=		33.18cm2	
D		6.50 cm		Δuc		0.000 kg/cm2		Δud		0.300 kg/cm2	
VOLUMEN		422.09 cm3		D=(ds+2dm+dj)/4							
s3:		Presion Normal de Carga (psi)		H prom : Altura Promedio (cm)		Ao prom :		Superficie de Carga (cm2)			
VALORES DE ESFUERZOS								Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	ΔLx0.00 I (cm)	L (cm)	ε=ΔL/L	A=A0/(1-ε)	σd=F/A	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	`s3 Kg/cm2	`s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.72							
50.56	51	1.00	0.05	12.67							
151.68	101	1.87	0.10	12.62							
252.80	152	2.69	0.15	12.57							
353.92	202	3.76	0.20	12.52							
455.04	253	5.22	0.25	12.47							
556.17	303	6.77	0.30	12.42							
657.29	354	8.50	0.35	12.37							
758.41	404	10.39	0.40	12.32							
859.53	455	10.95	0.45	12.27							
960.65	506	12.48	0.50	12.22							
1061.77	556	13.57	0.55	12.17							
1162.89	607	15.92	0.60	12.12							
1264.01	657	16.64	0.65	12.07							
1365.13	708	18.23	0.70	12.02							
1466.26	758	20.12	0.75	11.97							
1567.38	809	20.86	0.80	11.92							
1668.50	860	22.08	0.85	11.87							
1769.62	910	23.66	0.90	11.82							
1870.74	961	24.57	0.95	11.77							
1971.86	1011	26.15	1.00	11.72							
2072.98	1062	27.22	1.05	11.67							
2174.10	1112	28.89	1.10	11.62							
2275.22	1163	28.50	1.15	11.57							
2376.35	1213	29.88	1.20	11.52							
2477.47	1264	30.99	1.25	11.47							
2578.59	1315	32.09	1.30	11.42							
2679.71	1365	33.74	1.35	11.37							
2780.83	1416	35.39	1.40	11.32							
2881.95	1466	35.75	1.45	11.27							
2983.07	1517	37.85	1.50	11.22							
3084.19	1567	38.57	1.55	11.17							
3185.31	1618	39.79	1.60	11.12							
3286.44	1668	40.78	1.65	11.07							
3387.56	1719	41.83	1.70	11.02							
3488.68	1770	44.32	1.75	10.97							
3589.80	1820	45.06	1.80	10.92							
3690.92	1871	45.69	1.85	10.87							
3792.04	1921	47.09	1.90	10.82							
3893.16	1972	47.14	1.95	10.77							

Fuente: Elaboración propia



Tabla 87: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 01 – Ensayo 02

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"									
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL										N° PAG.:	02
Realizado por :		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha :		17/10/2022			
		Roger Cahuana Surquislla				Calicata :		01			
Tipo de ensayo :		UU No Consolidado No drenado				Tipo de Carga :		Carga Rapida, Sin drenaje			
Forma de la Muestra :		Cilindrica				Tipo de Compresion		Inconfinada			
ENSAYO N°02											
MEDIDAS DE LA MUESTRA (cm)					s3=		20.00 psi		D=(ds+2dm+di)/4		
	Superior	Medio	Inferior		s3=	1.406 kg/cm2					
DIAMETRO	6.51 cm	6.53 cm	6.55 cm		H prom	12.71 cm					
ALTURA	12.71 cm	12.68 cm	12.73 cm		Ao prom=	33.49cm2					
D	6.53 cm				Δuc	0.000 kg/cm2					
VOLUMEN	425.55 cm3				Δud	0.620 kg/cm2					
s3:	Presion Normal de Carga (psi)	H prom :	Altura Promedio (cm)	Ao prom :	Superficie de Carga (cm2)						
VALORES DE ESFUERZOS											
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	ΔLx0.00 I (cm)	L (cm)	ε=ΔL/L	A=A0/(1-ε)	σd=F/A	Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
								s3	s1	s3	s1
								Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.71							
50.01	50	2.35	0.05	12.66							
150.02	100	3.99	0.10	12.61							
250.03	150	6.34	0.15	12.56							
350.04	200	8.02	0.20	12.51							
450.05	250	8.90	0.25	12.46							
550.06	300	10.60	0.30	12.41							
650.07	350	11.67	0.35	12.36							
750.08	400	13.78	0.40	12.31							
850.09	450	15.56	0.45	12.26							
950.10	500	17.83	0.50	12.21							
1050.11	550	19.55	0.55	12.16							
1150.12	600	20.32	0.60	12.11							
1250.13	650	22.02	0.65	12.06							
1350.14	700	23.74	0.70	12.01							
1450.15	750	26.02	0.75	11.96							
1550.16	800	27.33	0.80	11.91							
1650.17	850	28.86	0.85	11.86							
1750.18	900	29.14	0.90	11.81							
1850.19	950	29.98	0.95	11.76							
1950.20	1000	31.55	1.00	11.71							
2050.21	1050	33.77	1.05	11.66							
2150.22	1100	34.93	1.10	11.61							
2250.23	1150	36.41	1.15	11.56							
2350.24	1200	37.59	1.20	11.51							
2450.25	1250	38.75	1.25	11.46							
2550.26	1300	39.43	1.30	11.41							
2650.27	1350	40.58	1.35	11.36							
2750.28	1400	42.30	1.40	11.31							
2850.29	1450	43.58	1.45	11.26							
2950.30	1500	45.32	1.50	11.21							
3050.31	1550	46.16	1.55	11.16							
3150.32	1600	46.30	1.60	11.11							
3250.33	1650	49.31	1.65	11.06							
3350.34	1700	50.20	1.70	11.01							
3450.35	1750	51.74	1.75	10.96							
3550.36	1800	53.11	1.80	10.91							
3650.37	1850	54.71	1.85	10.86							
3750.38	1900	54.76	1.89	10.82							
3860.39	1960	56.70	1.98	10.73							

Fuente: Elaboración propia



Tabla 88: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 01 – Ensayo 03

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL												
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"										
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL											N° PAG.:	03
Realizado por :		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha :		17/10/2022				
		Roger Cahuana Surquislla				Calicata :		01				
Tipo de ensayo :		UU No Consolidado No drenado				Tipo de Carga :		Carga Rapida, Sin drenaje				
Forma de la Muestra :		Cilindrica				Tipo de Compresion		Inconfinada				
ENSAYO N°03												
MEDIDAS DE LA MUESTRA (cm)					s3=		30.00 psi		D=(ds+2dm+di)/4			
	Superior	Medio	Inferior		s3=	2.109 kg/cm2						
DIAMETRO	6.52 cm	6.55 cm	6.58 cm		H prom	12.71 cm						
ALTURA	12.72 cm	12.74 cm	12.68 cm		Ao prom=	33.70cm2						
D	6.55 cm				Δuc	0.000 kg/cm2						
VOLUMEN	428.38 cm3				Δud	0.854 kg/cm2						
s3:	Presion Normal de Carga (psi)	H prom :	Altura Promedio (cm)	Ao prom :	Superficie de Carga (cm2)							
VALORES DE ESFUERZOS												
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	ΔLx0.00 I (cm)	L (cm)	ε=ΔL/L	A=A0/(1-ε)	σd=F/A	Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos		
								s3	s1	s3	s1	
								Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	
0.00	0	0.00	0.00	12.71								
50.01	50	5.33	0.05	12.66								
150.02	100	7.69	0.10	12.61								
250.03	150	9.34	0.15	12.56								
350.04	200	11.79	0.20	12.51								
450.05	250	13.31	0.25	12.46								
550.06	300	15.35	0.30	12.41								
650.07	350	17.03	0.35	12.36								
750.08	400	19.85	0.40	12.31								
850.09	450	22.93	0.45	12.26								
950.10	500	24.87	0.50	12.21								
1050.11	550	25.67	0.55	12.16								
1150.12	600	27.48	0.60	12.11								
1250.13	650	28.96	0.65	12.06								
1350.14	700	29.59	0.70	12.01								
1450.15	750	32.30	0.75	11.96								
1550.16	800	33.48	0.80	11.91								
1650.17	850	35.32	0.85	11.86								
1750.18	900	36.24	0.90	11.81								
1850.19	950	38.94	0.95	11.76								
1950.20	1000	39.29	1.00	11.71								
2050.21	1050	41.55	1.05	11.66								
2150.22	1100	42.06	1.10	11.61								
2250.23	1150	44.97	1.15	11.56								
2350.24	1200	46.76	1.20	11.51								
2450.25	1250	47.53	1.25	11.46								
2550.26	1300	48.06	1.30	11.41								
2650.27	1350	49.80	1.35	11.36								
2750.28	1400	51.52	1.40	11.31								
2850.29	1450	52.69	1.45	11.26								
2950.30	1500	54.54	1.50	11.21								
3050.31	1550	55.60	1.55	11.16								
3150.32	1600	57.32	1.60	11.11								
3250.33	1650	58.41	1.65	11.06								
3350.34	1700	59.59	1.70	11.01								
3450.35	1750	61.36	1.75	10.96								
3550.36	1800	62.46	1.80	10.91								
3650.37	1850	64.00	1.85	10.86								
3750.38	1900	64.90	1.90	10.81								
3850.39	1950	65.64	1.95	10.76								
3950.40	2000	66.08	1.98	10.73								
4050.41	2050	67.00	1.98	10.73								

Fuente: Elaboración propia



Tabla 89: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 02 – Ensayo 01

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO													
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA													
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL													
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"											
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL										N° PAG.:	01		
Realizado por :		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha :		18/10/2022					
		Roger Cahuana Surquislla				Calicata :		02					
Tipo de ensayo :		UU No Consolidado No drenado				Tipo de Carga :		Carga Rapida, Sin drenaje					
Forma de la Muestra :		Cilindrica				Tipo de Compresion		Inconfinada					
ENSAYO N°01													
MEDIDAS DE LA MUESTRA (cm)				s3=		10.00 psi		Peso=		766.22 gr			
	Superior	Medio	Inferior	s3=		0.703 kg/cm2		Peso Unitario Humedo=		1.796 gr/cm3			
DIAMETRO	6.52 cm	6.51 cm	6.58 cm	H prom		12.74 cm		Contenido de Humedad=		4.18% %			
ALTURA	12.72 cm	12.76 cm	12.74 cm	Ao prom=		33.49cm2		Peso Unitario Seco=		1.72 gr/cm3			
D	6.53 cm			Δuc		0.000 kg/cm2		$D=(ds+2dm+di)/4$					
VOLUMEN	426.66 cm3			Δud		0.310 kg/cm2							
s3:	Presion Normal de Carga (psi)		H prom :		Altura Promedio (cm)		Ao prom :		Superficie de Carga (cm2)				
VALORES DE ESFUERZOS										Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	ΔLx0.00 I (cm)	L (cm)	ε=ΔL/L	A=A0/(1-ε)	σd=F/A	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2		
0.00	0	0.00	0.00	12.74									
50.56	51	1.02	0.05	12.69									
151.67	101	1.94	0.10	12.64									
252.78	152	2.75	0.15	12.59									
353.89	202	3.90	0.20	12.54									
455.00	253	5.41	0.25	12.49									
556.11	303	6.98	0.30	12.44									
657.22	354	8.80	0.35	12.39									
758.33	404	10.63	0.40	12.34									
859.44	455	11.23	0.45	12.29									
960.55	506	12.90	0.50	12.24									
1061.67	556	13.92	0.55	12.19									
1162.78	607	16.51	0.60	12.14									
1263.89	657	17.20	0.65	12.09									
1365.00	708	18.64	0.70	12.04									
1466.11	758	20.85	0.75	11.99									
1567.22	809	21.57	0.80	11.94									
1668.33	859	22.57	0.85	11.89									
1769.44	910	24.31	0.90	11.84									
1870.55	961	25.42	0.95	11.79									
1971.66	1011	27.07	1.00	11.74									
2072.78	1062	27.93	1.05	11.69									
2173.89	1112	29.52	1.10	11.64									
2275.00	1163	29.47	1.15	11.59									
2376.11	1213	30.59	1.20	11.54									
2477.22	1264	31.76	1.25	11.49									
2578.33	1314	33.25	1.30	11.44									
2679.44	1365	34.83	1.35	11.39									
2780.55	1416	36.45	1.40	11.34									
2881.66	1466	36.75	1.45	11.29									
2982.77	1517	39.07	1.50	11.24									
3083.89	1567	40.05	1.55	11.19									
3185.00	1618	40.91	1.60	11.14									
3286.11	1668	42.34	1.65	11.09									
3387.22	1719	43.31	1.70	11.04									
3488.33	1769	45.29	1.75	10.99									
3589.44	1820	46.33	1.80	10.94									
3690.55	1871	47.12	1.85	10.89									
3791.66	1921	48.66	1.90	10.84									
3892.77	1972	48.61	1.95	10.79									

Fuente: Elaboración propia



Tabla 90: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 02 – Ensayo 02

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO															
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA															
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL															
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"													
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL										N° PAG.:	02				
Realizado por :		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha :		18/10/2022							
		Roger Cahuana Surquislla				Calicata :		02							
Tipo de ensayo :		UU No Consolidado No drenado				Tipo de Carga :		Carga Rapida, Sin drenaje							
Forma de la Muestra :		Cilindrica				Tipo de Compresion		Inconfinada							
ENSAYO N°02															
MEDIDAS DE LA MUESTRA (cm)				s3=		20.00 psi		D=(ds+2dm+di)/4							
Superior		Medio		Inferior		s3=						1.406 kg/cm2			
DIAMETRO		6.51 cm		6.53 cm		6.55 cm						H prom		12.71 cm	
ALTURA		12.71 cm		12.68 cm		12.73 cm						Ao prom=		33.49cm2	
D		6.53 cm										Δuc		0.000 kg/cm2	
VOLUMEN		425.55 cm3										Δud		0.600 kg/cm2	
s3:		Presion Normal de Carga (psi)		H prom :		Altura Promedio (cm)						Ao prom :		Superficie de Carga (cm2)	
VALORES DE ESFUERZOS															
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	ΔLx0.00 I (cm)	L (cm)	ε=ΔL/L	A=A0/(1-ε)	σd=F/A	Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos					
								s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2				
0.00	0	0.00	0.00	12.71											
50.00	50	2.45	0.05	12.66											
150.00	100	4.18	0.10	12.61											
250.00	150	6.62	0.15	12.56											
350.00	200	8.37	0.20	12.51											
450.00	250	9.31	0.25	12.46											
550.00	300	11.09	0.30	12.41											
650.00	350	12.18	0.35	12.36											
750.00	400	14.45	0.40	12.31											
850.00	450	16.23	0.45	12.26											
950.00	500	18.60	0.50	12.21											
1050.00	550	20.38	0.55	12.16											
1150.00	600	21.29	0.60	12.11											
1250.00	650	22.98	0.65	12.06											
1350.00	700	24.84	0.70	12.01											
1450.00	750	27.18	0.75	11.96											
1550.00	800	28.49	0.80	11.91											
1650.00	850	30.20	0.85	11.86											
1750.00	900	30.44	0.90	11.81											
1850.00	950	31.38	0.95	11.76											
1950.00	1000	33.05	1.00	11.71											
2050.00	1050	35.37	1.05	11.66											
2150.00	1100	36.63	1.10	11.61											
2250.00	1150	38.17	1.15	11.56											
2350.00	1200	39.38	1.20	11.51											
2450.00	1250	40.60	1.25	11.46											
2550.00	1300	41.30	1.30	11.41											
2650.00	1350	42.43	1.35	11.36											
2750.00	1400	44.35	1.40	11.31											
2850.00	1450	45.43	1.45	11.26											
2950.00	1500	47.43	1.50	11.21											
3050.00	1550	48.21	1.55	11.16											
3150.00	1600	48.27	1.60	11.11											
3250.00	1650	51.56	1.65	11.06											
3350.00	1700	52.49	1.70	11.01											
3450.00	1750	53.99	1.75	10.96											
3550.00	1800	55.68	1.80	10.91											
3650.00	1850	57.15	1.85	10.86											
3750.00	1900	57.37	1.89	10.82											
3860.00	1960	59.17	1.98	10.73											

Fuente: Elaboración propia



Tabla 91: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 02 – Ensayo 03

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"									
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL										N° PAG.:	03
Realizado por :		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha :		18/10/2022			
		Roger Cahuana Surquislla				Calicata :		02			
Tipo de ensayo :		UU No Consolidado No drenado				Tipo de Carga :		Carga Rapida, Sin drenaje			
Forma de la Muestra :		Cilindrica				Tipo de Compresion		Inconfinada			
ENSAYO N°03											
MEDIDAS DE LA MUESTRA (cm)					s3=		30.00 psi		$D=(ds+2dm+di)/4$		
	Superior	Medio	Inferior		s3=	2.109 kg/cm2					
DIAMETRO	6.52 cm	6.55 cm	6.58 cm		H prom	12.71 cm					
ALTURA	12.72 cm	12.74 cm	12.68 cm		Ao prom=	33.70cm2					
D	6.55 cm				Δuc	0.000 kg/cm2					
VOLUMEN	428.38 cm3				Δud	0.860 kg/cm2					
s3:	Presion Normal de Carga (psi)	H prom :	Altura Promedio (cm)	Ao prom :	Superficie de Carga (cm2)						
VALORES DE ESFUERZOS											
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	ΔLx0.00 I (cm)	L (cm)	ε=ΔL/L	A=A0/(1-ε)	σd=F/A	Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
								s3	s1	s3	s1
								Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.71							
50.00	50	4.53	0.05	12.66							
150.00	100	6.99	0.10	12.61							
250.00	150	8.70	0.15	12.56							
350.00	200	11.31	0.20	12.51							
450.00	250	12.90	0.25	12.46							
550.00	300	13.97	0.30	12.41							
650.00	350	15.70	0.35	12.36							
750.00	400	18.66	0.40	12.31							
850.00	450	19.85	0.45	12.26							
950.00	500	21.76	0.50	12.21							
1050.00	550	22.65	0.55	12.16							
1150.00	600	24.60	0.60	12.11							
1250.00	650	27.19	0.65	12.06							
1350.00	700	28.79	0.70	12.01							
1450.00	750	29.54	0.75	11.96							
1550.00	800	31.90	0.80	11.91							
1650.00	850	33.79	0.85	11.86							
1750.00	900	34.78	0.90	11.81							
1850.00	950	35.44	0.95	11.76							
1950.00	1000	37.91	1.00	11.71							
2050.00	1050	40.27	1.05	11.66							
2150.00	1100	40.88	1.10	11.61							
2250.00	1150	42.87	1.15	11.56							
2350.00	1200	43.66	1.20	11.51							
2450.00	1250	45.55	1.25	11.46							
2550.00	1300	47.26	1.30	11.41							
2650.00	1350	48.98	1.35	11.36							
2750.00	1400	49.83	1.40	11.31							
2850.00	1450	51.05	1.45	11.26							
2950.00	1500	52.73	1.50	11.21							
3050.00	1550	53.90	1.55	11.16							
3150.00	1600	55.86	1.60	11.11							
3250.00	1650	59.15	1.65	11.06							
3350.00	1700	60.10	1.70	11.01							
3450.00	1750	61.03	1.75	10.96							
3550.00	1800	62.01	1.80	10.91							
3650.00	1850	63.42	1.85	10.86							
3750.00	1900	64.42	1.90	10.81							
3850.00	1950	65.13	1.95	10.76							
3950.00	2000	66.61	1.98	10.73							
4050.00	2050	67.47	1.98	10.73							

Fuente: Elaboración propia



Tabla 92: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 03 – Ensayo 01

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO													
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA													
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL													
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"											
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL										N° PAG.:	01		
Realizado por :		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha :		19/10/2022					
		Roger Cahuana Surquislla				Calicata :		03					
Tipo de ensayo :		UU No Consolidado No drenado				Tipo de Carga :		Carga Rapida, Sin drenaje					
Forma de la Muestra :		Cilindrica				Tipo de Compresion		Inconfinada					
ENSAYO N°01													
MEDIDAS DE LA MUESTRA (cm)				s3=		10.00 psi		Peso=		766.14 gr			
	Superior	Medio	Inferior		s3=	0.703 kg/cm2		Peso Unitario Humedo=		1.796 gr/cm3			
DIAMETRO	6.52 cm	6.51 cm	6.58 cm		H prom	12.74 cm		Contenido de Humedad=		4.62% %			
ALTURA	12.72 cm	12.76 cm	12.74 cm		Ao prom=	33.49cm2		Peso Unitario Seco=		1.72 gr/cm3			
D	6.53 cm				Δuc	0.000 kg/cm2		$D=(ds+2dm+di)/4$					
VOLUMEN	426.66 cm3				Δud	0.295 kg/cm2							
s3:	Presion Normal de Carga (psi)		H prom :		Altura Promedio (cm)		Ao prom :		Superficie de Carga (cm2)				
VALORES DE ESFUERZOS										Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	ΔLx0.00 I (cm)	L (cm)	ε=ΔL/L	A=A0/(1-ε)	σd=F/A	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2		
0.00	0	0.00	0.00	12.74									
53.08	51	1.12	0.05	12.69									
106.17	101	2.13	0.10	12.64									
159.25	150	3.02	0.15	12.59									
212.33	199	4.29	0.20	12.54									
265.42	254	5.95	0.25	12.49									
318.50	298	7.67	0.30	12.44									
371.58	356	9.67	0.35	12.39									
424.67	402	11.68	0.40	12.34									
477.75	457	12.34	0.45	12.29									
530.83	509	14.18	0.50	12.24									
583.92	547	15.30	0.55	12.19									
637.00	607	18.14	0.60	12.14									
690.08	658	18.90	0.65	12.09									
743.17	701	20.48	0.70	12.04									
796.25	754	22.91	0.75	11.99									
849.33	796	23.70	0.80	11.94									
902.42	853	24.80	0.85	11.89									
955.50	901	26.71	0.90	11.84									
1008.58	953	27.93	0.95	11.79									
1061.67	1007	29.75	1.00	11.74									
1114.75	1051	30.69	1.05	11.69									
1167.83	1102	32.44	1.10	11.64									
1220.92	1143	32.39	1.15	11.59									
1274.00	1217	33.62	1.20	11.54									
1327.08	1266	34.90	1.25	11.49									
1380.17	1309	36.54	1.30	11.44									
1433.25	1361	38.27	1.35	11.39									
1486.33	1404	40.06	1.40	11.34									
1539.41	1471	40.39	1.45	11.29									
1592.50	1525	42.93	1.50	11.24									
1645.58	1558	44.01	1.55	11.19									
1698.66	1599	44.96	1.60	11.14									
1751.75	1667	46.53	1.65	11.09									
1804.83	1689	47.59	1.70	11.04									
1857.91	1742	49.77	1.75	10.99									
1911.00	1794	50.91	1.80	10.94									
1964.08	1875	51.78	1.85	10.89									
2017.16	1918	53.47	1.90	10.84									
2070.25	1955	53.42	1.95	10.79									

Fuente: Elaboración propia



Tabla 93: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 03 – Ensayo 02

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"									
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL										Nº PAG.:	02
Realizado por :		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha :		19/10/2022			
		Roger Cahuana Surquislla				Calicata :		03			
Tipo de ensayo :		UU				No Consolidado No drenado		Tipo de Carga :		Carga Rapida, Sin drenaje	
Forma de la Muestra :		Cilindrica				Tipo de Compresion		Inconfinada			
ENSAYO N°02											
MEDIDAS DE LA MUESTRA (cm)				s3=		20.00 psi		D=(ds+2dm+di)/4			
	Superior	Medio	Inferior	s3=	1.406 kg/cm2						
DIAMETRO	6.51 cm	6.53 cm	6.55 cm	H prom	12.71 cm						
ALTURA	12.71 cm	12.68 cm	12.73 cm	Ao prom=	33.49cm2						
D	6.53 cm			Δuc	0.000 kg/cm2						
VOLUMEN	425.55 cm3			Δud	0.610 kg/cm2						
s3:	Presion Normal de Carga (psi)	H prom :	Altura Promedio (cm)	Ao prom :	Superficie de Carga (cm2)						
VALORES DE ESFUERZOS											
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	ΔLx0.00 I(cm)	L (cm)	ε=ΔL/L	A=A0/(1-ε)	σd=F/A	Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
0.00	0	0.00	0.00	12.71				s3	s1	s3	s1
53.00	53	2.69	0.05	12.66				Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
158.00	105	4.59	0.10	12.61							
262.00	157	7.28	0.15	12.56							
366.00	209	9.20	0.20	12.51							
471.00	262	10.23	0.25	12.46							
572.00	310	12.19	0.30	12.41							
678.00	368	13.38	0.35	12.36							
788.00	420	15.88	0.40	12.31							
895.00	475	17.83	0.45	12.26							
992.00	517	20.44	0.50	12.21							
1097.00	580	22.40	0.55	12.16							
1199.00	619	23.40	0.60	12.11							
1291.00	672	25.25	0.65	12.06							
1399.00	727	27.30	0.70	12.01							
1510.00	783	29.87	0.75	11.96							
1628.00	845	31.31	0.80	11.91							
1731.00	886	33.19	0.85	11.86							
1832.00	946	33.45	0.90	11.81							
1944.00	998	34.48	0.95	11.76							
2038.00	1040	36.32	1.00	11.71							
2137.00	1097	38.87	1.05	11.66							
2249.00	1152	40.25	1.10	11.61							
2343.00	1191	41.95	1.15	11.56							
2435.00	1244	43.27	1.20	11.51							
2552.00	1308	44.61	1.25	11.46							
2666.00	1358	45.39	1.30	11.41							
2758.00	1400	46.63	1.35	11.36							
2855.00	1455	48.74	1.40	11.31							
2978.00	1523	49.92	1.45	11.26							
3075.00	1552	52.12	1.50	11.21							
3168.00	1616	52.98	1.55	11.16							
3296.00	1680	53.04	1.60	11.11							
3388.00	1708	56.66	1.65	11.06							
3483.00	1775	57.68	1.70	11.01							
3611.00	1836	59.33	1.75	10.96							
3705.00	1869	61.19	1.80	10.91							
3778.00	1909	62.80	1.85	10.86							
3898.00	1989	63.04	1.89	10.82							
4027.00	2038	65.02	1.98	10.73							

Fuente: Elaboración propia



Tabla 94: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 03 – Ensayo 03

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"									
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL										N° PAG.:	03
Realizado por :		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha :		19/10/2022			
		Roger Cahuana Surquislla				Calicata :		03			
Tipo de ensayo :		UU				No Consolidado No drenado		Tipo de Carga :		Carga Rapida, Sin drenaje	
Forma de la Muestra :		Cilindrica				Tipo de Compresion		Inconfinada			
ENSAYO N°03											
MEDIDAS DE LA MUESTRA (cm)				s3=		30.00 psi		D=(ds+2dm+di)/4			
Superior		Medio		s3=		2.109 kg/cm2					
Inferior				H prom		12.71 cm					
DIAMETRO	6.52 cm	6.55 cm	6.58 cm	Ao prom=		33.70cm2					
ALTURA	12.72 cm	12.74 cm	12.68 cm	Δuc		0.000 kg/cm2					
D	6.55 cm			Δud		0.840 kg/cm2					
VOLUMEN	428.38 cm3										
s3:	Presion Normal de Carga (psi)		H prom :		Altura Promedio (cm)		Ao prom :		Superficie de Carga (cm2)		
VALORES DE ESFUERZOS											
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	ΔLx0.00 I(cm)	L (cm)	ε=ΔL/L	A=A0/(1-ε)	σd=F/A	Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
								s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.71							
53.00	53	4.98	0.05	12.66							
159.00	106	7.68	0.10	12.61							
264.00	158	9.56	0.15	12.56							
366.00	208	12.43	0.20	12.51							
470.00	262	14.18	0.25	12.46							
576.00	314	15.35	0.30	12.41							
684.00	370	17.25	0.35	12.36							
788.00	418	20.51	0.40	12.31							
888.00	470	21.81	0.45	12.26							
987.00	517	23.91	0.50	12.21							
1091.00	574	24.89	0.55	12.16							
1204.00	630	27.03	0.60	12.11							
1302.00	672	29.88	0.65	12.06							
1401.00	729	31.64	0.70	12.01							
1506.00	777	32.46	0.75	11.96							
1621.00	844	35.05	0.80	11.91							
1733.00	889	37.13	0.85	11.86							
1840.00	951	38.22	0.90	11.81							
1945.00	994	38.95	0.95	11.76							
2052.00	1058	41.66	1.00	11.71							
2155.00	1097	44.25	1.05	11.66							
2235.00	1138	44.92	1.10	11.61							
2331.00	1193	47.11	1.15	11.56							
2460.00	1267	47.98	1.20	11.51							
2557.00	1290	50.06	1.25	11.46							
2632.00	1342	51.93	1.30	11.41							
2748.00	1406	53.82	1.35	11.36							
2863.00	1457	54.76	1.40	11.31							
2959.00	1502	56.10	1.45	11.26							
3088.00	1586	57.95	1.50	11.21							
3207.00	1621	59.23	1.55	11.16							
3286.00	1665	61.38	1.60	11.11							
3392.00	1727	65.00	1.65	11.06							
3502.00	1775	64.83	1.70	11.01							
3620.00	1845	65.97	1.75	10.96							
3710.00	1865	67.04	1.80	10.91							
3794.00	1929	68.59	1.85	10.86							
3918.00	1989	69.69	1.90	10.81							
4031.00	2042	70.47	1.95	10.76							
4145.00	2103	72.10	1.98	10.73							
4220.00	2117	72.27	1.98	10.73							

Fuente: Elaboración propia



Tabla 95: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 04 – Ensayo 01

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO													
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA													
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL													
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"											
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL										N° PAG.:	01		
Realizado por :		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha :		20/10/2022					
		Roger Cahuana Surquislla				Calicata :		04					
Tipo de ensayo :		UU No Consolidado No drenado				Tipo de Carga :		Carga Rapida, Sin drenaje					
Forma de la Muestra :		Cilindrica				Tipo de Compresion		Inconfinada					
ENSAYO N°01													
MEDIDAS DE LA MUESTRA (cm)				s3=		10.00 psi		Peso=		795.45 gr			
	Superior	Medio	Inferior		s3=	0.703 kg/cm2		Peso Unitario Humedo=		1.843 gr/cm3			
DIAMETRO	6.55 cm	6.58 cm	6.61 cm		H prom	12.69 cm		Contenido de Humedad=		8.49% %			
ALTURA	12.73 cm	12.68 cm	12.66 cm		Ao prom=	34.00cm2		Peso Unitario Seco=		1.699 gr/cm3			
D	6.58 cm				Δuc	0.000 kg/cm2		$D=(ds+2dm+di)/4$					
VOLUMEN	431.52 cm3				Δud	0.330 kg/cm2							
s3:	Presion Normal de Carga (psi)		H prom :		Altura Promedio (cm)		Ao prom :		Superficie de Carga (cm2)				
VALORES DE ESFUERZOS										Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	ΔLx0.00 I (cm)	L (cm)	ε=ΔL/L	A=A0/(1-ε)	σd=F/A	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2		
0.00	0	0.00	0.00	12.69									
53.08	55	1.34	0.05	12.64									
106.17	110	2.48	0.10	12.59									
159.25	165	4.78	0.15	12.54									
212.33	220	6.24	0.20	12.49									
265.42	276	8.17	0.25	12.44									
318.50	331	10.27	0.30	12.39									
371.58	386	12.55	0.35	12.34									
424.67	441	15.19	0.40	12.29									
477.75	496	15.85	0.45	12.24									
530.83	551	19.14	0.50	12.19									
583.92	606	20.56	0.55	12.14									
637.00	661	22.65	0.60	12.09									
690.08	716	24.61	0.65	12.04									
743.17	771	26.92	0.70	11.99									
796.25	827	29.37	0.75	11.94									
849.33	882	30.54	0.80	11.89									
902.42	937	31.82	0.85	11.84									
955.50	992	32.74	0.90	11.79									
1008.58	1047	33.88	0.95	11.74									
1061.67	1102	36.08	1.00	11.69									
1114.75	1157	37.74	1.05	11.64									
1167.83	1212	39.66	1.10	11.59									
1220.92	1267	40.32	1.15	11.54									
1274.00	1323	41.02	1.20	11.49									
1327.08	1378	42.71	1.25	11.44									
1380.17	1433	45.20	1.30	11.39									
1433.25	1488	46.40	1.35	11.34									
1486.33	1543	48.70	1.40	11.29									
1539.41	1598	50.49	1.45	11.24									
1592.50	1653	52.32	1.50	11.19									
1645.58	1708	53.95	1.55	11.14									
1698.66	1763	55.70	1.60	11.09									
1751.75	1818	57.13	1.65	11.04									
1804.83	1874	58.89	1.70	10.99									
1857.91	1929	60.45	1.75	10.94									
1911.00	1984	62.32	1.80	10.89									
1964.08	2039	63.74	1.85	10.84									
2017.16	2094	64.48	1.90	10.79									
2070.25	2149	65.28	1.95	10.74									

Fuente: Elaboración propia



Tabla 96: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 04 – Ensayo 02

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"									
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL										N° PAG.:	02
Realizado por :		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha :		20/10/2022			
		Roger Cahuana Surquislla				Calicata :		04			
Tipo de ensayo :		UU No Consolidado No drenado				Tipo de Carga :		Carga Rapida, Sin drenaje			
Forma de la Muestra :		Cilindrica				Tipo de Compresion		Inconfinada			
ENSAYO N°02											
MEDIDAS DE LA MUESTRA (cm)					s3=		D=(ds+2dm+di)/4				
	Superior	Medio	Inferior			20.00 psi					
DIAMETRO	6.55 cm	6.49 cm	6.52 cm			1.406 kg/cm2					
ALTURA	12.73 cm	12.75 cm	12.69 cm			H prom	12.72 cm				
D	6.51 cm					Ao prom=	33.31cm2				
VOLUMEN	423.82 cm3					Δuc	0.000 kg/cm2				
						Δud	0.640 kg/cm2				
s3:	Presion Normal de Carga (psi)		H prom :		Altura Promedio (cm)		Ao prom :		Superficie de Carga (cm2)		
VALORES DE ESFUERZOS											
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	ΔLx0.00 I (cm)	L (cm)	ε=ΔL/L	A=A0/(1-ε)	σd=F/A	Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
								s3	s1	s3	s1
								Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.72							
57.23	57	3.06	0.05	12.67							
171.68	114	5.28	0.10	12.62							
286.13	172	8.38	0.15	12.57							
400.58	229	10.50	0.20	12.52							
515.03	286	11.80	0.25	12.47							
629.48	343	13.93	0.30	12.42							
743.93	401	15.24	0.35	12.37							
858.38	458	18.23	0.40	12.32							
972.83	515	20.44	0.45	12.27							
1087.28	572	23.44	0.50	12.22							
1201.73	629	25.63	0.55	12.17							
1316.18	687	26.86	0.60	12.12							
1430.63	744	29.02	0.65	12.07							
1545.08	801	31.22	0.70	12.02							
1659.53	858	34.37	0.75	11.97							
1773.98	916	35.66	0.80	11.92							
1888.43	973	37.87	0.85	11.87							
2002.88	1030	38.31	0.90	11.82							
2117.33	1087	39.65	0.95	11.77							
2231.78	1145	41.07	1.00	11.72							
2346.23	1202	44.23	1.05	11.67							
2460.68	1259	45.66	1.10	11.62							
2575.13	1316	47.83	1.15	11.57							
2689.58	1373	49.23	1.20	11.52							
2804.03	1431	50.51	1.25	11.47							
2918.48	1488	51.85	1.30	11.42							
3032.93	1545	53.32	1.35	11.37							
3147.38	1602	55.68	1.40	11.32							
3261.83	1660	57.07	1.45	11.27							
3376.28	1717	59.36	1.50	11.22							
3490.73	1774	60.69	1.55	11.17							
3605.18	1831	61.43	1.60	11.12							
3719.63	1888	64.71	1.65	11.07							
3834.08	1946	66.14	1.70	11.02							
3948.53	2003	67.49	1.75	10.97							
4062.98	2060	69.91	1.80	10.92							
4177.43	2117	71.46	1.85	10.87							
4291.88	2175	72.08	1.89	10.83							
4417.77	2243	73.90	1.98	10.74							

Fuente: Elaboración propia



Tabla 97: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 04 – Ensayo 03

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"									
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL										N° PAG.:	03
Realizado por :		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha :		20/10/2022			
		Roger Cahuana Surquislla				Calicata :		04			
Tipo de ensayo :		UU				No Consolidado No drenado		Tipo de Carga :		Carga Rapida, Sin drenaje	
Forma de la Muestra :		Cilindrica				Tipo de Compresion		Inconfinada			
ENSAYO N°03											
MEDIDAS DE LA MUESTRA (cm)				s3=		30.00 psi		D=(ds+2dm+di)/4			
Superior		Medio		s3=		2.109 kg/cm2					
Inferior				H prom		12.72 cm					
DIAMETRO	6.56 cm	6.51 cm	6.52 cm	Ao prom=		33.44cm2					
ALTURA	12.70 cm	12.71 cm	12.75 cm	Δuc		0.000 kg/cm2					
D	6.53 cm			Δud		0.860 kg/cm2					
VOLUMEN	425.34 cm3										
s3:	Presion Normal de Carga (psi)	H prom :	Altura Promedio (cm)	Ao prom :	Superficie de Carga (cm2)						
VALORES DE ESFUERZOS											
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	ΔLx0.00 I(cm)	L (cm)	ε=ΔL/L	A=A0/(1-ε)	σd=F/A	Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
								s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.72							
57.23	57	5.64	0.05	12.67							
171.68	114	8.84	0.10	12.62							
286.13	172	11.02	0.15	12.57							
400.58	229	14.13	0.20	12.52							
515.03	286	16.25	0.25	12.47							
629.48	343	17.48	0.30	12.42							
743.93	401	19.68	0.35	12.37							
858.38	458	23.62	0.40	12.32							
972.83	515	25.01	0.45	12.27							
1087.28	572	27.30	0.50	12.22							
1201.73	629	28.63	0.55	12.17							
1316.18	687	30.78	0.60	12.12							
1430.63	744	33.98	0.65	12.07							
1545.08	801	36.13	0.70	12.02							
1659.53	858	37.56	0.75	11.97							
1773.98	916	39.80	0.80	11.92							
1888.43	973	42.42	0.85	11.87							
2002.88	1030	43.27	0.90	11.82							
2117.33	1087	44.72	0.95	11.77							
2231.78	1145	47.91	1.00	11.72							
2346.23	1202	50.19	1.05	11.67							
2460.68	1259	51.67	1.10	11.62							
2575.13	1316	53.91	1.15	11.57							
2689.58	1373	55.24	1.20	11.52							
2804.03	1431	57.58	1.25	11.47							
2918.48	1488	58.91	1.30	11.42							
3032.93	1545	61.17	1.35	11.37							
3147.38	1602	62.69	1.40	11.32							
3261.83	1660	64.21	1.45	11.27							
3376.28	1717	66.45	1.50	11.22							
3490.73	1774	67.99	1.55	11.17							
3605.18	1831	70.39	1.60	11.12							
3719.63	1888	73.58	1.65	11.07							
3834.08	1946	74.27	1.70	11.02							
3948.53	2003	74.91	1.75	10.97							
4062.98	2060	76.50	1.80	10.92							
4177.43	2117	77.89	1.85	10.87							
4291.88	2175	78.46	1.90	10.82							
4406.33	2232	80.07	1.95	10.77							
4520.78	2289	81.23	1.98	10.74							
4635.23	2346	81.88	1.98	10.74							

Fuente: Elaboración propia



Tabla 98: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 05 – Ensayo 01

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO													
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA													
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL													
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"											
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL										N° PAG.:	01		
Realizado por :		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha :		21/10/2022					
		Roger Cahuana Surquislla				Calicata :		05					
Tipo de ensayo :		UU No Consolidado No drenado				Tipo de Carga :		Carga Rapida, Sin drenaje					
Forma de la Muestra :		Cilindrica				Tipo de Compresion		Inconfinada					
ENSAYO N°01													
MEDIDAS DE LA MUESTRA (cm)				s3=		10.00 psi		Peso=		782.36 gr			
	Superior	Medio	Inferior		s3=	0.703 kg/cm2		Peso Unitario Humedo=		1.846 gr/cm3			
DIAMETRO	6.51 cm	6.52 cm	6.50 cm		H prom	12.72 cm		Contenido de Humedad=		6.25% %			
ALTURA	12.70 cm	12.72 cm	12.74 cm		Ao prom=	33.31cm2		Peso Unitario Seco=		1.74 gr/cm3			
D	6.51 cm				Δuc	0.000 kg/cm2		$D=(ds+2dm+di)/4$					
VOLUMEN	423.71 cm3				Δud	0.340 kg/cm2							
s3:	Presion Normal de Carga (psi)		H prom :		Altura Promedio (cm)		Ao prom :		Superficie de Carga (cm2)				
VALORES DE ESFUERZOS										Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	ΔLx0.00 I (cm)	L (cm)	ε=ΔL/L	A=A0/(1-ε)	σd=F/A	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2		
0.00	0	0.00	0.00	12.72									
53.08	61	1.12	0.05	12.67									
106.17	121	2.10	0.10	12.62									
159.25	182	3.03	0.15	12.57									
212.33	242	4.23	0.20	12.52									
265.42	303	5.87	0.25	12.47									
318.50	364	7.62	0.30	12.42									
371.58	424	9.56	0.35	12.37									
424.67	485	11.69	0.40	12.32									
477.75	546	12.32	0.45	12.27									
530.83	606	14.04	0.50	12.22									
583.92	667	15.27	0.55	12.17									
637.00	727	17.91	0.60	12.12									
690.08	788	18.73	0.65	12.07									
743.17	849	20.52	0.70	12.02									
796.25	909	22.64	0.75	11.97									
849.33	970	23.47	0.80	11.92									
902.42	1030	24.85	0.85	11.87									
955.50	1091	26.63	0.90	11.82									
1008.58	1152	27.65	0.95	11.77									
1061.67	1212	29.43	1.00	11.72									
1114.75	1273	30.63	1.05	11.67									
1167.83	1334	32.51	1.10	11.62									
1220.92	1394	32.07	1.15	11.57									
1274.00	1455	33.62	1.20	11.52									
1327.08	1515	34.87	1.25	11.47									
1380.17	1576	36.11	1.30	11.42									
1433.25	1637	37.97	1.35	11.37									
1486.33	1697	39.82	1.40	11.32									
1539.41	1758	40.23	1.45	11.27									
1592.50	1818	42.59	1.50	11.22									
1645.58	1879	43.40	1.55	11.17									
1698.66	1940	44.78	1.60	11.12									
1751.75	2000	45.89	1.65	11.07									
1804.83	2061	47.07	1.70	11.02									
1857.91	2122	49.87	1.75	10.97									
1911.00	2182	50.71	1.80	10.92									
1964.08	2243	51.42	1.85	10.87									
2017.16	2303	52.99	1.90	10.82									
2070.25	2364	53.05	1.95	10.77									

Fuente: Elaboración propia



Tabla 99: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 05 – Ensayo 02

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO															
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA															
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL															
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"													
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL										Nº PAG.:	02				
Realizado por :		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha :		21/10/2022							
		Roger Cahuana Surquislla				Calicata :		05							
Tipo de ensayo :		UU				No Consolidado No drenado		Tipo de Carga :		Carga Rapida, Sin drenaje					
Forma de la Muestra :		Cilindrica				Tipo de Compresion		Inconfinada							
ENSAYO N°02															
MEDIDAS DE LA MUESTRA (cm)				s3=		20.00 psi		D=(ds+2dm+di)/4							
		Superior		Medio		Inferior						s3=		1.406 kg/cm2	
DIAMETRO		6.56 cm		6.54 cm		6.51 cm						H prom		12.74 cm	
ALTURA		12.74 cm		12.76 cm		12.72 cm						Ao prom=		33.57cm2	
D		6.54 cm										Δuc		0.000 kg/cm2	
VOLUMEN		427.64 cm3										Δud		0.650 kg/cm2	
s3:	Presion Normal de Carga (psi)			H prom :		Altura Promedio (cm)		Ao prom :		Superficie de Carga (cm2)					
VALORES DE ESFUERZOS															
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	ΔLx0.00 I(cm)	L (cm)	ε=ΔL/L	A=A0/(1-ε)	σd=F/A	Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos					
0.00	0	0.00	0.00	12.74				s3	s1	s3	s1				
Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2				
62.95	63	2.64	0.05	12.69											
188.84	126	4.49	0.10	12.64											
314.74	189	7.14	0.15	12.59											
440.63	252	9.03	0.20	12.54											
566.53	315	10.02	0.25	12.49											
692.42	378	11.93	0.30	12.44											
818.32	441	13.13	0.35	12.39											
944.21	504	15.51	0.40	12.34											
1070.11	567	17.51	0.45	12.29											
1196.00	629	20.06	0.50	12.24											
1321.90	692	22.00	0.55	12.19											
1447.79	755	22.87	0.60	12.14											
1573.69	818	24.78	0.65	12.09											
1699.58	881	26.71	0.70	12.04											
1825.48	944	29.28	0.75	11.99											
1951.37	1007	30.76	0.80	11.94											
2077.27	1070	32.48	0.85	11.89											
2203.16	1133	32.79	0.90	11.84											
2329.06	1196	33.74	0.95	11.79											
2454.95	1259	35.50	1.00	11.74											
2580.85	1322	38.00	1.05	11.69											
2706.74	1385	39.31	1.10	11.64											
2832.64	1448	40.97	1.15	11.59											
2958.53	1511	42.30	1.20	11.54											
3084.43	1574	43.61	1.25	11.49											
3210.32	1637	44.37	1.30	11.44											
3336.22	1700	45.67	1.35	11.39											
3462.11	1763	47.60	1.40	11.34											
3588.01	1825	49.04	1.45	11.29											
3713.90	1888	51.00	1.50	11.24											
3839.80	1951	51.94	1.55	11.19											
3965.69	2014	52.10	1.60	11.14											
4091.59	2077	55.49	1.65	11.09											
4217.48	2140	56.49	1.70	11.04											
4343.38	2203	58.22	1.75	10.99											
4469.27	2266	59.76	1.80	10.94											
4595.17	2329	61.57	1.85	10.89											
4721.06	2392	61.62	1.89	10.85											
4859.55	2468	63.81	1.98	10.76											

Fuente: Elaboración propia



Tabla 100: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 05 – Ensayo 03

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"									
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL										N° PAG.:	03
Realizado por :		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha :		21/10/2022			
		Roger Cahuana Surquislla				Calicata :		05			
Tipo de ensayo :		UU No Consolidado No drenado				Tipo de Carga :		Carga Rapida, Sin drenaje			
Forma de la Muestra :		Cilindrica				Tipo de Compresion		Inconfinada			
ENSAYO N°03											
MEDIDAS DE LA MUESTRA (cm)					s3=		30.00 psi		D=(ds+2dm+di)/4		
	Superior	Medio	Inferior		s3=	2.109 kg/cm2					
DIAMETRO	6.60 cm	6.52 cm	6.53 cm		H prom	12.73 cm					
ALTURA	12.71 cm	12.75 cm	12.73 cm		Ao prom=	33.62cm2					
D	6.54 cm				Δuc	0.000 kg/cm2					
VOLUMEN	427.96 cm3				Δud	0.900 kg/cm2					
s3:	Presion Normal de Carga (psi)	H prom :	Altura Promedio (cm)	Ao prom :	Superficie de Carga (cm2)						
VALORES DE ESFUERZOS											
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	ΔLx0.00 I (cm)	L (cm)	ε=ΔL/L	A=A0/(1-ε)	σd=F/A	Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
								s3	s1	s3	s1
								Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.73							
62.95	63	4.87	0.05	12.68							
188.84	126	7.53	0.10	12.63							
314.74	189	9.39	0.15	12.58							
440.63	252	12.14	0.20	12.53							
566.53	315	13.85	0.25	12.48							
692.42	378	15.02	0.30	12.43							
818.32	441	16.91	0.35	12.38							
944.21	504	20.09	0.40	12.33							
1070.11	567	21.30	0.45	12.28							
1196.00	629	23.49	0.50	12.23							
1321.90	692	24.38	0.55	12.18							
1447.79	755	26.42	0.60	12.13							
1573.69	818	29.21	0.65	12.08							
1699.58	881	31.05	0.70	12.03							
1825.48	944	31.85	0.75	11.98							
1951.37	1007	34.30	0.80	11.93							
2077.27	1070	36.37	0.85	11.88							
2203.16	1133	37.40	0.90	11.83							
2329.06	1196	38.19	0.95	11.78							
2454.95	1259	40.84	1.00	11.73							
2580.85	1322	43.38	1.05	11.68							
2706.74	1385	43.95	1.10	11.63							
2832.64	1448	46.10	1.15	11.58							
2958.53	1511	46.99	1.20	11.53							
3084.43	1574	48.98	1.25	11.48							
3210.32	1637	50.71	1.30	11.43							
3336.22	1700	52.66	1.35	11.38							
3462.11	1763	53.48	1.40	11.33							
3588.01	1825	54.79	1.45	11.28							
3713.90	1888	56.87	1.50	11.23							
3839.80	1951	58.07	1.55	11.18							
3965.69	2014	60.00	1.60	11.13							
4091.59	2077	63.48	1.65	11.08							
4217.48	2140	63.68	1.70	11.03							
4343.38	2203	64.55	1.75	10.98							
4469.27	2266	65.79	1.80	10.93							
4595.17	2329	66.39	1.85	10.88							
4721.06	2392	67.41	1.90	10.83							
4846.96	2455	68.24	1.95	10.78							
4972.85	2518	68.73	1.98	10.75							
5098.75	2581	69.77	1.98	10.75							

Fuente: Elaboración propia



Tabla 101: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 06 – Ensayo 01

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO													
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA													
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL													
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"											
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL										N° PAG.:	01		
Realizado por :		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha :		22/10/2022					
		Roger Cahuana Surquislla				Calicata :		06					
Tipo de ensayo :		UU No Consolidado No drenado				Tipo de Carga :		Carga Rapida, Sin drenaje					
Forma de la Muestra :		Cilindrica				Tipo de Compresion		Inconfinada					
ENSAYO N°01													
MEDIDAS DE LA MUESTRA (cm)				s3=		10.00 psi		Peso=		795.22		gr	
	Superior	Medio	Inferior	s3=		0.703 kg/cm2		Peso Unitario Humedo=		1.859		gr/cm3	
DIAMETRO	6.53 cm	6.54 cm	6.56 cm	H prom		12.72 cm		Contenido de Humedad=		7.28%		%	
ALTURA	12.70 cm	12.74 cm	12.73 cm	Ao prom=		33.62cm2		Peso Unitario Seco=		1.73		gr/cm3	
D	6.54 cm			Δuc		0.000 kg/cm2		$D=(ds+2dm+di)/4$					
VOLUMEN	427.74 cm3			Δud		0.280 kg/cm2							
s3:	Presion Normal de Carga (psi)		H prom :		Altura Promedio (cm)		Ao prom :		Superficie de Carga (cm2)				
VALORES DE ESFUERZOS										Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	ΔLx0.00 I (cm)	L (cm)	ε=ΔL/L	A=A0/(1-ε)	σd=F/A	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2		
0.00	0	0.00	0.00	12.72									
53.08	40	1.12	0.05	12.67									
106.17	81	2.07	0.10	12.62									
159.25	121	3.99	0.15	12.57									
212.33	162	5.20	0.20	12.52									
265.42	202	6.81	0.25	12.47									
318.50	243	8.56	0.30	12.42									
371.58	283	10.46	0.35	12.37									
424.67	324	12.67	0.40	12.32									
477.75	364	13.22	0.45	12.27									
530.83	404	15.96	0.50	12.22									
583.92	445	17.15	0.55	12.17									
637.00	485	18.89	0.60	12.12									
690.08	526	20.53	0.65	12.07									
743.17	566	22.46	0.70	12.02									
796.25	607	24.50	0.75	11.97									
849.33	647	25.47	0.80	11.92									
902.42	688	26.54	0.85	11.87									
955.50	728	27.31	0.90	11.82									
1008.58	768	28.26	0.95	11.77									
1061.67	809	30.10	1.00	11.72									
1114.75	849	31.48	1.05	11.67									
1167.83	890	33.08	1.10	11.62									
1220.92	930	33.63	1.15	11.57									
1274.00	971	34.21	1.20	11.52									
1327.08	1011	35.62	1.25	11.47									
1380.17	1052	37.70	1.30	11.42									
1433.25	1092	38.70	1.35	11.37									
1486.33	1132	40.62	1.40	11.32									
1539.41	1173	42.11	1.45	11.27									
1592.50	1213	43.64	1.50	11.22									
1645.58	1254	45.00	1.55	11.17									
1698.66	1294	46.45	1.60	11.12									
1751.75	1335	47.65	1.65	11.07									
1804.83	1375	49.11	1.70	11.02									
1857.91	1416	50.41	1.75	10.97									
1911.00	1456	51.98	1.80	10.92									
1964.08	1496	53.16	1.85	10.87									
2017.16	1537	53.78	1.90	10.82									
2070.25	1577	54.45	1.95	10.77									

Fuente: Elaboración propia



Tabla 102: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 06 – Ensayo 02

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO															
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA															
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL															
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"													
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL										N° PAG.:	02				
Realizado por :		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha :		22/10/2022							
		Roger Cahuana Surquislla				Calicata :		06							
Tipo de ensayo :		UU No Consolidado No drenado				Tipo de Carga :		Carga Rapida, Sin drenaje							
Forma de la Muestra :		Cilindrica				Tipo de Compresion		Inconfinada							
ENSAYO N°02															
MEDIDAS DE LA MUESTRA (cm)				s3=		20.00 psi		$D=(ds+2dm+di)/4$							
Superior		Medio		Inferior		s3=						1.406 kg/cm2			
DIAMETRO		6.51 cm		6.53 cm		6.55 cm						H prom		12.71 cm	
ALTURA		12.71 cm		12.68 cm		12.73 cm						Ao prom=		33.49cm2	
D		6.53 cm										Δuc		0.000 kg/cm2	
VOLUMEN		425.55 cm3										Δud		0.590 kg/cm2	
s3:		Presion Normal de Carga (psi)		H prom :		Altura Promedio (cm)		Ao prom :		Superficie de Carga (cm2)					
VALORES DE ESFUERZOS															
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	ΔLx0.00 I (cm)	L (cm)	ε=ΔL/L	A=A0/(1-ε)	σd=F/A	Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos					
								s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2				
0.00	0	0.00	0.00	12.71											
42.00	42	2.55	0.05	12.66											
126.00	84	4.40	0.10	12.61											
210.00	126	6.99	0.15	12.56											
294.00	168	8.75	0.20	12.51											
378.00	210	9.84	0.25	12.46											
462.00	252	11.62	0.30	12.41											
546.00	294	12.71	0.35	12.36											
630.00	336	15.21	0.40	12.31											
714.00	378	17.05	0.45	12.26											
798.00	420	19.55	0.50	12.21											
882.00	462	21.37	0.55	12.16											
966.00	504	22.40	0.60	12.11											
1050.00	546	24.20	0.65	12.06											
1134.00	588	26.03	0.70	12.01											
1218.00	630	28.67	0.75	11.96											
1302.00	672	29.74	0.80	11.91											
1386.00	714	31.59	0.85	11.86											
1470.00	756	31.96	0.90	11.81											
1554.00	798	33.07	0.95	11.76											
1638.00	840	34.26	1.00	11.71											
1722.00	882	36.89	1.05	11.66											
1806.00	924	38.08	1.10	11.61											
1890.00	966	39.89	1.15	11.56											
1974.00	1008	41.06	1.20	11.51											
2058.00	1050	42.13	1.25	11.46											
2142.00	1092	43.25	1.30	11.41											
2226.00	1134	44.47	1.35	11.36											
2310.00	1176	46.44	1.40	11.31											
2394.00	1218	47.60	1.45	11.26											
2478.00	1260	49.51	1.50	11.21											
2562.00	1302	50.62	1.55	11.16											
2646.00	1344	51.23	1.60	11.11											
2730.00	1386	53.97	1.65	11.06											
2814.00	1428	55.16	1.70	11.01											
2898.00	1470	56.29	1.75	10.96											
2982.00	1512	58.31	1.80	10.91											
3066.00	1554	59.60	1.85	10.86											
3150.00	1596	60.11	1.89	10.82											
3242.40	1646	61.64	1.98	10.73											

Fuente: Elaboración propia



Tabla 103: Toma de datos Compresión Triaxial, Calicata 06 – Ensayo 03

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"									
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL										N° PAG.:	03
Realizado por :		Antonio Daniel Alpaca Ninan				Fecha :		22/10/2022			
		Roger Cahuana Surquislla				Calicata :		06			
Tipo de ensayo :		UU No Consolidado No drenado				Tipo de Carga :		Carga Rapida, Sin drenaje			
Forma de la Muestra :		Cilindrica				Tipo de Compresion		Inconfinada			
ENSAYO N°03											
MEDIDAS DE LA MUESTRA (cm)											
	Superior	Medio	Inferior			s3=	30.00 psi				
DIAMETRO	6.52 cm	6.55 cm	6.58 cm			s3=	2.109 kg/cm2				
ALTURA	12.72 cm	12.74 cm	12.68 cm			H prom	12.71 cm				
D	6.55 cm					Ao prom=	33.70cm2				
VOLUMEN	428.38 cm3					Δuc	0.000 kg/cm2	$D=(ds+2dm+di)/4$			
						Δud	0.800 kg/cm2				
s3:	Presion Normal de Carga (psi)		H prom :		Altura Promedio (cm)	Ao prom :		Superficie de Carga (cm2)			
VALORES DE ESFUERZOS											
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	ΔLx0.00 I (cm)	L (cm)	ε=ΔL/L	A=A0/(1-ε)	σd=F/A	Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
								s3	s1	s3	s1
								Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.71							
42.00	42	4.71	0.05	12.66							
126.00	84	7.37	0.10	12.61							
210.00	126	9.19	0.15	12.56							
294.00	168	11.78	0.20	12.51							
378.00	210	13.55	0.25	12.46							
462.00	252	14.58	0.30	12.41							
546.00	294	16.41	0.35	12.36							
630.00	336	19.70	0.40	12.31							
714.00	378	20.86	0.45	12.26							
798.00	420	22.77	0.50	12.21							
882.00	462	23.88	0.55	12.16							
966.00	504	25.67	0.60	12.11							
1050.00	546	28.34	0.65	12.06							
1134.00	588	30.13	0.70	12.01							
1218.00	630	31.33	0.75	11.96							
1302.00	672	33.20	0.80	11.91							
1386.00	714	35.38	0.85	11.86							
1470.00	756	36.08	0.90	11.81							
1554.00	798	37.30	0.95	11.76							
1638.00	840	39.96	1.00	11.71							
1722.00	882	41.86	1.05	11.66							
1806.00	924	43.09	1.10	11.61							
1890.00	966	44.97	1.15	11.56							
1974.00	1008	46.07	1.20	11.51							
2058.00	1050	48.02	1.25	11.46							
2142.00	1092	49.13	1.30	11.41							
2226.00	1134	51.02	1.35	11.36							
2310.00	1176	52.28	1.40	11.31							
2394.00	1218	53.56	1.45	11.26							
2478.00	1260	55.42	1.50	11.21							
2562.00	1302	56.71	1.55	11.16							
2646.00	1344	58.71	1.60	11.11							
2730.00	1386	61.37	1.65	11.06							
2814.00	1428	61.94	1.70	11.01							
2898.00	1470	62.47	1.75	10.96							
2982.00	1512	63.80	1.80	10.91							
3066.00	1554	64.96	1.85	10.86							
3150.00	1596	65.43	1.90	10.81							
3234.00	1638	66.78	1.95	10.76							
3318.00	1680	67.75	1.98	10.73							
3402.00	1722	68.29	1.98	10.73							

Fuente: Elaboración propia



3.5.11 Ensayo Normalizado para la auscultación con penetrómetro Dinámico Ligero de punta Cónica (DPL)

a) Equipos utilizados en la prueba

- Equipo DPL (Punta cónica, martillo de carga de 10 kg, Yunques, Varilla guía, Varillas de sondaje)
- Pico
- Pala
- Gata de extracción
- Cinta metica

b) Procedimiento

Se consultó la normativa existente donde se detalle el proceder del ensayo, para tal motivo se realizó el ensayo de acuerdo a las normas NTP 339.159:2001, así como guías de diferentes instituciones.

1. Se inicia con la limpieza del terreno, retirando el material orgánico presente en campo.
2. Se continua con el ensamblado del equipo, verificando las marcas cada 10cm, se elige un lugar próximo a las calicatas.

Figura 104: *Ensamblaje del equipo DPL*



Fuente: Elaboración propia



3. Se inicia el proceso de aplicación de la carga, a través del martillo de 10kg, y se registra el número de golpes para cada penetración de 10cm, durante este proceso es necesario que una persona levante el martillo para aplicar la carga y otra persona sujete la parte superior del equipo manteniéndolo lo más vertical posible.

Figura 105: *Aplicación de la carga con el martillo de 10kg*



Fuente: Elaboración propia

4. Una vez logrado la penetración casi total de la varilla guía, se procede a acoplar una segunda varilla y se repite el mismo proceso hasta lograr la penetración total de esta segunda varilla, este proceso se repite con varias varillas, hasta agotar las 04 varillas o alcanzar terreno firme, en este segundo caso el equipo no penetrara más alcanzando una profundidad máxima de aplicación de este ensayo.



Figura 106: *Acoplamiento de una segunda varilla*



Fuente: Elaboración propia

5. Por último, se retira las varillas penetradas en el suelo con ayuda de una gata preparada para este tipo de ensayos.

Figura 107: *Extracción de las varillas penetradas*



Fuente: Elaboración propia

c) **Toma de datos**



Tabla 104: Toma de datos, ensayo DPL 01

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																																																																																	
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"																																																																																			
DPL - PENETROMETRO DINAMICO LIGERO (NTP 339.159. 2001)																																																																																					
Realizado por:	Roger Cahuana Surquislla		N° Ensayo:	01																																																																																	
	Antonio Daniel Alpaca Ninan		Fecha:	28/10/2022																																																																																	
Ubicación:	Ladera Central		N° Calicata:	C-01																																																																																	
DATOS DEL ENSAYO			N° Hoja	01																																																																																	
DATOS DEL PENETROMETRO		DPL	SPT	$N_1 = N_2 \frac{W_1 * H_1 * A_2 * e_2}{W_2 * H_2 * A_1 * e_1}$ <p>N1 : N° Golpes SPT N2 : N° Golpes DPL</p>																																																																																	
Peso del Martillo - W (kg)		10.00	63.50																																																																																		
Altura de Caída - H (m)		50.00	76.20																																																																																		
Area de la Punta - A (cm ²)		4.82	20.27																																																																																		
Espesor de la Hinca - E (cm)		10.00	30.00																																																																																		
Profundidad (m)	N° Golpes DPL	<table border="1"> <caption>Data for DPL Blows Chart</caption> <thead> <tr> <th>Profundidad (m)</th> <th>N° Golpes DPL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.10</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>0.20</td><td>2.00</td></tr> <tr><td>0.30</td><td>2.00</td></tr> <tr><td>0.40</td><td>4.00</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>4.00</td></tr> <tr><td>0.60</td><td>2.00</td></tr> <tr><td>0.70</td><td>4.00</td></tr> <tr><td>0.80</td><td>8.00</td></tr> <tr><td>0.90</td><td>3.00</td></tr> <tr><td>1.00</td><td>4.00</td></tr> <tr><td>1.10</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>1.20</td><td>4.00</td></tr> <tr><td>1.30</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>1.40</td><td>7.00</td></tr> <tr><td>1.50</td><td>7.00</td></tr> <tr><td>1.60</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>1.70</td><td>4.00</td></tr> <tr><td>1.80</td><td>4.00</td></tr> <tr><td>1.90</td><td>3.00</td></tr> <tr><td>2.00</td><td>3.00</td></tr> <tr><td>2.10</td><td>5.00</td></tr> <tr><td>2.20</td><td>4.00</td></tr> <tr><td>2.30</td><td>5.00</td></tr> <tr><td>2.40</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>2.50</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>2.60</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>2.70</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>2.80</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>2.90</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>3.00</td><td>8.00</td></tr> <tr><td>3.10</td><td>11.00</td></tr> <tr><td>3.20</td><td>11.00</td></tr> <tr><td>3.30</td><td>16.00</td></tr> <tr><td>3.40</td><td>13.00</td></tr> <tr><td>3.50</td><td>13.00</td></tr> <tr><td>3.60</td><td>13.00</td></tr> <tr><td>3.70</td><td>14.00</td></tr> <tr><td>3.80</td><td>16.00</td></tr> <tr><td>3.90</td><td>16.00</td></tr> </tbody> </table>				Profundidad (m)	N° Golpes DPL	0.10	1.00	0.20	2.00	0.30	2.00	0.40	4.00	0.50	4.00	0.60	2.00	0.70	4.00	0.80	8.00	0.90	3.00	1.00	4.00	1.10	6.00	1.20	4.00	1.30	6.00	1.40	7.00	1.50	7.00	1.60	6.00	1.70	4.00	1.80	4.00	1.90	3.00	2.00	3.00	2.10	5.00	2.20	4.00	2.30	5.00	2.40	6.00	2.50	6.00	2.60	6.00	2.70	6.00	2.80	6.00	2.90	6.00	3.00	8.00	3.10	11.00	3.20	11.00	3.30	16.00	3.40	13.00	3.50	13.00	3.60	13.00	3.70	14.00	3.80	16.00	3.90	16.00
Profundidad (m)	N° Golpes DPL																																																																																				
0.10	1.00																																																																																				
0.20	2.00																																																																																				
0.30	2.00																																																																																				
0.40	4.00																																																																																				
0.50	4.00																																																																																				
0.60	2.00																																																																																				
0.70	4.00																																																																																				
0.80	8.00																																																																																				
0.90	3.00																																																																																				
1.00	4.00																																																																																				
1.10	6.00																																																																																				
1.20	4.00																																																																																				
1.30	6.00																																																																																				
1.40	7.00																																																																																				
1.50	7.00																																																																																				
1.60	6.00																																																																																				
1.70	4.00																																																																																				
1.80	4.00																																																																																				
1.90	3.00																																																																																				
2.00	3.00																																																																																				
2.10	5.00																																																																																				
2.20	4.00																																																																																				
2.30	5.00																																																																																				
2.40	6.00																																																																																				
2.50	6.00																																																																																				
2.60	6.00																																																																																				
2.70	6.00																																																																																				
2.80	6.00																																																																																				
2.90	6.00																																																																																				
3.00	8.00																																																																																				
3.10	11.00																																																																																				
3.20	11.00																																																																																				
3.30	16.00																																																																																				
3.40	13.00																																																																																				
3.50	13.00																																																																																				
3.60	13.00																																																																																				
3.70	14.00																																																																																				
3.80	16.00																																																																																				
3.90	16.00																																																																																				
3.90	16.00	F : N1/N2=		0.7671																																																																																	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 105: Toma de datos, ensayo DPL 02

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																																																																																	
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"																																																																																			
DPL - PENETROMETRO DINAMICO LIGERO (NTP 339.159. 2001)																																																																																					
Realizado por:		Roger Cahuana Surquislla	N° Ensayo:	02																																																																																	
		Antonio Daniel Alpaca Ninan	Fecha:	28/10/2022																																																																																	
Ubicación:		Ladera Superior	N° Calicata:	02																																																																																	
DATOS DEL ENSAYO			N° Hoja		02																																																																																
DATOS DEL PENETROMETRO		DPL	SPT	$N_1 = N_2 \frac{W_1 * H_1 * A_2 * e_2}{W_2 * H_2 * A_1 * e_1}$ <p>N1 : N° Golpes SPT N2 : N° Golpes DPL</p>																																																																																	
Peso del Martillo - W (kg)	10.00	63.50																																																																																			
Altura de Caída - H (m)	50.00	76.20																																																																																			
Area de la Punta - A (cm ²)	4.82	20.27																																																																																			
Espesor de la Hincia - E (cm)	10.00	30.00																																																																																			
Profundidad (m)	N° Golpes DPL	<table border="1"> <caption>Data for DPL Bar Chart</caption> <thead> <tr> <th>Profundidad (m)</th> <th>N° Golpes DPL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.10</td><td>2.00</td></tr> <tr><td>0.20</td><td>2.00</td></tr> <tr><td>0.30</td><td>3.00</td></tr> <tr><td>0.40</td><td>3.00</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>3.00</td></tr> <tr><td>0.60</td><td>2.00</td></tr> <tr><td>0.70</td><td>4.00</td></tr> <tr><td>0.80</td><td>5.00</td></tr> <tr><td>0.90</td><td>5.00</td></tr> <tr><td>1.00</td><td>4.00</td></tr> <tr><td>1.10</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>1.20</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>1.30</td><td>5.00</td></tr> <tr><td>1.40</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>1.50</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>1.60</td><td>5.00</td></tr> <tr><td>1.70</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>1.80</td><td>8.00</td></tr> <tr><td>1.90</td><td>7.00</td></tr> <tr><td>2.00</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>2.10</td><td>7.00</td></tr> <tr><td>2.20</td><td>8.00</td></tr> <tr><td>2.30</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>2.40</td><td>11.00</td></tr> <tr><td>2.50</td><td>9.00</td></tr> <tr><td>2.60</td><td>7.00</td></tr> <tr><td>2.70</td><td>9.00</td></tr> <tr><td>2.80</td><td>8.00</td></tr> <tr><td>2.90</td><td>7.00</td></tr> <tr><td>3.00</td><td>9.00</td></tr> <tr><td>3.10</td><td>12.00</td></tr> <tr><td>3.20</td><td>11.00</td></tr> <tr><td>3.30</td><td>15.00</td></tr> <tr><td>3.40</td><td>11.00</td></tr> <tr><td>3.50</td><td>13.00</td></tr> <tr><td>3.60</td><td>12.00</td></tr> <tr><td>3.70</td><td>13.00</td></tr> <tr><td>3.80</td><td>14.00</td></tr> <tr><td>3.90</td><td>13.00</td></tr> </tbody> </table>				Profundidad (m)	N° Golpes DPL	0.10	2.00	0.20	2.00	0.30	3.00	0.40	3.00	0.50	3.00	0.60	2.00	0.70	4.00	0.80	5.00	0.90	5.00	1.00	4.00	1.10	6.00	1.20	6.00	1.30	5.00	1.40	6.00	1.50	6.00	1.60	5.00	1.70	6.00	1.80	8.00	1.90	7.00	2.00	6.00	2.10	7.00	2.20	8.00	2.30	6.00	2.40	11.00	2.50	9.00	2.60	7.00	2.70	9.00	2.80	8.00	2.90	7.00	3.00	9.00	3.10	12.00	3.20	11.00	3.30	15.00	3.40	11.00	3.50	13.00	3.60	12.00	3.70	13.00	3.80	14.00	3.90	13.00
Profundidad (m)	N° Golpes DPL																																																																																				
0.10	2.00																																																																																				
0.20	2.00																																																																																				
0.30	3.00																																																																																				
0.40	3.00																																																																																				
0.50	3.00																																																																																				
0.60	2.00																																																																																				
0.70	4.00																																																																																				
0.80	5.00																																																																																				
0.90	5.00																																																																																				
1.00	4.00																																																																																				
1.10	6.00																																																																																				
1.20	6.00																																																																																				
1.30	5.00																																																																																				
1.40	6.00																																																																																				
1.50	6.00																																																																																				
1.60	5.00																																																																																				
1.70	6.00																																																																																				
1.80	8.00																																																																																				
1.90	7.00																																																																																				
2.00	6.00																																																																																				
2.10	7.00																																																																																				
2.20	8.00																																																																																				
2.30	6.00																																																																																				
2.40	11.00																																																																																				
2.50	9.00																																																																																				
2.60	7.00																																																																																				
2.70	9.00																																																																																				
2.80	8.00																																																																																				
2.90	7.00																																																																																				
3.00	9.00																																																																																				
3.10	12.00																																																																																				
3.20	11.00																																																																																				
3.30	15.00																																																																																				
3.40	11.00																																																																																				
3.50	13.00																																																																																				
3.60	12.00																																																																																				
3.70	13.00																																																																																				
3.80	14.00																																																																																				
3.90	13.00																																																																																				
3.90	13.00																																																																																				

F : N1/N2= 0.7671

Fuente: Elaboración propia



Tabla 106: Toma de datos, ensayo DPL 03

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"			
DPL - PENETROMETRO DINAMICO LIGERO (NTP 339.159. 2001)					
Realizado por:	Roger Cahuana Surquislla	N° Ensayo:	03		
	Antonio Daniel Alpaca Ninan	Fecha:	28/10/2022		
Ubicación:	Borde Superior	N° Calicata:	03		
DATOS DEL ENSAYO			N° Hoja		03
DATOS DEL PENETROMETRO		DPL	SPT	$N_1 = N_2 \frac{W_1 * H_1 * A_2 * e_2}{W_2 * H_2 * A_1 * e_1}$ <p>N1 : N° Golpes SPT N2 : N° Golpes DPL</p>	
Peso del Martillo - W (kg)	10.00	63.50			
Altura de Caída - H (m)	50.00	76.20			
Área de la Punta - A (cm ²)	4.82	20.27			
Espesor de la Hinca - E (cm)	10.00	30.00			
Profundidad (m)	N° Golpes DPL				
0.00	0.00				
0.10	11.00				
0.20	14.00				
0.30	18.00				
0.40	12.00				
0.50	14.00				
0.60	16.00				
0.70	8.00				
0.80	9.00				
0.90	16.00				
1.00	19.00				
1.10	24.00				
1.20	23.00				
1.30	27.00				
1.40	23.00				
1.50	21.00				
1.60	15.00				
1.70	12.00				
1.80	22.00				
1.90	23.00				
2.00	29.00				
2.10	21.00				
2.20	23.00				
2.30	27.00				
2.40	31.00				
2.50	33.00				
2.60	36.00				
2.70	35.00				
2.80	34.00				
2.90	27.00				
3.00	36.00				
3.10	35.00				
3.20	37.00				
3.30	32.00				
3.40	38.00				
3.50	33.00				
3.60	37.00				
3.70	35.00				
3.80	36.00				
3.90	38.00				
		F : N1/N2=		0.7671	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 107: Toma de datos, ensayo DPL 04

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL					
TESIS:		"ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL TRAMO 23+710, CARRETERA YAURISQUE - RANRACASA - PARURO Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN, CUSCO, 2022"			
DPL - PENETROMETRO DINAMICO LIGERO (NTP 339.159. 2001)					
Realizado por:	Roger Cahuana Surquislla		N° Ensayo:	04	
	Antonio Daniel Alpaca Ninan		Fecha:	28/10/2022	
Ubicación:	Borde Carretera		N° Calicata:	04	
DATOS DEL ENSAYO			N° Hoja		04
DATOS DEL PENETROMETRO		DPL	SPT	$N_1 = N_2 \frac{W_1 * H_1 * A_2 * e_2}{W_2 * H_2 * A_1 * e_1}$ N1 : N° Golpes SPT N2 : N° Golpes DPL	
Peso del Martillo - W (kg)		10.00	63.50		
Altura de Caída - H (m)		50.00	76.20		
Area de la Punta - A (cm ²)		4.82	20.27		
Espesor de la Hinca - E (cm)		10.00	30.00		
Profundidad (m)	N° Golpes DPL				
0.00	0.00				
0.10	8.00				
0.20	9.00				
0.30	11.00				
0.40	14.00				
0.50	11.00				
0.60	13.00				
0.70	12.00				
0.80	16.00				
0.90	15.00				
1.00	18.00				
1.10	24.00				
1.20	22.00				
1.30	26.00				
1.40	25.00				
1.50	21.00				
1.60	25.00				
1.70	21.00				
1.80	23.00				
1.90	27.00				
2.00	25.00				
2.10	23.00				
2.20	22.00				
2.30	24.00				
2.40	28.00				
2.50	29.00				
2.60	31.00				
2.70	33.00				
2.80	34.00				
2.90	36.00				
3.00	38.00				
3.10	38.00				
3.20	35.00				
3.30	36.00				
3.40	34.00				
3.50	31.00				
3.60	36.00				
3.70	Rechazo				
3.80	Rechazo				
3.90	Rechazo				
		F : N1/N2=		0.7671	

Fuente: Elaboración propia



3.6 Procedimiento de Análisis de datos

3.6.1 Levantamiento Topográfico

a) Procesamiento

El cálculo o procesamiento del levantamiento topográfico mediante el uso de la estación total, en este caso; la estación total Leica TS06 plus; la realiza la propia máquina, en este sentido; los puntos obtenidos en el levantamiento topográfico fueron tomados y ordenados en el formato 01 donde se detallan el número del punto, las coordenadas y las elevaciones fundamentales para conocer la morfología del área de estudio luego estos puntos fueron importados al programa AutoCAD Civil 3D donde fueron editadas y caracterizadas.

b) Diagramas y tablas

Tabla 108: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 01-32

Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
01	191237.0000	8477817.0000	3140.9881	Estacion
02	191238.2914	8477805.3770	3141.0125	Flanco Izquierdo del Talud
03	191230.0765	8477813.8000	3140.2158	Flanco Izquierdo del Talud
04	191233.8949	8477809.6250	3140.9362	Flanco Izquierdo del Talud
05	191237.7031	8477804.5770	3140.9770	Flanco Izquierdo del Talud
06	191240.4571	8477798.7660	3140.9704	Flanco Izquierdo del Talud
07	191243.7775	8477790.9120	3141.0493	Flanco Izquierdo del Talud
08	191246.5281	8477785.1470	3140.7411	Flanco Izquierdo del Talud
09	191250.0750	8477782.9550	3139.4306	Flanco Izquierdo del Talud
10	191253.6034	8477776.5130	3138.6559	Flanco Izquierdo del Talud
11	191253.5900	8477770.2010	3138.1769	Flanco Izquierdo del Talud
12	191228.4698	8477867.3350	3124.4001	Flanco Izquierdo del Talud
13	191239.9010	8477811.8230	3141.1023	Flanco Izquierdo del Talud
14	191236.6864	8477822.1480	3140.0416	Flanco Izquierdo del Talud
15	191233.3776	8477826.8020	3138.7036	Flanco Izquierdo del Talud
16	191227.5646	8477831.3720	3134.5259	Flanco Izquierdo del Talud
17	191208.7160	8477868.9650	3122.8441	Flanco Izquierdo del Talud
18	191228.4594	8477867.7820	3124.4504	Flanco Izquierdo del Talud
19	191235.1229	8477867.1640	3125.6642	Flanco Izquierdo del Talud
20	191244.1849	8477863.9720	3126.5321	Flanco Izquierdo del Talud
21	191250.7123	8477851.1880	3127.5711	Flanco Izquierdo del Talud
22	191207.2667	8477870.9750	3126.3875	Flanco Izquierdo del Talud
23	191212.2272	8477876.1190	3132.9134	Flanco Izquierdo del Talud
24	191219.3714	8477877.5400	3134.3381	Flanco Izquierdo del Talud
25	191252.0372	8477836.6980	3128.4590	Flanco Izquierdo del Talud
26	191225.1668	8477879.4940	3136.8428	Flanco Izquierdo del Talud
27	191258.6569	8477832.5300	3128.4709	Flanco Izquierdo del Talud
28	191232.5741	8477880.4110	3138.3428	Flanco Izquierdo del Talud
29	191252.7046	8477843.4670	3126.7514	Flanco Izquierdo del Talud
30	191237.4877	8477874.5670	3136.2793	Flanco Izquierdo del Talud
31	191254.8915	8477836.2450	3127.1574	Flanco Izquierdo del Talud
32	191244.4950	8477870.6140	3137.3057	Flanco Izquierdo del Talud

Fuente: Elaboración propia



Tabla 109: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 33-64

Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
33	191257.2647	8477830.7750	3127.9744	Borde del talud cabeza
34	191250.9920	8477865.7570	3139.5497	Borde del talud cabeza
35	191249.8466	8477844.8420	3127.5724	Borde del talud cabeza
36	191255.2239	8477862.0160	3141.0804	Borde del talud cabeza
37	191251.8263	8477835.6310	3128.6215	Borde del talud cabeza
38	191259.7433	8477858.6610	3142.6290	Borde del talud cabeza
39	191253.7557	8477827.0180	3129.6742	Borde del talud cabeza
40	191263.4065	8477859.0200	3145.2580	Borde del talud cabeza
41	191265.5528	8477860.9110	3148.6203	Borde del talud cabeza
42	191254.5083	8477821.3200	3130.4711	Borde del talud cabeza
43	191269.9312	8477855.7410	3147.6283	Borde del talud cabeza
44	191256.8987	8477805.9600	3132.4168	Borde del talud cabeza
45	191275.5314	8477846.3540	3145.4290	Borde del talud cabeza
46	191260.8463	8477783.8410	3134.0331	Borde del talud cabeza
47	191280.8619	8477844.8570	3147.5081	Borde del talud cabeza
48	191268.3094	8477761.0710	3134.6979	Borde del talud cabeza
49	191287.1525	8477839.3450	3148.2704	Borde del talud cabeza
50	191277.1676	8477741.2140	3134.8434	Borde del talud cabeza
51	191280.6902	8477835.2830	3145.0774	Borde del talud cabeza
52	191284.7721	8477702.1090	3136.1989	Borde del talud cabeza
53	191262.1040	8477853.0560	3139.8548	Borde del talud cabeza
54	191262.7672	8477847.8200	3137.6608	Borde del talud cabeza
55	191267.9154	8477748.2110	3134.6072	Borde del talud cabeza
56	191265.8666	8477846.4950	3137.6805	Borde del talud cabeza
57	191262.9183	8477844.4710	3137.0677	Borde del talud cabeza
58	191265.8711	8477764.1990	3134.6759	Borde del talud cabeza
59	191260.5629	8477764.3870	3134.5200	Borde del talud cabeza
60	191265.7376	8477846.6430	3137.6601	Calicata
61	191256.6857	8477778.0390	3134.7093	Cuerpo del talud
62	191271.6892	8477839.0660	3137.5981	Cuerpo del talud
63	191265.4203	8477838.7820	3137.2799	Cuerpo del talud
64	191253.2338	8477791.5500	3133.4497	Cuerpo del talud

Fuente: Elaboración propia



Tabla 110: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 65-96

Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
65	191266.6632	8477831.9260	3137.1719	Cuerpo del talud
66	191249.4105	8477806.9840	3132.0047	Cuerpo del talud
67	191268.3497	8477826.7060	3137.7246	Cuerpo del talud
68	191273.5927	8477831.7990	3138.3770	Cuerpo del talud
69	191271.5351	8477835.8440	3137.4318	Cuerpo del talud
70	191246.7159	8477827.8730	3129.3955	Cuerpo del talud
71	191270.0488	8477819.0730	3139.3947	Cuerpo del talud
72	191255.6098	8477812.1950	3131.6551	Calicata
73	191282.1495	8477811.7830	3143.6318	Zona superior del talud
74	191268.9166	8477818.0350	3138.8868	Zona superior del talud
75	191280.7685	8477835.4100	3145.0881	Zona superior del talud
76	191286.1051	8477836.5960	3147.0705	Zona superior del talud
77	191289.5072	8477837.7360	3148.7997	Zona superior del talud
78	191284.7841	8477833.4620	3144.5555	Zona superior del talud
79	191292.1457	8477838.0570	3150.3962	Zona superior del talud
80	191291.3620	8477833.9340	3145.7763	Zona superior del talud
81	191295.2275	8477829.5460	3145.7987	Zona superior del talud
82	191298.0372	8477835.3590	3152.8437	Zona superior del talud
83	191295.1933	8477829.5480	3145.7931	Zona superior del talud
84	191297.9928	8477824.9110	3146.0388	Zona superior del talud
85	191298.7074	8477820.3780	3145.3275	Zona superior del talud
86	191306.5281	8477836.0040	3157.7693	Zona superior del talud
87	191296.8949	8477814.5600	3145.3871	Zona superior del talud
88	191296.3003	8477810.6560	3146.1077	Zona superior del talud
89	191295.4180	8477807.3520	3147.1096	Zona superior del talud
90	191291.5274	8477802.3090	3147.3216	Zona superior del talud
91	191311.5164	8477835.0220	3159.8122	Zona superior del talud
92	191287.7519	8477797.9160	3147.3926	Zona superior del talud
93	191315.5391	8477835.0530	3161.6503	Zona superior del talud
94	191281.5293	8477796.2090	3145.8250	Zona superior del talud
95	191276.0827	8477795.2450	3144.5361	Zona superior del talud
96	191277.7326	8477788.5160	3144.1795	Zona superior del talud

Fuente: Elaboración propia



Tabla 111: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 97-128

Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
97	191331.0854	8477827.8620	3167.6630	Flanco derecho del talud
98	191329.1338	8477820.1330	3164.7995	Flanco derecho del talud
99	191273.0082	8477795.0270	3141.7453	Flanco derecho del talud
100	191322.9069	8477816.3950	3163.9513	Flanco derecho del talud
101	191330.1837	8477811.3930	3165.1955	Flanco derecho del talud
102	191338.5644	8477805.1840	3166.4623	Flanco derecho del talud
103	191335.5330	8477797.6510	3165.6594	Flanco derecho del talud
104	191272.1606	8477800.7250	3140.2708	Flanco derecho del talud
105	191330.7021	8477791.8350	3164.4794	Flanco derecho del talud
106	191279.8945	8477804.2160	3141.4066	Flanco derecho del talud
107	191321.6294	8477787.9310	3162.8159	Flanco derecho del talud
108	191286.1614	8477809.9700	3142.8918	Flanco derecho del talud
109	191316.4964	8477783.2680	3161.4518	Flanco derecho del talud
110	191313.5623	8477780.2720	3160.7201	Flanco derecho del talud
111	191286.8059	8477816.9060	3143.6772	Flanco derecho del talud
112	191307.2630	8477777.5610	3159.3957	Flanco derecho del talud
113	191308.2950	8477777.5740	3158.9792	Cuneta
114	191288.2999	8477809.7470	3142.3004	Zona de cabecera del talud
115	191309.3699	8477772.0530	3159.8104	Cuneta
116	191291.8058	8477812.9090	3142.4263	Zona de cabecera del talud
117	191311.9995	8477761.1990	3161.2513	Cuneta
118	191293.4931	8477815.4840	3142.9567	Zona de cabecera del talud
119	191315.2093	8477748.0180	3162.9107	Cuneta
120	191296.7881	8477820.4380	3143.8249	Zona de cabecera del talud
121	191318.3697	8477734.7760	3167.3514	Cuneta
122	191291.9449	8477825.6730	3143.7389	Zona de cabecera del talud
123	191313.1044	8477753.8630	3162.4929	Cuneta
124	191314.3144	8477754.4490	3162.6601	Cuneta
125	191284.2683	8477826.3950	3142.1816	Zona de cabecera del talud
126	191303.6038	8477774.4650	3158.7338	Zona de cabecera del talud
127	191301.5922	8477769.2290	3158.5120	Zona de cabecera del talud
128	191287.7315	8477818.0750	3143.9244	Zona de cabecera del talud

Fuente: Elaboración propia



Tabla 112: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 129-160

Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
129	191299.8325	8477767.4410	3158.0741	Zona de cabecera del talud
130	191287.6989	8477818.0090	3143.9230	Zona de cabecera del talud
131	191301.4935	8477756.9640	3158.6521	Zona de cabecera del talud
132	191278.7079	8477816.4290	3143.4111	Zona de cabecera del talud
133	191306.0544	8477744.7190	3161.0127	Zona de cabecera del talud
134	191282.0208	8477810.0430	3143.4795	Zona de cabecera del talud
135	191308.8446	8477739.4040	3162.5727	Zona de cabecera del talud
136	191284.6928	8477819.1010	3143.5927	Calicata
137	191312.7626	8477733.5460	3165.9881	Zona de cabecera del talud
138	191317.2643	8477725.6700	3169.6273	Zona de cabecera del talud
139	191319.0678	8477721.5230	3170.6024	Zona de cabecera del talud
140	191319.2529	8477715.9500	3169.7632	Zona de cabecera del talud
141	191318.2625	8477708.9880	3166.8626	Zona de cabecera del talud
142	191319.5843	8477697.5990	3164.5306	Zona de cabecera del talud
143	191320.0108	8477694.5600	3162.8001	Zona de cabecera del talud
144	191296.8674	8477820.2250	3143.8488	Zona de cabecera del talud
145	191323.2902	8477685.6160	3157.2071	Zona de cabecera del talud
146	191312.2067	8477688.5510	3152.3226	Zona de cabecera del talud
147	191309.5889	8477688.5630	3152.4181	Zona de cabecera del talud
148	191309.0485	8477693.1070	3151.9317	Zona de cabecera del talud
149	191305.5100	8477692.6760	3151.9990	Zona de cabecera del talud
150	191304.9281	8477700.0480	3151.4818	Zona de cabecera del talud
151	191300.5791	8477703.6570	3151.3279	Zona de cabecera del talud
152	191299.7794	8477718.1160	3150.5976	Zona de cabecera del talud
153	191297.0885	8477719.7380	3150.3304	Zona de cabecera del talud
154	191295.6533	8477732.7710	3149.9949	Zona de cabecera del talud
155	191294.4602	8477743.8720	3148.9954	Zona de cabecera del talud
156	191291.0812	8477745.4950	3148.6627	Zona de cabecera del talud
157	191292.3512	8477755.0420	3148.5269	Zona de cabecera del talud
158	191289.3676	8477755.2150	3148.3889	Zona de cabecera del talud
159	191289.7566	8477763.2690	3148.3118	Zona de cabecera del talud
160	191278.4064	8477775.1150	3146.4788	Zona de cabecera del talud

Fuente: Elaboración propia



Tabla 113: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 161-192

Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
161	191278.3023	8477767.1910	3142.7690	Zona de cabecera del talud
162	191273.2336	8477771.3540	3142.4072	Zona de cabecera del talud
163	191268.4489	8477774.0150	3140.2687	Zona de cabecera del talud
164	191270.6626	8477768.3620	3140.0255	Zona de cabecera del talud
165	191272.2955	8477760.5640	3138.9412	Zona de cabecera del talud
166	191275.7536	8477754.9410	3138.5391	Zona de cabecera del talud
167	191280.6844	8477758.9490	3142.4481	Zona de cabecera del talud
168	191288.9218	8477771.3360	3147.5433	Zona de cabecera del talud
169	191285.7050	8477773.7580	3147.2925	Zona de cabecera del talud
170	191284.0240	8477778.0540	3146.3843	Zona de cabecera del talud
171	191283.2515	8477782.1820	3147.1594	Zona de cabecera del talud
172	191278.7289	8477784.4540	3146.6066	Zona de cabecera del talud
173	191275.0102	8477784.5030	3143.6524	Flanco derecho del talud
174	191272.4899	8477786.4630	3141.8580	Flanco derecho del talud
175	191271.5763	8477791.4910	3141.6954	Flanco derecho del talud
176	191269.3063	8477796.7270	3140.7183	Flanco derecho del talud
177	191276.7166	8477795.3870	3144.7245	Flanco derecho del talud
178	191283.7964	8477795.5680	3146.5221	Flanco derecho del talud
179	191285.4362	8477787.5100	3147.3283	Flanco derecho del talud
180	191292.9560	8477796.6160	3149.6741	Flanco derecho del talud
181	191296.0812	8477795.2520	3152.1244	Flanco derecho del talud
182	191295.8019	8477792.3620	3151.8393	Flanco derecho del talud
183	191321.5028	8477815.0010	3161.1417	Flanco derecho del talud
184	191323.7896	8477812.7960	3161.6481	Flanco derecho del talud
185	191327.4527	8477810.3200	3161.8629	Flanco derecho del talud
186	191335.6928	8477807.3610	3163.0888	Flanco derecho del talud
187	191337.6800	8477803.0280	3162.5283	Flanco derecho del talud
188	191333.2063	8477799.1620	3160.9133	Flanco derecho del talud
189	191326.5685	8477793.9600	3159.3757	Flanco derecho del talud
190	191324.9423	8477790.7560	3161.1613	Flanco derecho del talud
191	191329.9531	8477793.2800	3162.3494	Flanco derecho del talud
192	191331.7583	8477795.0380	3162.2370	Flanco derecho del talud

Fuente: Elaboración propia



Tabla 114: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 193-224

Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
193	191321.3965	8477791.0950	3158.9847	Flanco derecho del talud
194	191318.3291	8477791.0270	3156.6223	Flanco derecho del talud
195	191311.0795	8477786.6690	3153.3608	Flanco derecho del talud
196	191306.3622	8477783.9100	3152.7314	Flanco derecho del talud
197	191310.9788	8477781.8860	3155.9941	Flanco derecho del talud
198	191309.6278	8477783.7130	3154.8126	Flanco derecho del talud
199	191302.9565	8477778.3840	3152.9183	Flanco derecho del talud
200	191299.4896	8477779.0830	3150.7232	Flanco derecho del talud
201	191296.7389	8477781.3620	3149.9371	Flanco derecho del talud
202	191302.5462	8477789.8130	3148.8152	Flanco derecho del talud
203	191299.2915	8477789.6360	3148.4747	Flanco derecho del talud
204	191294.9523	8477789.4250	3149.8524	Flanco derecho del talud
205	191291.5510	8477786.5230	3148.7168	Flanco derecho del talud
206	191311.1971	8477794.8940	3151.9320	Flanco derecho del talud
207	191306.9203	8477799.7000	3152.5121	Flanco derecho del talud
208	191306.8839	8477799.7060	3152.5027	Calicata
209	191312.2147	8477801.5690	3152.5962	Masa deslizante del talud
210	191314.5985	8477799.1220	3153.6219	Masa deslizante del talud
211	191317.2589	8477801.8370	3155.4739	Masa deslizante del talud
212	191322.5303	8477804.5230	3157.5258	Masa deslizante del talud
213	191325.9532	8477801.9800	3158.9666	Masa deslizante del talud
214	191330.9883	8477804.4500	3161.1475	Masa deslizante del talud
215	191330.4690	8477799.8490	3160.3447	Masa deslizante del talud
216	191320.6271	8477812.6710	3159.8466	Masa deslizante del talud
217	191316.6673	8477811.4960	3157.4786	Masa deslizante del talud
218	191314.5764	8477811.0840	3155.9477	Masa deslizante del talud
219	191310.0625	8477812.6080	3153.5661	Masa deslizante del talud
220	191305.6183	8477813.8020	3149.0774	Masa deslizante del talud
221	191301.2017	8477811.7660	3148.1870	Masa deslizante del talud
222	191299.9501	8477817.6010	3146.2450	Masa deslizante del talud
223	191295.8966	8477818.7530	3143.9030	Masa deslizante del talud
224	191302.0753	8477822.7310	3147.3671	Masa deslizante del talud

Fuente: Elaboración propia



Tabla 115: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 225-256

Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
225	191305.5721	8477824.4580	3149.3390	Flanco derecho del talud
226	191308.1721	8477828.0410	3151.3066	Flanco derecho del talud
227	191296.7121	8477835.5910	3149.3114	Flanco derecho del talud
228	191325.2757	8477812.1210	3162.0804	Flanco derecho del talud
229	191302.5108	8477832.7670	3150.2384	Flanco derecho del talud
230	191300.6984	8477830.4110	3147.9483	Flanco derecho del talud
231	191308.1522	8477832.5910	3152.0977	Flanco derecho del talud
232	191310.8701	8477829.3330	3153.3441	Flanco derecho del talud
233	191314.2713	8477828.9310	3156.2208	Flanco derecho del talud
234	191316.8523	8477827.1380	3157.2566	Flanco derecho del talud
235	191318.4331	8477829.8200	3159.2170	Flanco derecho del talud
236	191317.5610	8477833.0900	3160.1210	Flanco derecho del talud
237	191324.2474	8477831.7040	3163.1145	Flanco derecho del talud
238	191327.5145	8477829.4310	3164.0978	Flanco derecho del talud
239	191319.7612	8477718.0370	3170.2850	Flanco derecho del talud
240	191330.2551	8477827.8770	3165.3123	Flanco derecho del talud
241	191326.3008	8477827.3280	3163.1312	Flanco derecho del talud
242	191327.9596	8477824.9180	3162.4937	Flanco derecho del talud
243	191327.4092	8477821.4560	3163.5447	Flanco derecho del talud
244	191338.8051	8477818.0540	3167.8884	Calicata
245	191333.3569	8477829.2710	3168.5980	Calicata
246	191358.8744	8477827.0140	3182.5904	Carretera
247	191331.0663	8477828.5730	3167.5427	Flanco derecho del talud
248	191361.3493	8477818.8930	3181.7261	Carretera
249	191331.0531	8477828.6390	3167.5588	Flanco derecho del talud
250	191364.3734	8477804.7180	3180.4604	Carretera
251	191339.1704	8477822.0010	3169.6015	Flanco derecho del talud
252	191370.2506	8477789.8440	3179.2702	Carretera
253	191361.3819	8477775.0810	3178.3445	Carretera
254	191346.5616	8477816.7720	3172.0546	Flanco derecho del talud
255	191346.8789	8477800.9990	3168.1665	Flanco derecho del talud
256	191362.7910	8477773.4850	3177.4948	Carretera

Fuente: Elaboración propia



Tabla 116: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 257-288

Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
257	191349.0667	8477780.9900	3169.2088	Flanco derecho del talud
258	191347.5825	8477759.4370	3176.4537	Carretera
259	191344.9177	8477777.7950	3168.0443	Flanco derecho del talud
260	191344.9697	8477754.7140	3175.2996	Carretera
261	191337.6087	8477771.5660	3166.7820	Flanco derecho del talud
262	191334.6098	8477742.4850	3173.7116	Carretera
263	191335.2519	8477763.9920	3167.3151	Flanco derecho del talud
264	191328.6188	8477732.9940	3172.9057	Carretera
265	191332.2668	8477730.5240	3172.6993	Ancho de carretera
266	191335.0050	8477729.7850	3172.4401	Borde de carretera
267	191330.3008	8477752.6620	3167.8709	Flanco derecho del talud
268	191328.6153	8477716.6120	3171.7865	Carretera
269	191328.0208	8477743.2720	3169.6880	Flanco derecho del talud
270	191323.9691	8477721.0470	3171.8704	Flanco derecho del talud
271	191326.7993	8477736.8440	3170.7624	Flanco derecho del talud
272	191321.6031	8477728.2880	3170.7429	Flanco derecho del talud
273	191322.1629	8477738.1210	3169.1446	Flanco derecho del talud
274	191331.7901	8477729.5840	3172.6256	Eje de carretera
275	191318.8590	8477750.3040	3163.6172	Flanco derecho del talud
276	191319.1917	8477730.5820	3169.3507	Flanco derecho del talud
277	191312.1731	8477751.2350	3162.6326	Flanco derecho del talud
278	191331.0010	8477783.4650	3164.4470	Flanco derecho del talud
279	191319.9175	8477771.0770	3162.7838	Flanco derecho del talud
280	191353.7765	8477830.4300	3182.1281	Carretera
281	191358.1951	8477833.3460	3182.8909	Carretera
282	191345.1387	8477851.4040	3184.8058	Carretera
283	191341.6616	8477855.5040	3186.4806	Carretera
284	191336.4103	8477860.2270	3186.4899	Carretera
285	191332.4517	8477860.3940	3185.6307	Carretera
286	191330.8329	8477863.8660	3185.9196	Carretera
287	191333.6453	8477865.6020	3187.1128	Carretera
288	191318.2739	8477886.5510	3187.8565	Carretera

Fuente: Elaboración propia



Tabla 117: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 289-320

Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
289	191311.9180	8477894.4560	3188.5980	Carretera
290	191304.6876	8477910.8620	3189.6138	Carretera
291	191289.5644	8477923.3400	3184.5241	Pie de talud
292	191269.0690	8477938.7290	3183.2581	Pie de talud
293	191271.9220	8477949.2970	3186.8126	Pie de talud
294	191273.1637	8477956.9540	3191.7052	Pie de talud
295	191266.0905	8477965.5070	3192.0836	Pie de talud
296	191257.3021	8477971.7400	3193.2366	Pie de talud
297	191257.9105	8477975.2100	3194.2069	Pie de talud
298	191259.3694	8477929.3650	3180.3782	Pie de talud
299	191257.2935	8477919.6410	3176.7922	Pie de talud
300	191254.7050	8477909.4620	3170.9169	Pie de talud
301	191244.9286	8477913.1120	3170.2962	Pie de talud
302	191240.1650	8477905.7000	3164.1206	Pie de talud
303	191231.7069	8477912.4830	3164.7224	Pie de talud
304	191352.6477	8477754.3390	3175.3800	Carretera
305	191360.1141	8477763.2130	3176.6400	Carretera
306	191369.1605	8477774.6304	3178.5300	Carretera
307	191377.4578	8477790.3804	3179.3100	Carretera
308	191371.6136	8477805.1707	3180.5200	Carretera
309	191367.8827	8477821.1240	3181.8100	Carretera
310	191365.6653	8477828.4001	3182.6500	Carretera
311	191364.5465	8477836.3379	3182.9700	Carretera
312	191351.1410	8477854.8787	3184.8800	Carretera
313	191347.1015	8477859.7576	3186.5100	Carretera
314	191339.8835	8477864.2603	3185.6900	Carretera
315	191336.6036	8477867.6884	3185.9600	Carretera
316	191324.5068	8477889.5385	3187.8900	Carretera
317	191318.2420	8477897.6023	3188.6700	Carretera
318	191311.1631	8477913.2782	3189.6300	Carretera
319	191279.7323	8477959.5724	3191.6900	Carretera
320	191271.8360	8477969.3865	3192.0500	Carretera

Fuente: Elaboración propia



Tabla 118: Datos resultantes de Levantamiento Topográfico, puntos 321-332

Punto	Este (m)	Norte (m)	Elevacion (m)	Descripcion
321	191263.9169	8477978.7904	3194.2400	Carretera
322	191208.4349	8477864.2734	3122.7900	Carretera
323	191229.0544	8477863.0066	3124.3500	Carretera
324	191240.0165	8477860.4572	3126.5100	Carretera
325	191246.1143	8477849.8577	3127.6200	Carretera
326	191247.3197	8477836.6751	3128.4100	Carretera
327	191249.0426	8477826.6780	3129.6300	Carretera
328	191249.7338	8477821.5748	3130.4100	Carretera
329	191252.1334	8477806.0162	3132.3900	Carretera
330	191256.0732	8477783.8344	3134.0000	Carretera
331	191263.4492	8477760.8092	3134.6700	Carretera
332	191272.2046	8477740.8027	3134.8200	Carretera

Fuente: Elaboración propia

c) Análisis del levantamiento topográfico

En función a los puntos obtenidos del levantamiento topográfico y el procesamiento de estos, en el software AutoCAD Civil 3D; se logró obtener una representación morfológica del área de estudio a partir de las curvas de nivel, que permite la obtención de las pendientes del talud, las secciones del talud, los planos de ubicación y localización y el modelo de elevación del talud(anexos). Los cuales nos ayudaron en el análisis del talud de estudio, su morfología y su posterior modelado en el software Geo 5.

A partir de los planos que se presentan en anexos, el talud de estudio se logró delimitar, obteniéndose así una superficie con un área de 5,171.20 m², perímetro de 323.09 m.

Del levantamiento topográfico se obtuvieron alturas que van desde los 3122.66 m.s.n.m. a 3194.19 m.s.n.m., pendientes que van desde los 0%, que representan terrenos llanos, hasta pendientes mayores al 75%, que representan terrenos de clase escarpado o extremadamente empinada, que de acuerdo al **“PROGRAMA DE REDUCCION DE VULNERABILIDADES Y ATENCION DE EMERGENCIAS PREVAED-2013”**, pendientes superiores a los 50% representan niveles de peligro Muy alto hacia fenómenos de Movimientos de masas. Toda esta información se encuentra en los planos ubicados en los anexos.

3.6.2 Estudio Geológico

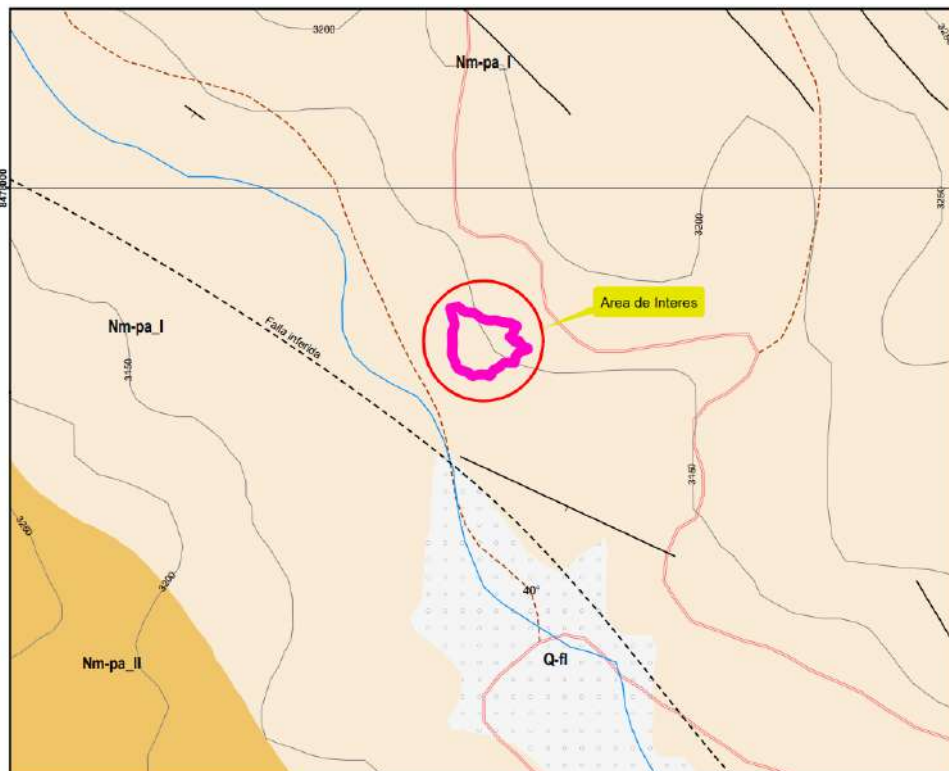
a) Procesamiento

Después de haber realizado el reconocimiento, levantamiento topográfico e inventariado la zona de estudio, lo cual nos brindó una idea de las características generales del talud de estudio, se procedió a la interpretación y realización de los mapas geológicos correspondientes, los cuales nos determinaran la geología de la zona de estudio, además, conjuntamente con el estudio de suelos y el sondaje eléctrico vertical nos dieron a entender el fenómeno y la como afecta la falla presente en el área de estudio.

La geología, tanto regional como local del área de estudio, tiene como referencia el Boletín N° 138 Geología del Cuadrángulo de Cusco de la Serie A de la Carta Geológica Nacional (Hoja 28-s). Asimismo, la información se complementó con el Mapa Geológico del Cuadrángulo de Cusco (Hoja 28-s), informes técnicos elaborados por el Instituto Geofísico del Perú y de visitas realizadas al talud de estudio. Con lo cual se obtuvo información objetiva del terreno estudiado, resaltando la unidad lito estratigráficas Nm- pa correspondiendo a Lutitas y limolitas lacustres con carofitas. Areniscas y conglomerados fluviales.

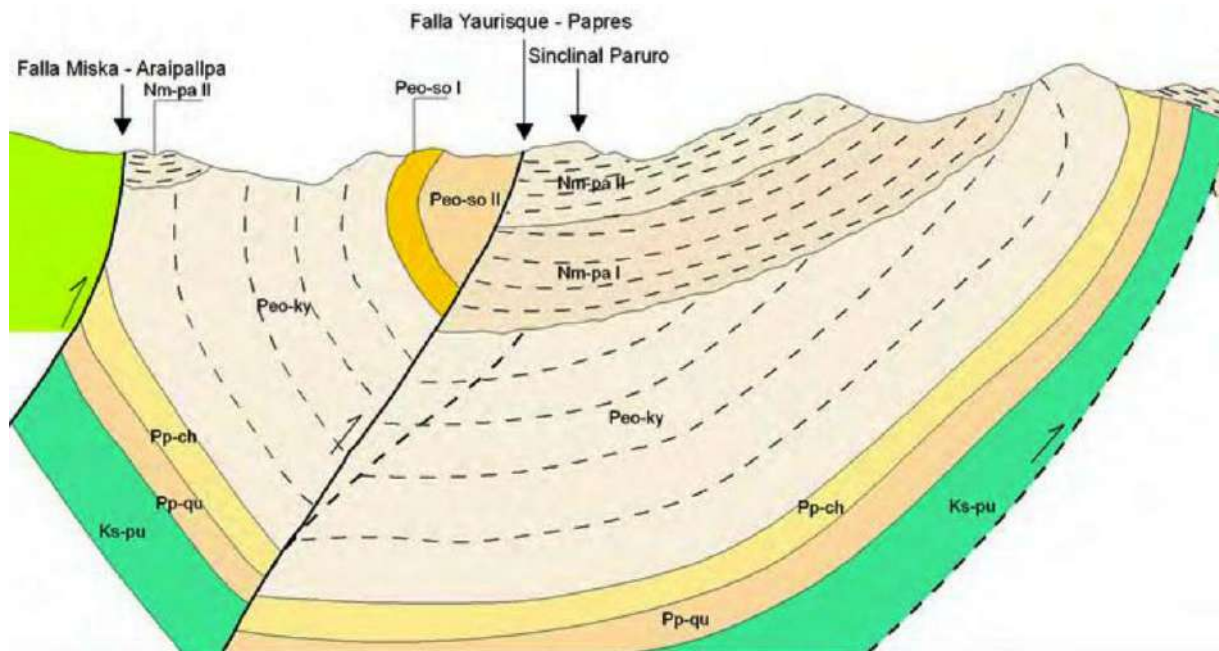
b) Diagramas y tablas

Figura 108: Mapa geológico regional de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de información del INGEMMET

Figura 109: Sección Geológica longitudinal- borde NE de la cordillera occidental



Fuente: (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico(INGEMMET), 2009)

c) Análisis del Estudio Geológico

• Ubicación

Geológicamente el área de interés del presente estudio, se encuentra en el cuadrángulo de Cusco (28-s) la cual está ubicado entre la Cordillera Oriental, el Altiplano y el borde NE de la Cordillera Occidental, cubriendo aproximadamente 3 000 km², entre las coordenadas: 71°30' a 72°00' de longitud oeste, y 13°30' a 14°00' de latitud sur. El área cartografiada de este cuadrángulo pertenece a las provincias de Cusco, Quispicanchis, Paucartambo, Paruro y Acomayo, en el departamento del Cusco.

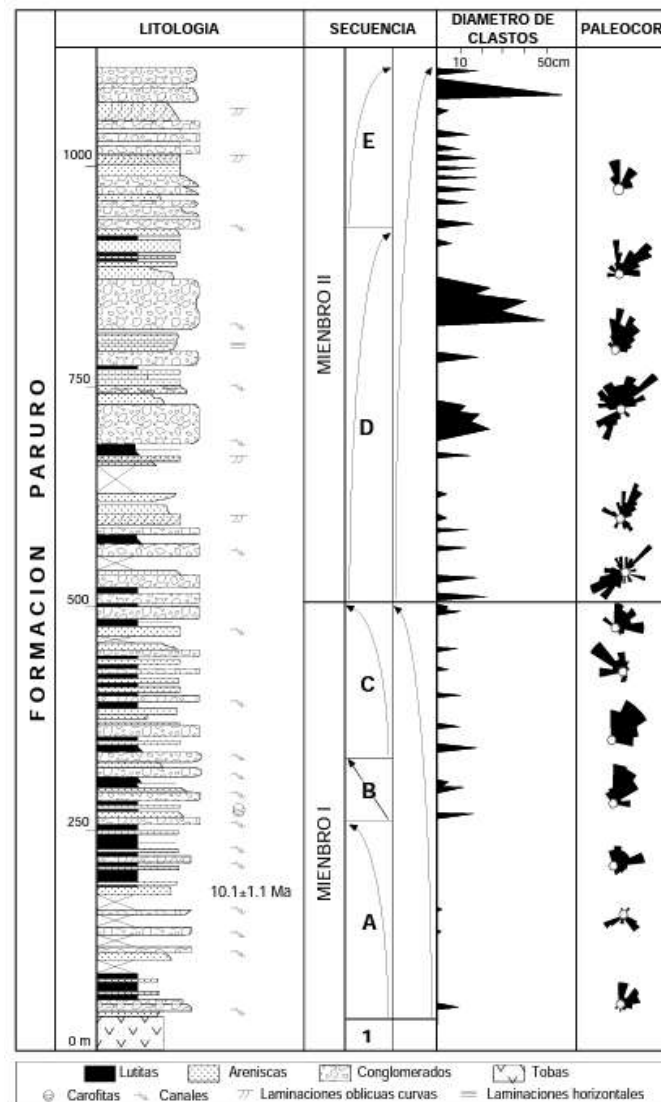
• Geología Regional

Formación Paruro: Mioceno superior

La Formación Paruro ha sido definida por MENDÍVIL (1979). Posteriormente, CÓRDOVA (1986), JAIMES & ROMERO (1996), CARLOTTO et al. (1997) y CARLOTTO (1998) han precisado la estratigrafía y la evolución sedimentaria de esta unidad estratigráfica. La cual aflora en los alrededores del poblado de Paruro, se prolonga al norte hasta Yaurisque y al sur hasta Cusibamba y NO de Acomayo, correspondiendo a la cuenca Paruro alargada NNO-SSE (35 km por 3 km). Esta cuenca está controlada por las fallas NOSE y NNO-SSE de Colchacoyabamba-Acomayo y Yaurisque-Papres-Acomayo.

Litología y ambiente de sedimentación. La Formación Paruro sobreyace en discordancia angular a las formaciones Muñani, Soncco, Punacancha y al Grupo Moho. Esta formación está dividida en dos miembros. El Miembro I está compuesta por lutitas y limolitas lacustres, areniscas fluviales y algunos conglomerados fluviales. El Miembro II está formado casi exclusivamente por conglomerados de conos aluviales formando una secuencia grano estratocreciente (Jaimes & Romero, 1996). Igualmente, en la base del Miembro I se tiene un nivel de tobas volcánicas datado por K/Ar sobre biotitas en $10,1 \pm 1,1$ Ma (CARLOTTO, 1998). En la parte basal también se han encontrado carofitas determinadas como Chara sp. y Rhabdochara gr. langeri indicando el Mioceno (CARLOTTO, 1998). Estas dos dataciones permiten asignar una edad del Mioceno superior para la Formación Paruro.

Figura 110: Columna estratigráfica de la Formación Paruro. Tomado de Jaimes y Romero (1996)



Fuente: (Carlotto Caillaux & Cardénas Roque, 2011)

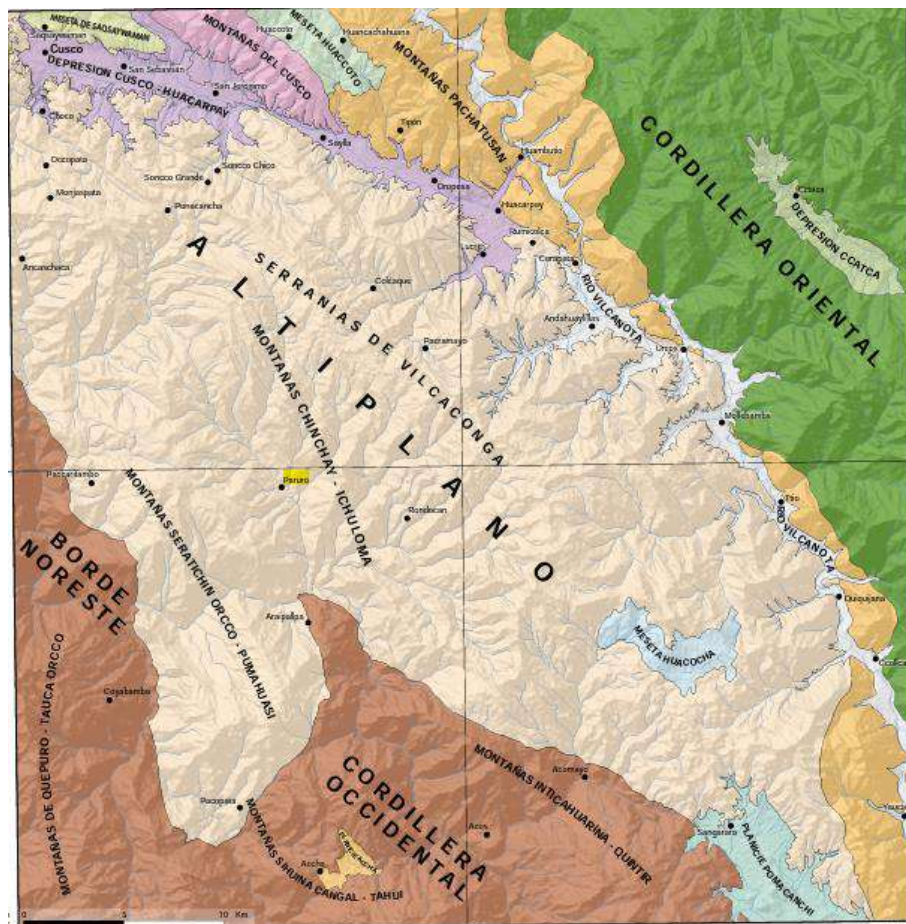
Edad. En la base del Miembro I se observa un nivel de tobas volcánicas que han sido datadas por K/Ar sobre biotitas en 10.1 ± 1.1 Ma (Carlotto, 1998). En la parte basal también se han encontrado carofitas determinadas como *Chara* sp. y *Rhabdochara* gr. *Langeri*, que indican el Mioceno superior (Carlotto, 1998). El Miembro II puede tener una edad de 8 a 5 Ma (Mioceno terminal) ya que la discordancia progresiva podría estar en relación con el evento que se inicia en esa época.

Geomorfología

- **Altiplano**

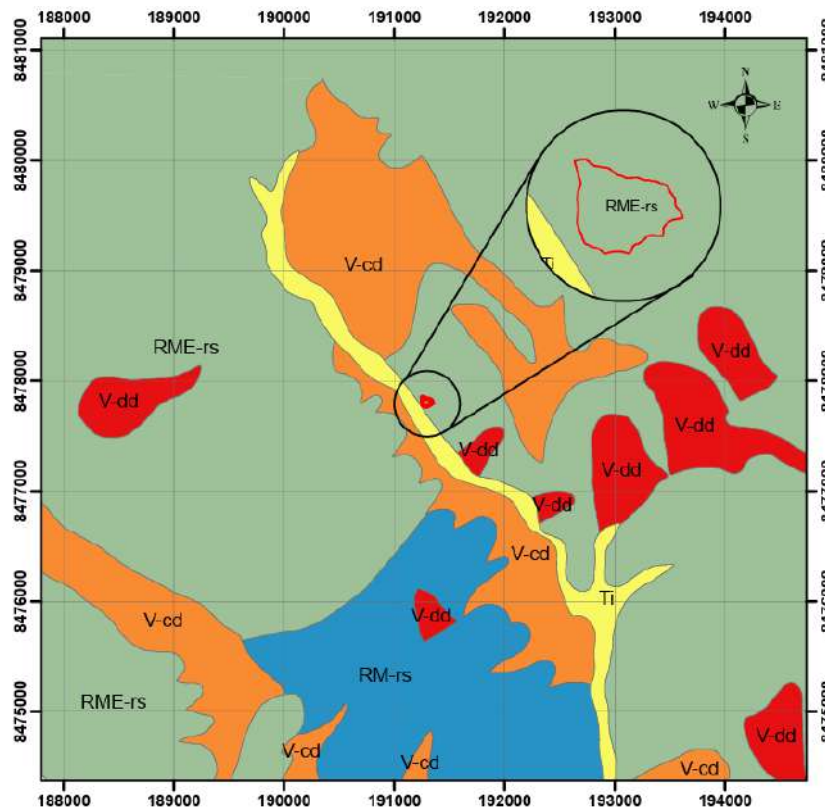
Geomorfológicamente nuestra área de estudio forma gran parte del cuadrángulo de Cusco la cual se localiza en la prolongación noroeste del Altiplano (figura) y corresponde a la terminación occidental de esta unidad que viene desde Bolivia. Limita al sur con el borde NE de la Cordillera Occidental y al norte con la Cordillera Oriental mediante la zona intermedia Altiplano-Cordillera Oriental, caracterizada por el anticlinal de Vilcanota.

Figura 111: Unidades geomorfológicas locales del cuadrángulo del Cusco



Fuente: (Carlotto Caillaux & Cardéas Roque, 2011)

Figura 112: Mapa geomorfológico de subunidades



Fuente: (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico(INGEMMET), 2009)

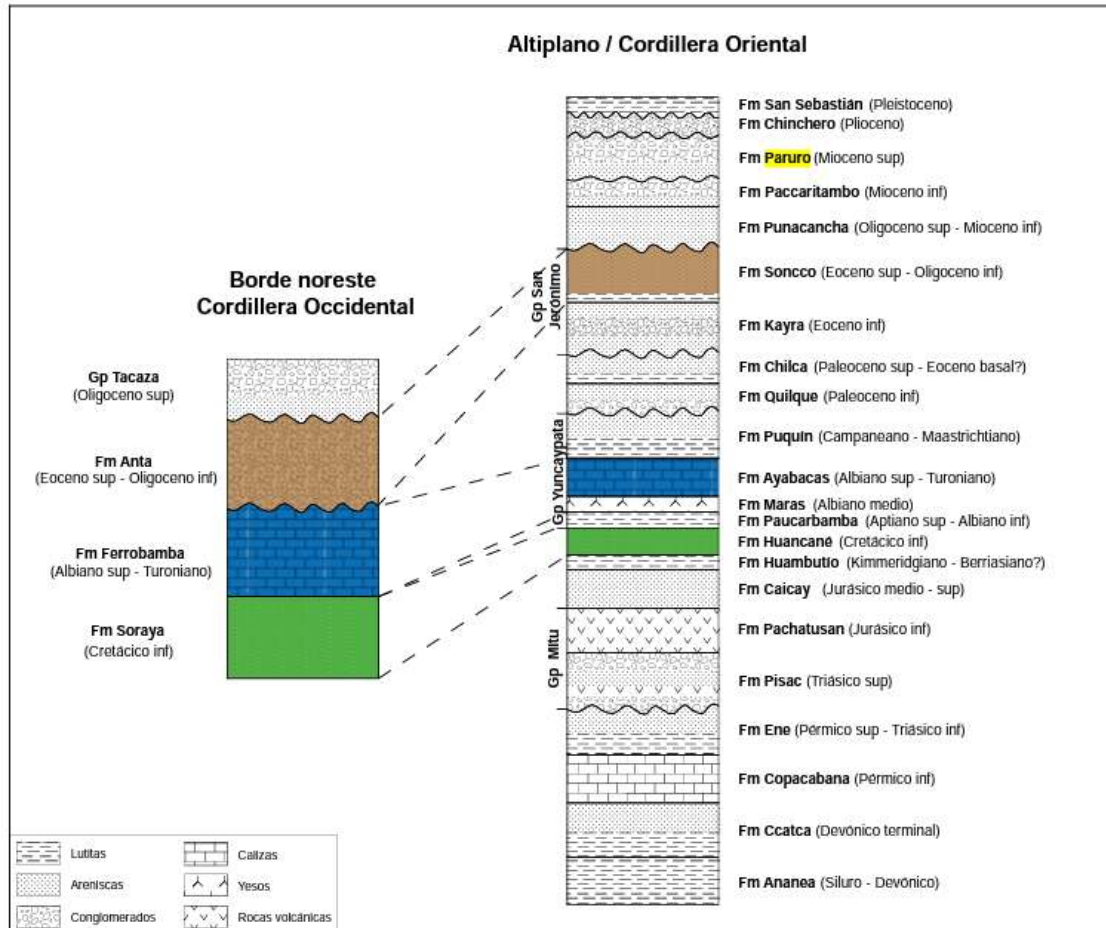
El área de estudio se encuentra sobre la subunidad RME-rs que corresponden a una montaña estructural de roca sedimentaria. Las Serranías de Vilcaconga se ubican al sur de la depresión de Cusco y están conformadas por cumbres alineadas en dirección NO-SE que se prolongan hasta Acomayo, donde está el cerro Pichaquena (4867 msnm), así como al sur de Quiquijana (cerro Acuyac, 4985 msnm). Aquí afloran ampliamente las capas rojas del Grupo San Jerónimo y la Formación Punacancha, las que se hallan plegadas. Los relieves son relativamente accidentados cuando están cortados por los ríos Huatanay o Vilcanota, así como por las quebradas transversales NE-SO, si no es así, el relieve es bastante ondulado. Estas serranías están separadas parcialmente de las montañas Chinchay (4384 msnm) e Ichuloma (3966 msnm) por la pequeña depresión fluvial de Racran, y esta a su vez de las Montañas de Seratichin Orcco (4298 msnm)-Pumahuasi (4428 msnm) por la depresión Paruro-yaurisque (Carlotto Caillaux & Cardénas Roque, 2011).

Estratigrafía

A continuación, se describe brevemente las unidades litoestratigráficas del basamento que corresponde principalmente a rocas del Paleozoico que afloran en la Cordillera Oriental y las

rocas permo-triásicas-jurásicas que emergen en el límite de la Cordillera Oriental con el Altiplano correspondiente a la geomorfología de nuestra área de estudio resaltado el de nuestra área de estudio.

Figura 113: Estratigrafía de los dominios morfoestructurales regionales



Fuente: (Carlotto Caillaux & Cardénas Roque, 2011)

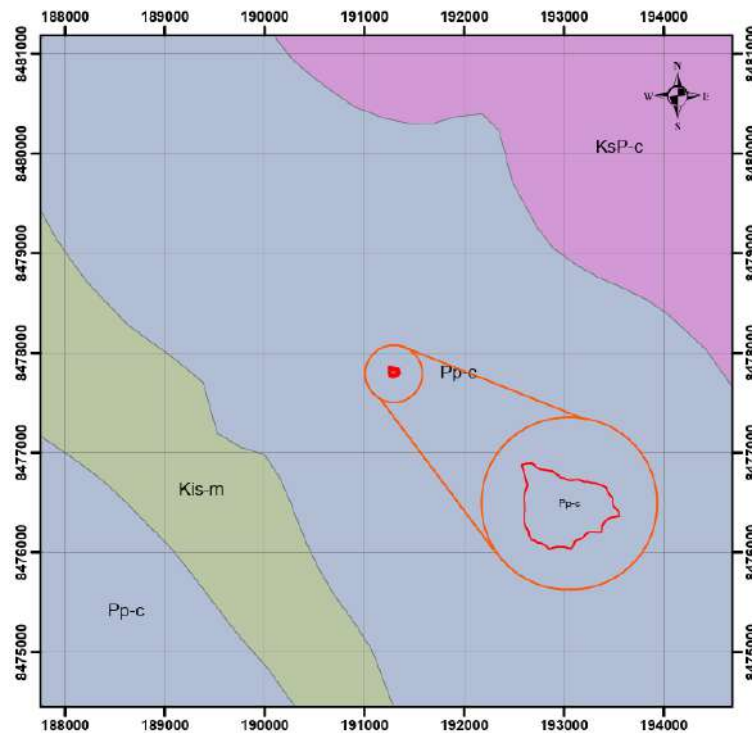
Hidrogeología

• Acuitardo Paruro I

El acuitardo Paruro I es de tipo sedimentario y tiene espesores importantes que llegan hasta 700 m. Está compuesto por lutitas y limolitas lacustres, algunos niveles de areniscas fluviales y de conglomerados fluviales. Es básicamente una unidad impermeable y de bajo interés hidrogeológico. Correspondiente a Pp-c paleógeno paleoceno continental que con lleva a un modelo de formaciones consolidadas fisuradas, incluye formaciones kársticas que son acuíferos locales o discontinuos productivos o acuíferos extensos, pero solo moderadamente productivos (permeabilidad media), cuya clasificación corresponde a un acuífero fisurado sedimentario.



Figura 114: Mapa hidrogeológico



Fuente: (Carlotto Caillaux & Cardénas Roque, 2011)

Tectónica

- **Sistema de fallas Chinchajujio-Paruro Acomayo (SFCPA)**

Se desarrolla en una longitud aproximada de 75 kilómetros. Hacia el sur se puede reconocer este sistema por la localidad de Acomayo, en donde presenta una dirección promedio de N 120° E, siendo subparalela al sistema de falla Casacunca-Acomayo-Langui-Layo.

La parte central presenta una deflexión similar a la falla Zurite Huarco, en donde adopta una dirección aproximada esteoeste. Mientras que la prolongación norte vuelve a tener dirección andina.

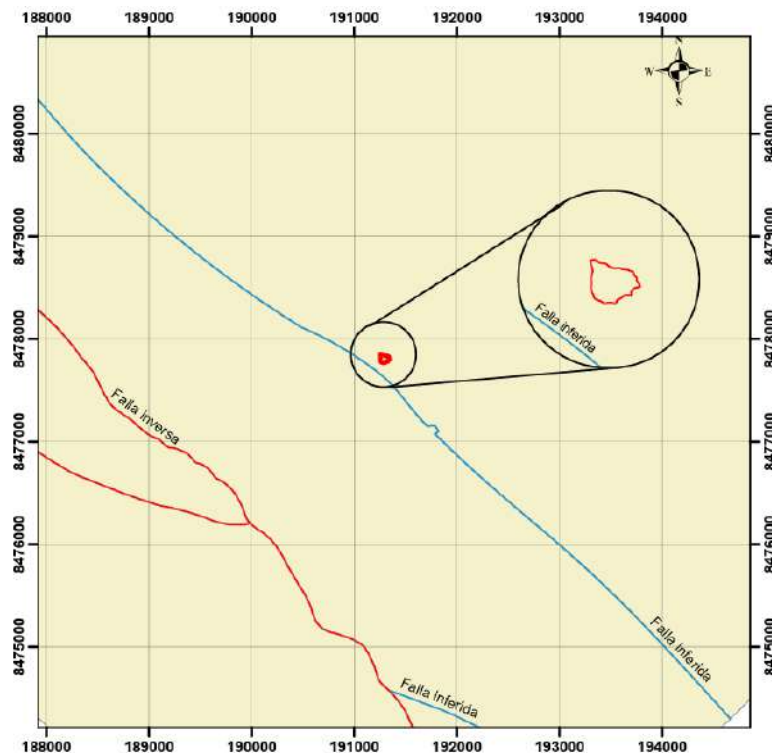
Falla Paruro

Se extiende con dirección N 150° E y buzamiento de 65°-70° hacia el oeste a lo largo de 11 kilómetros, entre los poblados de Yaurisque y Paruro. La deformación de esta falla se distribuye mediante un escarpe principal que generó un desplazamiento máximo vertical de 25 metros; solo en la parte norte la falla se divide en 4 escarpes, generando según su distribución una estructura en echelón o cola de caballo (Figura 4.23). La falla se ubica a 3.5 kilómetros al oeste del poblado de Paruro y a 25 kilómetros en la misma dirección de la ciudad del Cusco. La falla

pone en contacto areniscas feldespáticas y lutitas de coloración rojiza de la formación Puquín con depósitos aluviales y fluviales (Fotografía 4.42); asimismo, se observan a lo largo de la traza facetas triangulares bien conservadas de 10 metros de altitud.

Cabrera (1988) reporta en base a registros históricos que, poblados como Paruro, Yaurisque, Rondocan, entre otros, fueron afectados grandemente o destruidos en su totalidad por sismos. Los catálogos sísmicos del IGP y de la USGS reportan sismos superficiales en los últimos años; por ejemplo, el año 2003 dos eventos de 4.8 y 5 grados de magnitud (MI) en el mes de agosto, y el año 2006 un sismo de 4.3 de magnitud (MI) en el mes de setiembre (Carlotto Caillaux & Cardénas Roque, 2011).

Figura 115: Falla de Paruro correspondiente a una falla inferida



Fuente: (Carlotto Caillaux & Cardénas Roque, 2011)

- **Geología Local**

En la zona de estudio afloran lutitas, limolitas, areniscas fluviales y por sectores conglomerados fluviales de color rojizo la cual corresponde a la formación Paruro, con substrato poco consolidado de fácil erosión, la estratificación es a favor de la pendiente lo cual es un factor a la ocurrencia de deslizamiento y derrumbes, y también se evidencian depósitos coluviales y aluviales cuaternarios.



Formación Paruro

Miembro I: en la zona del deslizamiento observamos desde el corte de talud de la carretera secuencias de lutitas marrón rojizas bastante fracturadas en la base con un espesor aproximado de 4 metros, luego una capa de areniscas cuarzosas grisáceas de granos finos, medios a gruesos que cubre gran parte de todo el afloramiento y de aspecto masivo desde aproximadamente la mitad de la ladera hacia la parte del pie de ladera y esto al margen derecho del deslizamiento, en la parte superior se tienen conglomerados y estas se observaron mejor en el escarpe del deslizamiento antiguo, conformadas por clastos entre 0.5 hasta 15 cm en algunos casos.

- **Depósitos Cuaternarios**

Depósitos coluviales (Qr-col):

En el área de estudio, estos depósitos se encuentran localizados al pie de las laderas, situados en la margen izquierda de la carretera Cusco-Paruro, sobre todo en los cortes al pie del talud para la construcción de carretera referida. Están constituidos por gravas y bloques sub angulosos a angulosos, con una matriz arcillo-limosa, poco o nada consolidados.

Depósitos fluviales (Qr-fl):

Forman parte del curso actual del río Paruro, se identificaron bloques, gravas, arenas y limos, con formas redondeadas a subredondeadas, periódicamente son acarreadas por el curso del río en épocas de crecida.

Tabla 119: Características litológicas de las unidades geológicas respecto a sus aplicaciones para la evaluación de recursos y los planes de ordenamiento territorial

Unidad	Litología	Rocas y minerales industriales/yacimientos	Aguas subterráneas	Peligros geológicos e ingeniería
Formación Paruro Miembro II	Conglomerados gruesos fluviales y de conos aluviales.	Pueden ser explotados como agregados.	Buena permeabilidad, aunque su extensión es localizada y puede ser considerada de mediana productividad.	No son muy favorables por la poca compactación que tienen
Formación Paruro Miembro I	Lutitas y limolitas lacustres, arenisca y conglomerados fluviales	Las arcillas pueden tener alguna utilidad para ladrillos o adobes	Materiales de escaso interés hidrogeológico, de extensión local.	Las arcillas no tienen buen comportamiento mecánico.

Fuente: (Carlotto Caillaux & Cardénas Roque, 2011)



3.6.3 Sondaje eléctrico vertical (SEV)

a) Procesamiento

En las medidas de A-B se iniciaron con aperturas de 1 m como mínimo y de 25 m a cada lado como máximo desde el punto central; con lo que se consiguió la información de acuerdo a las necesidades del presente trabajo.

La interpretación cualitativa es el resultado del desarrollo de las operaciones realizadas en campo, las cuales mediante la utilización del software IPIWIN2, se obtiene las curvas de la tendencia dando lugar a las resistividades aparentes; la información final consiste en una gráfica donde se representa los espesores aparentes de los diferentes materiales a partir de sus resistividades.

b) Diagramas y tablas

Tabla 120: Análisis de Resistividades Aparentes de SEV-01

DATOS DEL ENSAYO			
N°	AB/2	MN/2	RESISTIVIDAD
1	1.00	0.50	65.16
2	2.00	0.50	71.26
3	3.00	0.50	85.15
4	4.00	0.50	92.26
5	5.00	1.00	102.36
6	6.00	1.00	141.58
7	7.00	1.00	121.10
8	8.00	1.00	65.11
9	9.00	1.00	78.21
10	10.00	1.00	100.26
11	15.00	2.00	121.28
12	16.00	2.00	115.44
13	17.00	2.00	185.72
14	18.00	2.00	244.26
15	20.00	2.00	362.39
16	21.00	2.00	936.80
17	22.00	2.00	925.26

Fuente: Elaboración propia



Tabla 121: Análisis de Resistividades Aparentes de SEV-02

DATOS DEL ENSAYO			
N°	AB/2	MN/2	RESISTIVIDAD
1	1.00	0.50	152.36
2	2.00	0.50	141.74
3	3.00	0.50	125.84
4	4.00	0.50	81.11
5	5.00	0.50	65.12
6	8.00	1.00	85.15
7	10.00	1.00	96.45
8	12.00	1.00	105.36
9	15.00	1.00	144.25
10	18.00	2.00	165.23
11	20.00	2.00	187.27
12	21.00	2.00	211.25
13	22.00	2.00	254.29
14	23.00	2.00	351.27
15	24.00	2.00	412.58
16	25.00	2.00	965.45
17	26.00	2.00	1542.56

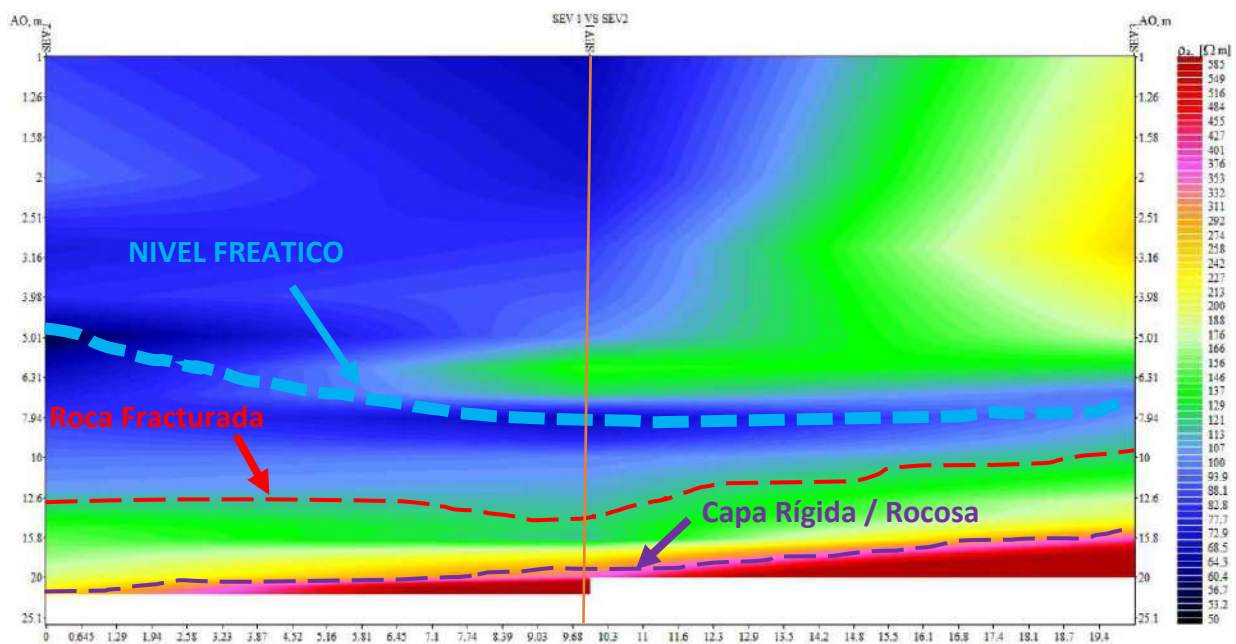
Fuente: Elaboración propia

Tabla 122: Análisis de Resistividades Aparentes de SEV-03

DATOS DEL ENSAYO			
N°	AB/2	MN/2	RESISTIVIDAD
1	1.00	0.50	196.36
2	3.00	0.50	251.14
3	5.00	0.50	177.17
4	7.00	0.50	96.14
5	10.00	1.00	121.36
6	11.00	1.00	136.45
7	12.00	1.00	156.32
8	13.00	1.00	185.45
9	14.00	1.00	196.74
10	15.00	1.00	245.36
11	18.00	1.50	856.74
12	19.00	1.50	1452.36
13	20.00	1.50	2415.49

Fuente: Elaboración propia

Figura 116: *Figura Perfil Geoeléctrico de isorresistividades aparentes, línea A-A':
constituidos por los SEV01, SEV02 y SEV03 / Perfil de la Línea A-A' de Isorresistividades
Aparentes.*



Fuente: Elaboración propia a partir de Software IPIWIN2

c) Análisis de la prueba del Sondaje Eléctrico Vertical

Los resultados del análisis de los 03 sondeos eléctricos verticales, se muestran en 01 perfil Geoeléctrico definido de acuerdo a su resistividad, espesor y profundidad, con los cuales se determinó la estructura litológica aparente del terreno, donde se identificó una estructura litológica de 03 horizontes cuyas resistividades son de bajas a medias, debido al tipo de material, desde el punto de vista hidrogeológico, se ha localizado una reducción en las resistividades que representaría una alta humedad a una profundidad de 5.00 a 8.00 m, de lo que se infiere la presencia de Nivel Freático, un estrato permeable humedo. Cabe acotar que los horizontes identificados de resistividad baja, se debe a la presencia de grietas transversales al plano de deslizamiento, los cuales tienen un espaciado de hasta 0.50 m y una persistencia de hasta 5 m aproximadamente, o materiales sueltos. Del SEV03 (Lado Derecho), se tiene un terreno con resistividades que van de 200 a 300 Ω m, que representaría material en proceso de consolidación por la constante carga transitoria de los vehículos a la que se encuentra sometido ese sector.



Por último, a partir de los 12 m aproximadamente se localizó un material más rígido y menos húmedo, que correspondería a un macizo fracturado y a partir de los 19 m se encontró un macizo rocoso.

3.6.4 Análisis Granulométrico por Tamizado

a) Procesamiento

El procedimiento consiste en la determinación del porcentaje retenido para cada tamiz, considerando el peso total de la muestra el obtenido antes del lavado, sumándose todo lo que se perdió por el mismo en el fondo para lo cual se emplea las siguiente formulas:

$$\%Retenido = \frac{\text{Peso Retenido}(gr)}{\text{Peso de la muestra antes del lavado}(gr)} * 100\%$$

Para el porcentaje retenido acumulado:

$$\%Retenido\ acumulado = \%retenido + \%retenido\ de\ la\ malla\ anterior$$

Para el cálculo del porcentaje que paso de emplea la siguiente formula:

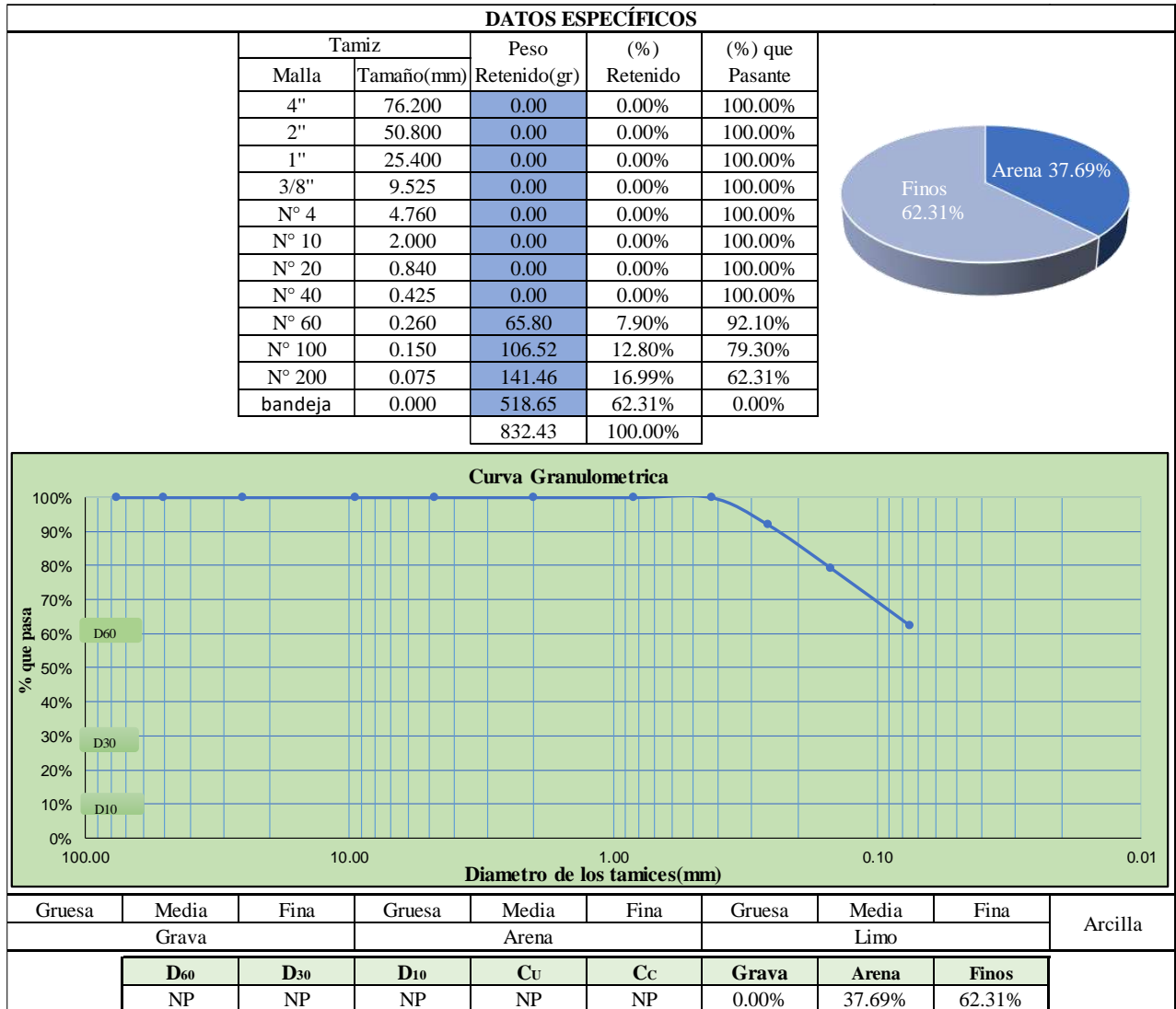
$$\% Que\ pasa = 100\% - \%retenido\ acumulado$$

Estas fórmulas fueron empleadas para el análisis de cada calicata las cuales son presentadas en el ítem b.



b) Diagramas y tablas

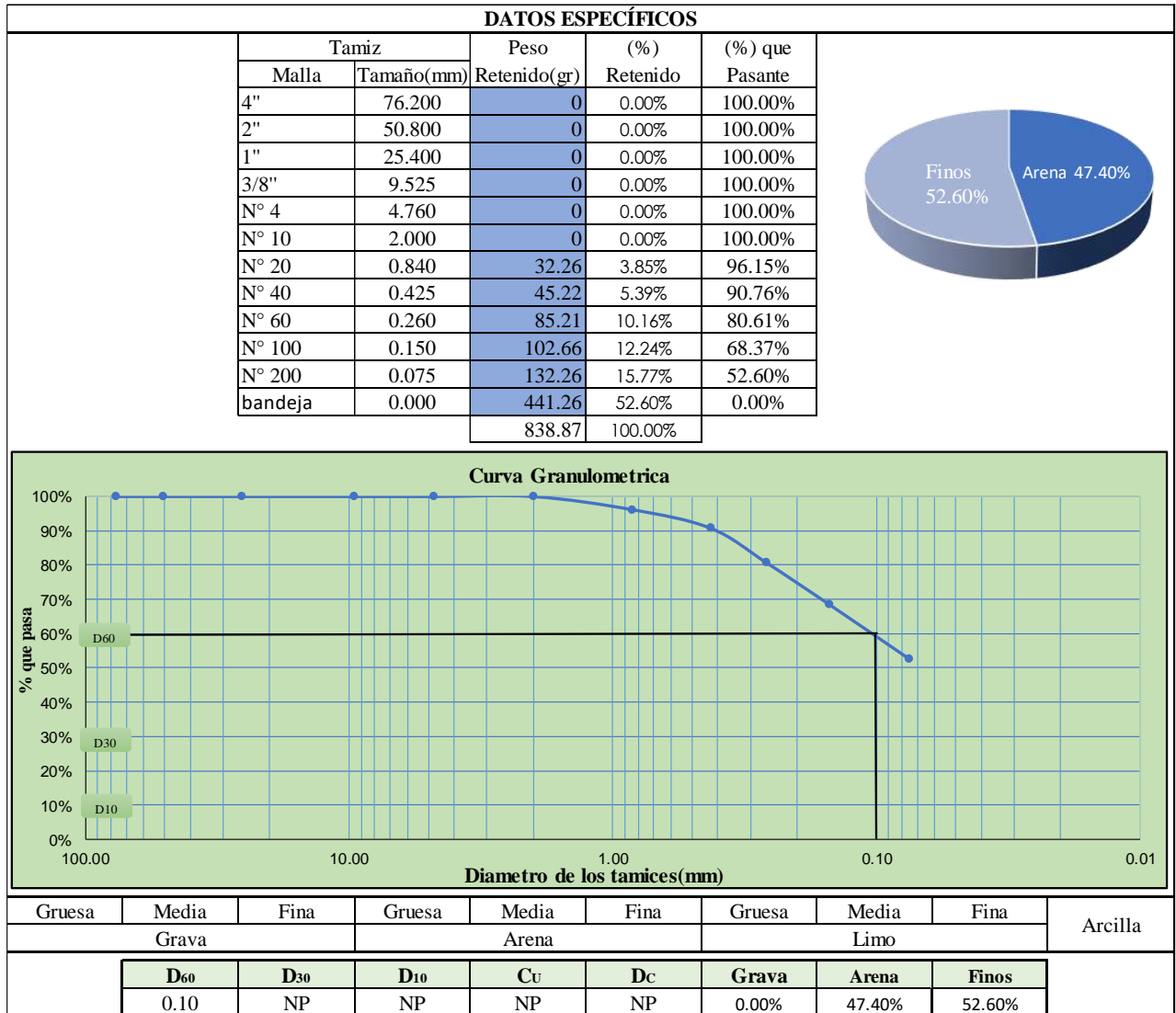
Tabla 123: Procesamiento de datos del Ensayo, Análisis Granulométrico por Tamizado
Calicata 01, C-01



Fuente: Elaboración propia



Tabla 124: Procesamiento de datos del Ensayo, Análisis Granulométrico por Tamizado
Calicata 02, C-02

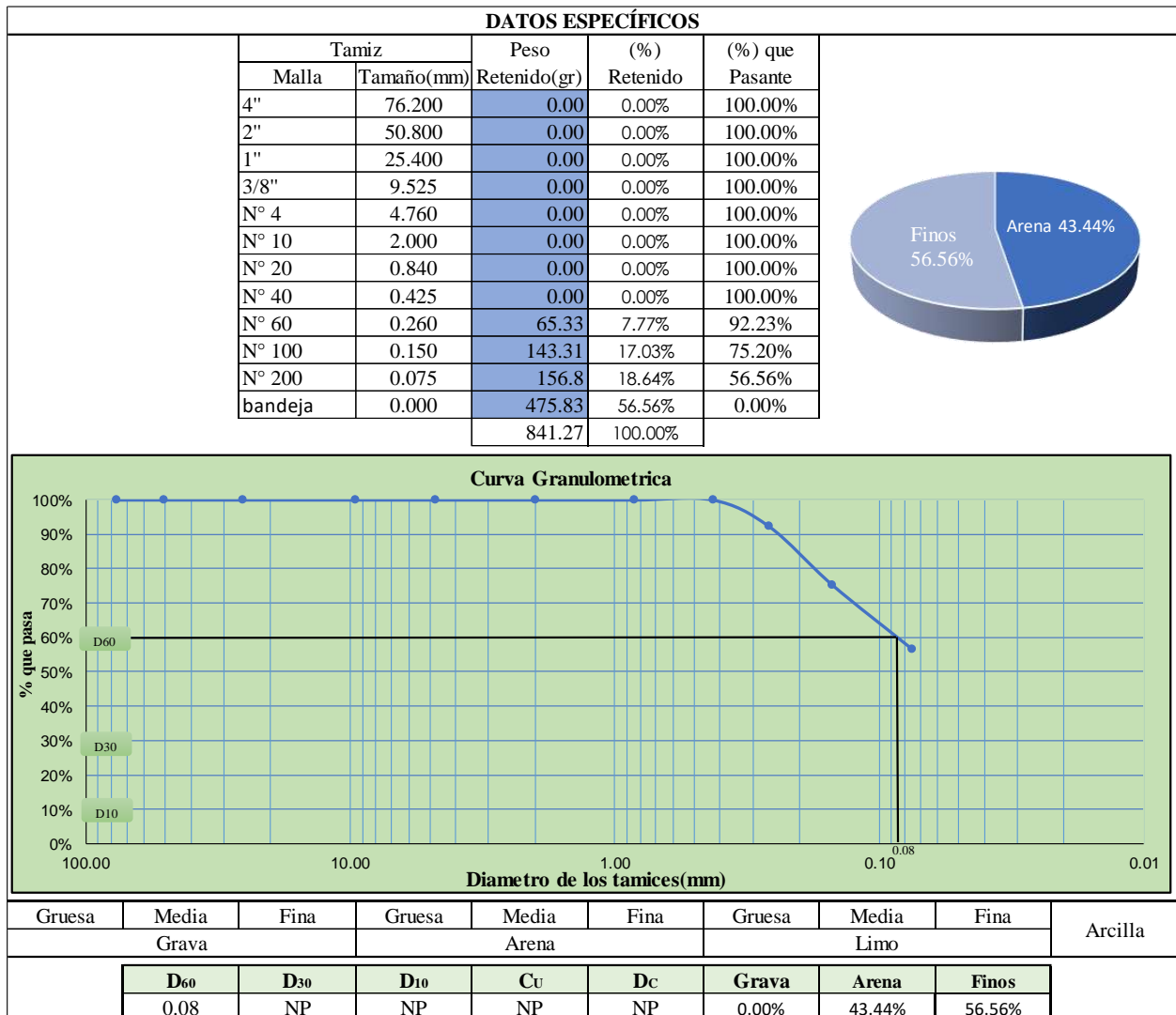


Fuente: Elaboración propia



Tabla 125: Procesamiento de datos del Ensayo, Análisis Granulométrico por Tamizado

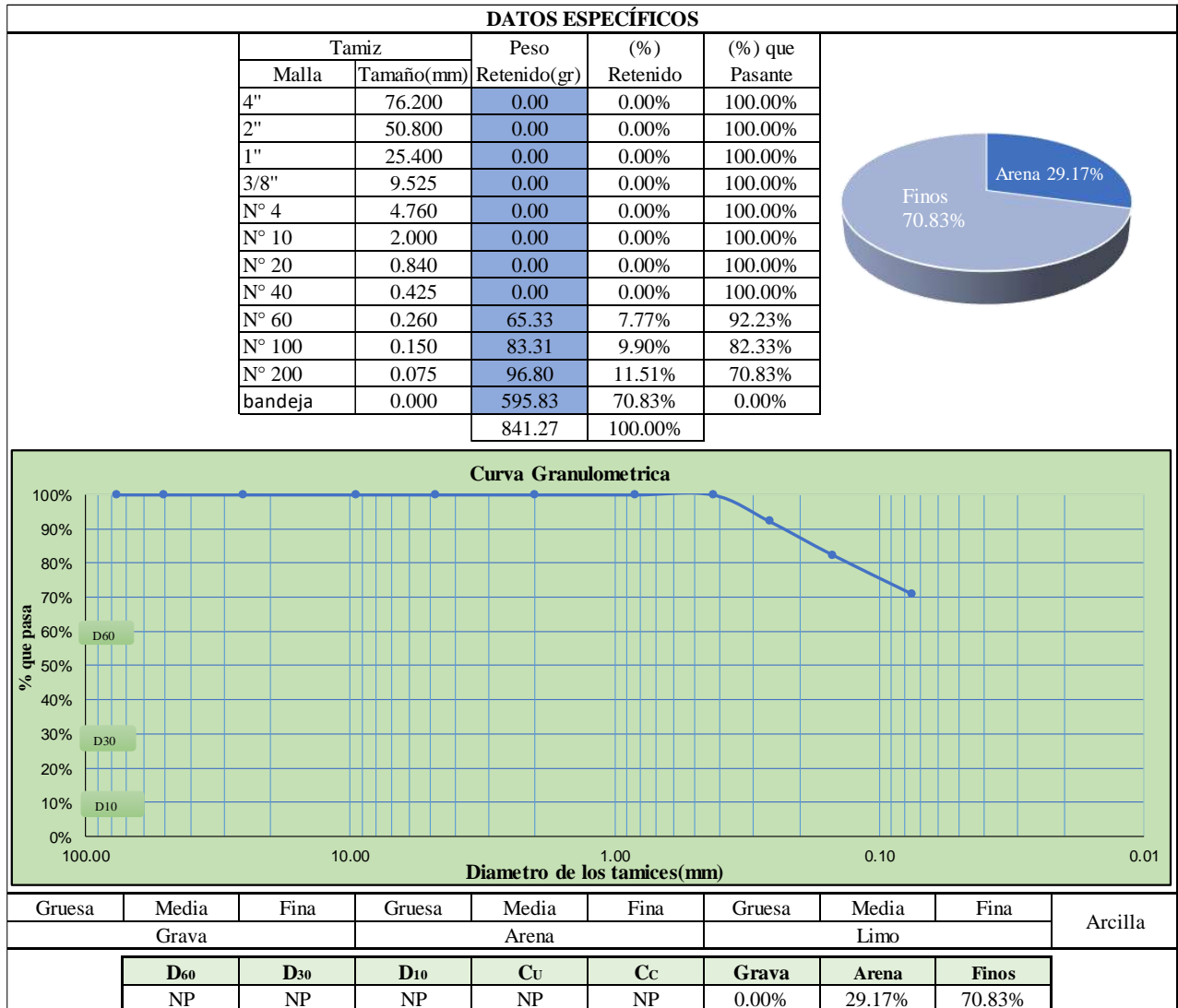
Calicata 03, C-03



Fuente: Elaboración propia



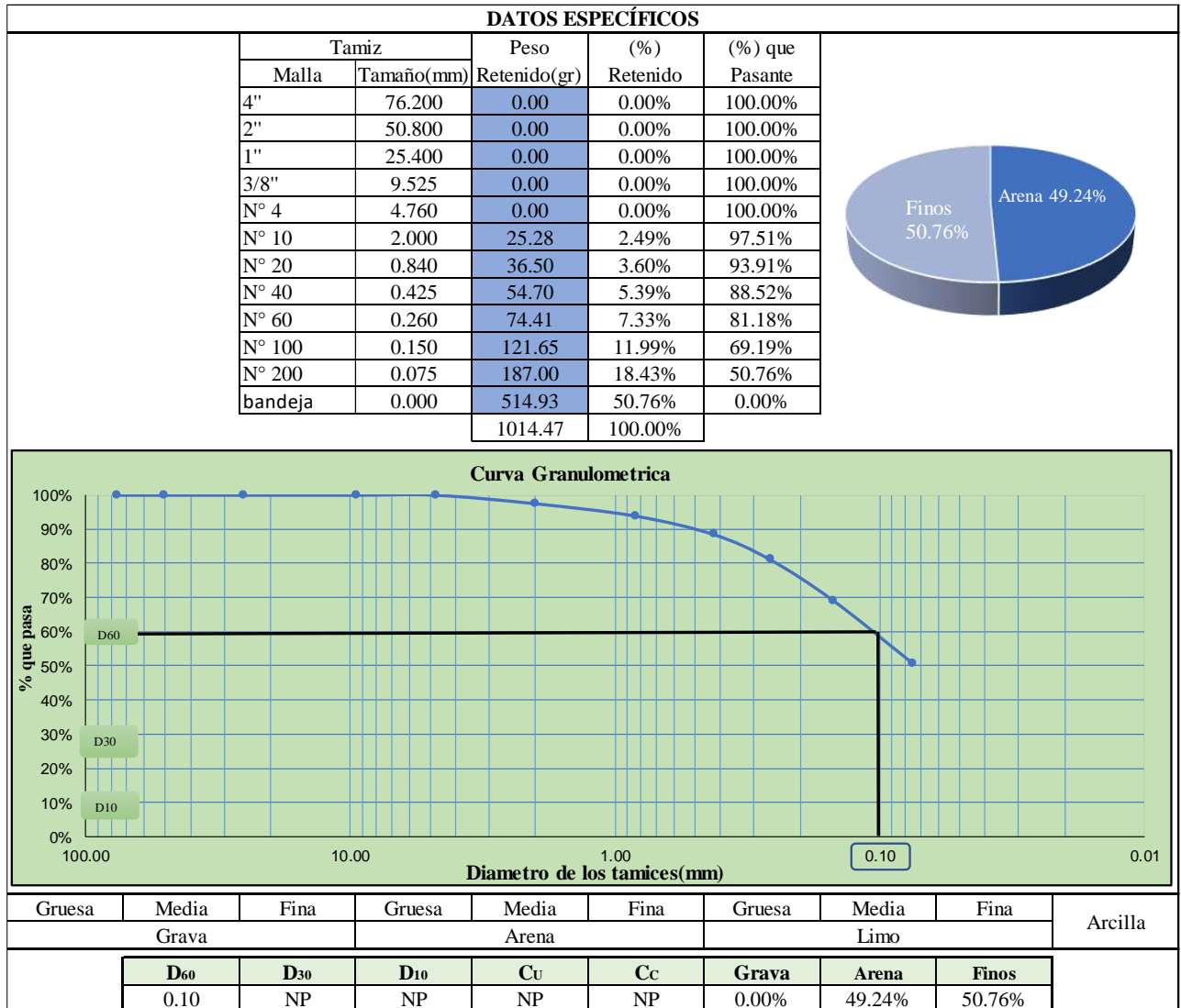
Tabla 126: Procesamiento de datos del Ensayo, Análisis Granulométrico por Tamizado
Calicata 04, C-04



Fuente: Elaboración propia



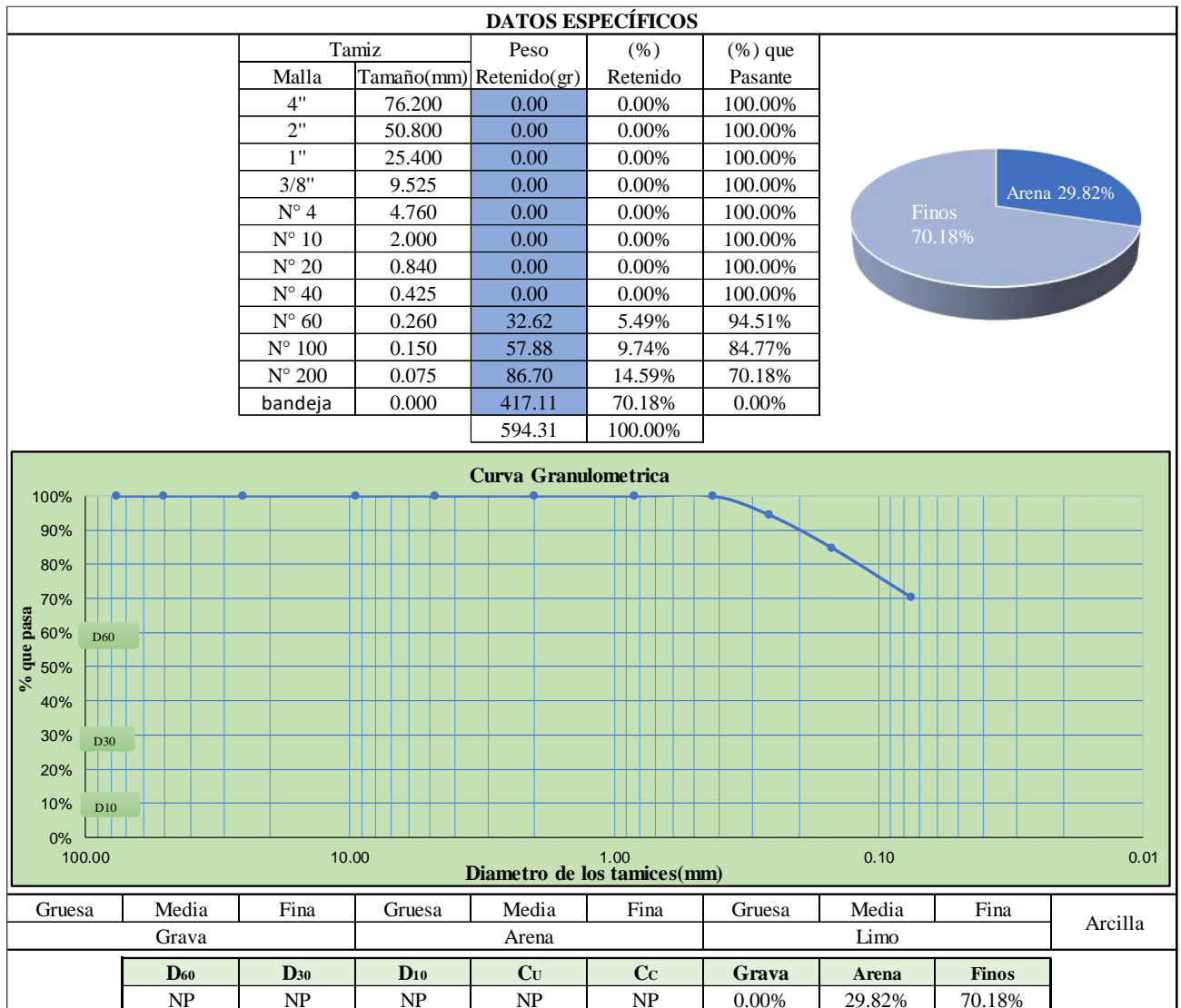
Tabla 127: Procesamiento de datos del Ensayo, Análisis Granulométrico por Tamizado
Calicata 05, C-05



Fuente: Elaboración propia



Tabla 128: Procesamiento de datos del Ensayo, Análisis Granulométrico por Tamizado
Calicata 06, C-06



Fuente: Elaboración propia

c) Análisis del Ensayo

Del análisis granulométrico realizado, se puede observar que las calicatas contienen materiales que pasan en su totalidad la malla N°4, por lo que se puede inferir la presencia de suelos finos, constituidos por arenas, y gran cantidad de limos y arcillas. La presencia de mayor porcentaje de finos en estos suelos, con este tipo de ensayo, imposibilita el cálculo del coeficiente de uniformidad y curvatura, además de acuerdo a las propiedades de los suelos, los suelos finos suelen ser problemáticos, por ser susceptibles a absorber agua, originando pesos saturados, lentos procesos de consolidación y largos periodos de expulsión del agua.



3.6.5 Límites de Consistencia de los suelos

a) Procesamiento

- Límite líquido

El procesamiento para el límite líquido consiste en calcular el contenido de humedad para las muestras en función al número de golpes requeridos para cerrar la ranura en la cuchara de Casagrande para lo cual se empleó la siguiente relación:

$$P. agua (gr) = (\text{Peso del suelo humedo} + \text{lata (gr)}) - \text{Peso de suelo seco} + \text{lata (gr)}$$

Para el porcentaje del contenido de humedad:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de la muestra seca}} * 100$$

Luego se graficaron los datos en escala semilogarítmica, donde se ubican el número de golpes de las muestras y su respectivo contenido de humedad y se determinó el contenido de humedad para N= 25 golpes el cual corresponde al límite líquido (LL).

- Límite plástico

Se determino el contenido de humedad cuando los el suelo se cuarteán y quiebran al formar los rollitos o cilindros de 3.2mm de diámetro aproximadamente, este proceso se repite para otras porciones siendo el límite plástico el promedio de estos contenidos de humedad.

$$P. agua (gr) = (\text{Peso del suelo humedo} + \text{lata (gr)}) - \text{Peso de suelo seco} + \text{lata (gr)}$$

Para el porcentaje de humedad:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de la muestra seca}} * 100$$

El límite plástico correspondería al promedio:

$$LP = \frac{\% \text{ de humedad } 1 + \% \text{ de humedad } 2}{2}$$

- Índice de plasticidad

Se calcula con la siguiente relación:

$$IP = LL - LP$$



b) Diagramas y tablas

Tabla 129: Procesamiento de para el límite líquido, límite plástico calicata e índice de plasticidad Calicata 01, C-01.

DATOS ESPECÍFICOS										
LIMITE PLASTICO										
N° de lata	1	2	3							
Peso del suelo humedo + lata (gr)	13.12	11.63	13.77							
Peso de suelo seco + lata (gr)	12.12	10.76	12.79							
Peso de la lata (gr)	5.66	4.94	6.11							
Peso del suelo seco (gr)	6.46	5.82	6.68							
Peso del suelo humedo (gr)	7.46	6.69	7.66							
Peso de agua (gr)	1.00	0.87	0.98							
Contenido de humedad(w)	15.54%	14.95%	14.67%							
<table border="1"> <tr> <td>LP(%)=</td> <td>15.05%</td> </tr> <tr> <td>LL(%)=</td> <td>19.84%</td> </tr> <tr> <td>IP(%)=</td> <td>4.78%</td> </tr> </table>					LP(%)=	15.05%	LL(%)=	19.84%	IP(%)=	4.78%
LP(%)=	15.05%									
LL(%)=	19.84%									
IP(%)=	4.78%									
LIMITE LIQUIDO										
N° de lata	1	2	3	4						
Peso del suelo humedo + lata (gr)	95.78	96.72	104.73	104.76						
Peso de suelo seco + lata (gr)	84.02	83.24	89.02	87.43						
Peso de la lata (gr)	13.88	8.80	12.33	10.01						
Peso del suelo seco (gr)	70.14	74.44	76.69	77.42						
Peso del suelo humedo (gr)	81.90	87.92	92.40	94.75						
Peso del agua (gr)	11.76	13.48	15.71	17.33						
Contenido de humedad (w)	16.77%	18.11%	20.49%	22.38%						
Numero de golpes	37	31	22	16						
LL aproximado	17.58%	18.59%	20.17%	21.21%						

Límite Líquido

N° de golpes	% Contenido de Humedad
16	22.38%
22	20.49%
25	19.84%
31	18.11%
37	16.77%

Fuente: Elaboración propia



Tabla 130: Procesamiento de para el límite líquido, límite plástico calicata e índice de plasticidad Calicata 02, C-02.

DATOS ESPECÍFICOS				
LIMITE PLASTICO				
N° de lata	1	2	3	
Peso del suelo humedo + lata (gr)	11.81	12.46	11.43	
Peso de suelo seco + lata (gr)	10.83	11.47	10.58	
Peso de la lata (gr)	5.23	5.64	6.22	
Peso del suelo seco (gr)	5.6	5.83	4.36	
Peso del suelo humedo (gr)	6.58	6.82	5.21	
Peso de agua (gr)	0.98	0.99	0.85	
Contenido de humedad(w)	17.46%	16.96%	19.59%	
LIMITE LIQUIDO				
N° de lata	1	2	3	4
Peso del suelo humedo + lata (gr)	102.04	95.18	98.36	100.36
Peso de suelo seco + lata (gr)	88.07	80.40	82.22	82.48
Peso de la lata (gr)	13.95	10.25	12.35	10.25
Peso del suelo seco (gr)	74.12	70.15	69.87	72.23
Peso del suelo humedo (gr)	88.09	84.93	86.01	90.11
Peso del agua (gr)	13.97	14.78	16.14	17.88
Contenido de humedad (w)	18.85%	21.07%	23.10%	24.75%
Numero de golpes	37	31	22	16
LL aproximado	19.77%	21.62%	22.74%	23.45%

LP(%)=	18.00%
LL(%)=	22.34%
IP(%)=	4.33%

Límite Líquido

% Contenido de Humedad

N° de golpes

22.34%

Fuente: Elaboración propia



Tabla 131: Procesamiento de para el límite líquido, límite plástico calicata e índice de plasticidad Calicata 03, C-03.

DATOS ESPECÍFICOS				
LIMITE PLASTICO				
N° de lata	1	2	3	
Peso del suelo humedo + lata (gr)	12.02	10.92	12.45	
Peso de suelo seco + lata (gr)	10.93	10.05	11.41	
Peso de la lata (gr)	5.23	5.64	6.18	
Peso del suelo seco (gr)	5.7	4.41	5.23	
Peso del suelo humedo (gr)	6.79	5.28	6.27	
Peso de agua (gr)	1.09	0.87	1.04	
Contenido de humedad(w)	19.20%	19.83%	19.83%	
LIMITE LIQUIDO				
N° de lata	1	2	3	4
Peso del suelo humedo + lata (gr)	93.74	90.04	94.42	97.85
Peso de suelo seco + lata (gr)	80.17	74.71	77.20	77.24
Peso de la lata (gr)	13.95	10.25	12.35	10.25
Peso del suelo seco (gr)	66.22	64.46	64.85	66.99
Peso del suelo humedo (gr)	79.79	79.79	82.07	87.60
Peso del agua (gr)	13.57	15.33	17.22	20.61
Contenido de humedad (w)	20.49%	23.78%	26.56%	30.76%
Numero de golpes	37	31	21	13
LL aproximado	21.49%	24.41%	26.00%	28.42%

LP(%)=	19.62%
LL(%)=	25.59%
IP(%)=	5.97%

Límite Líquido

N° de golpes	% Contenido de Humedad
37	20.49%
31	23.78%
21	26.56%
13	30.76%

Fuente: Elaboración propia



Tabla 132: Procesamiento de para el límite líquido, límite plástico calicata e índice de plasticidad Calicata 04, C-04.

DATOS ESPECÍFICOS				
LIMITE PLASTICO				
Nº de lata	1	2	3	
Peso del suelo humedo + lata (gr)	11.69	11.53	12.48	
Peso de suelo seco + lata (gr)	10.58	10.45	11.25	
Peso de la lata (gr)	5.56	5.88	6.17	
Peso del suelo seco (gr)	5.02	4.57	5.08	
Peso del suelo humedo (gr)	6.13	5.65	6.31	
Peso de agua (gr)	1.11	1.08	1.23	
Contenido de humedad(w)	22.20%	23.53%	24.19%	
				LP(%)= 23.31%
				LL(%)= 33.68%
				IP(%)= 10.38%
LIMITE LIQUIDO				
Nº de lata	1	2	3	4
Peso del suelo humedo + lata (gr)	91.42	89.77	94.08	105.33
Peso de suelo seco + lata (gr)	73.57	70.38	73.27	78.55
Peso de la lata (gr)	13.55	10.38	12.84	10.46
Peso del suelo seco (gr)	60.02	60	60.43	68.09
Peso del suelo humedo (gr)	77.87	79.39	81.24	94.87
Peso del agua (gr)	17.85	19.39	20.81	26.78
Contenido de humedad (w)	29.73%	32.31%	34.43%	39.33%
Numero de golpes	35	30	20	12
LL aproximado	30.97%	33.03%	33.52%	35.99%

Límite Líquido

El gráfico muestra el porcentaje de humedad en el eje vertical (rango de 25% a 41%) y el número de golpes en el eje horizontal (rango de 10 a 40). Una línea azul representa el límite líquido y una línea negra representa el límite plástico. Una línea horizontal a 33.68% y una línea vertical a 25 golpes se intersectan en el punto donde las curvas se cruzan.

Fuente: Elaboración propia



Tabla 133: Procesamiento de para el límite líquido, límite plástico calicata e índice de plasticidad Calicata 05, C-05.

DATOS ESPECÍFICOS										
LIMITE PLASTICO										
Nº de lata	1	2	3							
Peso del suelo humedo + lata (gr)	12.10	12.27	13.08							
Peso de suelo seco + lata (gr)	10.90	11.11	11.94							
Peso de la lata (gr)	5.32	5.55	6.47							
Peso del suelo seco (gr)	5.58	5.56	5.47							
Peso del suelo humedo (gr)	6.78	6.72	6.61							
Peso de agua (gr)	1.20	1.16	1.14							
Contenido de humedad(w)	21.54%	20.77%	20.89%							
<table border="1"> <tr> <td>LP(%)=</td> <td>21.07%</td> </tr> <tr> <td>LL(%)=</td> <td>25.18%</td> </tr> <tr> <td>IP(%)=</td> <td>4.11%</td> </tr> </table>					LP(%)=	21.07%	LL(%)=	25.18%	IP(%)=	4.11%
LP(%)=	21.07%									
LL(%)=	25.18%									
IP(%)=	4.11%									
LIMITE LIQUIDO										
Nº de lata	1	2	3	4						
Peso del suelo humedo + lata (gr)	92.76	93.29	97.67	93.68						
Peso de suelo seco + lata (gr)	79.10	77.57	79.22	73.83						
Peso de la lata (gr)	13.95	10.25	12.35	10.25						
Peso del suelo seco (gr)	65.15	67.32	66.87	63.58						
Peso del suelo humedo (gr)	78.81	83.04	85.32	83.43						
Peso del agua (gr)	13.66	15.72	18.45	19.85						
Contenido de humedad (w)	20.96%	23.35%	27.59%	31.22%						
Numero de golpes	36	29	18	11						
LL aproximado	21.91%	23.78%	26.51%	28.27%						

Límite Líquido

El gráfico muestra una relación inversa entre el número de golpes y el porcentaje de humedad. La línea de tendencia (límite líquido) comienza en un punto de aproximadamente 31% de humedad a 10 golpes y termina en un punto de 21% de humedad a 36 golpes. Una línea horizontal se traza a un nivel de 25.18% de humedad, que corresponde al límite líquido (LL) aproximado cuando se realizan 25 golpes.

Fuente: Elaboración propia



Tabla 134: Procesamiento de para el límite líquido, límite plástico calicata e índice de plasticidad Calicata 06, C-06.

DATOS ESPECÍFICOS				
LIMITE PLASTICO				
Nº de lata	1	2	3	
Peso del suelo humedo + lata (gr)	11.28	12.15	12.95	
Peso de suelo seco + lata (gr)	10.21	11.01	11.75	
Peso de la lata (gr)	5.27	5.66	6.28	
Peso del suelo seco (gr)	4.94	5.35	5.47	
Peso del suelo humedo (gr)	6.01	6.49	6.67	
Peso de agua (gr)	1.07	1.14	1.20	
Contenido de humedad(w)	21.62%	21.39%	21.89%	
LIMITE LIQUIDO				
Nº de lata	1	2	3	4
Peso del suelo humedo + lata (gr)	98.61	97.60	105.00	104.98
Peso de suelo seco + lata (gr)	80.41	78.01	83.24	80.47
Peso de la lata (gr)	13.44	10.08	12.37	10.32
Peso del suelo seco (gr)	66.97	67.93	70.87	70.15
Peso del suelo humedo (gr)	85.17	87.52	92.63	94.66
Peso del agua (gr)	18.20	19.59	21.76	24.51
Contenido de humedad (w)	27.18%	28.84%	30.71%	34.94%
Numero de golpes	37	31	21	13
LL aproximado	28.50%	29.60%	30.07%	32.29%

LP(%)=	21.63%
LL(%)=	30.56%
IP(%)=	8.93%

Límite Líquido

Nº de golpes	% Contenido de Humedad
13	34.94%
21	30.71%
31	28.84%
37	27.18%

Fuente: Elaboración propia



c) Análisis de datos

De los resultados obtenidos se puede apreciar que los valores de límite líquido y límite plástico de las muestras no difieren considerablemente, por lo tanto, se podría decir que el talud de estudio presenta un suelo relativamente homogéneo, con características plásticas similares.

3.6.6 Ensayo para Determinar el Contenido de Humedad del Suelo

a) Procedimiento o cálculos de la prueba

Para el cálculo de la humedad del suelo se realizó el siguiente cálculo:

- Peso de la capsula (debe estar limpia y seca):

$$\text{Peso de la capsula} = 29.59 \text{ gr} \dots (01)$$

- Peso de la capsula con material húmedo (material en condiciones naturales):

$$\text{Peso de la capsula} + \text{Material Húmedo} = 125.57 \text{ gr} \dots (02)$$

- Peso de la capsula con material seco (Después del secado en horno):

$$\text{Peso de la capsula} + \text{Material Seco} = 120.28 \text{ gr} \dots (03)$$

- Peso del agua en el suelo, se obtiene restando 02 y 03, representa al agua que se encuentra en el suelo en condiciones naturales:

$$\text{Peso del agua en el suelo} = 125.57 - 120.28 = 5.29 \text{ gr} \dots (04)$$

- Peso del suelo seco, se obtiene restando 03 y 01:

$$\text{Peso del Suelo seco} = 120.28 - 29.59 = 90.69 \text{ gr} \dots (05)$$

- Contenido de Humedad, dividiendo 04 y 05:

$$\text{Contenido de Humedad (\%)} = \frac{5.29 \text{ gr}}{90.69 \text{ gr}} \times 100\% = 5.82 \% \dots (06)$$

Este mismo proceso de cálculo se realiza para cada calicata, realizando siempre 3 ensayos por muestra como mínimo, donde la humedad estará representada por la humedad promedio.

b) Diagramas, tablas



Tabla 135: Procesamiento Humedad del suelo, ensayo 01

Descripcion	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	PROMEDIO
Peso de la Capsula	29.59	29.48	30.26	
Peso Caps. + Material Humedo	125.57	128.69	119.63	
Peso Caps. + Material Seco	120.28	123.25	114.71	
Peso del Agua en el Suelo	5.29	5.44	4.92	
Peso del Suelo Seco	90.69	93.77	84.45	
Contenido de Humedad (%)	5.83%	5.80%	5.82%	5.82%
Contenido de Humedad (%) Proemdio				5.82%

Muestra	Contenido de Humedad (%)
Muestra 01	5.83%
Muestra 02	5.80%
Muestra 03	5.82%
PROMEDIO	5.82%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 136: Procesamiento Humedad del suelo, ensayo 02

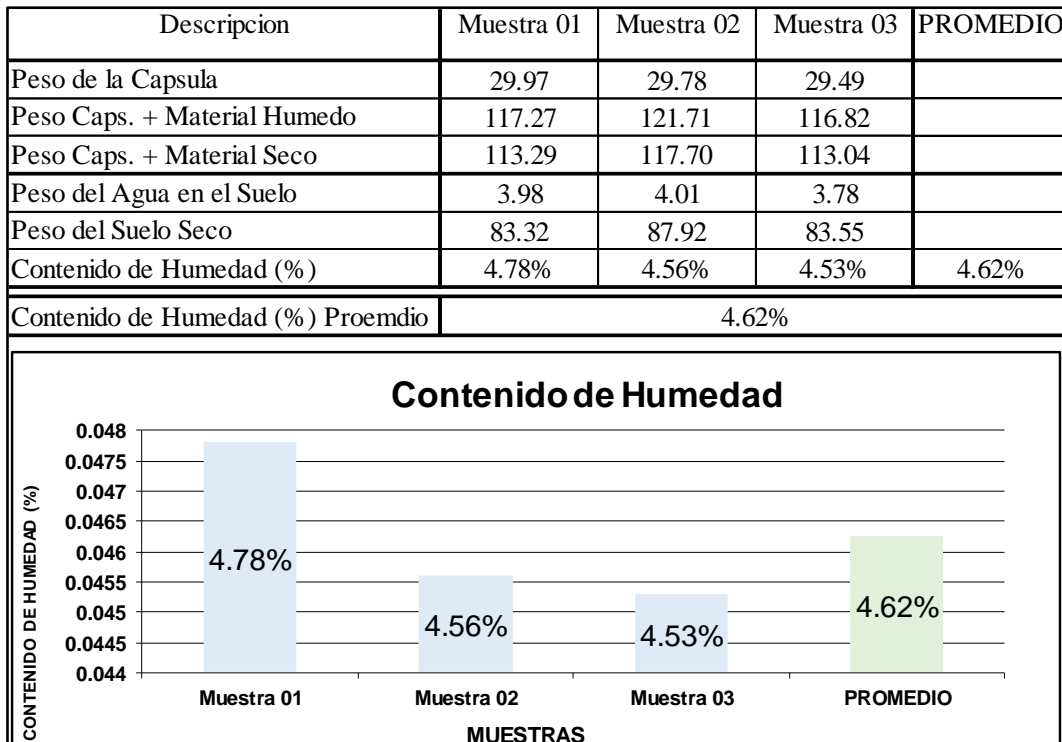
Descripcion	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	PROMEDIO
Peso de la Capsula	31.06	29.23	29.20	
Peso Caps. + Material Humedo	114.03	126.23	122.65	
Peso Caps. + Material Seco	110.69	122.29	118.96	
Peso del Agua en el Suelo	3.34	3.94	3.69	
Peso del Suelo Seco	79.64	93.06	89.76	
Contenido de Humedad (%)	4.19%	4.23%	4.11%	4.18%
Contenido de Humedad (%) Proemdio				4.18%

Muestra	Contenido de Humedad (%)
Muestra 01	4.19%
Muestra 02	4.23%
Muestra 03	4.11%
PROMEDIO	4.18%

Fuente: Elaboración propia

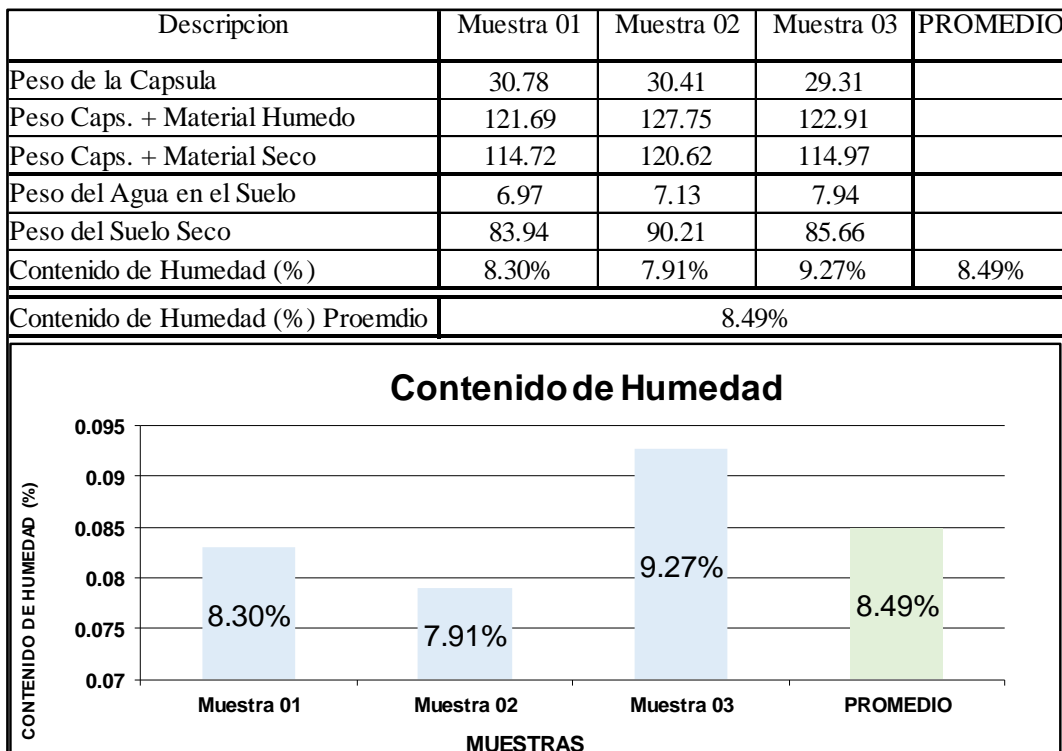


Tabla 137: Procesamiento Humedad del suelo, ensayo 03



Fuente: Elaboración propia

Tabla 138: Procesamiento Humedad del suelo, ensayo 04



Fuente: Elaboración propia



Tabla 139: Procesamiento Humedad del suelo, ensayo 05

Descripcion	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	PROMEDIO
Peso de la Capsula	30.40	30.14	30.68	
Peso Caps. + Material Humedo	126.53	129.81	129.09	
Peso Caps. + Material Seco	121.15	124.09	122.89	
Peso del Agua en el Suelo	5.38	5.72	6.20	
Peso del Suelo Seco	90.75	93.95	92.21	
Contenido de Humedad (%)	5.93%	6.09%	6.73%	6.25%
Contenido de Humedad (%) Proemdio	6.25%			

Contenido de Humedad

Bar chart showing moisture content (%) for three samples and the average. The y-axis ranges from 0.054 to 0.068. The x-axis categories are Muestra 01, Muestra 02, Muestra 03, and PROMEDIO. The values are 5.93%, 6.09%, 6.73%, and 6.25% respectively.

Muestra	Contenido de Humedad (%)
Muestra 01	5.93%
Muestra 02	6.09%
Muestra 03	6.73%
PROMEDIO	6.25%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 140: Procesamiento Humedad del suelo, ensayo 06

Descripcion	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	PROMEDIO
Peso de la Capsula	29.95	30.30	30.52	
Peso Caps. + Material Humedo	122.00	118.52	128.99	
Peso Caps. + Material Seco	115.81	112.90	121.83	
Peso del Agua en el Suelo	6.19	5.62	7.16	
Peso del Suelo Seco	85.86	82.60	91.31	
Contenido de Humedad (%)	7.21%	6.80%	7.85%	7.28%
Contenido de Humedad (%) Proemdio	7.28%			

Contenido de Humedad

Bar chart showing moisture content (%) for three samples and the average. The y-axis ranges from 0.062 to 0.08. The x-axis categories are Muestra 01, Muestra 02, Muestra 03, and PROMEDIO. The values are 7.21%, 6.80%, 7.85%, and 7.28% respectively.

Muestra	Contenido de Humedad (%)
Muestra 01	7.21%
Muestra 02	6.80%
Muestra 03	7.85%
PROMEDIO	7.28%

Fuente: Elaboración propia



c) Análisis de la prueba

De los resultados obtenidos de contenido de humedad natural del suelo, se puede apreciar un valor mínimo de 4.18% en la calicata 02 y un valor máximo de 8.49% en la calicata 04, donde se infiere una humedad baja en promedio, debido a la inexistencia de nivel freático a las profundidades de excavación de las calicatas, y condiciones atmosféricas de la época en la que se obtuvo las muestras.



3.6.7 Ensayo de Densidad de Campo Insitu Mediante Cono de Arena

a) Procedimiento o cálculos de la prueba

Para el cálculo de la densidad de campo mediante el cono de Arena se hizo:

- Peso de Frasco con arena antes de iniciar el ensayo, correspondiente al peso de todos los equipos (contenedor, cono con válvula de ingreso y arena inicial):

$$\text{Peso del Frasco} + \text{Arena} = 6985.00 \text{ gr} \dots (01)$$

- Peso del Frasco con arena sobrante luego de realizar el ensayo, correspondiente de igual manera al peso de todos los equipos, solo que con la arena sobrante dentro del contenedor:

$$\text{Peso del Frasco} + \text{Arena sobrante} = 1252.00 \text{ gr} \dots (02)$$

- Peso de la arena empleada en el ensayo, para este caso se obtiene restando 01 y 02, con esto se obtiene la arena que entro en el hoyo y en el cono:

$$\text{Peso de la arena empleada} = 6985.00 - 1252.00 = 5733.00 \dots (03)$$

- Peso de la arena dentro del cono, pesado anteriormente, representa a toda la arena que se necesita para cubrir todo el volumen del cono:

$$\text{Peso de la arena dentro del cono} = 1608.00 \text{ gr} \dots (04)$$

- Peso de la arena dentro del hoyo, se obtiene restando 03 y 04, se obtiene la cantidad de arena que se necesitó para abarcar todo el volumen del hoyo:

$$\text{Peso de la arena dentro del Hoyo} = 5733.00 - 1608.00 = 4125.00 \text{ gr} \dots (05)$$

- Densidad de la arena, corresponde a una característica de la arena utilizada, esta fue brindada por los especialistas dueños de la arena:

$$\text{Densidad de la arena} = 1.549 \text{ gr/cm}^3 \dots (06)$$

- Volumen del Hoyo, calculado a partir del peso de arena dentro del hoyo y su densidad, dividiendo 05 entre 06:

$$\text{Volumen del Hoyo} = \frac{4125.00 \text{ gr}}{1.549 \text{ gr/cm}^3} = 2663.01 \text{ cm}^3 \dots (07)$$

- Peso del material en el Hoyo, material extraído durante el ensayo en condiciones naturales:



Peso del material en el Hoyo = 4836.00 gr ... (08)

- Densidad natural húmeda, dividiendo su peso en condiciones naturales (08) y su volumen (07):

$$\text{Densidad natural Húmeda} = \frac{4836.00 \text{ gr}}{2663.01 \text{ cm}^3} = 1.816 \text{ gr/cm}^3 \dots (09)$$

Este mismo procedimiento de cálculo se realizó para las otras 05 calicatas, cabe resaltar que es necesario calcular la densidad natural seca, pero se requiere conocer el contenido de humedad natural del suelo, el cual se realizó con otro ensayo, pero para fines de cálculo se desarrolla a continuación:

- Contenido de humedad del suelo, a partir del ensayo denominado “Ensayo para determinar la humedad del suelo”:

$$\text{Contenido de Humedad (W)} = 5.82 \% \dots (10)$$

- Densidad seca del suelo, se obtiene dividiendo la densidad natural húmeda (09) entre 1 más la humedad natural (10):

$$\text{Densidad natural Seca} = \frac{\text{Densidad Natural Humeda}}{(1+\text{Contenido de Humedad})} = \frac{1.816}{(1+5.82/100)} = 1.716 \text{ gr/cm}^3 \dots (11)$$

b) Diagramas y Tablas

Tabla 141:Procesamiento del ensayo Densidad de Campo, ensayo 01

N°	Descripcion	Dato	Unidad
01	Peso del Frasco + arena	6985.00	gr
02	Peso del Frasco + arena sobrante	1252.00	gr
03	Peso de la arena empleada	5733.00	gr
04	Peso de la arena dentro del cono	1608.00	gr
05	Peso de la arena dentro del Hoyo	4125.00	gr
06	Densidad de la arena	1.55	gr/cm ³
07	Volumen del Hoyo	2663.01	cm ³
08	Peso del Tarro mas material del hoyo	-	gr
09	Peso del Tarro	-	gr
10	Peso del material en el Hoyo	4836.00	gr
11	Densidad Natural Humeda	1.816	gr/cm ³
CALCULO DE LA DENSIDAD SECA DEL MATERIAL			
12	Contenido de Humedad	5.82%	%
13	Densidad Natural Seca	1.716	gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia



Tabla 142: Procesamiento del ensayo Densidad de Campo, ensayo 02

N°	Descripcion	Dato	Unidad
01	Peso del Frasco + arena	7032.00	gr
02	Peso del Frasco + arena sobrante	1366.00	gr
03	Peso de la arena empleada	5666.00	gr
04	Peso de la arena dentro del cono	1608.00	gr
05	Peso de la arena dentro del Hoyo	4058.00	gr
06	Densidad de la arena	1.55	gr/cm3
07	Volumen del Hoyo	2619.75	cm3
08	Peso del Tarro mas material del hoyo	-	gr
09	Peso del Tarro	-	gr
10	Peso del material en el Hoyo	4811.00	gr
11	Densidad Natural Humeda	1.836	gr/cm3
CALCULO DE LA DENSIDAD SECA DEL MATERIAL			
12	Contenido de Humedad	4.18%	%
13	Densidad Natural Seca	1.763	gr/cm3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 143: Procesamiento del ensayo Densidad de Campo, ensayo 03

N°	Descripcion	Dato	Unidad
01	Peso del Frasco + arena	6892.00	gr
02	Peso del Frasco + arena sobrante	1366.00	gr
03	Peso de la arena empleada	5526.00	gr
04	Peso de la arena dentro del cono	1608.00	gr
05	Peso de la arena dentro del Hoyo	3918.00	gr
06	Densidad de la arena	1.55	gr/cm3
07	Volumen del Hoyo	2529.37	cm3
08	Peso del Tarro mas material del hoyo	-	gr
09	Peso del Tarro	-	gr
10	Peso del material en el Hoyo	4706.00	gr
11	Densidad Natural Humeda	1.861	gr/cm3
CALCULO DE LA DENSIDAD SECA DEL MATERIAL			
12	Contenido de Humedad	4.62%	%
13	Densidad Natural Seca	1.778	gr/cm3

Fuente: Elaboración propia



Tabla 144: Procesamiento del ensayo Densidad de Campo, ensayo 04

N°	Descripcion	Dato	Unidad
01	Peso del Frasco + arena	6991.00	gr
02	Peso del Frasco + arena sobrante	1245.00	gr
03	Peso de la arena empleada	5746.00	gr
04	Peso de la arena dentro del cono	1608.00	gr
05	Peso de la arena dentro del Hoyo	4138.00	gr
06	Densidad de la arena	1.55	gr/cm ³
07	Volumen del Hoyo	2671.40	cm ³
08	Peso del Tarro mas material del hoyo	-	gr
09	Peso del Tarro	-	gr
10	Peso del material en el Hoyo	4971.00	gr
11	Densidad Natural Humeda	1.861	gr/cm ³
CALCULO DE LA DENSIDAD SECA DEL MATERIAL			
12	Contenido de Humedad	8.49%	%
13	Densidad Natural Seca	1.715	gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 145: Procesamiento del ensayo Densidad de Campo, ensayo 05

N°	Descripcion	Dato	Unidad
01	Peso del Frasco + arena	7085.00	gr
02	Peso del Frasco + arena sobrante	1252.00	gr
03	Peso de la arena empleada	5833.00	gr
04	Peso de la arena dentro del cono	1608.00	gr
05	Peso de la arena dentro del Hoyo	4225.00	gr
06	Densidad de la arena	1.55	gr/cm ³
07	Volumen del Hoyo	2727.56	cm ³
08	Peso del Tarro mas material del hoyo	-	gr
09	Peso del Tarro	-	gr
10	Peso del material en el Hoyo	5112.00	gr
11	Densidad Natural Humeda	1.874	gr/cm ³
CALCULO DE LA DENSIDAD SECA DEL MATERIAL			
12	Contenido de Humedad	6.25%	%
13	Densidad Natural Seca	1.764	gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia



Tabla 146: Procesamiento del ensayo Densidad de Campo, ensayo 06

N°	Descripcion	Dato	Unidad
01	Peso del Frasco + arena	6858.00	gr
02	Peso del Frasco + arena sobrante	1421.00	gr
03	Peso de la arena empleada	5437.00	gr
04	Peso de la arena dentro del cono	1608.00	gr
05	Peso de la arena dentro del Hoyo	3829.00	gr
06	Densidad de la arena	1.55	gr/cm ³
07	Volumen del Hoyo	2471.92	cm ³
08	Peso del Tarro mas material del hoyo	-	gr
09	Peso del Tarro	-	gr
10	Peso del material en el Hoyo	4628.00	gr
11	Densidad Natural Humeda	1.872	gr/cm ³
CALCULO DE LA DENSIDAD SECA DEL MATERIAL			
12	Contenido de Humedad	7.28%	%
13	Densidad Natural Seca	1.745	gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia

c) Análisis de la prueba

De las densidades de campo obtenidas, se puede apreciar densidades casi similares, en promedio de 1.74 gr/cm³, que significaría que los suelos poseen una misma estructura y grado de consolidación.



3.6.8 Ensayo Estandart para la Gravedad Especifica de los Sólidos Mediante

Picnómetro de agua

a) Procedimiento o cálculos de la prueba

Para el cálculo de la gravedad específica de los sólidos se hizo:

- Peso de la muestra seca:

$$\text{Peso de la muestra seca en gramos} = 50.21 \text{ gr} \dots (A)$$

- Peso del Picnómetro y Agua, corresponde al peso del picnómetro de vidrio con agua hasta su nivel de calibración (500 ml):

$$\text{Peso Picnómetro} + \text{Agua} = 656.52 \text{ gr} \dots (B)$$

- Peso del Picnómetro con el suelo y el agua, corresponde al peso total del picnómetro con agua hasta su nivel de calibración y el suelo adicionado luego del desairado:

$$\text{Peso Picnómetro} + \text{Agua} + \text{Suelo} = 687.13 \text{ gr} \dots (C)$$

- Gravedad específica, corresponde al peso específico de los sólidos en relación a la densidad del agua:

$$\text{Gravedad Especifica (Pe)} = \frac{A}{B+(A-C)} = \frac{50.21 \text{ gr}}{(656.52+(50.21-687.13))\text{gr}} = 2.562 \dots (D)$$

- Peso Específico Corregido, se realiza multiplicando la gravedad específica obtenida (D) y el factor de corrección por temperatura (K), en este caso la temperatura del agua del ensayo fue de 23,50° y su correspondiente factor de corrección K es de 0.9992, por lo tanto:

$$\text{Gravedad Especifica (Pe)} = 2.562 \times 0.9992 = 2.560 \dots (E)$$

Este mismo procedimiento de cálculo se realizó para las otras 05 calicatas, adicionalmente con los valores de gravedad específica obtenidos, junto con los valores de densidad natural y contenido de humedad, obtenidas mediante otros ensayos y procedimientos, se realiza el procedimiento de cálculo de las relaciones gravimétricas y volumétricas:

- Datos de ingreso:

$$\text{Densidad Natural Húmeda (}\rho_{nat}\text{)} = 1.821 \text{ gr/cm}^3 \dots (01)$$

$$\text{Contenido de Humedad (W\%)} = 5.82 \% \dots (02)$$

$$\text{Gravedad Especifica del suelo (Gs)} = 2.560 \dots (03)$$



$$\text{Peso Específico del Agua } (Y_w) = 1.000 \text{ gr/cm}^3 \text{ (04)}$$

$$\text{Densidad Natural Seca } (Y_{\text{seco}}) = 1.721 \text{ gr/cm}^3 \text{ ... (05)}$$

- Cálculos por 1.000 cm³ de material:

$$\text{Peso de Sólidos } (W_s) = \frac{p_{\text{nat}}}{(1+W\%/100)} = \frac{1.816}{(1+5.82/100)} = 1.716 \text{ gr ... (06)}$$

$$\text{Volumen de Sólidos } (V_s) = \frac{W_s}{(G_s \times Y_w)} = \frac{1.716 \text{ gr}}{(2.560 \times 1.000 \text{ gr/cm}^3)} = 0.670 \text{ cm}^3 \text{ ... (07)}$$

$$\text{Volumen de Vacíos } (V_v) = V_t - V_s = 1.000 - 0.670 = 0.330 \text{ cm}^3 \text{ ... (08)}$$

$$\text{Relación de Vacíos } (e) = \frac{V_v}{V_s} = \frac{0.330}{0.670} = 0.492 \text{ ... (09)}$$

$$\text{Porosidad } (n) = \frac{V_v}{V_t} = \frac{0.330}{1.000} = 0.330 = 32.95 \% \text{ ... (10)}$$

$$\text{Peso de Agua en el suelo } (W_w) = p_{\text{nat}} - Y_{\text{seco}} = 1.816 - 1.716 = 0.100 \text{ gr ... (11)}$$

$$\text{Volumen de agua } (V_w) = \frac{W_w}{Y_w} = \frac{0.100}{1.000 \text{ gr/cm}^3} = 0.100 \text{ cm}^3 \text{ ... (12)}$$

$$\text{Volumen de aire } (V_a) = V_v - V_w = 0.330 - 0.100 = 0.230 \text{ cm}^3 \text{ ... (13)}$$

$$\text{Grado de Saturación } (S\%) = \frac{V_w \times 100}{V_v} = \frac{0.100 \times 100}{0.330} = 30.30 \% \text{ ... (14)}$$

- Cálculo del peso unitario Saturado (Y_{sat}):

$$\text{Ecuación 01} = \frac{(W_s + W_{\text{wsat}})}{(V_s + V_v)} = \frac{(W_s + V_v \times Y_w)}{(V_s + V_v)} = \frac{(1.716 + 0.330 \times 1.000)}{(0.670 + 0.330)} = 2.046 \text{ gr/cm}^3 \text{ ... (15)}$$

$$\text{Ecuación 02} = \frac{(G_s + e) \times Y_w}{(1 + e)} = \frac{(2.560 + 0.492) \times 1.000}{(1 + 0.492)} = 2.046 \text{ gr/cm}^3 \text{ ... (16)}$$

- Cálculo del agua requerida para saturar 01 m³ de suelo:

$$\text{Condiciones Secas} = V_v \times Y_w = 0.330 \times 1.000 = 0.330 \text{ m}^3$$

$$\text{Condiciones Naturales (húmedas)} = V_a \times Y_w = 0.230 \times 1.000 = 0.230 \text{ m}^3$$

Este mismo procedimiento de cálculo se realizó para las otras 05 calicatas, todo el detalle se refleja en las hojas de cálculo correspondientes.



b) Diagramas y Tablas

Tabla 147: Procesamiento del ensayo Gravedad Especifica, ensayo 01

Descripcion	Peso (g)	$Pe = \frac{A}{B + (A - C)} \left[\frac{gf}{cm^3} \right]$		
Peso de la muestra Seca en Gramos (A) :	50.21	Temperatura °C	Densidad del Agua	Corrección Factor K
Peso Picnometro + Agua (B) :	656.52	16.0	0.99897	1.0007
Peso Picnometro + Agua + Suelo (C) :	687.13	16.5	0.99889	1.0007
Temperatura del Agua :	23.50	17.0	0.99880	1.0006
Factor de Correccion por Temperatura(K) :	0.9992	17.5	0.99871	1.0005
Gravedad Especifica (Pe) :	2.560	18.0	0.99862	1.0004
		18.5	0.99853	1.0003
		19.0	0.99843	1.0002
		19.5	0.99833	1.0001
		20.0	0.99823	1.0000
		20.5	0.99812	0.9999
		21.0	0.99802	0.9998
		21.5	0.99791	0.9997
		22.0	0.99780	0.9996
		22.5	0.99768	0.9995
		23.0	0.99757	0.9993
		23.5	0.99745	0.9992
		24.0	0.99732	0.9991
		24.5	0.99720	0.9990
		25.0	0.99707	0.9988
		25.5	0.99694	0.9987
		26.0	0.99681	0.9986
		26.5	0.99668	0.9984
		27.0	0.99654	0.9983
		27.5	0.99640	0.9982
		28.0	0.99626	0.9980
		28.5	0.99612	0.9979
		29.0	0.99597	0.9977
		29.5	0.99582	0.9976
		30.0	0.99567	0.9974

Fuente: Elaboración propia



Tabla 148: Procesamiento de las Relaciones Gravimétricas y Volumétricas, ensayo 01

RELACIONES GRAVIMETRICAS Y VOLUMETRICAS						
DATOS:		SIMBOLO	DATO	UNIDAD	Grafica de las Fases (por cm3)	
Densidad Natural (Humeda)	Pnat	1.816	gr/cm3	Volumen (cm3)	Fase	Peso (gr)
Contenido de Humedad	W%	5.82%	%	0.230	Aire	0.000
Gravedad Especifica del Suelo	Gs	2.560	-			
Peso especifico del Agua	Y(w)	1.000	gr/cm3	0.100	Agua	0.100
CALCULOS:		SIMBOLO	DATO			
Peso Unitario Natural	Ynat	1.816	gr/cm3	0.670	Suelo	1.716
Peso Unitario Seco	Yseco	1.716	gr/cm3			
RELACIONES GRAVIMETRICAS						
Peso de Solidos	Ws	1.716	gr	0.670	Suelo	1.716
Volumen de Solidos	Vs	0.670	cm3			
Volumen de Vacios	Vv	0.330	cm3			
Relacion de Vacios	e	0.492	-			
Porosidad	n	32.95%	%			
GRADO DE SATURACION						
Peso de Agua	Ww	0.100	gr	1.000		1.816
Volumen de Agua	Vw	0.100	cm3	Total		
Volumen de Aire	Va	0.230	cm3			
Grado de Saturacion	S%	30.30%	%			
PESO UNITARIO SATURADO						
Ecuacion 01	Ysat	2.046	gr/cm3			
Ecuacion 02	Ysat	2.046	gr/cm4			
Cantidad de agua requerida para que 01 m3 de suelo se encuentre Saturado	Condiciones Secas	0.330	m3			
	Condiciones Naturales	0.230	m3			
$\gamma_{seco} = \gamma_{nat} / (1+w\%/100)$	$Ww = \rho_{nat} - \rho_{seco}$					
$Ws = \rho_{nat} / (1+w\%/100)$	$Vw = Ww$					
$Vs = Ws / (Gs * \gamma_w)$	$S\% = Vw / Vv * 100$					
$Vv = Vt - Vs = 1 - Vs$	$\gamma_{sat} = (Ws+Ww)/(Vs+Vv)$					
$e = Vv / Vs$	$\gamma_{sat} = (Gs+e)*\gamma_w/(1+e)$					
$n = Vv / Vt = Vv / 1$						

Fuente: Elaboración propia



Tabla 149: Procesamiento del ensayo Gravedad Especifica, ensayo 02

Descripcion	Peso (g)	$Pe = \frac{A}{B + (A - C)} \left[\frac{gf}{cm^3} \right]$		
Peso de la muestra Seca en Gramos (A) :	50.43	Temperatura °C	Densidad del Agua	Corrección Factor K
Peso Picnometro + Agua (B) :	656.54	16.0	0.99897	1.0007
Peso Picnometro + Agua + Suelo (C) :	687.37	16.5	0.99889	1.0007
Temperatura del Agua :	22.00	17.0	0.99880	1.0006
Factor de Correccion por Temperatura(K) :	0.9996	17.5	0.99871	1.0005
Gravedad Especifica (Pe) :	2.57	18.0	0.99862	1.0004
		18.5	0.99853	1.0003
		19.0	0.99843	1.0002
		19.5	0.99833	1.0001
		20.0	0.99823	1.0000
		20.5	0.99812	0.9999
		21.0	0.99802	0.9998
		21.5	0.99791	0.9997
		22.0	0.99780	0.9996
		22.5	0.99768	0.9995
		23.0	0.99757	0.9993
		23.5	0.99745	0.9992
		24.0	0.99732	0.9991
		24.5	0.99720	0.9990
		25.0	0.99707	0.9988
		25.5	0.99694	0.9987
		26.0	0.99681	0.9986
		26.5	0.99668	0.9984
		27.0	0.99654	0.9983
		27.5	0.99640	0.9982
		28.0	0.99626	0.9980
		28.5	0.99612	0.9979
		29.0	0.99597	0.9977
		29.5	0.99582	0.9976
		30.0	0.99567	0.9974

Fuente: Elaboración propia



Tabla 150: Procesamiento de las Relaciones Gravimétricas y Volumétricas, ensayo 02

RELACIONES GRAVIMETRICAS Y VOLUMETRICAS						
DATOS:		SIMBOLO	DATO	UNIDAD	Grafica de las Fases (por cm3)	
Densidad Natural (Humeda)	Pnat	1.836	gr/cm3	Volumen (cm3)	Fase	Peso (gr)
Contenido de Humedad	W%	4.18%	%	0.241	Aire	0.000
Gravedad Especifica del Suelo	Gs	2.572	-			
Peso especifico del Agua	γ(w)	1.000	gr/cm3			
CALCULOS:		SIMBOLO	DATO	UNIDAD		
Peso Unitario Natural	γnat	1.836	gr/cm3	0.074	Agua	0.074
Peso Unitario Seco	γseco	1.763	gr/cm3			
RELACIONES GRAVIMETRICAS						
Peso de Solidos	Ws	1.763	gr	0.685	Suelo	1.763
Volumen de Solidos	Vs	0.685	cm3			
Volumen de Vacios	Vv	0.315	cm3			
Relacion de Vacios	e	0.459	-			
Porosidad	n	31.46%	%			
GRADO DE SATURACION				1.000		1.836
Peso de Agua	Ww	0.074	gr	Total		
Volumen de Agua	Vw	0.074	cm3			
Volumen de Aire	Va	0.241	cm3			
Grado de Saturacion	S%	23.41%	%			
PESO UNITARIO SATURADO						
Ecuacion 01	γsat	2.077	gr/cm3			
Ecuacion 02	γsat	2.077	gr/cm4			
Cantidad de agua requerida para que 01 m3 de suelo se encuentre Saturado	Condiciones Secas	0.315	m3			
	Condiciones Naturales	0.241	m3			
$\gamma_{seco} = \gamma_{nat} / (1 + w\%/100)$		$Ww = \rho_{nat} - \rho_{seco}$				
$Ws = \rho_{nat} / (1 + w\%/100)$		$Vw = Ww$				
$Vs = Ws / (Gs * \gamma_w)$		$S\% = Vw / Vv * 100$				
$Vv = Vt - Vs = 1 - Vs$		$\gamma_{sat} = (Ws + Ww) / (Vs + Vv)$				
$e = Vv / Vs$		$\gamma_{sat} = (Gs + e) * \gamma_w / (1 + e)$				
$n = Vv / Vt = Vv / 1$						

Fuente: Elaboración propia



Tabla 151:Procesamiento del ensayo Gravedad Especifica, ensayo 03

Descripcion	Peso (g)	$Pe = \frac{A}{B + (A - C)} \left[\frac{gf}{cm^3} \right]$		
Peso de la muestra Seca en Gramos (A) :	50.12	Temperatura °C	Densidad del Agua	Corrección Factor K
Peso Picnometro + Agua (B) :	656.51			
Peso Picnometro + Agua + Suelo (C) :	687.03			
Temperatura del Agua :	24.00			
Factor de Correccion por Temperatura(K) :	0.9991			
Gravedad Especifica (Pe) :	2.55			
		16.0	0.99897	1.0007
		16.5	0.99889	1.0007
		17.0	0.99880	1.0006
		17.5	0.99871	1.0005
		18.0	0.99862	1.0004
		18.5	0.99853	1.0003
		19.0	0.99843	1.0002
		19.5	0.99833	1.0001
		20.0	0.99823	1.0000
		20.5	0.99812	0.9999
		21.0	0.99802	0.9998
		21.5	0.99791	0.9997
		22.0	0.99780	0.9996
		22.5	0.99768	0.9995
		23.0	0.99757	0.9993
		23.5	0.99745	0.9992
		24.0	0.99732	0.9991
		24.5	0.99720	0.9990
		25.0	0.99707	0.9988
		25.5	0.99694	0.9987
		26.0	0.99681	0.9986
		26.5	0.99668	0.9984
		27.0	0.99654	0.9983
		27.5	0.99640	0.9982
		28.0	0.99626	0.9980
		28.5	0.99612	0.9979
		29.0	0.99597	0.9977
		29.5	0.99582	0.9976
		30.0	0.99567	0.9974

Fuente: Elaboración propia



Tabla 152: Procesamiento de las Relaciones Gravimétricas y Volumétricas, ensayo 03

RELACIONES GRAVIMETRICAS Y VOLUMETRICAS						
DATOS:		SIMBOLO	DATO	UNIDAD	Grafica de las Fases (por cm3)	
Densidad Natural (Humeda)	Pnat	1.861	gr/cm3	Volumen (cm3)	Fase	Peso (gr)
Contenido de Humedad	W%	4.62%	%	0.222	Aire	0.000
Gravedad Especifica del Suelo	Gs	2.555	-			
Peso especifico del Agua	γ(w)	1.000	gr/cm3			
CALCULOS:		SIMBOLO	DATO	UNIDAD		
Peso Unitario Natural	Ynat	1.861	gr/cm3	0.082	Agua	0.082
Peso Unitario Seco	Yseco	1.778	gr/cm3			
RELACIONES GRAVIMETRICAS						
Peso de Solidos	Ws	1.778	gr	0.696	Suelo	1.778
Volumen de Solidos	Vs	0.696	cm3			
Volumen de Vacios	Vv	0.304	cm3			
Relacion de Vacios	e	0.437	-			
Porosidad	n	30.39%	%			
GRADO DE SATURACION						
Peso de Agua	Ww	0.082	gr	1.000		1.861
Volumen de Agua	Vw	0.082	cm3	Total		
Volumen de Aire	Va	0.222	cm3			
Grado de Saturacion	S%	27.05%	%			
PESO UNITARIO SATURADO						
Ecuacion 01	Ysat	2.082	gr/cm3			
Ecuacion 02	Ysat	2.082	gr/cm4			
Cantidad de agua requerida para que 01 m3 de suelo se encuentre Saturado	Condiciones Secas	0.304	m3			
	Condiciones Naturales	0.222	m3			
$\gamma_{seco} = \gamma_{nat} / (1 + w\%/100)$	$Ww = \rho_{nat} - \rho_{seco}$					
$Ws = \rho_{nat} / (1 + w\%/100)$	$Vw = Ww$					
$Vs = Ws / (Gs * \gamma_w)$	$S\% = Vw / Vv * 100$					
$Vv = Vt - Vs = 1 - Vs$	$\gamma_{sat} = (Ws + Ww) / (Vs + Vv)$					
$e = Vv / Vs$	$\gamma_{sat} = (Gs + e) * \gamma_w / (1 + e)$					
$n = Vv / Vt = Vv / 1$						

Fuente: Elaboración propia



Tabla 153: Procesamiento del ensayo Gravedad Especifica, ensayo 04

Descripcion	Peso (g)	$Pe = \frac{A}{B + (A - C)} \left[\frac{gf}{cm^3} \right]$		
Peso de la muestra Seca en Gramos (A) :	50.34	Temperatura °C	Densidad del Agua	Corrección Factor K
Peso Picnometro + Agua (B) :	656.54			
Peso Picnometro + Agua + Suelo (C) :	687.28			
Temperatura del Agua :	22.50			
Factor de Correccion por Temperatura(K) :	0.9995			
Gravedad Especifica (Pe) :	2.57			
		16.0	0.99897	1.0007
		16.5	0.99889	1.0007
		17.0	0.99880	1.0006
		17.5	0.99871	1.0005
		18.0	0.99862	1.0004
		18.5	0.99853	1.0003
		19.0	0.99843	1.0002
		19.5	0.99833	1.0001
		20.0	0.99823	1.0000
		20.5	0.99812	0.9999
		21.0	0.99802	0.9998
		21.5	0.99791	0.9997
		22.0	0.99780	0.9996
		22.5	0.99768	0.9995
		23.0	0.99757	0.9993
		23.5	0.99745	0.9992
		24.0	0.99732	0.9991
		24.5	0.99720	0.9990
		25.0	0.99707	0.9988
		25.5	0.99694	0.9987
		26.0	0.99681	0.9986
		26.5	0.99668	0.9984
		27.0	0.99654	0.9983
		27.5	0.99640	0.9982
		28.0	0.99626	0.9980
		28.5	0.99612	0.9979
		29.0	0.99597	0.9977
		29.5	0.99582	0.9976
		30.0	0.99567	0.9974

Fuente: Elaboración propia



Tabla 154: Procesamiento de las Relaciones Gravimétricas y Volumétricas, ensayo 04

RELACIONES GRAVIMÉTRICAS Y VOLUMÉTRICAS						
DATOS:		SIMBOLO	DATO	UNIDAD	Grafica de las Fases (por cm3)	
Densidad Natural (Humeda)	Pnat	1.861	gr/cm3	Volumen (cm3)	Fase	Peso (gr)
Contenido de Humedad	W%	8.49%	%	0.186	Aire	0.000
Gravedad Especifica del Suelo	Gs	2.567	-	0.146	Agua	0.146
Peso especifico del Agua	γ(w)	1.000	gr/cm3	0.668	Suelo	1.715
CALCULOS:		SIMBOLO	DATO	UNIDAD	1.000	1.861
Peso Unitario Natural	γnat	1.861	gr/cm3	Total		
Peso Unitario Seco	γseco	1.715	gr/cm3			
RELACIONES GRAVIMÉTRICAS						
Peso de Solidos	Ws	1.715	gr			
Volumen de Solidos	Vs	0.668	cm3			
Volumen de Vacios	Vv	0.332	cm3			
Relacion de Vacios	e	0.497	-			
Porosidad	n	33.19%	%			
GRADO DE SATURACION						
Peso de Agua	Ww	0.146	gr			
Volumen de Agua	Vw	0.146	cm3			
Volumen de Aire	Va	0.186	cm3			
Grado de Saturacion	S%	43.89%	%			
PESO UNITARIO SATURADO						
Ecuacion 01	γsat	2.047	gr/cm3			
Ecuacion 02	γsat	2.047	gr/cm4			
Cantidad de agua requerida para que 01 m3 de suelo se encuentre Saturado	Condiciones Secas	0.332	m3			
	Condiciones Naturales	0.186	m3			
$\gamma_{seco} = \gamma_{nat} / (1 + w\%/100)$		$Ww = \rho_{nat} - \rho_{seco}$				
$Ws = \rho_{nat} / (1 + w\%/100)$		$Vw = Ww$				
$Vs = Ws / (Gs * \gamma_w)$		$S\% = Vw / Vv * 100$				
$Vv = Vt - Vs = 1 - Vs$		$\gamma_{sat} = (Ws + Ww) / (Vs + Vv)$				
$e = Vv / Vs$		$\gamma_{sat} = (Gs + e) * \gamma_w / (1 + e)$				
$n = Vv / Vt = Vv / 1$						

Fuente: Elaboración propia



Tabla 155: Procesamiento del ensayo Gravedad Especifica, ensayo 05

Descripcion	Peso (g)	$Pe = \frac{A}{B + (A - C)} \left[\frac{gf}{cm^3} \right]$		
Peso de la muestra Seca en Gramos (A) :	50.23	Temperatura °C	Densidad del Agua	Corrección Factor K
Peso Picnometro + Agua (B) :	656.50			
Peso Picnometro + Agua + Suelo (C) :	687.13			
Temperatura del Agua :	23.00			
Factor de Correccion por Temperatura(K) :	0.9993			
Gravedad Especifica (Pe) :	2.56			
		16.0	0.99897	1.0007
		16.5	0.99889	1.0007
		17.0	0.99880	1.0006
		17.5	0.99871	1.0005
		18.0	0.99862	1.0004
		18.5	0.99853	1.0003
		19.0	0.99843	1.0002
		19.5	0.99833	1.0001
		20.0	0.99823	1.0000
		20.5	0.99812	0.9999
		21.0	0.99802	0.9998
		21.5	0.99791	0.9997
		22.0	0.99780	0.9996
		22.5	0.99768	0.9995
		23.0	0.99757	0.9993
		23.5	0.99745	0.9992
		24.0	0.99732	0.9991
		24.5	0.99720	0.9990
		25.0	0.99707	0.9988
		25.5	0.99694	0.9987
		26.0	0.99681	0.9986
		26.5	0.99668	0.9984
		27.0	0.99654	0.9983
		27.5	0.99640	0.9982
		28.0	0.99626	0.9980
		28.5	0.99612	0.9979
		29.0	0.99597	0.9977
		29.5	0.99582	0.9976
		30.0	0.99567	0.9974

Fuente: Elaboración propia



Tabla 156: Procesamiento de las Relaciones Gravimétricas y Volumétricas, ensayo 05

RELACIONES GRAVIMETRICAS Y VOLUMETRICAS						
DATOS:		SIMBOLO	DATO	UNIDAD	Grafica de las Fases (por cm3)	
Densidad Natural (Humeda)	Pnat	1.87	gr/cm3	Volumen (cm3)	Fase	Peso (gr)
Contenido de Humedad	W%	6.25%	%	0.201	Aire	0.000
Gravedad Especifica del Suelo	Gs	2.561	-	0.110	Agua	0.110
Peso especifico del Agua	$\gamma(w)$	1.000	gr/cm3	0.689	Suelo	1.764
CALCULOS:		SIMBOLO	DATO	UNIDAD	1.000	1.874
Peso Unitario Natural	γ_{nat}	1.874	gr/cm3	Total		
Peso Unitario Seco	γ_{seco}	1.764	gr/cm3			
RELACIONES GRAVIMETRICAS						
Peso de Solidos	W_s	1.764	gr			
Volumen de Solidos	V_s	0.689	cm3			
Volumen de Vacios	V_v	0.311	cm3			
Relacion de Vacios	e	0.452	-			
Porosidad	n	31.12%	%			
GRADO DE SATURACION						
Peso de Agua	W_w	0.110	gr			
Volumen de Agua	V_w	0.110	cm3			
Volumen de Aire	V_a	0.201	cm3			
Grado de Saturacion	$S\%$	35.43%	%			
PESO UNITARIO SATURADO						
Ecuacion 01	γ_{sat}	2.075	gr/cm3			
Ecuacion 02	γ_{sat}	2.075	gr/cm4			
Cantidad de agua requerida para que 01 m3 de suelo se encuentre Saturado	Condiciones Secas	0.311	m3			
	Condiciones Naturales	0.201	m3			
$\gamma_{seco} = \gamma_{nat} / (1 + w\%/100)$		$W_w = \rho_{nat} - \rho_{seco}$				
$W_s = \rho_{nat} / (1 + w\%/100)$		$V_w = W_w$				
$V_s = W_s / (G_s * \gamma_w)$		$S\% = V_w / V_v * 100$				
$V_v = V_t - V_s = 1 - V_s$		$\gamma_{sat} = (W_s + W_w) / (V_s + V_v)$				
$e = V_v / V_s$		$\gamma_{sat} = (G_s + e) * \gamma_w / (1 + e)$				
$n = V_v / V_t = V_v / 1$						

Fuente: Elaboración propia



Tabla 157: Procesamiento del ensayo Gravedad Especifica, ensayo 06

Descripcion	Peso (g)	$Pe = \frac{A}{B + (A - C)} \left[\frac{gf}{cm^3} \right]$		
Peso de la muestra Seca en Gramos (A) :	50.58	Temperatura °C	Densidad del Agua	Corrección Factor K
Peso Picnometro + Agua (B) :	656.52			
Peso Picnometro + Agua + Suelo (C) :	687.50			
Temperatura del Agua :	22.50			
Factor de Correccion por Temperatura(K) :	0.9995			
Gravedad Especifica (Pe) :	2.58			
		16.0	0.99897	1.0007
		16.5	0.99889	1.0007
		17.0	0.99880	1.0006
		17.5	0.99871	1.0005
		18.0	0.99862	1.0004
		18.5	0.99853	1.0003
		19.0	0.99843	1.0002
		19.5	0.99833	1.0001
		20.0	0.99823	1.0000
		20.5	0.99812	0.9999
		21.0	0.99802	0.9998
		21.5	0.99791	0.9997
		22.0	0.99780	0.9996
		22.5	0.99768	0.9995
		23.0	0.99757	0.9993
		23.5	0.99745	0.9992
		24.0	0.99732	0.9991
		24.5	0.99720	0.9990
		25.0	0.99707	0.9988
		25.5	0.99694	0.9987
		26.0	0.99681	0.9986
		26.5	0.99668	0.9984
		27.0	0.99654	0.9983
		27.5	0.99640	0.9982
		28.0	0.99626	0.9980
		28.5	0.99612	0.9979
		29.0	0.99597	0.9977
		29.5	0.99582	0.9976
		30.0	0.99567	0.9974

Fuente: Elaboración propia



Tabla 158: Procesamiento de las Relaciones Gravimétricas y Volumétricas, ensayo 06

RELACIONES GRAVIMETRICAS Y VOLUMETRICAS						
DATOS:		SIMBOLO	DATO	UNIDAD	Grafica de las Fases (por cm3)	
Densidad Natural (Humeda)	Pnat	1.872	gr/cm3	Volumen (cm3)	Fase	Peso (gr)
Contenido de Humedad	W%	7.28%	%	0.196	Aire	0.000
Gravedad Especifica del Suelo	Gs	2.579	-			
Peso especifico del Agua	Y(w)	1.000	gr/cm3			
CALCULOS:		SIMBOLO	DATO	UNIDAD	0.127	0.127
Peso Unitario Natural	Ynat	1.872	gr/cm3		Agua	
Peso Unitario Seco	Yseco	1.745	gr/cm3			
RELACIONES GRAVIMETRICAS						
Peso de Solidos	Ws	1.745	gr	0.677	Suelo	1.745
Volumen de Solidos	Vs	0.677	cm3			
Volumen de Vacios	Vv	0.323	cm3			
Relacion de Vacios	e	0.478	-			
Porosidad	n	32.34%	%			
GRADO DE SATURACION						
				1.000		1.872
Peso de Agua	Ww	0.127	gr	Total		
Volumen de Agua	Vw	0.127	cm3			
Volumen de Aire	Va	0.196	cm3			
Grado de Saturacion	S%	39.30%	%			
PESO UNITARIO SATURADO						
Ecuacion 01	Ysat	2.069	gr/cm3			
Ecuacion 02	Ysat	2.069	gr/cm4			
Cantidad de agua requerida para que 01 m3 de suelo se encuentre Saturado	Condiciones Secas	0.323	m3			
	Condiciones Naturales	0.196	m3			
$\gamma_{seco} = \gamma_{nat} / (1 + w\%/100)$		$Ww = \rho_{nat} - \rho_{seco}$				
$Ws = \rho_{nat} / (1 + w\%/100)$		$Vw = Ww$				
$Vs = Ws / (Gs * \gamma_w)$		$S\% = Vw / Vv * 100$				
$Vv = Vt - Vs = 1 - Vs$		$\gamma_{sat} = (Ws + Ww) / (Vs + Vv)$				
$e = Vv / Vs$		$\gamma_{sat} = (Gs + e) * \gamma_w / (1 + e)$				
$n = Vv / Vt = Vv / 1$						

Fuente: Elaboración propia



c) Análisis de la prueba

De la prueba de gravedad específica de los sólidos, se puede observar valores entre 2.555 y 2.579, diferentes a sus respectivas densidades naturales, lo que establece la existencia de vacíos al interior de su estructura, con los cálculos de las relaciones gravimétricas y volumétricas se determina el valor más resaltante que es el peso unitario saturado, el cual en combinación con el Sondaje Eléctrico Vertical, ensayo que permite obtener una posible división entre estratos con humedades naturales y completamente saturados y obtención del nivel freático, posibilitan un modelado del talud con condiciones más reales.

3.6.9 Clasificación de suelos por el método SUCS

a) Procesamiento

El procesamiento para la clasificación de los suelos del talud de estudio se realizó empleando el método propuesto por el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), el cual considera como suelos finos cuando el porcentaje que pasa por el tamiz #200 es mayor al 50% y como suelos gruesos cuando el porcentaje que pasa por el tamiz # 200 es menor al 50% además subdivide a los suelos gruesos; en arenas a aquellos suelos que el 50% o más pasa por el tamiz #04 y gravas cuando el porcentaje que pasa por el tamiz #04 es menor al 50%. Además, se hace uso de la carta de plasticidad interceptando los límites de consistencia.

b) Diagramas y tablas



Tabla 159: Clasificación de suelos SUCS Calicata 01, C-01

Datos para la clasificación

De la granulometría

% de gruesos=	37.69%
% de finos=	62.31%
% de grava=	0.00%
% de arena=	37.69%

Retenido en malla N 200= 37.69%

Retenido en malla N 4= 0.00%

% de la fracción gruesa retenida en la malla N 4= 0.00% (Grava)

% de la fracción gruesa pasa la malla N 4= 100.00% (Arena)

Cu= NP

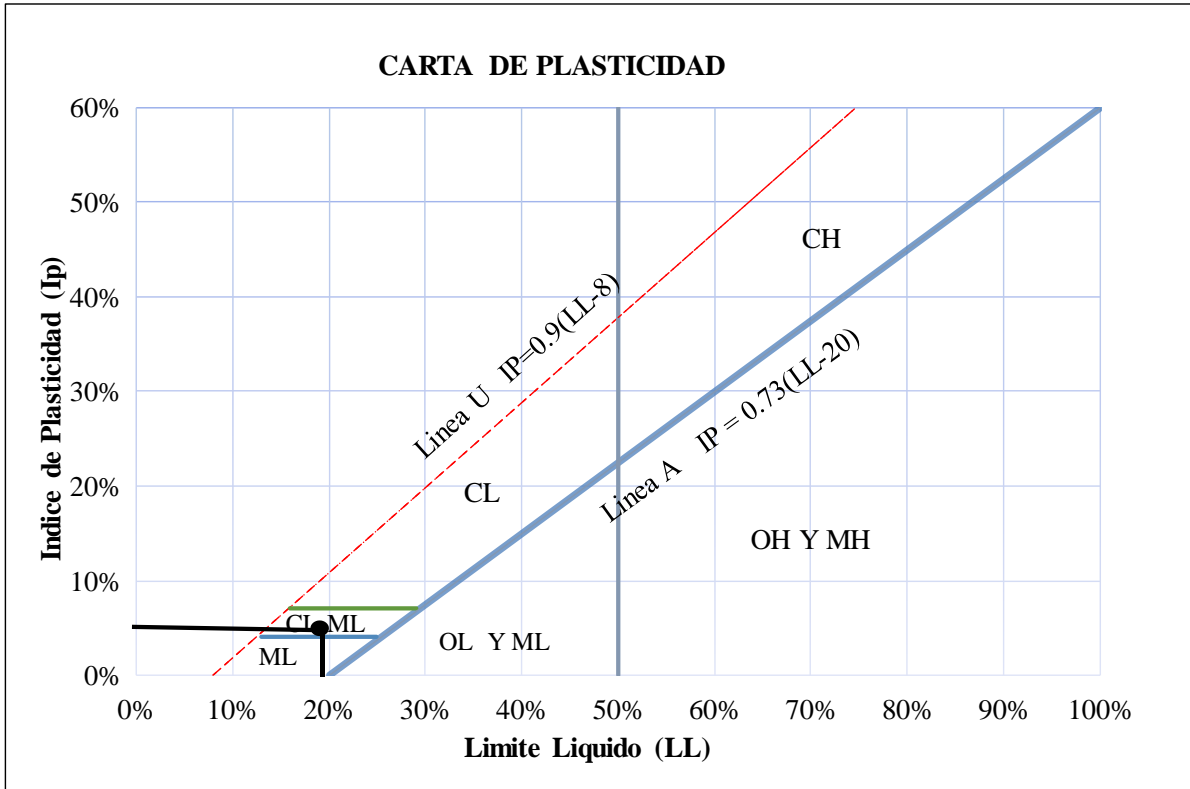
Cc= NP

De los límites de consistencia

LL= 19.84%

LP= 15.05%

IP= 4.78%



SUELOS							
FINOS							
MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200							
LIMOS Y ARCILLAS							ORG (Turba)
LL<50%				LL>50%			
CL	CL-ML	ML	OL	CH	MH	OH	Pt
CL-ML		Arcilla limosa de baja plasticidad					

Fuente: Elaboración propia



Tabla 160: Clasificación de suelos SUCS Calicata 02, C-02

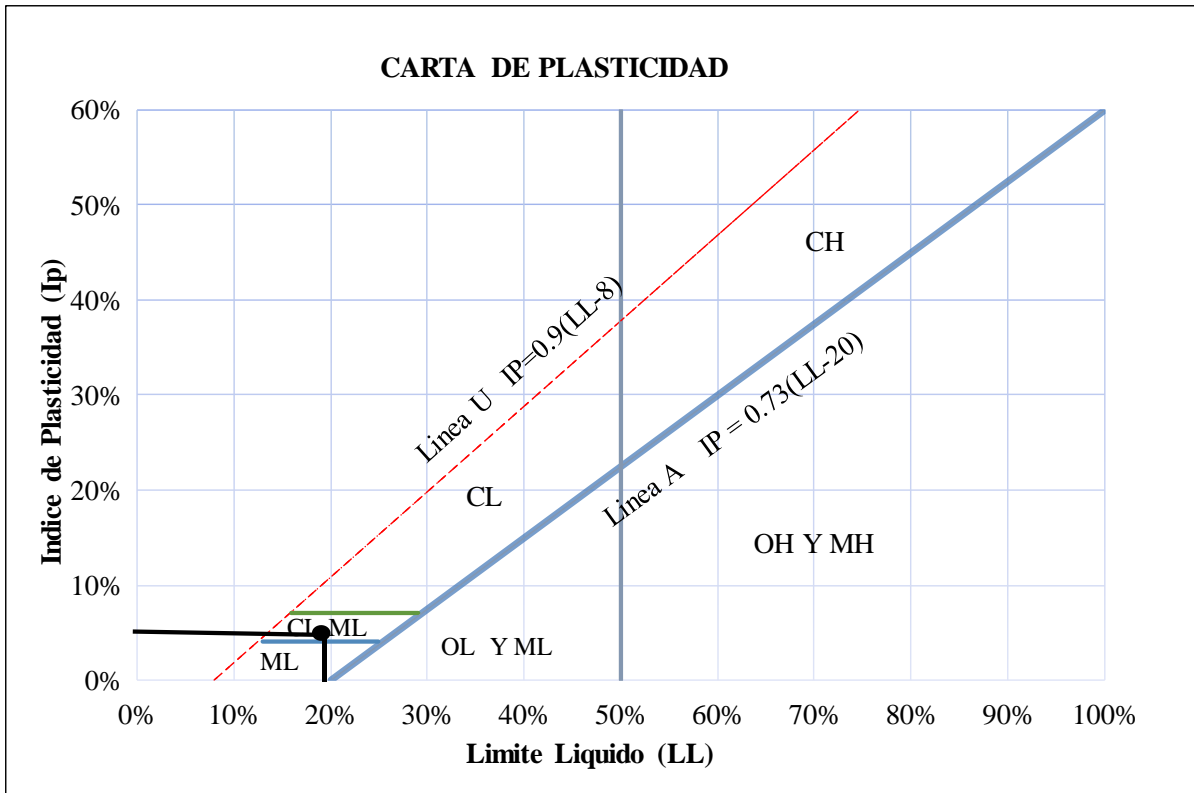
Datos para la clasificación

De la granulometría

% de gruesos=	47.40%	Retenido en malla N 200=	47.40%
% de finos=	52.60%	Retenido en malla N 4=	0.00%
% de grava=	0.00%		
% de arena=	47.40%		
% de la fracción gruesa retenida en la malla N 4=		0.00%	(Grava)
% de la fracción gruesa pasa la malla N 4=		100.00%	(Arena)
Cu=	NP		
Cc=	NP		

De los límites de consistencia

LL=	22.34%
LP=	18.00%
IP=	4.33%



SUELOS							
FINOS							
MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200							
LIMOS Y ARCILLAS							ORG (Turba)
LL < 50%				LL > 50%			
CL	CL-ML	ML	OL	CH	MH	OH	Pt

CL-ML	Arcilla limosa de baja plasticidad
--------------	---

Fuente: Elaboración propia



Tabla 161: Clasificación de suelos SUCS Calicata 03, C-03

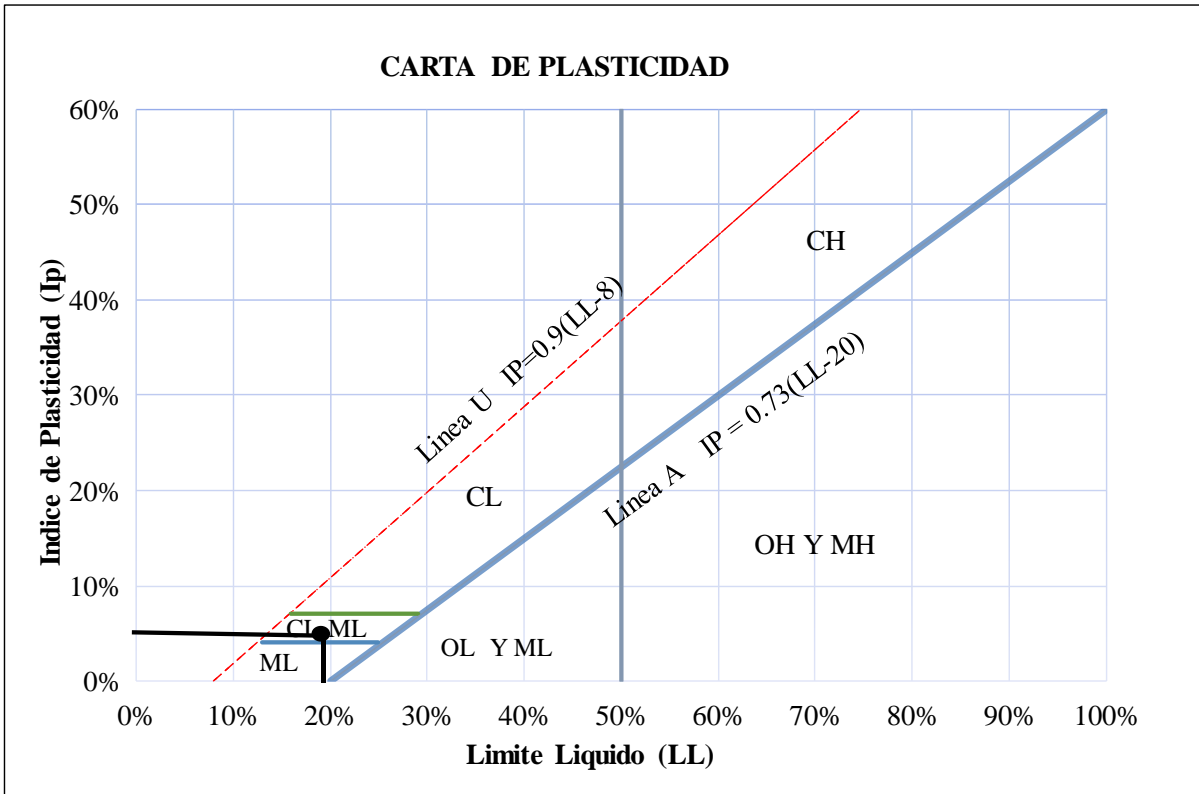
Datos para la clasificación

De la granulometría

% de gruesos=	43.44%	Retenido en malla N 200=	43.44%
% de finos=	56.56%	Retenido en malla N 4=	0.00%
% de grava=	0.00%		
% de arena=	43.44%		
% de la fracción gruesa retenida en la malla N 4=	0.00%	(Grava)	
% de la fracción gruesa pasa la malla N 4=	100.00%	(Arena)	
Cu=	NP		
Cc=	NP		

De los límites de consistencia

LL=	25.59%
LP=	19.62%
IP=	5.97%



SUELOS							
FINOS							
MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200							
LIMOS Y ARCILLAS							ORG (Turba)
LL<50%				LL>50%			
CL	CL-ML	ML	OL	CH	MH	OH	Pt

CL-ML **Arcilla limosa de baja plasticidad**

Fuente: Elaboración propia



Tabla 162: Clasificación de suelos SUCS Calicata 04, C-04

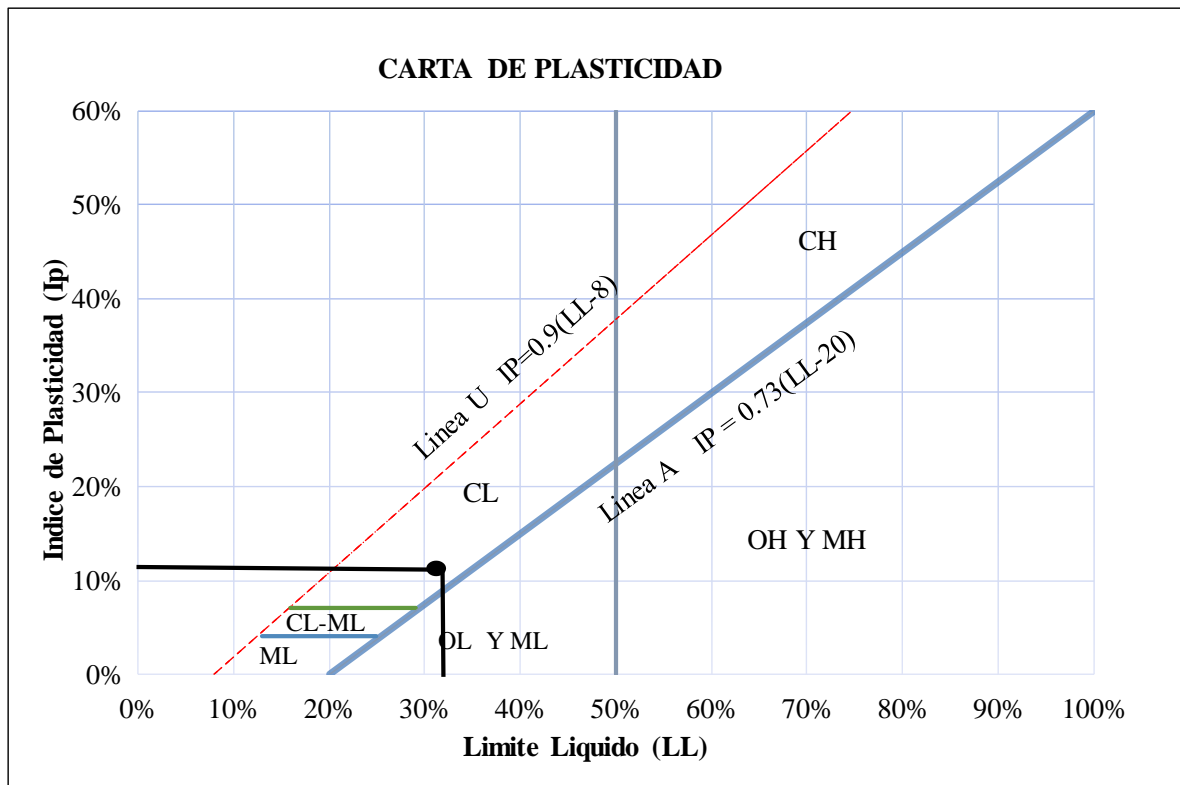
Datos para la clasificación

De la granulometría

% de gruesos=	29.17%	Retenido en malla N 200=	29.17%
% de finos=	70.83%	Retenido en malla N 4=	0.00%
% de grava=	0.00%		
% de arena=	29.17%		
% de la fracción gruesa retenida en la malla N 4=		0.00%	(Grava)
% de la fracción gruesa pasa la malla N 4=		100.00%	(Arena)
Cu=	NP		
Cc=	NP		

De los límites de consistencia

LL=	33.68%
LP=	23.31%
IP=	10.38%



SUELOS							
FINOS							
MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200							
LIMOS Y ARCILLAS							ORG (Turba)
LL < 50%				LL > 50%			
CL	CL-ML	ML	OL	CH	MH	OH	Pt

CL	Arcilla baja plasticidad
-----------	---------------------------------

Fuente: Elaboración propia



Tabla 163: Clasificación de suelos SUCS Calicata 05, C-05

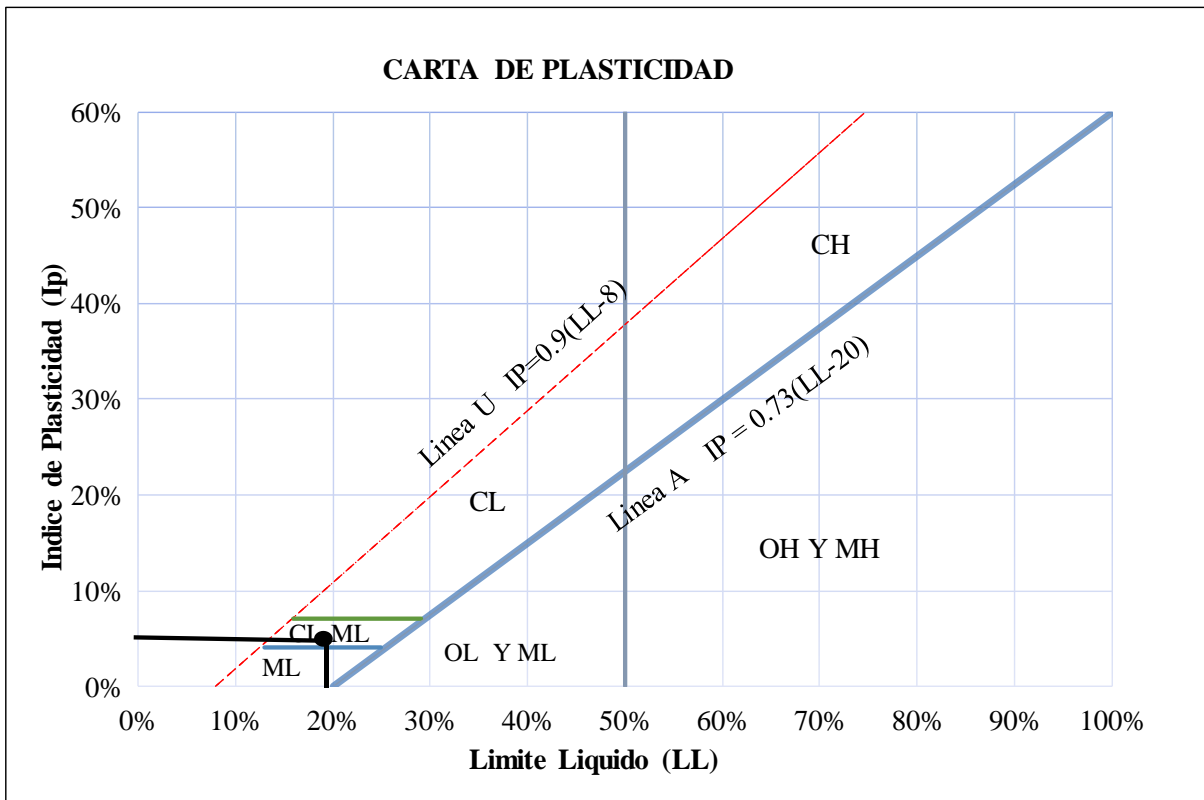
Datos para la clasificación

De la granulometria

% de gruesos=	49.24%	Retenido en malla N 200=	49.24%
% de finos=	50.76%	Retenido en malla N 4=	0.00%
% de grava=	0.00%		
% de arena=	49.24%		
% de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4=	0.00%	(Grava)	
% de la fraccion gruesa pasa la malla N 4=	100.00%	(Arena)	
Cu=	NP		
Cc=	NP		

De los limites de consistencia

LL=	25.18%
LP=	21.07%
IP=	4.11%



SUELOS							
FINOS							
MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200							
LIMOS Y ARCILLAS							ORG (Turba)
LL < 50%				LL > 50%			
CL	CL-ML	ML	OL	CH	MH	OH	Pt

CL-ML Arcilla limosa de baja plasticidad

Fuente: Elaboración propia



Tabla 164: Clasificación de suelos SUCS Calicata 06, C-06

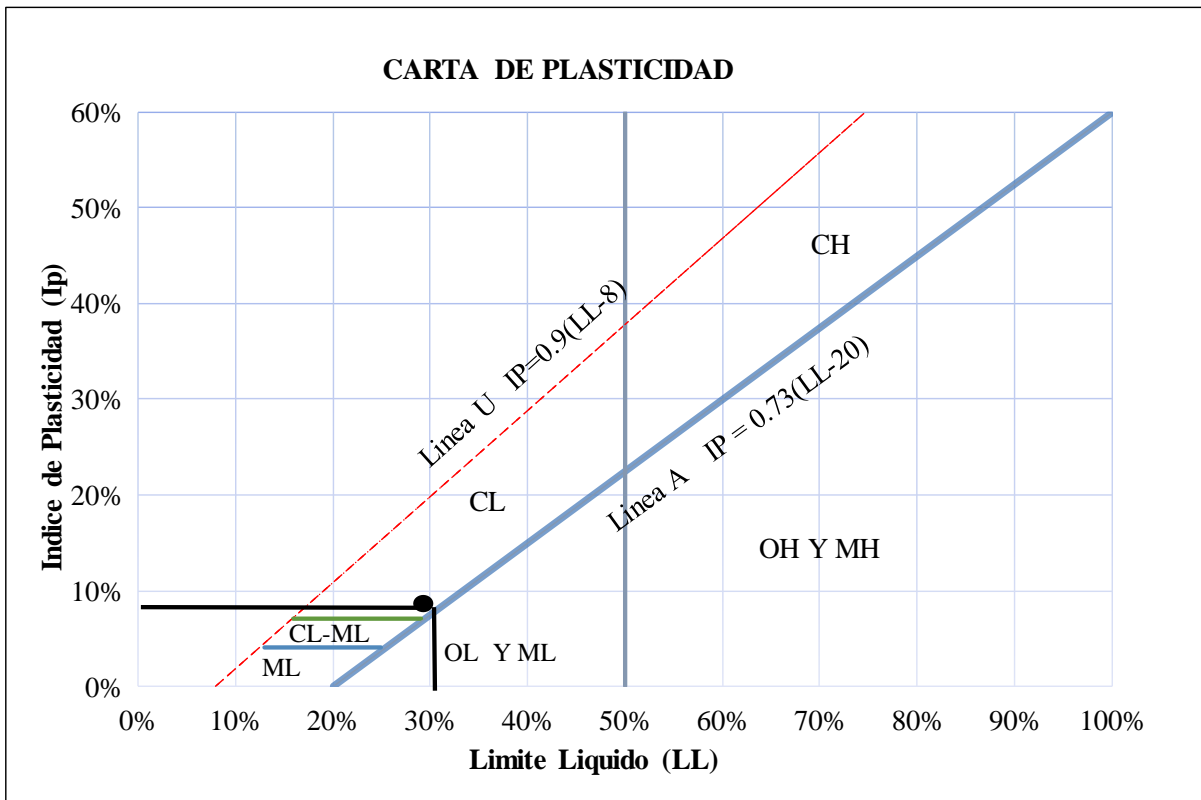
Datos para la clasificación

De la granulometria

% de gruesos=	29.82%	Retenido en malla N 200=	29.82%
% de finos=	70.18%	Retenido en malla N 4=	0.00%
% de grava=	0.00%		
% de arena=	29.82%		
% de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4=	0.00%	(Grava)	
% de la fraccion gruesa pasa la malla N 4=	100.00%	(Arena)	
Cu=	NP		
Cc=	NP		

De los limites de consistencia

LL=	30.56%
LP=	21.63%
IP=	8.93%



SUELOS							
FINOS							
MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200							
LIMOS Y ARCILLAS							ORG (Turba)
LL < 50%				LL > 50%			
CL	CL-ML	ML	OL	CH	MH	OH	Pt
CL	Arcilla baja plasticidad						

Fuente: Elaboración propia



c) Análisis de datos

De la clasificación de suelos realizado, por el Método SUCS, se puede observar que las calicatas contienen materiales que representan en su mayoría materiales finos, entre Arcillas de baja plasticidad (CL) y Arcillas limosas de Baja Plasticidad (CL-ML).

3.6.10 Ensayo de Velocidad de Infiltración en el suelo por el Método Porchet

a) Procesamiento

El procesamiento de los datos obtenidos de la prueba de infiltración consistió en calcular lo siguiente:

- La Superficie de infiltración inicial, la cual se obtiene mediante la ecuación:

$$S = \pi * R(2H + R)$$

Donde:

S : Superficie de infiltración inicial (cm)

R : Radio del molde (cm)

H : Nivel o altura del agua

- Volumen de infiltración en cm^3/s .

$$S = (\pi * R^2(H_1 - H_2))/(T_i - T_{i-1})$$

- Capacidad de infiltración en cm/s

$$f = \frac{R}{2 * (t_2 - t_i)} * \ln\left(\frac{2h_1 + R}{2h_2 + R}\right)$$



b) Diagramas y tablas

Tabla 165: Procesamiento de datos del ensayo de velocidad de infiltración en el suelo por el método de Porchet – Calicata 01

DATOS DEL ENSAYO							
Radio (R): 9.50 cm				Capacidad de Infiltración $f = \frac{R}{2 * (t_2 - t_1)} * \ln\left(\frac{2h_1 + R}{2h_2 + R}\right)$			
Altura (H): 40.30 cm							
Superficie de Infiltración Inicial (S): 2689.05 cm ²							
$S = \pi * R * (2H + R)$							
Nivel (cm)	Tiempo (min)	Tiempo (seg)	2*H+R (cm)	Volumen Infiltrado (cm ³ /seg)	f (cm/seg)	Infiltración (mm/hr)	Infiltración (cm/hr)
40.30	0.00	0.00	90.10	0.00			
35.20	0.50	30.00	79.90	48.1999	0.019023	684.82	68.482258
31.10	1.00	60.00	71.70	19.3745	0.017145	617.23	61.722510
27.60	1.50	90.00	64.70	11.0261	0.016266	585.56	58.555841
24.90	2.00	120.00	59.30	6.3794	0.013799	496.77	49.676580
23.00	2.50	150.00	55.50	3.5914	0.010486	377.49	37.748983
16.00	5.00	300.00	41.50	6.6157	0.009205	331.39	33.138614
14.00	7.50	450.00	37.50	1.2601	0.003209	115.54	11.554184
12.00	12.50	750.00	33.50	0.7561	0.001786	64.29	6.429343
11.00	17.50	1050.00	31.50	0.2700	0.000975	35.09	3.508800
9.50	22.50	1350.00	28.50	0.3150	0.001585	57.05	5.704757
9.00	27.50	1650.00	27.50	0.0859	0.000566	20.36	2.035931
7.70	37.50	2250.00	24.90	0.1638	0.000786	28.31	2.830569
7.00	47.50	2850.00	23.50	0.0696	0.000458	16.49	1.649220
6.30	57.50	3450.00	22.10	0.0575	0.000486	17.51	1.750550
5.60	67.50	4050.00	20.70	0.0490	0.000518	18.65	1.865151
5.10	77.50	4650.00	19.70	0.0305	0.000392	14.11	1.411179
Promedio				6.1403	6.04E-03	217.5403	21.7540

Fuente: Elaboración propia



Tabla 166: Procesamiento de datos del ensayo de velocidad de infiltración en el suelo por el método de Porchet – Calicata 02

DATOS DEL ENSAYO							
Radio (R): 9.50 cm				Capacidad de Infiltración $f = \frac{R}{2 * (t_2 - t_1)} * \ln\left(\frac{2h_1 + R}{2h_2 + R}\right)$			
Altura (H): 40.10 cm							
Superficie de Infiltración Inicial (S): 2677.11 cm ²							
$S = \pi * R * (2H + R)$							
Nivel (cm)	Tiempo (min)	Tiempo (seg)	2*H+R (cm)	Volumen Infiltrado (cm ³ /seg)	f (cm/seg)	Infiltración (mm/hr)	Infiltración (cm/hr)
40.10	0.00	0.00	89.70	0.00			
36.30	0.50	30.00	82.10	35.9136	0.014018	504.64	50.463669
33.10	1.00	60.00	75.70	15.1215	0.012850	462.61	46.261118
30.60	1.50	90.00	70.70	7.8758	0.010819	389.50	38.949575
28.80	2.00	120.00	67.10	4.2529	0.008275	297.89	29.789071
27.60	2.50	150.00	64.70	2.2682	0.005767	207.61	20.761020
24.60	5.00	300.00	58.70	2.8353	0.003082	110.95	11.094648
20.50	7.50	450.00	50.50	2.5833	0.004765	171.53	17.153169
17.00	10.00	600.00	43.50	1.6539	0.004725	170.10	17.010213
14.80	12.50	750.00	39.10	0.8317	0.003377	121.57	12.156786
14.00	15.00	900.00	37.50	0.2520	0.001323	47.63	4.763095
12.50	20.00	1200.00	34.50	0.3544	0.001320	47.53	4.752752
12.00	25.00	1500.00	33.50	0.0945	0.000466	16.77	1.676591
10.80	30.00	1800.00	31.10	0.1890	0.001177	42.37	4.237244
10.00	35.00	2100.00	29.50	0.1080	0.000836	30.11	3.010601
9.40	40.00	2400.00	28.30	0.0709	0.000658	23.67	2.367122
8.60	50.00	3000.00	26.70	0.0756	0.000461	16.59	1.658650
Promedio				4.6550	4.62E-03	166.3158	16.6316

Fuente: Elaboración propia



Tabla 167: Procesamiento de datos del ensayo de velocidad de infiltración en el suelo por el método de Porchet – Calicata 03

DATOS DEL ENSAYO							
Radio (R):		9.50 cm		Capacidad de Infiltracion $f = \frac{R}{2 * (t_2 - t_1)} * \ln\left(\frac{2h_1 + R}{2h_2 + R}\right)$			
Altura (H):		47.90 cm					
Superficie de Infiltracion Inicial (S):		3142.69 cm ²					
$S = \pi * R * (2H + R)$							
Nivel (cm)	Tiempo (min)	Tiempo (seg)	2*H+R (cm)	Volumen Infiltrado (cm ³ /seg)	f (cm/seg)	Infiltracion (mm/hr)	Infiltracion (cm/hr)
47.90	0.00	0.00	105.30	0.00			
44.40	0.50	30.00	98.30	33.0784	0.010892	392.10	39.209953
41.40	1.00	60.00	92.30	14.1764	0.009972	358.99	35.898535
38.80	1.50	90.00	87.10	8.1908	0.009181	330.53	33.052737
36.50	2.00	120.00	82.50	5.4343	0.008591	309.27	30.927397
34.60	2.50	150.00	78.70	3.5914	0.007466	268.78	26.878429
27.90	5.00	300.00	65.30	6.3321	0.005911	212.78	21.278228
22.40	7.50	450.00	54.30	3.4654	0.005841	210.29	21.029330
20.00	10.00	600.00	49.50	1.1341	0.002931	105.51	10.550878
18.80	12.50	750.00	47.10	0.4536	0.001574	56.66	5.665762
17.80	15.00	900.00	45.10	0.3150	0.001374	49.47	4.946546
16.70	17.50	1050.00	42.90	0.2970	0.001584	57.01	5.701188
15.80	20.00	1200.00	41.10	0.2126	0.001357	48.86	4.886462
14.90	25.00	1500.00	39.30	0.1701	0.000709	25.53	2.552665
14.10	30.00	1800.00	37.70	0.1260	0.000658	23.69	2.369172
13.40	35.00	2100.00	36.30	0.0945	0.000599	21.57	2.157014
12.00	45.00	2700.00	33.50	0.1470	0.000635	22.88	2.287761
Promedio				4.8262	4.33E-03	155.8700	15.5870

Fuente: elaboración propia



Tabla 168: Procesamiento de datos del ensayo de velocidad de infiltración en el suelo por el método de Porchet – Calicata 04

DATOS DEL ENSAYO							
Radio (R): 9.50 cm				Capacidad de Infiltracion $f = \frac{R}{2 * (t_2 - t_1)} * \ln\left(\frac{2h_1 + R}{2h_2 + R}\right)$			
Altura (H): 41.45 cm							
Superficie de Infiltracion Inicial (S): 2757.69 cm ² $S = \pi * R * (2H + R)$							
Nivel (cm)	Tiempo (min)	Tiempo (seg)	2*H+R (cm)	Volumen Infiltrado (cm ³ /seg)	f (cm/seg)	Infiltracion (mm/hr)	Infiltracion (cm/hr)
41.45	0.00	0.00	92.40	0.00			
40.30	0.50	30.00	90.10	10.8686	0.003991	143.68	14.367884
39.25	1.00	60.00	88.00	4.9618	0.003734	134.43	13.442510
38.44	1.50	90.00	86.38	2.5518	0.002942	105.91	10.590969
37.91	2.00	120.00	85.32	1.2523	0.001955	70.38	7.037946
36.23	4.00	240.00	81.96	1.9847	0.001590	57.25	5.725304
35.29	5.00	300.00	80.08	0.8884	0.001837	66.13	6.613479
33.63	7.50	450.00	76.76	1.0459	0.001341	48.27	4.827041
31.56	10.00	600.00	72.62	0.9782	0.001756	63.21	6.320537
29.64	15.00	900.00	68.78	0.6049	0.000860	30.97	3.096660
26.31	20.00	1200.00	62.12	0.7868	0.001613	58.05	5.805165
24.01	35.00	2100.00	57.52	0.3105	0.000406	14.62	1.461770
22.01	45.00	2700.00	53.52	0.2100	0.000571	20.54	2.054203
20.12	55.00	3300.00	49.74	0.1624	0.000580	20.88	2.087510
18.90	65.00	3900.00	47.30	0.0887	0.000398	14.34	1.433526
Promedio				1.9068	1.68E-03	60.6175	6.0618

Fuente: Elaboración propia



Tabla 169: Procesamiento de datos del ensayo de velocidad de infiltración en el suelo por el método de Porchet – Calicata 05

DATOS DEL ENSAYO							
Radio (R): 9.50 cm				Capacidad de Infiltracion $f = \frac{R}{2 * (t_2 - t_1)} * \ln\left(\frac{2h_1 + R}{2h_2 + R}\right)$			
Altura (H): 46.30 cm							
Superficie de Infiltracion Inicial (S): 3047.19 cm ²							
$S = \pi * R * (2H + R)$							
Nivel (cm)	Tiempo (min)	Tiempo (seg)	2*H+R (cm)	Volumen Infiltrado (cm ³ /seg)	f (cm/seg)	Infiltracion (mm/hr)	Infiltracion (cm/hr)
46.30	0.00	0.00	102.10	0.00			
42.50	0.50	30.00	94.50	35.9136	0.012248	440.91	44.091148
39.50	1.00	60.00	88.50	14.1764	0.010386	373.90	37.390451
37.00	1.50	90.00	83.50	7.8758	0.009208	331.49	33.148874
35.10	2.00	120.00	79.70	4.4892	0.007375	265.49	26.548916
33.70	2.50	150.00	76.90	2.6463	0.005663	203.85	20.385314
26.20	5.00	300.00	61.90	7.0882	0.006871	247.36	24.736369
22.70	7.50	450.00	54.90	2.2052	0.003800	136.81	13.680779
20.20	10.00	600.00	49.90	1.1814	0.003024	108.86	10.886127
18.60	12.50	750.00	46.70	0.6049	0.002099	75.56	7.555560
17.80	15.00	900.00	45.10	0.2520	0.001104	39.74	3.974259
16.60	17.50	1050.00	42.70	0.3240	0.001732	62.34	6.233899
15.50	20.00	1200.00	40.50	0.2599	0.001675	60.30	6.030252
14.50	25.00	1500.00	38.50	0.1890	0.000802	28.87	2.886693
13.80	30.00	1800.00	37.10	0.1103	0.000586	21.11	2.111352
12.80	40.00	2400.00	35.10	0.1181	0.000439	15.79	1.579351
12.00	50.00	3000.00	33.50	0.0756	0.000369	13.30	1.329687
Promedio				4.8444	4.21E-03	151.6056	15.1606

Fuente: Elaboración propia



Tabla 170: Procesamiento de datos del ensayo de velocidad de infiltración en el suelo por el método de Porchet – Calicata 06

DATOS DEL ENSAYO							
Radio (R): 9.50 cm				Capacidad de Infiltracion $f = \frac{R}{2 * (t_2 - t_1)} * \ln\left(\frac{2h_1 + R}{2h_2 + R}\right)$			
Altura (H): 44.50 cm							
Superficie de Infiltracion Inicial (S): 2939.75 cm ² $S = \pi * R * (2H + R)$							
Nivel (cm)	Tiempo (min)	Tiempo (seg)	2*H+R (cm)	Volumen Infiltrado (cm ³ /seg)	f (cm/seg)	Infiltracion (mm/hr)	Infiltracion (cm/hr)
44.50	0.00	0.00	98.50	0.00			
42.50	0.50	30.00	94.50	18.9019	0.006564	236.30	23.630327
40.85	1.00	60.00	91.20	7.7970	0.005628	202.61	20.260614
39.60	1.50	90.00	88.70	3.9379	0.004401	158.43	15.843154
38.65	2.00	120.00	86.80	2.2446	0.003428	123.42	12.342363
37.00	3.00	180.00	83.50	2.5990	0.003068	110.47	11.046597
35.00	5.00	300.00	79.50	1.8902	0.001943	69.95	6.995269
33.00	7.50	450.00	75.50	1.2601	0.001635	58.85	5.885178
31.80	10.00	600.00	73.10	0.5671	0.001023	36.83	3.682689
29.60	12.50	750.00	68.70	0.8317	0.001966	70.77	7.077025
27.20	15.00	900.00	63.90	0.7561	0.002294	82.57	8.257002
25.50	20.00	1200.00	60.50	0.4017	0.000866	31.17	3.116532
24.00	25.00	1500.00	57.50	0.2835	0.000805	28.99	2.898930
22.00	30.00	1800.00	53.50	0.3150	0.001142	41.10	4.109888
20.50	40.00	2400.00	50.50	0.1772	0.000457	16.45	1.644687
19.70	50.00	3000.00	48.90	0.0756	0.000255	9.18	0.917584
18.30	60.00	3600.00	46.10	0.1103	0.000467	16.80	1.680487
Promedio				2.6343	2.25E-03	80.8677	8.0868

Fuente: Elaboración propia



c) Análisis de la prueba

De los resultados obtenidos podemos concluir que la capacidad de infiltración del suelo, se encuentra entre valor mínimo de 1.68×10^{-3} cm/seg y un valor máximo 6.04×10^{-3} cm/seg, que según Coduto de 1999, en su cuadro de valores típicos de conductividad Hidráulica, representan arenas Limosas y Arcillosas.

3.6.11 Ensayo de Compresión triaxial No consolidado No drenado (UU)

a) Procedimiento o cálculos de la prueba

Para el procesamiento de la información se hizo:

- Datos de ingreso:

$$\text{Diámetro promedio (D)} = \frac{ds+2xdm+di}{4} = 6.50 \text{ cm ... (01)}$$

$$\text{Área Promedio} = 6.50 \times 6.50 \times 3.14 / 4 = 33.18 \text{ cm}^2 \text{ ... (02)}$$

$$\text{Altura Promedio} = \frac{12.70+12.71+12.75}{3} = 12.72 \text{ cm ... (03)}$$

$$\text{Volumen inicial} = 12.72 \times 33.18 = 422.09 \text{ cm}^3 \text{ ... (04)}$$

$$\text{Carga Normal o de Confinamiento (S3)} = 10.00 \text{ psi} = 0.703 \text{ kg/cm}^2 \text{ ... (05)}$$

$$\text{Presión de poros inicial } (\Delta uc) = 0.000 \text{ kg/cm}^2 \text{ (correspondiente a la lectura de la maquina) ... (06)}$$

$$\text{Presión de poros inicial } (\Delta ud) = 0.300 \text{ kg/cm}^2 \text{ (correspondiente a la lectura de la máquina, después del ensayo) ... (07)}$$

$$\text{Peso de la muestra} = 768.000 \text{ gr ... (08)}$$

$$\text{Peso unitario Húmedo} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen Calculado}} = \frac{768.00}{422.09} = 1.82 \text{ gr/cm}^3 \text{ ... (09)}$$

$$\text{Contenido de Humedad (W\%)} \text{ (de otro ensayo): } 5.82 \% \text{ ... (10)}$$

$$\text{Peso unitario Seco} = \frac{P.U.Humedo}{(1+W\%)} = \frac{768.00}{422.09} = 1.82 \text{ gr/cm}^3 \text{ ... (11)}$$

- Cálculos realizados para cada muestra, un total de 3 muestras por calicata, la explicación del cálculo se realizará para las dos primeras filas, dado que el procedimiento es consecutivo:
- Cálculo de la altura para cada momento del ensayo, igual a la altura inicial (altura promedio) menos la desviación obtenida (ΔLi) hasta ese momento:

$$\text{Longitud1 (cm)} = \text{Longitud inicial (03)} - \Delta Li = 12.72 - 0.00 = 12.72 \dots (12)$$

$$\text{Longitud2 (cm)} = \text{Longitud inicial (03)} - \Delta Li = 12.72 - 0.05 = 12.67 \dots (13)$$



- Cálculo de la desviación unitaria de altura, obtenida por división entre la desviación obtenida (ΔL_i) y la altura en ese momento (L_i):

$$\varepsilon_1 = \Delta L_i / L_i = 0.000 / 12.72 = 0.000 \dots (14)$$

$$\varepsilon_2 = \Delta L_i / L_i = 0.050 / 12.67 = 0.0039 \dots (15)$$

- Cálculo del Área o superficie de aplicación de carga, obtenida a través de la desviación unitaria:

$$A_1 = \frac{\text{Area Inicial}}{(1-\varepsilon_1)} = \frac{33.18}{(1-0.00)} = 33.18 \text{ cm}^2 \dots (16)$$

$$A_2 = \frac{\text{Area Inicial}}{(1-\varepsilon_2)} = \frac{33.18}{(1-0.0039)} = 33.31 \text{ cm}^2 \dots (17)$$

- Cálculo del Esfuerzo para cada momento de la carga, igual a la carga aplicada en ese momento dividido por el área de aplicación de carga:

$$\sigma_{d1} = \frac{F_1}{(A_1)} = \frac{0.00}{(33.18)} = 0.00 \text{ kg/cm}^2 \dots (18)$$

$$\sigma_{d2} = \frac{F_2}{(A_2)} = \frac{1.00}{(33.31)} = 0.030 \text{ kg/cm}^2 \dots (19)$$

- Cálculo del Esfuerzo S_1 , igual al esfuerzo $S_3(05)$ más el esfuerzo desviador en cada comento σ_{di} (18 y 19):

$$S_1 = S_3 + \sigma_{d1} = 0.703 + 0.000 = 0.703 \text{ kg/cm}^2 (20)$$

$$S_1 = S_3 + \sigma_{d2} = 0.703 + 0.030 = 0.733 \text{ kg/cm}^2 (21)$$

- Cálculo de los esfuerzos efectivos, se obtiene restando los esfuerzos totales obtenidos (S_1 y S_3) y la presión de poro que se obtuvo mediante la máquina para cada esfuerzo de confinamiento (S_3):

$$S'_3 = S_3 - \Delta u_c - \Delta u_d = 0.703 - 0.00 - 0.300 = 0.403 \text{ kg/cm}^2 (22)$$

$$S'_1 = S_1 - \Delta u_c - \Delta u_d = 0.733 - 0.00 - 0.300 = 0.433 \text{ kg/cm}^2 (23)$$

- El mismo procedimiento se hace para todos los datos de fuerza y desviación unitaria obtenidas mediante el equipo triaxial, seguidamente se selecciona el mayor valor de S_1 de todo el ensayo, dado que se trabajará con los mayores esfuerzos obtenidos que representan la mayor resistencia de la muestra, así también su correspondiente S'_1 .



- Este procedimiento se realiza otras dos veces más, debido a que son necesarias 3 cálculos por cada ensayo de compresión triaxial, aumentando la carga de Confinamiento (S3), así obteniéndose 3 esfuerzos máximos S1, 3 esfuerzos de Confinamiento S3 y sus correspondientes esfuerzos efectivos S'1 y S'3.
- El siguiente paso es el cálculo de los parámetros del círculo de Mohr, para esto se calculan los centros (p) y radios (q) de cada uno de los tres cálculos realizados.

$$p = \frac{S3+S1}{(2)} = \frac{0.703+1.873}{2} = 1.288$$

$$q = \frac{S1-S3}{(2)} = \frac{1.873-0.703}{2} = 0.585$$

- El mismo cálculo se realiza para los otros dos ensayos, con sus respectivos S1 y S3, así como para sus correspondientes S'1 y S'3:

$$p' = \frac{S'3+S'1}{(2)} = \frac{0.403+1.573}{2} = 0.988$$

$$q' = \frac{S'1-S'3}{(2)} = \frac{1.573-0.403}{2} = 0.585$$

- A continuación, con los 3 círculos de Mohr obtenidos, se procede a graficar, con esta gráfica es posible la obtención de los parámetros de resistencia al corte, mediante el trazo de una recta tangente a los tres círculos antes dibujados, donde la cohesión será representada por la intersección de esta línea tangente con el Eje Y, eje que representa los esfuerzos de corte, mientras que el ángulo de fricción interna será representada por el ángulo que se forma entre el eje X, eje que representa los esfuerzos normales, y la recta tangente.
- Otra forma de obtener los parámetros de cohesión y ángulo de fricción interna es mediante el cálculo numérico, utilizando fórmulas que relacionan los esfuerzos totales S1 y esfuerzos de confinamiento S3, a partir de la ecuación general de resistencia al corte, ambos cálculos se muestran en los diagramas trabajados.

b) Diagramas y tablas



Tabla 171: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 01 – Ensayo 01

VALORES DE ESFUERZOS								Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	$\Delta L \times 0.001$ (cm)	L (cm)	$\epsilon = \Delta L / L$	$A = A_0 / (1 - \epsilon)$	$\sigma_d = F / A$	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.72	0.0000	33.18	0.000	0.703	0.703	0.403	0.403
50.56	51	1.00	0.05	12.67	0.0039	33.31	0.030	0.703	0.733	0.403	0.433
151.68	101	1.87	0.10	12.62	0.0079	33.45	0.056	0.703	0.759	0.403	0.459
252.80	152	2.69	0.15	12.57	0.0119	33.58	0.080	0.703	0.783	0.403	0.483
353.92	202	3.76	0.20	12.52	0.0160	33.72	0.111	0.703	0.815	0.403	0.515
455.04	253	5.22	0.25	12.47	0.0200	33.86	0.154	0.703	0.857	0.403	0.557
556.17	303	6.77	0.30	12.42	0.0242	34.00	0.199	0.703	0.902	0.403	0.602
657.29	354	8.50	0.35	12.37	0.0283	34.15	0.249	0.703	0.952	0.403	0.652
758.41	404	10.39	0.40	12.32	0.0325	34.30	0.303	0.703	1.006	0.403	0.706
859.53	455	10.95	0.45	12.27	0.0367	34.45	0.318	0.703	1.021	0.403	0.721
960.65	506	12.48	0.50	12.22	0.0409	34.60	0.361	0.703	1.064	0.403	0.764
1061.77	556	13.57	0.55	12.17	0.0452	34.75	0.390	0.703	1.094	0.403	0.794
1162.89	607	15.92	0.60	12.12	0.0495	34.91	0.456	0.703	1.159	0.403	0.859
1264.01	657	16.64	0.65	12.07	0.0539	35.07	0.475	0.703	1.178	0.403	0.878
1365.13	708	18.23	0.70	12.02	0.0582	35.24	0.518	0.703	1.221	0.403	0.921
1466.26	758	20.12	0.75	11.97	0.0627	35.40	0.568	0.703	1.271	0.403	0.971
1567.38	809	20.86	0.80	11.92	0.0671	35.57	0.586	0.703	1.289	0.403	0.989
1668.50	860	22.08	0.85	11.87	0.0716	35.74	0.618	0.703	1.321	0.403	1.021
1769.62	910	23.66	0.90	11.82	0.0761	35.92	0.659	0.703	1.362	0.403	1.062
1870.74	961	24.57	0.95	11.77	0.0807	36.10	0.681	0.703	1.384	0.403	1.084
1971.86	1011	26.15	1.00	11.72	0.0853	36.28	0.721	0.703	1.424	0.403	1.124
2072.98	1062	27.22	1.05	11.67	0.0900	36.46	0.746	0.703	1.450	0.403	1.150
2174.10	1112	28.89	1.10	11.62	0.0947	36.65	0.788	0.703	1.491	0.403	1.191
2275.22	1163	28.50	1.15	11.57	0.0994	36.85	0.773	0.703	1.477	0.403	1.177
2376.35	1213	29.88	1.20	11.52	0.1042	37.04	0.807	0.703	1.510	0.403	1.210
2477.47	1264	30.99	1.25	11.47	0.1090	37.24	0.832	0.703	1.535	0.403	1.235
2578.59	1315	32.09	1.30	11.42	0.1138	37.45	0.857	0.703	1.560	0.403	1.260
2679.71	1365	33.74	1.35	11.37	0.1187	37.65	0.896	0.703	1.599	0.403	1.299
2780.83	1416	35.39	1.40	11.32	0.1237	37.87	0.934	0.703	1.638	0.403	1.338
2881.95	1466	35.75	1.45	11.27	0.1287	38.08	0.939	0.703	1.642	0.403	1.342
2983.07	1517	37.85	1.50	11.22	0.1337	38.30	0.988	0.703	1.691	0.403	1.391
3084.19	1567	38.57	1.55	11.17	0.1388	38.53	1.001	0.703	1.704	0.403	1.404
3185.31	1618	39.79	1.60	11.12	0.1439	38.76	1.027	0.703	1.730	0.403	1.430
3286.44	1668	40.78	1.65	11.07	0.1491	39.00	1.046	0.703	1.749	0.403	1.449
3387.56	1719	41.83	1.70	11.02	0.1543	39.24	1.066	0.703	1.769	0.403	1.469
3488.68	1770	44.32	1.75	10.97	0.1595	39.48	1.122	0.703	1.826	0.403	1.526
3589.80	1820	45.06	1.80	10.92	0.1648	39.73	1.134	0.703	1.837	0.403	1.537
3690.92	1871	45.69	1.85	10.87	0.1702	39.99	1.143	0.703	1.846	0.403	1.546
3792.04	1921	47.09	1.90	10.82	0.1756	40.25	1.170	0.703	1.873	0.403	1.573
3893.16	1972	47.14	1.95	10.77	0.1811	40.52	1.163	0.703	1.867	0.403	1.567

Fuente: Elaboración propia



Tabla 172: Procesamiento de datos Compresión Triaxial UU, Calicata 01 – Ensayo 02

VALORES DE ESFUERZOS								Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	$\Delta L \times 0.001$ (cm)	L (cm)	$\epsilon = \Delta L / L$	$A = A_0 / (1 - \epsilon)$	$\sigma_d = F / A$	s3 Kg/cm ²	s1 Kg/cm ²	s3 Kg/cm ²	s1 Kg/cm ²
0.00	0	0.00	0.00	12.71	0.0000	33.49	0.000	1.406	1.406	0.786	0.786
50.01	50	2.35	0.05	12.66	0.0040	33.62	0.070	1.406	1.476	0.786	0.856
150.02	100	3.99	0.10	12.61	0.0079	33.76	0.118	1.406	1.524	0.786	0.904
250.03	150	6.34	0.15	12.56	0.0119	33.89	0.187	1.406	1.593	0.786	0.973
350.04	200	8.02	0.20	12.51	0.0160	34.03	0.236	1.406	1.642	0.786	1.022
450.05	250	8.90	0.25	12.46	0.0201	34.18	0.261	1.406	1.667	0.786	1.047
550.06	300	10.60	0.30	12.41	0.0242	34.32	0.309	1.406	1.715	0.786	1.095
650.07	350	11.67	0.35	12.36	0.0283	34.47	0.339	1.406	1.745	0.786	1.125
750.08	400	13.78	0.40	12.31	0.0325	34.62	0.398	1.406	1.804	0.786	1.184
850.09	450	15.56	0.45	12.26	0.0367	34.77	0.448	1.406	1.854	0.786	1.234
950.10	500	17.83	0.50	12.21	0.0410	34.92	0.510	1.406	1.917	0.786	1.297
1050.11	550	19.55	0.55	12.16	0.0452	35.08	0.557	1.406	1.963	0.786	1.343
1150.12	600	20.32	0.60	12.11	0.0496	35.24	0.577	1.406	1.983	0.786	1.363
1250.13	650	22.02	0.65	12.06	0.0539	35.40	0.622	1.406	2.028	0.786	1.408
1350.14	700	23.74	0.70	12.01	0.0583	35.56	0.667	1.406	2.074	0.786	1.454
1450.15	750	26.02	0.75	11.96	0.0627	35.73	0.728	1.406	2.134	0.786	1.514
1550.16	800	27.33	0.80	11.91	0.0672	35.90	0.761	1.406	2.167	0.786	1.547
1650.17	850	28.86	0.85	11.86	0.0717	36.08	0.800	1.406	2.206	0.786	1.586
1750.18	900	29.14	0.90	11.81	0.0762	36.25	0.804	1.406	2.210	0.786	1.590
1850.19	950	29.98	0.95	11.76	0.0808	36.43	0.823	1.406	2.229	0.786	1.609
1950.20	1000	31.55	1.00	11.71	0.0854	36.62	0.862	1.406	2.268	0.786	1.648
2050.21	1050	33.77	1.05	11.66	0.0901	36.81	0.917	1.406	2.324	0.786	1.704
2150.22	1100	34.93	1.10	11.61	0.0948	37.00	0.944	1.406	2.350	0.786	1.730
2250.23	1150	36.41	1.15	11.56	0.0995	37.19	0.979	1.406	2.385	0.786	1.765
2350.24	1200	37.59	1.20	11.51	0.1043	37.39	1.005	1.406	2.411	0.786	1.791
2450.25	1250	38.75	1.25	11.46	0.1091	37.59	1.031	1.406	2.437	0.786	1.817
2550.26	1300	39.43	1.30	11.41	0.1140	37.80	1.043	1.406	2.449	0.786	1.829
2650.27	1350	40.58	1.35	11.36	0.1189	38.01	1.068	1.406	2.474	0.786	1.854
2750.28	1400	42.30	1.40	11.31	0.1238	38.22	1.107	1.406	2.513	0.786	1.893
2850.29	1450	43.58	1.45	11.26	0.1288	38.44	1.134	1.406	2.540	0.786	1.920
2950.30	1500	45.32	1.50	11.21	0.1338	38.67	1.172	1.406	2.578	0.786	1.958
3050.31	1550	46.16	1.55	11.16	0.1389	38.89	1.187	1.406	2.593	0.786	1.973
3150.32	1600	46.30	1.60	11.11	0.1441	39.13	1.183	1.406	2.589	0.786	1.969
3250.33	1650	49.31	1.65	11.06	0.1492	39.36	1.253	1.406	2.659	0.786	2.039
3350.34	1700	50.20	1.70	11.01	0.1545	39.61	1.267	1.406	2.674	0.786	2.054
3450.35	1750	51.74	1.75	10.96	0.1597	39.86	1.298	1.406	2.704	0.786	2.084
3550.36	1800	53.11	1.80	10.91	0.1650	40.11	1.324	1.406	2.730	0.786	2.110
3650.37	1850	54.71	1.85	10.86	0.1704	40.37	1.355	1.406	2.761	0.786	2.141
3750.38	1900	54.76	1.89	10.82	0.1747	40.58	1.349	1.406	2.755	0.786	2.135
3860.39	1960	56.70	1.98	10.73	0.1846	41.07	1.381	1.406	2.787	0.786	2.167

Fuente: Elaboración propia



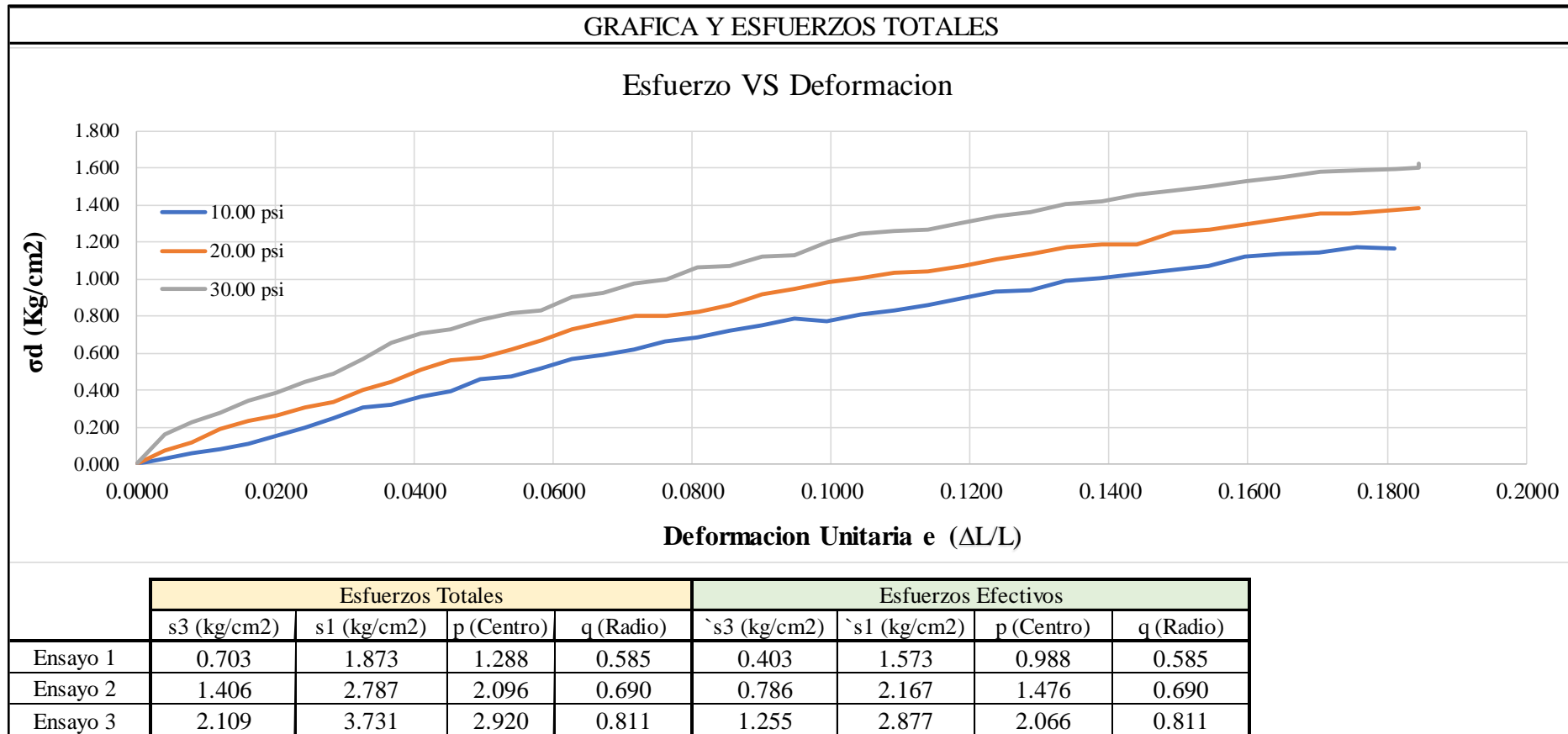
Tabla 173: Procesamiento de datos Compresión Triaxial UU, Calicata 01 – Ensayo 03

VALORES DE ESFUERZOS								Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	$\Delta L \times 0.001$ (cm)	L (cm)	$\epsilon = \Delta L / L$	$A = A_0 / (1 - \epsilon)$	$\sigma_d = F / A$	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.72	0.0000	33.18	0.000	0.703	0.703	0.403	0.403
50.56	51	1.00	0.05	12.67	0.0039	33.31	0.030	0.703	0.733	0.403	0.433
151.68	101	1.87	0.10	12.62	0.0079	33.45	0.056	0.703	0.759	0.403	0.459
252.80	152	2.69	0.15	12.57	0.0119	33.58	0.080	0.703	0.783	0.403	0.483
353.92	202	3.76	0.20	12.52	0.0160	33.72	0.111	0.703	0.815	0.403	0.515
455.04	253	5.22	0.25	12.47	0.0200	33.86	0.154	0.703	0.857	0.403	0.557
556.17	303	6.77	0.30	12.42	0.0242	34.00	0.199	0.703	0.902	0.403	0.602
657.29	354	8.50	0.35	12.37	0.0283	34.15	0.249	0.703	0.952	0.403	0.652
758.41	404	10.39	0.40	12.32	0.0325	34.30	0.303	0.703	1.006	0.403	0.706
859.53	455	10.95	0.45	12.27	0.0367	34.45	0.318	0.703	1.021	0.403	0.721
960.65	506	12.48	0.50	12.22	0.0409	34.60	0.361	0.703	1.064	0.403	0.764
1061.77	556	13.57	0.55	12.17	0.0452	34.75	0.390	0.703	1.094	0.403	0.794
1162.89	607	15.92	0.60	12.12	0.0495	34.91	0.456	0.703	1.159	0.403	0.859
1264.01	657	16.64	0.65	12.07	0.0539	35.07	0.475	0.703	1.178	0.403	0.878
1365.13	708	18.23	0.70	12.02	0.0582	35.24	0.518	0.703	1.221	0.403	0.921
1466.26	758	20.12	0.75	11.97	0.0627	35.40	0.568	0.703	1.271	0.403	0.971
1567.38	809	20.86	0.80	11.92	0.0671	35.57	0.586	0.703	1.289	0.403	0.989
1668.50	860	22.08	0.85	11.87	0.0716	35.74	0.618	0.703	1.321	0.403	1.021
1769.62	910	23.66	0.90	11.82	0.0761	35.92	0.659	0.703	1.362	0.403	1.062
1870.74	961	24.57	0.95	11.77	0.0807	36.10	0.681	0.703	1.384	0.403	1.084
1971.86	1011	26.15	1.00	11.72	0.0853	36.28	0.721	0.703	1.424	0.403	1.124
2072.98	1062	27.22	1.05	11.67	0.0900	36.46	0.746	0.703	1.450	0.403	1.150
2174.10	1112	28.89	1.10	11.62	0.0947	36.65	0.788	0.703	1.491	0.403	1.191
2275.22	1163	28.50	1.15	11.57	0.0994	36.85	0.773	0.703	1.477	0.403	1.177
2376.35	1213	29.88	1.20	11.52	0.1042	37.04	0.807	0.703	1.510	0.403	1.210
2477.47	1264	30.99	1.25	11.47	0.1090	37.24	0.832	0.703	1.535	0.403	1.235
2578.59	1315	32.09	1.30	11.42	0.1138	37.45	0.857	0.703	1.560	0.403	1.260
2679.71	1365	33.74	1.35	11.37	0.1187	37.65	0.896	0.703	1.599	0.403	1.299
2780.83	1416	35.39	1.40	11.32	0.1237	37.87	0.934	0.703	1.638	0.403	1.338
2881.95	1466	35.75	1.45	11.27	0.1287	38.08	0.939	0.703	1.642	0.403	1.342
2983.07	1517	37.85	1.50	11.22	0.1337	38.30	0.988	0.703	1.691	0.403	1.391
3084.19	1567	38.57	1.55	11.17	0.1388	38.53	1.001	0.703	1.704	0.403	1.404
3185.31	1618	39.79	1.60	11.12	0.1439	38.76	1.027	0.703	1.730	0.403	1.430
3286.44	1668	40.78	1.65	11.07	0.1491	39.00	1.046	0.703	1.749	0.403	1.449
3387.56	1719	41.83	1.70	11.02	0.1543	39.24	1.066	0.703	1.769	0.403	1.469
3488.68	1770	44.32	1.75	10.97	0.1595	39.48	1.122	0.703	1.826	0.403	1.526
3589.80	1820	45.06	1.80	10.92	0.1648	39.73	1.134	0.703	1.837	0.403	1.537
3690.92	1871	45.69	1.85	10.87	0.1702	39.99	1.143	0.703	1.846	0.403	1.546
3792.04	1921	47.09	1.90	10.82	0.1756	40.25	1.170	0.703	1.873	0.403	1.573
3893.16	1972	47.14	1.95	10.77	0.1811	40.52	1.163	0.703	1.867	0.403	1.567

Fuente: Elaboración propia



Tabla 174: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 01, Grafico Esfuerzo Deformación, Esfuerzos Efectivos y Totales



Fuente: Elaboración propia



Tabla 175: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 01, Valores de Circulo de Mohr

ESFUERZOS TOTALES							
Angulo	Angulo Radianes	10.00 psi		20.00 psi		30.00 psi	
		s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)
0	0.00	1.873	0.000	2.787	0.000	3.731	0.000
10	0.17	1.864	0.102	2.776	0.120	3.718	0.141
20	0.35	1.838	0.200	2.745	0.236	3.682	0.277
30	0.52	1.795	0.292	2.694	0.345	3.622	0.405
40	0.70	1.736	0.376	2.625	0.444	3.541	0.521
50	0.87	1.664	0.448	2.540	0.529	3.441	0.621
60	1.05	1.580	0.507	2.442	0.598	3.325	0.702
70	1.22	1.488	0.550	2.333	0.649	3.197	0.762
80	1.40	1.390	0.576	2.216	0.680	3.061	0.798
90	1.57	1.288	0.585	2.096	0.690	2.920	0.811
100	1.75	1.186	0.576	1.977	0.680	2.779	0.798
110	1.92	1.088	0.550	1.860	0.649	2.643	0.762
120	2.09	0.996	0.507	1.751	0.598	2.515	0.702
130	2.27	0.912	0.448	1.653	0.529	2.399	0.621
140	2.44	0.840	0.376	1.568	0.444	2.299	0.521
150	2.62	0.781	0.292	1.499	0.345	2.218	0.405
160	2.79	0.738	0.200	1.448	0.236	2.158	0.277
170	2.97	0.712	0.102	1.417	0.120	2.122	0.141
180	3.14	0.703	0.000	1.406	0.000	2.109	0.000

ESFUEROS EFECTIVOS							
Angulo	Angulo Radianes	10.00 psi		20.00 psi		30.00 psi	
		s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)
0	0.00	1.573	0.000	2.167	0.000	2.877	0.000
10	0.17	1.564	0.102	2.156	0.120	2.864	0.141
20	0.35	1.538	0.200	2.125	0.236	2.828	0.277
30	0.52	1.495	0.292	2.074	0.345	2.768	0.405
40	0.70	1.436	0.376	2.005	0.444	2.687	0.521
50	0.87	1.364	0.448	1.920	0.529	2.587	0.621
60	1.05	1.280	0.507	1.822	0.598	2.471	0.702
70	1.22	1.188	0.550	1.713	0.649	2.343	0.762
80	1.40	1.090	0.576	1.596	0.680	2.207	0.798
90	1.57	0.988	0.585	1.476	0.690	2.066	0.811
100	1.75	0.886	0.576	1.357	0.680	1.925	0.798
110	1.92	0.788	0.550	1.240	0.649	1.789	0.762
120	2.09	0.696	0.507	1.131	0.598	1.661	0.702
130	2.27	0.612	0.448	1.033	0.529	1.545	0.621
140	2.44	0.540	0.376	0.948	0.444	1.445	0.521
150	2.62	0.481	0.292	0.879	0.345	1.364	0.405
160	2.79	0.438	0.200	0.828	0.236	1.304	0.277
170	2.97	0.412	0.102	0.797	0.120	1.268	0.141
180	3.14	0.403	0.000	0.786	0.000	1.255	0.000

Fuente: Elaboración propia



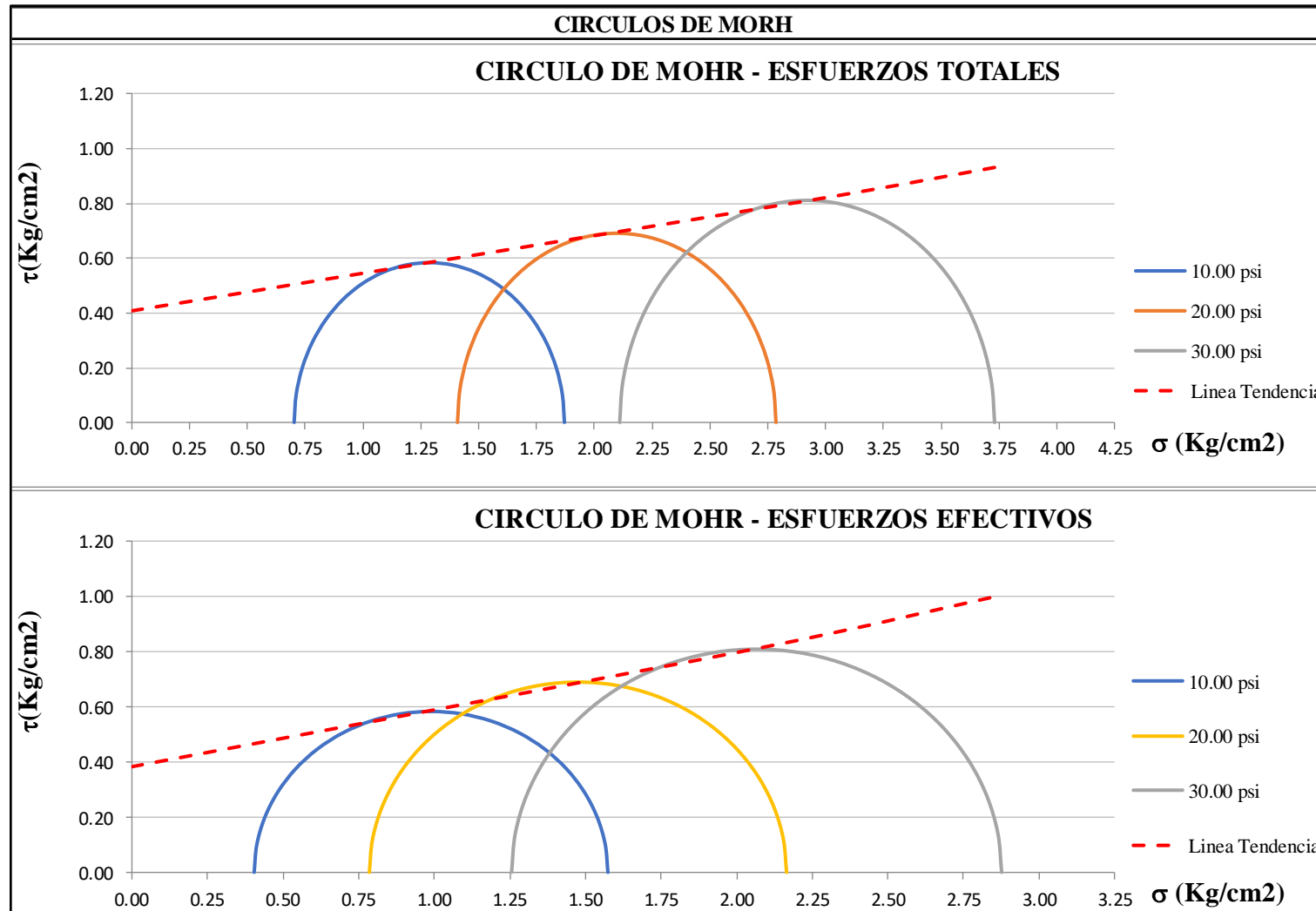
Tabla 176: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 01, Cálculo del Ángulo de Fricción y Cohesión por Métodos Analíticos

SOLUCION ANALITICA - COHESION Y ANGULO DE FRICCION INTERNA								
	Esfuerzos Totales		Presion de poros			Esfuerzos Efectivos		
	s3 (kg/cm2)	s1 (kg/cm2)	σ_d (kg/cm2)	Δu_c (kg/cm2)	Δu_d (kg/cm2)	σ_3 (kg/cm2)	σ_1 (kg/cm2)	
Ensayo 01	0.703	1.873	1.170	0.000	0.300	0.403	1.573	
Ensayo 02	1.406	2.787	1.381	0.000	0.620	0.786	2.167	
Ensayo 03	2.109	3.731	1.622	0.000	0.854	1.255	2.877	
Esfuerzos Totales		$\sigma_1 = \sigma_3 N_f \phi + 2c\sqrt{N_f \phi}$						
	s1 (kg/cm2)	s3 (kg/cm2)						
Ensayo 01	1.873	0.703	Ecuac. 01	1.873	=	0.703 N _f + 2c√N _f	Multiplicando por -1 la ecuacion 2	
Ensayo 03	3.731	2.109	Ecuac. 02	3.731	=	2.109 N _f + 2c√N _f		
Ensayo 01	1.873	=	0.703 N _f + 2c√N _f	N _f =	tan ² (45+f/2)	$N_f \phi = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2})$	Calculando c	
Ensayo 03	-3.731	=	-2.109 N _f - 2c√N _f	1.321	=			tan ² (45+f/2)
	-1.858	=	-1.406 N _f + 0.000	1.149	=	tan(45+f/2)	Raiz cuadrada	
	N_f=	1.321		48.978	=	45+f/2	Inversa tangente	
				f=	8.0 °		c=	0.41 kg/cm2
Esfuerzos Efectivos		$\sigma_1 = \sigma_3 N_f \phi + 2c\sqrt{N_f \phi}$						
	σ_1 (kg/cm2)	σ_3 (kg/cm2)						
Ensayo 01	1.573	0.403	Ecuac. 01	1.573	=	0.403 N _f + 2c√N _f	Multiplicando por -1 la ecuacion 2	
Ensayo 03	2.877	1.255	Ecuac. 02	2.877	=	1.255 N _f + 2c√N _f		
Ensayo 01	1.573	=	0.403 N _f + 2c√N _f	Calculando f	N _f =	tan ² (45+f/2)	$N_f \phi = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2})$	Calculando c
Ensayo 03	-2.877	=	-1.255 N _f - 2c√N _f	1.530	=	tan ² (45+f/2)		
	-1.304	=	-0.852 N _f + 0.000	1.237	=	tan(45+f/2)	Raiz cuadrada	
	N_f=	1.530		51.047	=	45+f/2	Inversa tangente	
				f=	12.1 °		c=	0.39 kg/cm2
				Requisitos			Conclusion:	
				$\bar{\phi} > \phi$		Si Cumple	Ensayo correcto	
				$\bar{c} < c$		Si Cumple		

Fuente: Elaboración propia



Tabla 177: Gráfico Circulo de Morh Esfuerzos Totales y Esfuerzos Efectivos, Calicata 01



Fuente: Elaboración propia



Tabla 178: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 02 – Ensayo 01

VALORES DE ESFUERZOS								Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	$\Delta L \times 0.001(\text{cm})$	L (cm)	$\varepsilon = \Delta L/L$	$A = A_0/(1-\varepsilon)$	$\sigma_d = F/A$	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.74	0.0000	33.49	0.000	0.703	0.703	0.393	0.393
50.56	51	1.02	0.05	12.69	0.0039	33.62	0.030	0.703	0.733	0.393	0.423
151.67	101	1.94	0.10	12.64	0.0079	33.76	0.057	0.703	0.760	0.393	0.450
252.78	152	2.75	0.15	12.59	0.0119	33.89	0.081	0.703	0.784	0.393	0.474
353.89	202	3.90	0.20	12.54	0.0159	34.03	0.115	0.703	0.818	0.393	0.508
455.00	253	5.41	0.25	12.49	0.0200	34.17	0.158	0.703	0.862	0.393	0.552
556.11	303	6.98	0.30	12.44	0.0241	34.32	0.203	0.703	0.906	0.393	0.596
657.22	354	8.80	0.35	12.39	0.0282	34.46	0.255	0.703	0.958	0.393	0.648
758.33	404	10.63	0.40	12.34	0.0324	34.61	0.307	0.703	1.010	0.393	0.700
859.44	455	11.23	0.45	12.29	0.0366	34.76	0.323	0.703	1.026	0.393	0.716
960.55	506	12.90	0.50	12.24	0.0408	34.92	0.370	0.703	1.073	0.393	0.763
1061.67	556	13.92	0.55	12.19	0.0451	35.07	0.397	0.703	1.100	0.393	0.790
1162.78	607	16.51	0.60	12.14	0.0494	35.23	0.469	0.703	1.172	0.393	0.862
1263.89	657	17.20	0.65	12.09	0.0538	35.39	0.486	0.703	1.189	0.393	0.879
1365.00	708	18.64	0.70	12.04	0.0581	35.56	0.524	0.703	1.227	0.393	0.917
1466.11	758	20.85	0.75	11.99	0.0626	35.72	0.584	0.703	1.287	0.393	0.977
1567.22	809	21.57	0.80	11.94	0.0670	35.90	0.601	0.703	1.304	0.393	0.994
1668.33	859	22.57	0.85	11.89	0.0715	36.07	0.626	0.703	1.329	0.393	1.019
1769.44	910	24.31	0.90	11.84	0.0760	36.25	0.671	0.703	1.374	0.393	1.064
1870.55	961	25.42	0.95	11.79	0.0806	36.43	0.698	0.703	1.401	0.393	1.091
1971.66	1011	27.07	1.00	11.74	0.0852	36.61	0.740	0.703	1.443	0.393	1.133
2072.78	1062	27.93	1.05	11.69	0.0898	36.80	0.759	0.703	1.462	0.393	1.152
2173.89	1112	29.52	1.10	11.64	0.0945	36.99	0.798	0.703	1.501	0.393	1.191
2275.00	1163	29.47	1.15	11.59	0.0992	37.18	0.793	0.703	1.496	0.393	1.186
2376.11	1213	30.59	1.20	11.54	0.1040	37.38	0.819	0.703	1.522	0.393	1.212
2477.22	1264	31.76	1.25	11.49	0.1088	37.58	0.845	0.703	1.548	0.393	1.238
2578.33	1314	33.25	1.30	11.44	0.1136	37.78	0.880	0.703	1.583	0.393	1.273
2679.44	1365	34.83	1.35	11.39	0.1185	37.99	0.917	0.703	1.620	0.393	1.310
2780.55	1416	36.45	1.40	11.34	0.1235	38.21	0.954	0.703	1.657	0.393	1.347
2881.66	1466	36.75	1.45	11.29	0.1284	38.43	0.957	0.703	1.660	0.393	1.350
2982.77	1517	39.07	1.50	11.24	0.1335	38.65	1.011	0.703	1.714	0.393	1.404
3083.89	1567	40.05	1.55	11.19	0.1385	38.87	1.030	0.703	1.733	0.393	1.423
3185.00	1618	40.91	1.60	11.14	0.1436	39.11	1.046	0.703	1.749	0.393	1.439
3286.11	1668	42.34	1.65	11.09	0.1488	39.34	1.076	0.703	1.779	0.393	1.469
3387.22	1719	43.31	1.70	11.04	0.1540	39.59	1.094	0.703	1.797	0.393	1.487
3488.33	1769	45.29	1.75	10.99	0.1592	39.83	1.137	0.703	1.840	0.393	1.530
3589.44	1820	46.33	1.80	10.94	0.1645	40.09	1.156	0.703	1.859	0.393	1.549
3690.55	1871	47.12	1.85	10.89	0.1699	40.34	1.168	0.703	1.871	0.393	1.561
3791.66	1921	48.66	1.90	10.84	0.1753	40.61	1.198	0.703	1.901	0.393	1.591
3892.77	1972	48.61	1.95	10.79	0.1807	40.88	1.189	0.703	1.892	0.393	1.582

Fuente: Elaboración propia



Tabla 179: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 02 – Ensayo 02

VALORES DE ESFUERZOS								Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	$\Delta L \times 0.001$ (cm)	L (cm)	$\epsilon = \Delta L / L$	$A = A_0 / (1 - \epsilon)$	$\sigma_d = F / A$	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.71	0.0000	33.49	0.000	1.406	1.406	0.806	0.806
50.00	50	2.45	0.05	12.66	0.0040	33.62	0.073	1.406	1.479	0.806	0.879
150.00	100	4.18	0.10	12.61	0.0079	33.76	0.124	1.406	1.530	0.806	0.930
250.00	150	6.62	0.15	12.56	0.0119	33.89	0.195	1.406	1.602	0.806	1.002
350.00	200	8.37	0.20	12.51	0.0160	34.03	0.246	1.406	1.652	0.806	1.052
450.00	250	9.31	0.25	12.46	0.0201	34.18	0.272	1.406	1.679	0.806	1.079
550.00	300	11.09	0.30	12.41	0.0242	34.32	0.323	1.406	1.729	0.806	1.129
650.00	350	12.18	0.35	12.36	0.0283	34.47	0.353	1.406	1.759	0.806	1.159
750.00	400	14.45	0.40	12.31	0.0325	34.62	0.417	1.406	1.824	0.806	1.224
850.00	450	16.23	0.45	12.26	0.0367	34.77	0.467	1.406	1.873	0.806	1.273
950.00	500	18.60	0.50	12.21	0.0410	34.92	0.533	1.406	1.939	0.806	1.339
1050.00	550	20.38	0.55	12.16	0.0452	35.08	0.581	1.406	1.987	0.806	1.387
1150.00	600	21.29	0.60	12.11	0.0496	35.24	0.604	1.406	2.010	0.806	1.410
1250.00	650	22.98	0.65	12.06	0.0539	35.40	0.649	1.406	2.055	0.806	1.455
1350.00	700	24.84	0.70	12.01	0.0583	35.56	0.699	1.406	2.105	0.806	1.505
1450.00	750	27.18	0.75	11.96	0.0627	35.73	0.761	1.406	2.167	0.806	1.567
1550.00	800	28.49	0.80	11.91	0.0672	35.90	0.794	1.406	2.200	0.806	1.600
1650.00	850	30.20	0.85	11.86	0.0717	36.08	0.837	1.406	2.243	0.806	1.643
1750.00	900	30.44	0.90	11.81	0.0762	36.25	0.840	1.406	2.246	0.806	1.646
1850.00	950	31.38	0.95	11.76	0.0808	36.43	0.861	1.406	2.267	0.806	1.667
1950.00	1000	33.05	1.00	11.71	0.0854	36.62	0.903	1.406	2.309	0.806	1.709
2050.00	1050	35.37	1.05	11.66	0.0901	36.81	0.961	1.406	2.367	0.806	1.767
2150.00	1100	36.63	1.10	11.61	0.0948	37.00	0.990	1.406	2.396	0.806	1.796
2250.00	1150	38.17	1.15	11.56	0.0995	37.19	1.026	1.406	2.433	0.806	1.833
2350.00	1200	39.38	1.20	11.51	0.1043	37.39	1.053	1.406	2.459	0.806	1.859
2450.00	1250	40.60	1.25	11.46	0.1091	37.59	1.080	1.406	2.486	0.806	1.886
2550.00	1300	41.30	1.30	11.41	0.1140	37.80	1.093	1.406	2.499	0.806	1.899
2650.00	1350	42.43	1.35	11.36	0.1189	38.01	1.116	1.406	2.523	0.806	1.923
2750.00	1400	44.35	1.40	11.31	0.1238	38.22	1.160	1.406	2.567	0.806	1.967
2850.00	1450	45.43	1.45	11.26	0.1288	38.44	1.182	1.406	2.588	0.806	1.988
2950.00	1500	47.43	1.50	11.21	0.1338	38.67	1.227	1.406	2.633	0.806	2.033
3050.00	1550	48.21	1.55	11.16	0.1389	38.89	1.240	1.406	2.646	0.806	2.046
3150.00	1600	48.27	1.60	11.11	0.1441	39.13	1.234	1.406	2.640	0.806	2.040
3250.00	1650	51.56	1.65	11.06	0.1492	39.36	1.310	1.406	2.716	0.806	2.116
3350.00	1700	52.49	1.70	11.01	0.1545	39.61	1.325	1.406	2.731	0.806	2.131
3450.00	1750	53.99	1.75	10.96	0.1597	39.86	1.355	1.406	2.761	0.806	2.161
3550.00	1800	55.68	1.80	10.91	0.1650	40.11	1.388	1.406	2.794	0.806	2.194
3650.00	1850	57.15	1.85	10.86	0.1704	40.37	1.416	1.406	2.822	0.806	2.222
3750.00	1900	57.37	1.89	10.82	0.1747	40.58	1.414	1.406	2.820	0.806	2.220
3860.00	1960	59.17	1.98	10.73	0.1846	41.07	1.441	1.406	2.847	0.806	2.247

Fuente: Elaboración propia



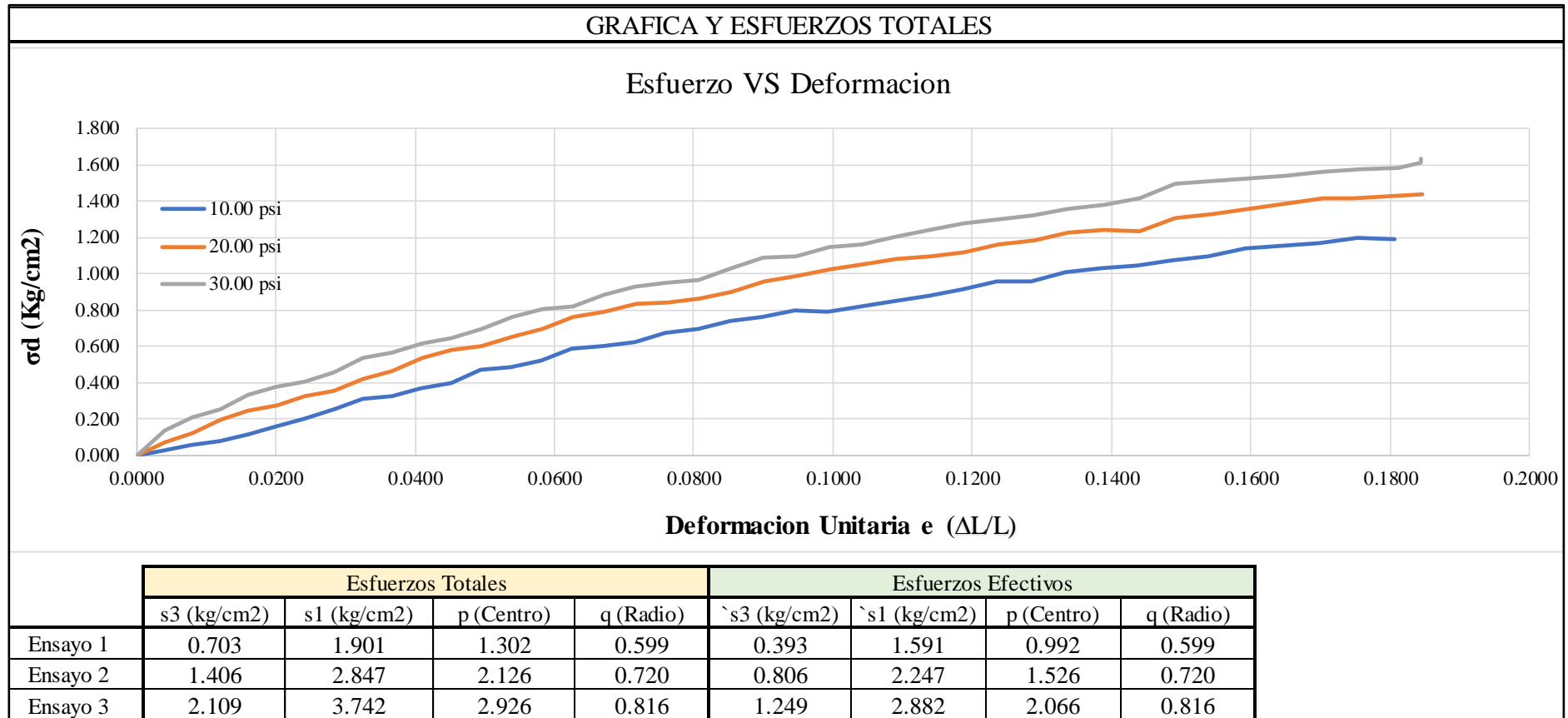
Tabla 180: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 02 – Ensayo 03

VALORES DE ESFUERZOS								Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	$\Delta L \times 0.001$ (cm)	L (cm)	$\epsilon = \Delta L / L$	$A = A_0 / (1 - \epsilon)$	$\sigma_d = F / A$	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.71	0.0000	33.70	0.000	2.109	2.109	1.249	1.249
50.00	50	4.53	0.05	12.66	0.0039	33.83	0.134	2.109	2.243	1.249	1.383
150.00	100	6.99	0.10	12.61	0.0079	33.96	0.206	2.109	2.315	1.249	1.455
250.00	150	8.70	0.15	12.56	0.0119	34.10	0.255	2.109	2.364	1.249	1.504
350.00	200	11.31	0.20	12.51	0.0160	34.24	0.330	2.109	2.440	1.249	1.580
450.00	250	12.90	0.25	12.46	0.0201	34.39	0.375	2.109	2.484	1.249	1.624
550.00	300	13.97	0.30	12.41	0.0242	34.53	0.405	2.109	2.514	1.249	1.654
650.00	350	15.70	0.35	12.36	0.0283	34.68	0.453	2.109	2.562	1.249	1.702
750.00	400	18.66	0.40	12.31	0.0325	34.83	0.536	2.109	2.645	1.249	1.785
850.00	450	19.85	0.45	12.26	0.0367	34.98	0.567	2.109	2.677	1.249	1.817
950.00	500	21.76	0.50	12.21	0.0409	35.13	0.619	2.109	2.728	1.249	1.868
1050.00	550	22.65	0.55	12.16	0.0452	35.29	0.642	2.109	2.751	1.249	1.891
1150.00	600	24.60	0.60	12.11	0.0495	35.45	0.694	2.109	2.803	1.249	1.943
1250.00	650	27.19	0.65	12.06	0.0539	35.61	0.763	2.109	2.873	1.249	2.013
1350.00	700	28.79	0.70	12.01	0.0583	35.78	0.805	2.109	2.914	1.249	2.054
1450.00	750	29.54	0.75	11.96	0.0627	35.95	0.822	2.109	2.931	1.249	2.071
1550.00	800	31.90	0.80	11.91	0.0672	36.12	0.883	2.109	2.992	1.249	2.132
1650.00	850	33.79	0.85	11.86	0.0716	36.30	0.931	2.109	3.040	1.249	2.180
1750.00	900	34.78	0.90	11.81	0.0762	36.47	0.954	2.109	3.063	1.249	2.203
1850.00	950	35.44	0.95	11.76	0.0808	36.66	0.967	2.109	3.076	1.249	2.216
1950.00	1000	37.91	1.00	11.71	0.0854	36.84	1.029	2.109	3.138	1.249	2.278
2050.00	1050	40.27	1.05	11.66	0.0900	37.03	1.087	2.109	3.197	1.249	2.337
2150.00	1100	40.88	1.10	11.61	0.0947	37.22	1.098	2.109	3.207	1.249	2.347
2250.00	1150	42.87	1.15	11.56	0.0995	37.42	1.146	2.109	3.255	1.249	2.395
2350.00	1200	43.66	1.20	11.51	0.1042	37.62	1.161	2.109	3.270	1.249	2.410
2450.00	1250	45.55	1.25	11.46	0.1090	37.82	1.205	2.109	3.314	1.249	2.454
2550.00	1300	47.26	1.30	11.41	0.1139	38.03	1.243	2.109	3.352	1.249	2.492
2650.00	1350	48.98	1.35	11.36	0.1188	38.24	1.281	2.109	3.390	1.249	2.530
2750.00	1400	49.83	1.40	11.31	0.1237	38.45	1.296	2.109	3.405	1.249	2.545
2850.00	1450	51.05	1.45	11.26	0.1287	38.67	1.320	2.109	3.429	1.249	2.569
2950.00	1500	52.73	1.50	11.21	0.1338	38.90	1.356	2.109	3.465	1.249	2.605
3050.00	1550	53.90	1.55	11.16	0.1388	39.13	1.377	2.109	3.487	1.249	2.627
3150.00	1600	55.86	1.60	11.11	0.1440	39.36	1.419	2.109	3.528	1.249	2.668
3250.00	1650	59.15	1.65	11.06	0.1491	39.60	1.494	2.109	3.603	1.249	2.743
3350.00	1700	60.10	1.70	11.01	0.1544	39.85	1.508	2.109	3.618	1.249	2.758
3450.00	1750	61.03	1.75	10.96	0.1596	40.10	1.522	2.109	3.631	1.249	2.771
3550.00	1800	62.01	1.80	10.91	0.1649	40.35	1.537	2.109	3.646	1.249	2.786
3650.00	1850	63.42	1.85	10.86	0.1703	40.61	1.562	2.109	3.671	1.249	2.811
3750.00	1900	64.42	1.90	10.81	0.1757	40.88	1.576	2.109	3.685	1.249	2.825
3850.00	1950	65.13	1.95	10.76	0.1812	41.15	1.583	2.109	3.692	1.249	2.832
3950.00	2000	66.61	1.98	10.73	0.1845	41.32	1.612	2.109	3.721	1.249	2.861
4050.00	2050	67.47	1.98	10.73	0.1845	41.32	1.633	2.109	3.742	1.249	2.882

Fuente: Elaboración propia



Tabla 181: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 02, Grafico Esfuerzo Deformación, Esfuerzos Efectivos y Totales



Fuente: Elaboración propia



Tabla 182: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 02, Valores de Circulo de Mohr

ESFUERZOS TOTALES							
Angulo	Angulo Radianes	10.00 psi		20.00 psi		30.00 psi	
		s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)
0	0.00	1.901	0.000	2.847	0.000	3.742	0.000
10	0.17	1.892	0.104	2.836	0.125	3.730	0.142
20	0.35	1.865	0.205	2.803	0.246	3.693	0.279
30	0.52	1.821	0.300	2.750	0.360	3.633	0.408
40	0.70	1.761	0.385	2.678	0.463	3.551	0.525
50	0.87	1.687	0.459	2.589	0.552	3.450	0.625
60	1.05	1.602	0.519	2.487	0.624	3.334	0.707
70	1.22	1.507	0.563	2.373	0.677	3.205	0.767
80	1.40	1.406	0.590	2.252	0.709	3.067	0.804
90	1.57	1.302	0.599	2.126	0.720	2.926	0.816
100	1.75	1.198	0.590	2.001	0.709	2.784	0.804
110	1.92	1.097	0.563	1.880	0.677	2.646	0.767
120	2.09	1.003	0.519	1.766	0.624	2.517	0.707
130	2.27	0.917	0.459	1.663	0.552	2.401	0.625
140	2.44	0.843	0.385	1.575	0.463	2.300	0.525
150	2.62	0.783	0.300	1.503	0.360	2.219	0.408
160	2.79	0.739	0.205	1.450	0.246	2.158	0.279
170	2.97	0.712	0.104	1.417	0.125	2.122	0.142
180	3.14	0.703	0.000	1.406	0.000	2.109	0.000

ESFUERZOS EFECTIVOS							
Angulo	Angulo Radianes	10.00 psi		20.00 psi		30.00 psi	
		s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)
0	0.00	1.591	0.000	2.247	0.000	2.882	0.000
10	0.17	1.582	0.104	2.236	0.125	2.870	0.142
20	0.35	1.555	0.205	2.203	0.246	2.833	0.279
30	0.52	1.511	0.300	2.150	0.360	2.773	0.408
40	0.70	1.451	0.385	2.078	0.463	2.691	0.525
50	0.87	1.377	0.459	1.989	0.552	2.590	0.625
60	1.05	1.292	0.519	1.887	0.624	2.474	0.707
70	1.22	1.197	0.563	1.773	0.677	2.345	0.767
80	1.40	1.096	0.590	1.652	0.709	2.207	0.804
90	1.57	0.992	0.599	1.526	0.720	2.066	0.816
100	1.75	0.888	0.590	1.401	0.709	1.924	0.804
110	1.92	0.787	0.563	1.280	0.677	1.786	0.767
120	2.09	0.693	0.519	1.166	0.624	1.657	0.707
130	2.27	0.607	0.459	1.063	0.552	1.541	0.625
140	2.44	0.533	0.385	0.975	0.463	1.440	0.525
150	2.62	0.473	0.300	0.903	0.360	1.359	0.408
160	2.79	0.429	0.205	0.850	0.246	1.298	0.279
170	2.97	0.402	0.104	0.817	0.125	1.262	0.142
180	3.14	0.393	0.000	0.806	0.000	1.249	0.000

Fuente: Elaboración propia



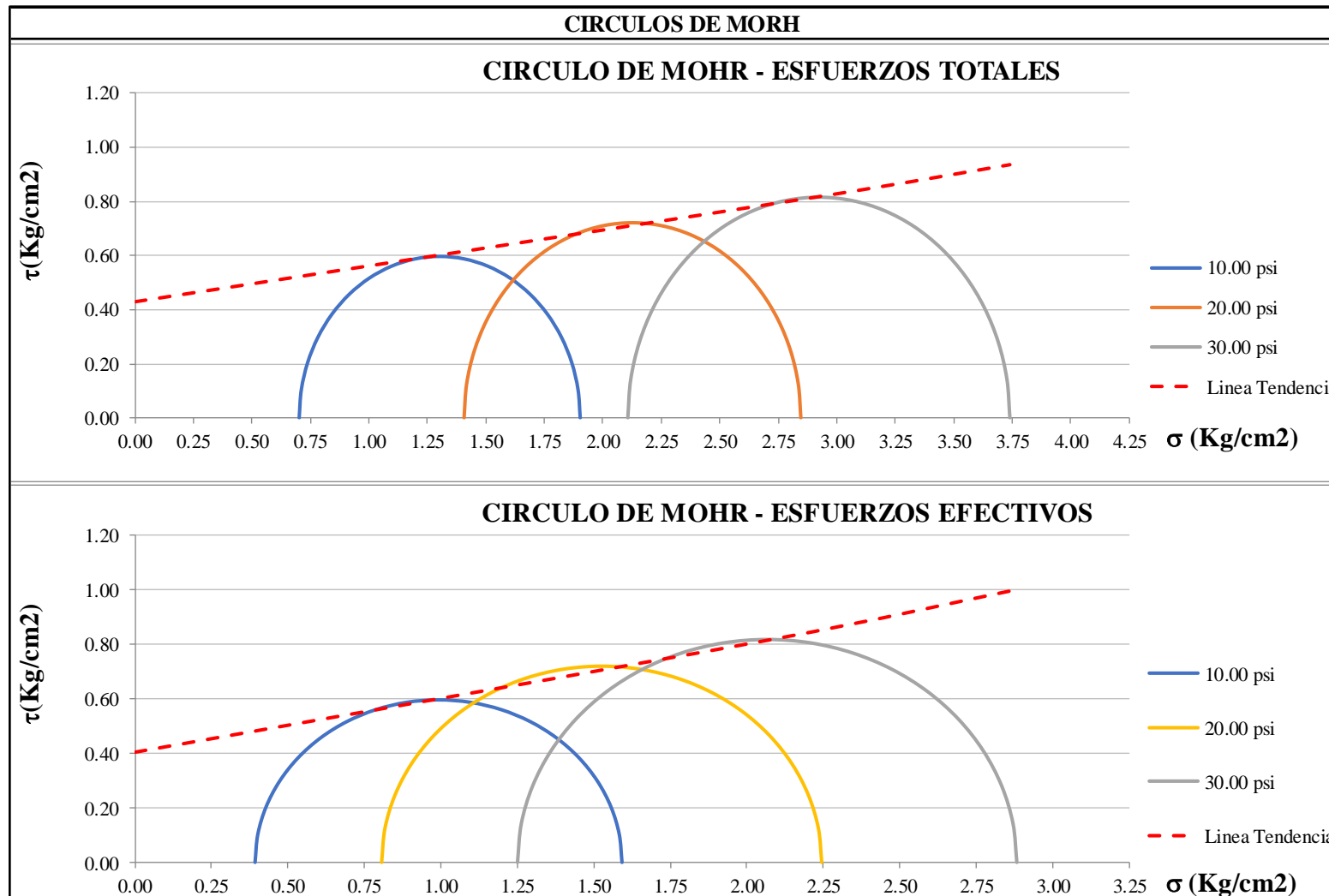
Tabla 183: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 02, Cálculo del Ángulo de Fricción y Cohesión por Métodos Analíticos

SOLUCION ANALITICA - COHESION Y ANGULO DE FRICCION INTERNA								
	Esfuerzos Totales		Presion de poros			Esfuerzos Efectivos		
	s3 (kg/cm2)	s1 (kg/cm2)	σd (kg/cm2)	Δuc (kg/cm2)	Δud (kg/cm2)	`s3 (kg/cm2)	`s1 (kg/cm2)	
Ensayo 01	0.703	1.901	1.198	0.000	0.310	0.393	1.591	
Ensayo 02	1.406	2.847	1.441	0.000	0.600	0.806	2.247	
Ensayo 03	2.109	3.742	1.633	0.000	0.860	1.249	2.882	
Esfuerzos Totales								
	s1 (kg/cm2)	s3 (kg/cm2)	$\sigma_1 = \sigma_3 N_f \phi + 2c\sqrt{N_f \phi}$					
Ensayo 01	1.901	0.703	Ecuac. 01	1.901	=	0.703 N _f	+ 2c√N _f	Multiplicando por -1 la ecuacion 2
Ensayo 03	3.742	2.109	Ecuac. 02	3.742	=	2.109 N _f	+ 2c√N _f	
Ensayo 01	1.901	=	0.703 N _f	+ 2c√N _f	N _f = tan ² (45+f/2)		Nφ = tan ² (45 + $\frac{\phi}{2}$)	Calculando c
Ensayo 03	-3.742	=	-2.109 N _f	- 2c√N _f	1.309 = tan ² (45+f/2)			
		-1.841	=	-1.406 N _f	+ 0.000	1.144 = tan ² (45+f/2)		Raiz cuadrada
		N _f =	1.309			48.846 = 45+f/2		
						f= 7.7°		Inversa tangente
								c= 0.43 kg/cm2
Esfuerzos Efectivos								
	`s1 (kg/cm2)	`s3 (kg/cm2)	$\sigma_1 = \sigma_3 N_f \phi + 2c\sqrt{N_f \phi}$					
Ensayo 01	1.591	0.393	Ecuac. 01	1.591	=	0.393 N _f	+ 2c√N _f	Multiplicando por -1 la ecuacion 2
Ensayo 03	2.882	1.249	Ecuac. 02	2.882	=	1.249 N _f	+ 2c√N _f	
Ensayo 01	1.591	=	0.393 N _f	+ 2c√N _f	Calculando f		N _f = tan ² (45+f/2)	Calculando c
Ensayo 03	-2.882	=	-1.249 N _f	- 2c√N _f			1.508 = tan ² (45+f/2)	
		-1.291	=	-0.856 N _f	+ 0.000	1.228 = tan ² (45+f/2)		Raiz cuadrada
		N _f =	1.508			50.840 = 45+f/2		
						f= 11.7°		Inversa tangente
								c= 0.41 kg/cm2
Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos		Requisitos				Conclusion:
f	c	`f	`c	φ > φ	Si Cumple			
7.7°	0.43 kg/cm2	11.7°	0.41 kg/cm2	c < c	Si Cumple			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 184: Gráfico Circulo de Morh Esfuerzos Totales y Esfuerzos Efectivos, Calicata 02



Fuente: Elaboración propia



Tabla 185: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 03– Ensayo 01

VALORES DE ESFUERZOS								Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	$\Delta L \times 0.001(\text{cm})$	L (cm)	$\epsilon = \Delta L/L$	$A = A_0/(1 - \epsilon)$	$\sigma_d = F/A$	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.74	0.0000	33.49	0.000	0.703	0.703	0.408	0.408
53.08	51	1.12	0.05	12.69	0.0039	33.62	0.033	0.703	0.736	0.408	0.441
106.17	101	2.13	0.10	12.64	0.0079	33.76	0.063	0.703	0.766	0.408	0.471
159.25	150	3.02	0.15	12.59	0.0119	33.89	0.089	0.703	0.792	0.408	0.497
212.33	199	4.29	0.20	12.54	0.0159	34.03	0.126	0.703	0.829	0.408	0.534
265.42	254	5.95	0.25	12.49	0.0200	34.17	0.174	0.703	0.877	0.408	0.582
318.50	298	7.67	0.30	12.44	0.0241	34.32	0.223	0.703	0.927	0.408	0.632
371.58	356	9.67	0.35	12.39	0.0282	34.46	0.281	0.703	0.984	0.408	0.689
424.67	402	11.68	0.40	12.34	0.0324	34.61	0.337	0.703	1.041	0.408	0.746
477.75	457	12.34	0.45	12.29	0.0366	34.76	0.355	0.703	1.058	0.408	0.763
530.83	509	14.18	0.50	12.24	0.0408	34.92	0.406	0.703	1.109	0.408	0.814
583.92	547	15.30	0.55	12.19	0.0451	35.07	0.436	0.703	1.139	0.408	0.844
637.00	607	18.14	0.60	12.14	0.0494	35.23	0.515	0.703	1.218	0.408	0.923
690.08	658	18.90	0.65	12.09	0.0538	35.39	0.534	0.703	1.237	0.408	0.942
743.17	701	20.48	0.70	12.04	0.0581	35.56	0.576	0.703	1.279	0.408	0.984
796.25	754	22.91	0.75	11.99	0.0626	35.72	0.641	0.703	1.344	0.408	1.049
849.33	796	23.70	0.80	11.94	0.0670	35.90	0.660	0.703	1.363	0.408	1.068
902.42	853	24.80	0.85	11.89	0.0715	36.07	0.688	0.703	1.391	0.408	1.096
955.50	901	26.71	0.90	11.84	0.0760	36.25	0.737	0.703	1.440	0.408	1.145
1008.58	953	27.93	0.95	11.79	0.0806	36.43	0.767	0.703	1.470	0.408	1.175
1061.67	1007	29.75	1.00	11.74	0.0852	36.61	0.813	0.703	1.516	0.408	1.221
1114.75	1051	30.69	1.05	11.69	0.0898	36.80	0.834	0.703	1.537	0.408	1.242
1167.83	1102	32.44	1.10	11.64	0.0945	36.99	0.877	0.703	1.580	0.408	1.285
1220.92	1143	32.39	1.15	11.59	0.0992	37.18	0.871	0.703	1.574	0.408	1.279
1274.00	1217	33.62	1.20	11.54	0.1040	37.38	0.899	0.703	1.603	0.408	1.308
1327.08	1266	34.90	1.25	11.49	0.1088	37.58	0.929	0.703	1.632	0.408	1.337
1380.17	1309	36.54	1.30	11.44	0.1136	37.78	0.967	0.703	1.670	0.408	1.375
1433.25	1361	38.27	1.35	11.39	0.1185	37.99	1.007	0.703	1.710	0.408	1.415
1486.33	1404	40.06	1.40	11.34	0.1235	38.21	1.048	0.703	1.752	0.408	1.457
1539.41	1471	40.39	1.45	11.29	0.1284	38.43	1.051	0.703	1.754	0.408	1.459
1592.50	1525	42.93	1.50	11.24	0.1335	38.65	1.111	0.703	1.814	0.408	1.519
1645.58	1558	44.01	1.55	11.19	0.1385	38.87	1.132	0.703	1.835	0.408	1.540
1698.66	1599	44.96	1.60	11.14	0.1436	39.11	1.150	0.703	1.853	0.408	1.558
1751.75	1667	46.53	1.65	11.09	0.1488	39.34	1.183	0.703	1.886	0.408	1.591
1804.83	1689	47.59	1.70	11.04	0.1540	39.59	1.202	0.703	1.905	0.408	1.610
1857.91	1742	49.77	1.75	10.99	0.1592	39.83	1.249	0.703	1.953	0.408	1.658
1911.00	1794	50.91	1.80	10.94	0.1645	40.09	1.270	0.703	1.973	0.408	1.678
1964.08	1875	51.78	1.85	10.89	0.1699	40.34	1.283	0.703	1.987	0.408	1.692
2017.16	1918	53.47	1.90	10.84	0.1753	40.61	1.317	0.703	2.020	0.408	1.725
2070.25	1955	53.42	1.95	10.79	0.1807	40.88	1.307	0.703	2.010	0.408	1.715

Fuente: Elaboración propia



Tabla 186: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 03 – Ensayo 02

VALORES DE ESFUERZOS								Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	$\Delta L \times 0.001(\text{cm})$	L (cm)	$\varepsilon = \Delta L/L$	$A = A_0/(1-\varepsilon)$	$\sigma_d = F/A$	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.71	0.0000	33.49	0.000	1.406	1.406	0.796	0.796
53.00	53	2.69	0.05	12.66	0.0040	33.62	0.080	1.406	1.486	0.796	0.876
158.00	105	4.59	0.10	12.61	0.0079	33.76	0.136	1.406	1.542	0.796	0.932
262.00	157	7.28	0.15	12.56	0.0119	33.89	0.215	1.406	1.621	0.796	1.011
366.00	209	9.20	0.20	12.51	0.0160	34.03	0.270	1.406	1.676	0.796	1.066
471.00	262	10.23	0.25	12.46	0.0201	34.18	0.299	1.406	1.705	0.796	1.095
572.00	310	12.19	0.30	12.41	0.0242	34.32	0.355	1.406	1.761	0.796	1.151
678.00	368	13.38	0.35	12.36	0.0283	34.47	0.388	1.406	1.794	0.796	1.184
788.00	420	15.88	0.40	12.31	0.0325	34.62	0.459	1.406	1.865	0.796	1.255
895.00	475	17.83	0.45	12.26	0.0367	34.77	0.513	1.406	1.919	0.796	1.309
992.00	517	20.44	0.50	12.21	0.0410	34.92	0.585	1.406	1.991	0.796	1.381
1097.00	580	22.40	0.55	12.16	0.0452	35.08	0.639	1.406	2.045	0.796	1.435
1199.00	619	23.40	0.60	12.11	0.0496	35.24	0.664	1.406	2.070	0.796	1.460
1291.00	672	25.25	0.65	12.06	0.0539	35.40	0.713	1.406	2.119	0.796	1.509
1399.00	727	27.30	0.70	12.01	0.0583	35.56	0.768	1.406	2.174	0.796	1.564
1510.00	783	29.87	0.75	11.96	0.0627	35.73	0.836	1.406	2.242	0.796	1.632
1628.00	845	31.31	0.80	11.91	0.0672	35.90	0.872	1.406	2.278	0.796	1.668
1731.00	886	33.19	0.85	11.86	0.0717	36.08	0.920	1.406	2.326	0.796	1.716
1832.00	946	33.45	0.90	11.81	0.0762	36.25	0.923	1.406	2.329	0.796	1.719
1944.00	998	34.48	0.95	11.76	0.0808	36.43	0.946	1.406	2.352	0.796	1.742
2038.00	1040	36.32	1.00	11.71	0.0854	36.62	0.992	1.406	2.398	0.796	1.788
2137.00	1097	38.87	1.05	11.66	0.0901	36.81	1.056	1.406	2.462	0.796	1.852
2249.00	1152	40.25	1.10	11.61	0.0948	37.00	1.088	1.406	2.494	0.796	1.884
2343.00	1191	41.95	1.15	11.56	0.0995	37.19	1.128	1.406	2.534	0.796	1.924
2435.00	1244	43.27	1.20	11.51	0.1043	37.39	1.157	1.406	2.563	0.796	1.953
2552.00	1308	44.61	1.25	11.46	0.1091	37.59	1.187	1.406	2.593	0.796	1.983
2666.00	1358	45.39	1.30	11.41	0.1140	37.80	1.201	1.406	2.607	0.796	1.997
2758.00	1400	46.63	1.35	11.36	0.1189	38.01	1.227	1.406	2.633	0.796	2.023
2855.00	1455	48.74	1.40	11.31	0.1238	38.22	1.275	1.406	2.681	0.796	2.071
2978.00	1523	49.92	1.45	11.26	0.1288	38.44	1.299	1.406	2.705	0.796	2.095
3075.00	1552	52.12	1.50	11.21	0.1338	38.67	1.348	1.406	2.754	0.796	2.144
3168.00	1616	52.98	1.55	11.16	0.1389	38.89	1.362	1.406	2.768	0.796	2.158
3296.00	1680	53.04	1.60	11.11	0.1441	39.13	1.356	1.406	2.762	0.796	2.152
3388.00	1708	56.66	1.65	11.06	0.1492	39.36	1.439	1.406	2.846	0.796	2.236
3483.00	1775	57.68	1.70	11.01	0.1545	39.61	1.456	1.406	2.862	0.796	2.252
3611.00	1836	59.33	1.75	10.96	0.1597	39.86	1.489	1.406	2.895	0.796	2.285
3705.00	1869	61.19	1.80	10.91	0.1650	40.11	1.526	1.406	2.932	0.796	2.322
3778.00	1909	62.80	1.85	10.86	0.1704	40.37	1.556	1.406	2.962	0.796	2.352
3898.00	1989	63.04	1.89	10.82	0.1747	40.58	1.553	1.406	2.960	0.796	2.350
4027.00	2038	65.02	1.98	10.73	0.1846	41.07	1.583	1.406	2.989	0.796	2.379

Fuente: Elaboración propia



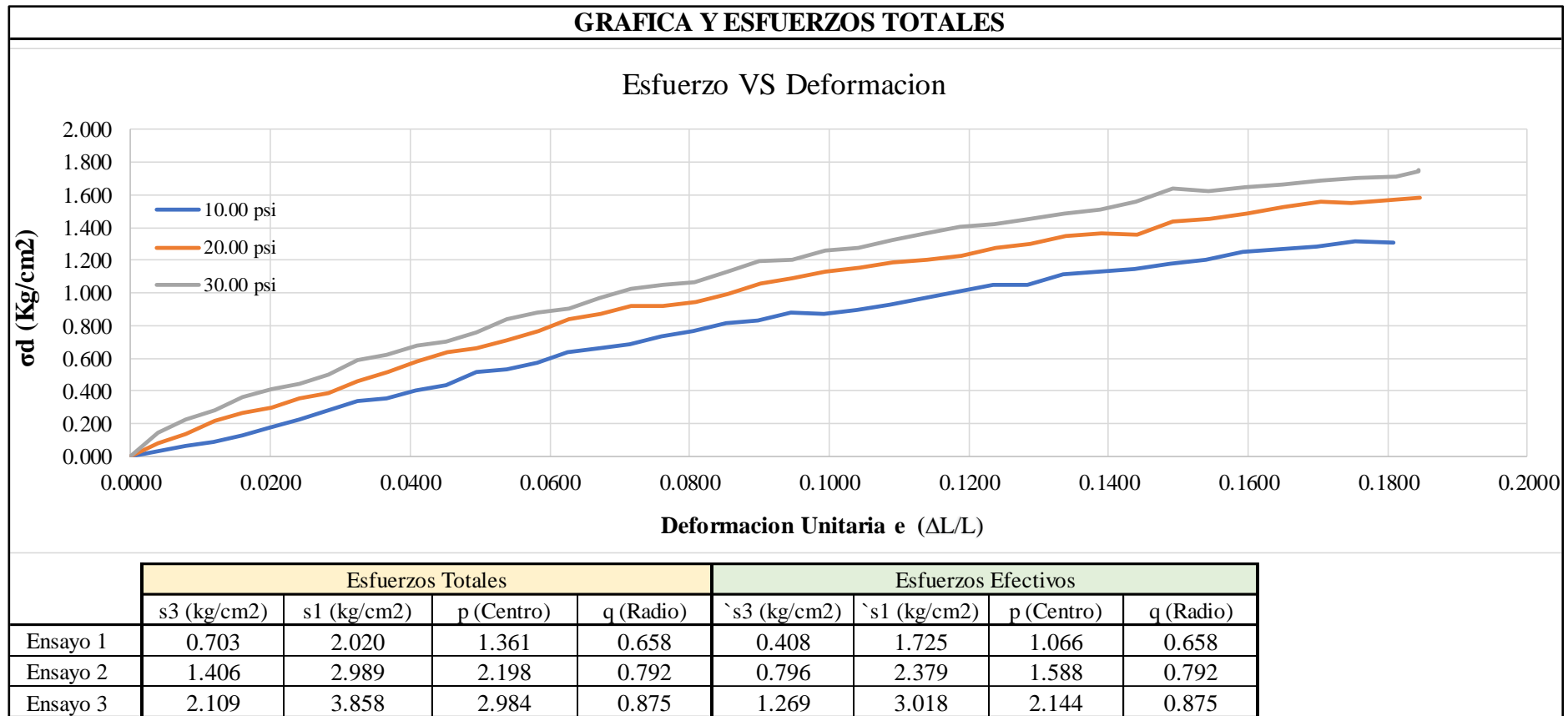
Tabla 187: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 03 – Ensayo 03

VALORES DE ESFUERZOS								Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	$\Delta L \times 0.001$ (cm)	L (cm)	$\epsilon = \Delta L / L$	$A = A_0 / (1 - \epsilon)$	$\sigma_d = F / A$	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.71	0.0000	33.70	0.000	2.109	2.109	1.269	1.269
53.00	53	4.98	0.05	12.66	0.0039	33.83	0.147	2.109	2.256	1.269	1.416
159.00	106	7.68	0.10	12.61	0.0079	33.96	0.226	2.109	2.335	1.269	1.495
264.00	158	9.56	0.15	12.56	0.0119	34.10	0.280	2.109	2.390	1.269	1.550
366.00	208	12.43	0.20	12.51	0.0160	34.24	0.363	2.109	2.472	1.269	1.632
470.00	262	14.18	0.25	12.46	0.0201	34.39	0.412	2.109	2.522	1.269	1.682
576.00	314	15.35	0.30	12.41	0.0242	34.53	0.445	2.109	2.554	1.269	1.714
684.00	370	17.25	0.35	12.36	0.0283	34.68	0.497	2.109	2.607	1.269	1.767
788.00	418	20.51	0.40	12.31	0.0325	34.83	0.589	2.109	2.698	1.269	1.858
888.00	470	21.81	0.45	12.26	0.0367	34.98	0.624	2.109	2.733	1.269	1.893
987.00	517	23.91	0.50	12.21	0.0409	35.13	0.681	2.109	2.790	1.269	1.950
1091.00	574	24.89	0.55	12.16	0.0452	35.29	0.705	2.109	2.814	1.269	1.974
1204.00	630	27.03	0.60	12.11	0.0495	35.45	0.762	2.109	2.872	1.269	2.032
1302.00	672	29.88	0.65	12.06	0.0539	35.61	0.839	2.109	2.948	1.269	2.108
1401.00	729	31.64	0.70	12.01	0.0583	35.78	0.884	2.109	2.993	1.269	2.153
1506.00	777	32.46	0.75	11.96	0.0627	35.95	0.903	2.109	3.012	1.269	2.172
1621.00	844	35.05	0.80	11.91	0.0672	36.12	0.970	2.109	3.080	1.269	2.240
1733.00	889	37.13	0.85	11.86	0.0716	36.30	1.023	2.109	3.132	1.269	2.292
1840.00	951	38.22	0.90	11.81	0.0762	36.47	1.048	2.109	3.157	1.269	2.317
1945.00	994	38.95	0.95	11.76	0.0808	36.66	1.063	2.109	3.172	1.269	2.332
2052.00	1058	41.66	1.00	11.71	0.0854	36.84	1.131	2.109	3.240	1.269	2.400
2155.00	1097	44.25	1.05	11.66	0.0900	37.03	1.195	2.109	3.304	1.269	2.464
2235.00	1138	44.92	1.10	11.61	0.0947	37.22	1.207	2.109	3.316	1.269	2.476
2331.00	1193	47.11	1.15	11.56	0.0995	37.42	1.259	2.109	3.368	1.269	2.528
2460.00	1267	47.98	1.20	11.51	0.1042	37.62	1.276	2.109	3.385	1.269	2.545
2557.00	1290	50.06	1.25	11.46	0.1090	37.82	1.324	2.109	3.433	1.269	2.593
2632.00	1342	51.93	1.30	11.41	0.1139	38.03	1.366	2.109	3.475	1.269	2.635
2748.00	1406	53.82	1.35	11.36	0.1188	38.24	1.407	2.109	3.517	1.269	2.677
2863.00	1457	54.76	1.40	11.31	0.1237	38.45	1.424	2.109	3.533	1.269	2.693
2959.00	1502	56.10	1.45	11.26	0.1287	38.67	1.451	2.109	3.560	1.269	2.720
3088.00	1586	57.95	1.50	11.21	0.1338	38.90	1.490	2.109	3.599	1.269	2.759
3207.00	1621	59.23	1.55	11.16	0.1388	39.13	1.514	2.109	3.623	1.269	2.783
3286.00	1665	61.38	1.60	11.11	0.1440	39.36	1.559	2.109	3.669	1.269	2.829
3392.00	1727	65.00	1.65	11.06	0.1491	39.60	1.641	2.109	3.751	1.269	2.911
3502.00	1775	64.83	1.70	11.01	0.1544	39.85	1.627	2.109	3.736	1.269	2.896
3620.00	1845	65.97	1.75	10.96	0.1596	40.10	1.645	2.109	3.755	1.269	2.915
3710.00	1865	67.04	1.80	10.91	0.1649	40.35	1.661	2.109	3.771	1.269	2.931
3794.00	1929	68.59	1.85	10.86	0.1703	40.61	1.689	2.109	3.798	1.269	2.958
3918.00	1989	69.69	1.90	10.81	0.1757	40.88	1.705	2.109	3.814	1.269	2.974
4031.00	2042	70.47	1.95	10.76	0.1812	41.15	1.712	2.109	3.822	1.269	2.982
4145.00	2103	72.10	1.98	10.73	0.1845	41.32	1.745	2.109	3.854	1.269	3.014
4220.00	2117	72.27	1.98	10.73	0.1845	41.32	1.749	2.109	3.858	1.269	3.018

Fuente: Elaboración propia



Tabla 188: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 03, Grafico Esfuerzo Deformación, Esfuerzos Efectivos y Totales



Fuente: Elaboración propia



Tabla 189: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 03, Valores de Circulo de Mohr

ESFUERZOS TOTALES							
Angulo	Angulo Radianes	10.00 psi		20.00 psi		30.00 psi	
		s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)
0	0.00	2.020	0.000	2.989	0.000	3.858	0.000
10	0.17	2.010	0.114	2.977	0.137	3.845	0.152
20	0.35	1.980	0.225	2.941	0.271	3.806	0.299
30	0.52	1.932	0.329	2.883	0.396	3.741	0.437
40	0.70	1.866	0.423	2.804	0.509	3.654	0.562
50	0.87	1.785	0.504	2.706	0.606	3.546	0.670
60	1.05	1.691	0.570	2.593	0.686	3.421	0.757
70	1.22	1.587	0.619	2.468	0.744	3.283	0.822
80	1.40	1.476	0.648	2.335	0.780	3.136	0.861
90	1.57	1.361	0.658	2.198	0.792	2.984	0.875
100	1.75	1.247	0.648	2.060	0.780	2.832	0.861
110	1.92	1.136	0.619	1.927	0.744	2.685	0.822
120	2.09	1.032	0.570	1.802	0.686	2.546	0.757
130	2.27	0.938	0.504	1.689	0.606	2.422	0.670
140	2.44	0.857	0.423	1.591	0.509	2.314	0.562
150	2.62	0.791	0.329	1.512	0.396	2.226	0.437
160	2.79	0.743	0.225	1.454	0.271	2.162	0.299
170	2.97	0.713	0.114	1.418	0.137	2.122	0.152
180	3.14	0.703	0.000	1.406	0.000	2.109	0.000

ESFUERZOS EFECTIVOS							
Angulo	Angulo Radianes	10.00 psi		20.00 psi		30.00 psi	
		s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)
0	0.00	1.725	0.000	2.379	0.000	3.018	0.000
10	0.17	1.715	0.114	2.367	0.137	3.005	0.152
20	0.35	1.685	0.225	2.331	0.271	2.966	0.299
30	0.52	1.637	0.329	2.273	0.396	2.901	0.437
40	0.70	1.571	0.423	2.194	0.509	2.814	0.562
50	0.87	1.490	0.504	2.096	0.606	2.706	0.670
60	1.05	1.396	0.570	1.983	0.686	2.581	0.757
70	1.22	1.292	0.619	1.858	0.744	2.443	0.822
80	1.40	1.181	0.648	1.725	0.780	2.296	0.861
90	1.57	1.066	0.658	1.588	0.792	2.144	0.875
100	1.75	0.952	0.648	1.450	0.780	1.992	0.861
110	1.92	0.841	0.619	1.317	0.744	1.845	0.822
120	2.09	0.737	0.570	1.192	0.686	1.706	0.757
130	2.27	0.643	0.504	1.079	0.606	1.582	0.670
140	2.44	0.562	0.423	0.981	0.509	1.474	0.562
150	2.62	0.496	0.329	0.902	0.396	1.386	0.437
160	2.79	0.448	0.225	0.844	0.271	1.322	0.299
170	2.97	0.418	0.114	0.808	0.137	1.282	0.152
180	3.14	0.408	0.000	0.796	0.000	1.269	0.000

Fuente: Elaboración propia



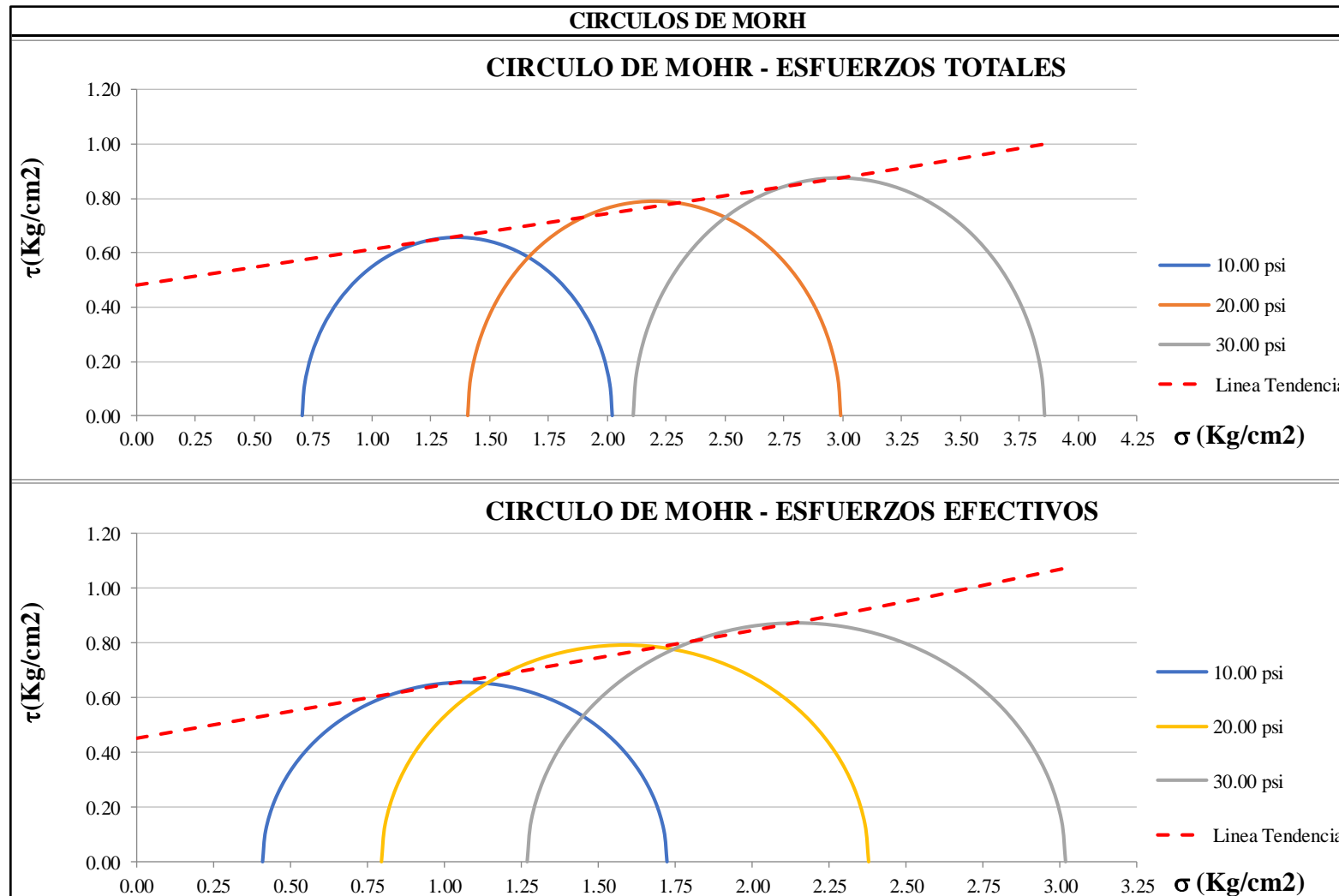
Tabla 190: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 03, Cálculo del Ángulo de Fricción y Cohesión por Métodos Analíticos

SOLUCION ANALITICA - COHESION Y ANGULO DE FRICCION INTERNA							
	Esfuerzos Totales		Presion de poros			Esfuerzos Efectivos	
	s3 (kg/cm2)	s1 (kg/cm2)	σd (kg/cm2)	Δuc (kg/cm2)	Δud (kg/cm2)	σ3 (kg/cm2)	σ1 (kg/cm2)
Ensayo 01	0.703	2.020	1.317	0.000	0.295	0.408	1.725
Ensayo 02	1.406	2.989	1.583	0.000	0.610	0.796	2.379
Ensayo 03	2.109	3.858	1.749	0.000	0.840	1.269	3.018
Esfuerzos Totales							
	s1 (kg/cm2)	s3 (kg/cm2)	$\sigma_1 = \sigma_3 N\phi + 2c\sqrt{N\phi}$				
Ensayo 01	2.020	0.703	Ecuac. 01	2.020	=	0.703 Nf + 2c√Nf	Multiplicando por -1 la ecuacion 2
Ensayo 03	3.858	2.109	Ecuac. 02	3.858	=	2.109 Nf + 2c√Nf	
Ensayo 01	2.020	=	0.703 Nf + 2c√Nf	Nf = tan ² (45+f/2)		Nφ = tan ² (45 + φ/2)	Calculando c
Ensayo 03	-3.858	=	-2.109 Nf - 2c√Nf	1.308 = tan ² (45+f/2)			
		-1.839	=	-1.406 Nf + 0.000	1.143 = tan(45+f/2)		Raiz cuadrada
		Nf =	1.308	48.829 = 45+f/2		Inversa tangente	
				f = 7.7°			
Esfuerzos Efectivos							
	σ1 (kg/cm2)	σ3 (kg/cm2)	$\sigma_1 = \sigma_3 N\phi + 2c\sqrt{N\phi}$				
Ensayo 01	1.725	0.408	Ecuac. 01	1.725	=	0.408 Nf + 2c√Nf	Multiplicando por -1 la ecuacion 2
Ensayo 03	3.018	1.269	Ecuac. 02	3.018	=	1.269 Nf + 2c√Nf	
Ensayo 01	1.725	=	0.408 Nf + 2c√Nf	Calculando f		Nf = tan ² (45+f/2)	Calculando c
Ensayo 03	-3.018	=	-1.269 Nf - 2c√Nf	1.502 = tan ² (45+f/2)		Nφ = tan ² (45 + φ/2)	
		-1.294	=	-0.861 Nf + 0.000	1.226 = tan(45+f/2)		Raiz cuadrada
		Nf =	1.502	50.788 = 45+f/2		Inversa tangente	
				f = 11.6°			
Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos		Requisitos			
f	c	f	c	φ > φ	Si Cumple		
7.7°	0.48 kg/cm2	11.6°	0.45 kg/cm2	c̄ < c	Si Cumple		
				Conclusion:			
				Ensayo correcto			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 191: Gráfico Circulo de Morh Esfuerzos Totales y Esfuerzos Efectivos, Calicata 03



Fuente: Elaboración propia



Tabla 192: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 04– Ensayo 01

VALORES DE ESFUERZOS								Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	$\Delta L \times 0.001$ (cm)	L (cm)	$\epsilon = \Delta L / L$	$A = A_0 / (1 - \epsilon)$	$\sigma_d = F / A$	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.69	0.0000	34.00	0.000	0.703	0.703	0.373	0.373
53.08	55	1.34	0.05	12.64	0.0040	34.14	0.039	0.703	0.742	0.373	0.412
106.17	110	2.48	0.10	12.59	0.0079	34.28	0.072	0.703	0.775	0.373	0.445
159.25	165	4.78	0.15	12.54	0.0120	34.42	0.139	0.703	0.842	0.373	0.512
212.33	220	6.24	0.20	12.49	0.0160	34.56	0.181	0.703	0.884	0.373	0.554
265.42	276	8.17	0.25	12.44	0.0201	34.70	0.235	0.703	0.939	0.373	0.609
318.50	331	10.27	0.30	12.39	0.0242	34.85	0.295	0.703	0.998	0.373	0.668
371.58	386	12.55	0.35	12.34	0.0284	35.00	0.359	0.703	1.062	0.373	0.732
424.67	441	15.19	0.40	12.29	0.0325	35.15	0.432	0.703	1.135	0.373	0.805
477.75	496	15.85	0.45	12.24	0.0368	35.30	0.449	0.703	1.152	0.373	0.822
530.83	551	19.14	0.50	12.19	0.0410	35.46	0.540	0.703	1.243	0.373	0.913
583.92	606	20.56	0.55	12.14	0.0453	35.62	0.577	0.703	1.280	0.373	0.950
637.00	661	22.65	0.60	12.09	0.0496	35.78	0.633	0.703	1.336	0.373	1.006
690.08	716	24.61	0.65	12.04	0.0540	35.95	0.685	0.703	1.388	0.373	1.058
743.17	771	26.92	0.70	11.99	0.0584	36.11	0.746	0.703	1.449	0.373	1.119
796.25	827	29.37	0.75	11.94	0.0628	36.28	0.809	0.703	1.513	0.373	1.183
849.33	882	30.54	0.80	11.89	0.0673	36.46	0.838	0.703	1.541	0.373	1.211
902.42	937	31.82	0.85	11.84	0.0718	36.63	0.868	0.703	1.572	0.373	1.242
955.50	992	32.74	0.90	11.79	0.0763	36.82	0.889	0.703	1.592	0.373	1.262
1008.58	1047	33.88	0.95	11.74	0.0809	37.00	0.916	0.703	1.619	0.373	1.289
1061.67	1102	36.08	1.00	11.69	0.0855	37.19	0.970	0.703	1.673	0.373	1.343
1114.75	1157	37.74	1.05	11.64	0.0902	37.38	1.010	0.703	1.713	0.373	1.383
1167.83	1212	39.66	1.10	11.59	0.0949	37.57	1.056	0.703	1.759	0.373	1.429
1220.92	1267	40.32	1.15	11.54	0.0997	37.77	1.068	0.703	1.771	0.373	1.441
1274.00	1323	41.02	1.20	11.49	0.1044	37.97	1.080	0.703	1.783	0.373	1.453
1327.08	1378	42.71	1.25	11.44	0.1093	38.18	1.119	0.703	1.822	0.373	1.492
1380.17	1433	45.20	1.30	11.39	0.1141	38.39	1.178	0.703	1.881	0.373	1.551
1433.25	1488	46.40	1.35	11.34	0.1190	38.60	1.202	0.703	1.905	0.373	1.575
1486.33	1543	48.70	1.40	11.29	0.1240	38.82	1.255	0.703	1.958	0.373	1.628
1539.41	1598	50.49	1.45	11.24	0.1290	39.04	1.293	0.703	1.996	0.373	1.666
1592.50	1653	52.32	1.50	11.19	0.1340	39.27	1.332	0.703	2.035	0.373	1.705
1645.58	1708	53.95	1.55	11.14	0.1391	39.50	1.366	0.703	2.069	0.373	1.739
1698.66	1763	55.70	1.60	11.09	0.1443	39.74	1.402	0.703	2.105	0.373	1.775
1751.75	1818	57.13	1.65	11.04	0.1495	39.98	1.429	0.703	2.132	0.373	1.802
1804.83	1874	58.89	1.70	10.99	0.1547	40.23	1.464	0.703	2.167	0.373	1.837
1857.91	1929	60.45	1.75	10.94	0.1600	40.48	1.493	0.703	2.196	0.373	1.866
1911.00	1984	62.32	1.80	10.89	0.1653	40.74	1.530	0.703	2.233	0.373	1.903
1964.08	2039	63.74	1.85	10.84	0.1707	41.00	1.554	0.703	2.257	0.373	1.927
2017.16	2094	64.48	1.90	10.79	0.1761	41.27	1.562	0.703	2.265	0.373	1.935
2070.25	2149	65.28	1.95	10.74	0.1816	41.55	1.571	0.703	2.274	0.373	1.944

Fuente: Elaboración propia



Tabla 193: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 04 – Ensayo 02

VALORES DE ESFUERZOS								Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	$\Delta L \times 0.001$ (cm)	L (cm)	$\epsilon = \Delta L / L$	$A = A_0 / (1 - \epsilon)$	$\sigma_d = F / A$	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.72	0.0000	33.31	0.000	1.406	1.406	0.766	0.766
57.23	57	3.06	0.05	12.67	0.0039	33.44	0.092	1.406	1.498	0.766	0.858
171.68	114	5.28	0.10	12.62	0.0079	33.58	0.157	1.406	1.563	0.766	0.923
286.13	172	8.38	0.15	12.57	0.0119	33.71	0.248	1.406	1.655	0.766	1.015
400.58	229	10.50	0.20	12.52	0.0160	33.85	0.310	1.406	1.716	0.766	1.076
515.03	286	11.80	0.25	12.47	0.0200	33.99	0.347	1.406	1.753	0.766	1.113
629.48	343	13.93	0.30	12.42	0.0241	34.14	0.408	1.406	1.814	0.766	1.174
743.93	401	15.24	0.35	12.37	0.0283	34.28	0.445	1.406	1.851	0.766	1.211
858.38	458	18.23	0.40	12.32	0.0325	34.43	0.530	1.406	1.936	0.766	1.296
972.83	515	20.44	0.45	12.27	0.0367	34.58	0.591	1.406	1.997	0.766	1.357
1087.28	572	23.44	0.50	12.22	0.0409	34.73	0.675	1.406	2.081	0.766	1.441
1201.73	629	25.63	0.55	12.17	0.0452	34.89	0.735	1.406	2.141	0.766	1.501
1316.18	687	26.86	0.60	12.12	0.0495	35.05	0.766	1.406	2.173	0.766	1.533
1430.63	744	29.02	0.65	12.07	0.0538	35.21	0.824	1.406	2.230	0.766	1.590
1545.08	801	31.22	0.70	12.02	0.0582	35.37	0.883	1.406	2.289	0.766	1.649
1659.53	858	34.37	0.75	11.97	0.0626	35.54	0.967	1.406	2.373	0.766	1.733
1773.98	916	35.66	0.80	11.92	0.0671	35.71	0.999	1.406	2.405	0.766	1.765
1888.43	973	37.87	0.85	11.87	0.0716	35.88	1.055	1.406	2.462	0.766	1.822
2002.88	1030	38.31	0.90	11.82	0.0761	36.06	1.063	1.406	2.469	0.766	1.829
2117.33	1087	39.65	0.95	11.77	0.0807	36.23	1.094	1.406	2.501	0.766	1.861
2231.78	1145	41.07	1.00	11.72	0.0853	36.42	1.128	1.406	2.534	0.766	1.894
2346.23	1202	44.23	1.05	11.67	0.0899	36.60	1.208	1.406	2.615	0.766	1.975
2460.68	1259	45.66	1.10	11.62	0.0946	36.79	1.241	1.406	2.647	0.766	2.007
2575.13	1316	47.83	1.15	11.57	0.0994	36.99	1.293	1.406	2.699	0.766	2.059
2689.58	1373	49.23	1.20	11.52	0.1041	37.18	1.324	1.406	2.730	0.766	2.090
2804.03	1431	50.51	1.25	11.47	0.1089	37.38	1.351	1.406	2.757	0.766	2.117
2918.48	1488	51.85	1.30	11.42	0.1138	37.59	1.380	1.406	2.786	0.766	2.146
3032.93	1545	53.32	1.35	11.37	0.1187	37.80	1.411	1.406	2.817	0.766	2.177
3147.38	1602	55.68	1.40	11.32	0.1236	38.01	1.465	1.406	2.871	0.766	2.231
3261.83	1660	57.07	1.45	11.27	0.1286	38.23	1.493	1.406	2.899	0.766	2.259
3376.28	1717	59.36	1.50	11.22	0.1337	38.45	1.544	1.406	2.950	0.766	2.310
3490.73	1774	60.69	1.55	11.17	0.1387	38.68	1.569	1.406	2.975	0.766	2.335
3605.18	1831	61.43	1.60	11.12	0.1438	38.91	1.579	1.406	2.985	0.766	2.345
3719.63	1888	64.71	1.65	11.07	0.1490	39.14	1.653	1.406	3.059	0.766	2.419
3834.08	1946	66.14	1.70	11.02	0.1542	39.38	1.679	1.406	3.085	0.766	2.445
3948.53	2003	67.49	1.75	10.97	0.1595	39.63	1.703	1.406	3.109	0.766	2.469
4062.98	2060	69.91	1.80	10.92	0.1648	39.88	1.753	1.406	3.159	0.766	2.519
4177.43	2117	71.46	1.85	10.87	0.1701	40.14	1.780	1.406	3.186	0.766	2.546
4291.88	2175	72.08	1.89	10.83	0.1745	40.35	1.786	1.406	3.192	0.766	2.552
4417.77	2243	73.90	1.98	10.74	0.1843	40.84	1.810	1.406	3.216	0.766	2.576

Fuente: Elaboración propia



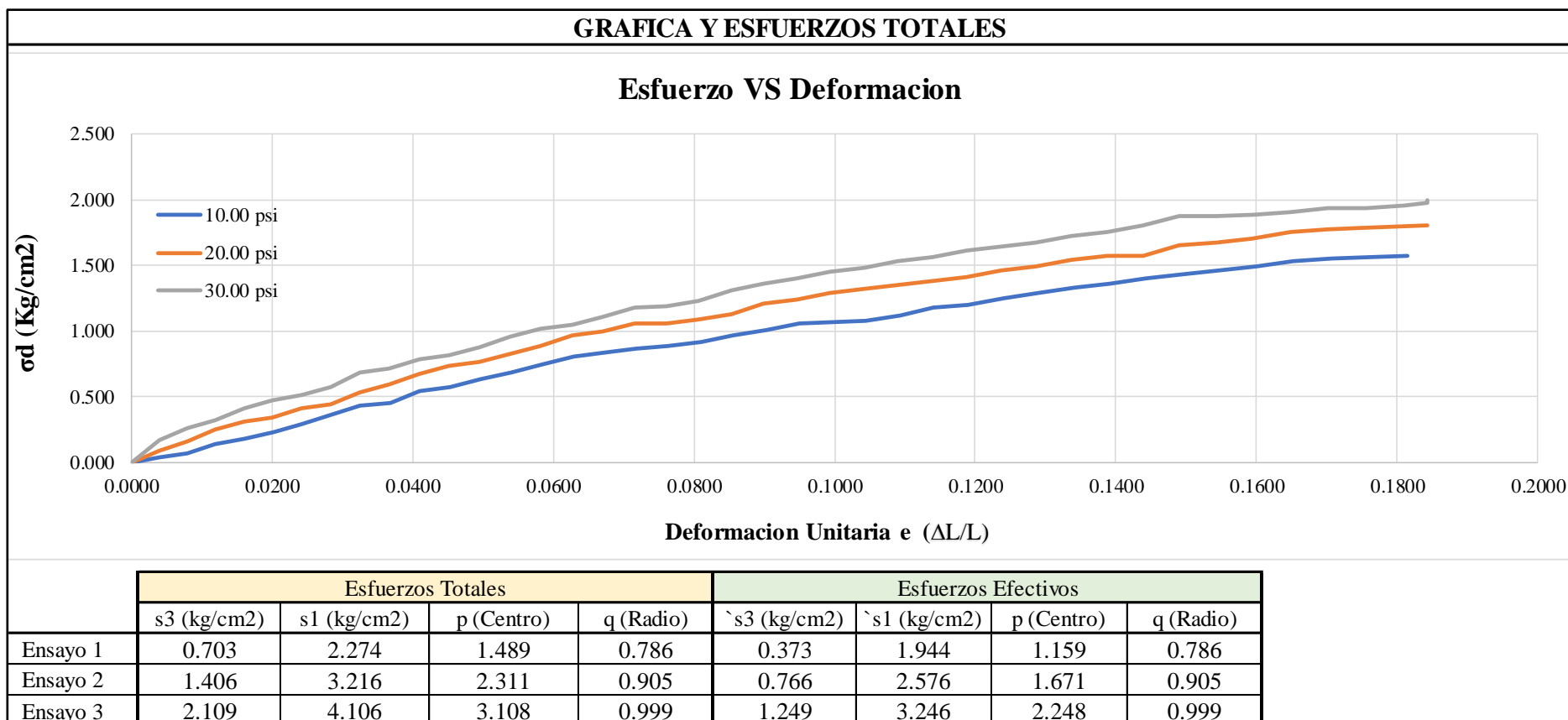
Tabla 194: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 04 – Ensayo 03

VALORES DE ESFUERZOS								Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	$\Delta L \times 0.001$ (cm)	L (cm)	$\epsilon = \Delta L / L$	$A = A_0 / (1 - \epsilon)$	$\sigma_d = F / A$	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.72	0.0000	33.44	0.000	2.109	2.109	1.249	1.249
57.23	57	5.64	0.05	12.67	0.0039	33.57	0.168	2.109	2.277	1.249	1.417
171.68	114	8.84	0.10	12.62	0.0079	33.71	0.262	2.109	2.371	1.249	1.511
286.13	172	11.02	0.15	12.57	0.0119	33.84	0.326	2.109	2.435	1.249	1.575
400.58	229	14.13	0.20	12.52	0.0160	33.98	0.416	2.109	2.525	1.249	1.665
515.03	286	16.25	0.25	12.47	0.0200	34.12	0.476	2.109	2.585	1.249	1.725
629.48	343	17.48	0.30	12.42	0.0242	34.27	0.510	2.109	2.619	1.249	1.759
743.93	401	19.68	0.35	12.37	0.0283	34.41	0.572	2.109	2.681	1.249	1.821
858.38	458	23.62	0.40	12.32	0.0325	34.56	0.683	2.109	2.793	1.249	1.933
972.83	515	25.01	0.45	12.27	0.0367	34.71	0.721	2.109	2.830	1.249	1.970
1087.28	572	27.30	0.50	12.22	0.0409	34.87	0.783	2.109	2.892	1.249	2.032
1201.73	629	28.63	0.55	12.17	0.0452	35.02	0.818	2.109	2.927	1.249	2.067
1316.18	687	30.78	0.60	12.12	0.0495	35.18	0.875	2.109	2.984	1.249	2.124
1430.63	744	33.98	0.65	12.07	0.0539	35.34	0.961	2.109	3.071	1.249	2.211
1545.08	801	36.13	0.70	12.02	0.0582	35.51	1.018	2.109	3.127	1.249	2.267
1659.53	858	37.56	0.75	11.97	0.0627	35.67	1.053	2.109	3.162	1.249	2.302
1773.98	916	39.80	0.80	11.92	0.0671	35.84	1.110	2.109	3.220	1.249	2.360
1888.43	973	42.42	0.85	11.87	0.0716	36.02	1.178	2.109	3.287	1.249	2.427
2002.88	1030	43.27	0.90	11.82	0.0761	36.19	1.195	2.109	3.305	1.249	2.445
2117.33	1087	44.72	0.95	11.77	0.0807	36.37	1.229	2.109	3.339	1.249	2.479
2231.78	1145	47.91	1.00	11.72	0.0853	36.56	1.311	2.109	3.420	1.249	2.560
2346.23	1202	50.19	1.05	11.67	0.0900	36.74	1.366	2.109	3.475	1.249	2.615
2460.68	1259	51.67	1.10	11.62	0.0947	36.94	1.399	2.109	3.508	1.249	2.648
2575.13	1316	53.91	1.15	11.57	0.0994	37.13	1.452	2.109	3.561	1.249	2.701
2689.58	1373	55.24	1.20	11.52	0.1042	37.33	1.480	2.109	3.589	1.249	2.729
2804.03	1431	57.58	1.25	11.47	0.1090	37.53	1.534	2.109	3.643	1.249	2.783
2918.48	1488	58.91	1.30	11.42	0.1138	37.73	1.561	2.109	3.670	1.249	2.810
3032.93	1545	61.17	1.35	11.37	0.1187	37.94	1.612	2.109	3.721	1.249	2.861
3147.38	1602	62.69	1.40	11.32	0.1237	38.16	1.643	2.109	3.752	1.249	2.892
3261.83	1660	64.21	1.45	11.27	0.1287	38.38	1.673	2.109	3.782	1.249	2.922
3376.28	1717	66.45	1.50	11.22	0.1337	38.60	1.722	2.109	3.831	1.249	2.971
3490.73	1774	67.99	1.55	11.17	0.1388	38.83	1.751	2.109	3.860	1.249	3.000
3605.18	1831	70.39	1.60	11.12	0.1439	39.06	1.802	2.109	3.911	1.249	3.051
3719.63	1888	73.58	1.65	11.07	0.1491	39.30	1.873	2.109	3.982	1.249	3.122
3834.08	1946	74.27	1.70	11.02	0.1543	39.54	1.878	2.109	3.988	1.249	3.128
3948.53	2003	74.91	1.75	10.97	0.1595	39.79	1.883	2.109	3.992	1.249	3.132
4062.98	2060	76.50	1.80	10.92	0.1648	40.04	1.911	2.109	4.020	1.249	3.160
4177.43	2117	77.89	1.85	10.87	0.1702	40.30	1.933	2.109	4.042	1.249	3.182
4291.88	2175	78.46	1.90	10.82	0.1756	40.56	1.934	2.109	4.043	1.249	3.183
4406.33	2232	80.07	1.95	10.77	0.1811	40.83	1.961	2.109	4.070	1.249	3.210
4520.78	2289	81.23	1.98	10.74	0.1844	41.00	1.981	2.109	4.091	1.249	3.231
4635.23	2346	81.88	1.98	10.74	0.1844	41.00	1.997	2.109	4.106	1.249	3.246

Fuente: Elaboración propia



Tabla 195: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 04, Grafico Esfuerzo Deformación, Esfuerzos Efectivos y Totales



Fuente: Elaboración propia



Tabla 196: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 04, Valores de Circulo de Mohr

ESFUERZOS TOTALES							
Angulo	Angulo Radianes	10.00 psi		20.00 psi		30.00 psi	
		s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)
0	0.00	2.274	0.000	3.216	0.000	4.106	0.000
10	0.17	2.262	0.136	3.202	0.157	4.091	0.173
20	0.35	2.227	0.269	3.161	0.309	4.046	0.342
30	0.52	2.169	0.393	3.095	0.452	3.973	0.499
40	0.70	2.091	0.505	3.004	0.582	3.873	0.642
50	0.87	1.994	0.602	2.893	0.693	3.750	0.765
60	1.05	1.881	0.680	2.763	0.784	3.607	0.865
70	1.22	1.757	0.738	2.620	0.850	3.449	0.938
80	1.40	1.625	0.774	2.468	0.891	3.281	0.983
90	1.57	1.489	0.786	2.311	0.905	3.108	0.999
100	1.75	1.352	0.774	2.154	0.891	2.934	0.983
110	1.92	1.220	0.738	2.002	0.850	2.766	0.938
120	2.09	1.096	0.680	1.859	0.784	2.609	0.865
130	2.27	0.984	0.602	1.729	0.693	2.466	0.765
140	2.44	0.887	0.505	1.618	0.582	2.343	0.642
150	2.62	0.808	0.393	1.527	0.452	2.243	0.499
160	2.79	0.750	0.269	1.461	0.309	2.169	0.342
170	2.97	0.715	0.136	1.420	0.157	2.124	0.173
180	3.14	0.703	0.000	1.406	0.000	2.109	0.000

ESFUERZOS EFECTIVOS							
Angulo	Angulo Radianes	10.00 psi		20.00 psi		30.00 psi	
		s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)
0	0.00	1.944	0.000	2.576	0.000	3.246	0.000
10	0.17	1.932	0.136	2.562	0.157	3.231	0.173
20	0.35	1.897	0.269	2.521	0.309	3.186	0.342
30	0.52	1.839	0.393	2.455	0.452	3.113	0.499
40	0.70	1.761	0.505	2.364	0.582	3.013	0.642
50	0.87	1.664	0.602	2.253	0.693	2.890	0.765
60	1.05	1.551	0.680	2.123	0.784	2.747	0.865
70	1.22	1.427	0.738	1.980	0.850	2.589	0.938
80	1.40	1.295	0.774	1.828	0.891	2.421	0.983
90	1.57	1.159	0.786	1.671	0.905	2.248	0.999
100	1.75	1.022	0.774	1.514	0.891	2.074	0.983
110	1.92	0.890	0.738	1.362	0.850	1.906	0.938
120	2.09	0.766	0.680	1.219	0.784	1.749	0.865
130	2.27	0.654	0.602	1.089	0.693	1.606	0.765
140	2.44	0.557	0.505	0.978	0.582	1.483	0.642
150	2.62	0.478	0.393	0.887	0.452	1.383	0.499
160	2.79	0.420	0.269	0.821	0.309	1.309	0.342
170	2.97	0.385	0.136	0.780	0.157	1.264	0.173
180	3.14	0.373	0.000	0.766	0.000	1.249	0.000

Fuente: Elaboración propia



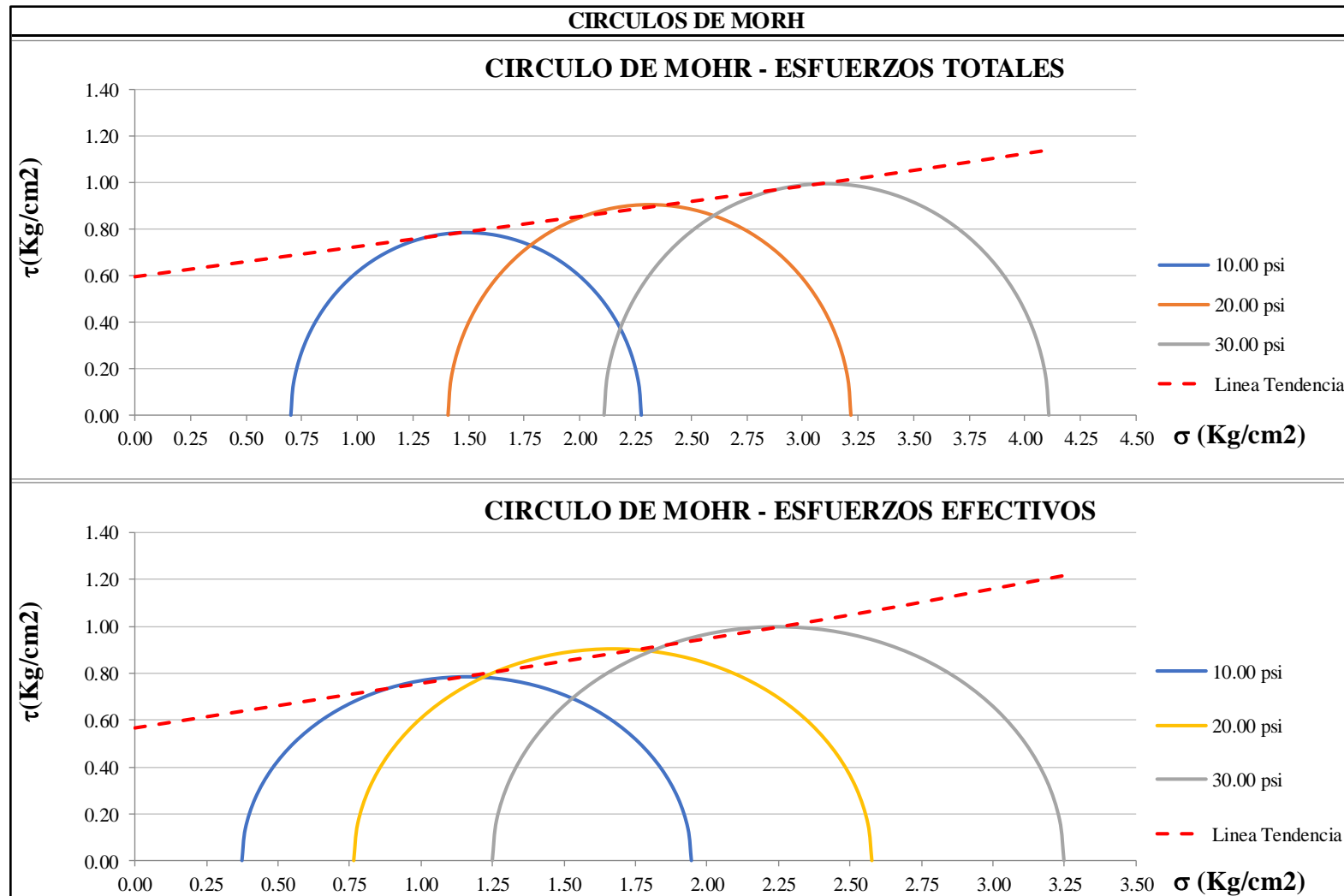
Tabla 197: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 04, Cálculo del Ángulo de Fricción y Cohesión por Métodos Analíticos

SOLUCION ANALITICA - COHESION Y ANGULO DE FRICCION INTERNA							
	Esfuerzos Totales		Presion de poros			Esfuerzos Efectivos	
	s3 (kg/cm2)	s1 (kg/cm2)	σd (kg/cm2)	Δuc (kg/cm2)	Δud (kg/cm2)	σ3 (kg/cm2)	σ1 (kg/cm2)
Ensayo 01	0.703	2.274	1.571	0.000	0.330	0.373	1.944
Ensayo 02	1.406	3.216	1.810	0.000	0.640	0.766	2.576
Ensayo 03	2.109	4.106	1.997	0.000	0.860	1.249	3.246
Esfuerzos Totales							
	s1 (kg/cm2)	s3 (kg/cm2)	$\sigma_1 = \sigma_3 N\phi + 2c\sqrt{N\phi}$				
Ensayo 01	2.274	0.703	Ecuac. 01	2.274	=	0.703 Nf + 2c√Nf	Multiplicando por -1 la ecuacion 2
Ensayo 03	4.106	2.109	Ecuac. 02	4.106	=	2.109 Nf + 2c√Nf	
Ensayo 01	2.274	=	0.703 Nf + 2c√Nf	Nf = tan ² (45+f/2)		$N\phi = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2})$	Calculando c
Ensayo 03	-4.106	=	-2.109 Nf - 2c√Nf	1.303 = tan ² (45+f/2)			
			-1.832 = -1.406 Nf + 0.000	1.141 = tan(45+f/2)		Raiz cuadrada	Reemplazando en cualquier ecuacion
			Nf = 1.303	48.780 = 45+f/2		Inversa tangente	
				f = 7.6°			c = 0.59 kg/cm2
Esfuerzos Efectivos							
	σ1 (kg/cm2)	σ3 (kg/cm2)	$\sigma_1 = \sigma_3 N\phi + 2c\sqrt{N\phi}$				
Ensayo 01	1.944	0.373	Ecuac. 01	1.944	=	0.373 Nf + 2c√Nf	Multiplicando por -1 la ecuacion 2
Ensayo 03	3.246	1.249	Ecuac. 02	3.246	=	1.249 Nf + 2c√Nf	
Ensayo 01	1.944	=	0.373 Nf + 2c√Nf	Calculando f		Nf = tan ² (45+f/2)	Calculando c
Ensayo 03	-3.246	=	-1.249 Nf - 2c√Nf	1.486 = tan ² (45+f/2)		$N\phi = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2})$	
			-1.302 = -0.876 Nf + 0.000	1.219 = tan(45+f/2)		Raiz cuadrada	Reemplazando en cualquier ecuacion
			Nf = 1.486	50.639 = 45+f/2		Inversa tangente	
				f = 11.3°			c = 0.57 kg/cm2
Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos		Requisitos			
f	c	σ1	σ3	φ > φ	Si Cumple		
7.6°	0.59 kg/cm2	11.3°	0.57 kg/cm2	c̄ < c	Si Cumple		
				Conclusion:			
				Ensayo correcto			

Fuente: Elaboración propia



Tabla 198: Gráfico Circulo de Morh Esfuerzos Totales y Esfuerzos Efectivos, Calicata 04



Fuente: Elaboración propia



Tabla 199: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 05– Ensayo 01

VALORES DE ESFUERZOS								Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	$\Delta L \times 0.001$ (cm)	L (cm)	$\epsilon = \Delta L / L$	$A = A_0 / (1 - \epsilon)$	$\sigma_d = F / A$	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.72	0.0000	33.31	0.000	0.703	0.703	0.363	0.363
53.08	61	1.12	0.05	12.67	0.0039	33.44	0.033	0.703	0.737	0.363	0.397
106.17	121	2.10	0.10	12.62	0.0079	33.58	0.063	0.703	0.766	0.363	0.426
159.25	182	3.03	0.15	12.57	0.0119	33.71	0.090	0.703	0.793	0.363	0.453
212.33	242	4.23	0.20	12.52	0.0160	33.85	0.125	0.703	0.828	0.363	0.488
265.42	303	5.87	0.25	12.47	0.0200	33.99	0.173	0.703	0.876	0.363	0.536
318.50	364	7.62	0.30	12.42	0.0242	34.14	0.223	0.703	0.926	0.363	0.586
371.58	424	9.56	0.35	12.37	0.0283	34.28	0.279	0.703	0.982	0.363	0.642
424.67	485	11.69	0.40	12.32	0.0325	34.43	0.340	0.703	1.043	0.363	0.703
477.75	546	12.32	0.45	12.27	0.0367	34.58	0.356	0.703	1.059	0.363	0.719
530.83	606	14.04	0.50	12.22	0.0409	34.73	0.404	0.703	1.107	0.363	0.767
583.92	667	15.27	0.55	12.17	0.0452	34.89	0.438	0.703	1.141	0.363	0.801
637.00	727	17.91	0.60	12.12	0.0495	35.05	0.511	0.703	1.214	0.363	0.874
690.08	788	18.73	0.65	12.07	0.0539	35.21	0.532	0.703	1.235	0.363	0.895
743.17	849	20.52	0.70	12.02	0.0582	35.37	0.580	0.703	1.283	0.363	0.943
796.25	909	22.64	0.75	11.97	0.0627	35.54	0.637	0.703	1.340	0.363	1.000
849.33	970	23.47	0.80	11.92	0.0671	35.71	0.657	0.703	1.360	0.363	1.020
902.42	1030	24.85	0.85	11.87	0.0716	35.88	0.693	0.703	1.396	0.363	1.056
955.50	1091	26.63	0.90	11.82	0.0761	36.06	0.739	0.703	1.442	0.363	1.102
1008.58	1152	27.65	0.95	11.77	0.0807	36.24	0.763	0.703	1.466	0.363	1.126
1061.67	1212	29.43	1.00	11.72	0.0853	36.42	0.808	0.703	1.511	0.363	1.171
1114.75	1273	30.63	1.05	11.67	0.0900	36.60	0.837	0.703	1.540	0.363	1.200
1167.83	1334	32.51	1.10	11.62	0.0947	36.79	0.884	0.703	1.587	0.363	1.247
1220.92	1394	32.07	1.15	11.57	0.0994	36.99	0.867	0.703	1.570	0.363	1.230
1274.00	1455	33.62	1.20	11.52	0.1042	37.18	0.904	0.703	1.607	0.363	1.267
1327.08	1515	34.87	1.25	11.47	0.1090	37.39	0.933	0.703	1.636	0.363	1.296
1380.17	1576	36.11	1.30	11.42	0.1138	37.59	0.961	0.703	1.664	0.363	1.324
1433.25	1637	37.97	1.35	11.37	0.1187	37.80	1.005	0.703	1.708	0.363	1.368
1486.33	1697	39.82	1.40	11.32	0.1237	38.01	1.048	0.703	1.751	0.363	1.411
1539.41	1758	40.23	1.45	11.27	0.1287	38.23	1.052	0.703	1.755	0.363	1.415
1592.50	1818	42.59	1.50	11.22	0.1337	38.45	1.108	0.703	1.811	0.363	1.471
1645.58	1879	43.40	1.55	11.17	0.1388	38.68	1.122	0.703	1.825	0.363	1.485
1698.66	1940	44.78	1.60	11.12	0.1439	38.91	1.151	0.703	1.854	0.363	1.514
1751.75	2000	45.89	1.65	11.07	0.1491	39.15	1.172	0.703	1.875	0.363	1.535
1804.83	2061	47.07	1.70	11.02	0.1543	39.39	1.195	0.703	1.898	0.363	1.558
1857.91	2122	49.87	1.75	10.97	0.1595	39.63	1.258	0.703	1.961	0.363	1.621
1911.00	2182	50.71	1.80	10.92	0.1648	39.89	1.271	0.703	1.974	0.363	1.634
1964.08	2243	51.42	1.85	10.87	0.1702	40.14	1.281	0.703	1.984	0.363	1.644
2017.16	2303	52.99	1.90	10.82	0.1756	40.41	1.311	0.703	2.015	0.363	1.675
2070.25	2364	53.05	1.95	10.77	0.1811	40.68	1.304	0.703	2.007	0.363	1.667

Fuente: Elaboración propia



Tabla 200: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 05 – Ensayo 02

VALORES DE ESFUERZOS								Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	$\Delta L \times 0.001$ (cm)	L (cm)	$\epsilon = \Delta L / L$	$A = A_0 / (1 - \epsilon)$	$\sigma_d = F / A$	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.74	0.0000	33.57	0.000	1.406	1.406	0.756	0.756
62.95	63	2.64	0.05	12.69	0.0039	33.70	0.078	1.406	1.484	0.756	0.834
188.84	126	4.49	0.10	12.64	0.0079	33.83	0.133	1.406	1.539	0.756	0.889
314.74	189	7.14	0.15	12.59	0.0119	33.97	0.210	1.406	1.616	0.756	0.966
440.63	252	9.03	0.20	12.54	0.0159	34.11	0.265	1.406	1.671	0.756	1.021
566.53	315	10.02	0.25	12.49	0.0200	34.25	0.293	1.406	1.699	0.756	1.049
692.42	378	11.93	0.30	12.44	0.0241	34.40	0.347	1.406	1.753	0.756	1.103
818.32	441	13.13	0.35	12.39	0.0282	34.54	0.380	1.406	1.786	0.756	1.136
944.21	504	15.51	0.40	12.34	0.0324	34.69	0.447	1.406	1.853	0.756	1.203
1070.11	567	17.51	0.45	12.29	0.0366	34.84	0.503	1.406	1.909	0.756	1.259
1196.00	629	20.06	0.50	12.24	0.0408	35.00	0.573	1.406	1.979	0.756	1.329
1321.90	692	22.00	0.55	12.19	0.0451	35.15	0.626	1.406	2.032	0.756	1.382
1447.79	755	22.87	0.60	12.14	0.0494	35.31	0.648	1.406	2.054	0.756	1.404
1573.69	818	24.78	0.65	12.09	0.0538	35.47	0.699	1.406	2.105	0.756	1.455
1699.58	881	26.71	0.70	12.04	0.0581	35.64	0.749	1.406	2.156	0.756	1.506
1825.48	944	29.28	0.75	11.99	0.0626	35.81	0.818	1.406	2.224	0.756	1.574
1951.37	1007	30.76	0.80	11.94	0.0670	35.98	0.855	1.406	2.261	0.756	1.611
2077.27	1070	32.48	0.85	11.89	0.0715	36.15	0.898	1.406	2.305	0.756	1.655
2203.16	1133	32.79	0.90	11.84	0.0760	36.33	0.903	1.406	2.309	0.756	1.659
2329.06	1196	33.74	0.95	11.79	0.0806	36.51	0.924	1.406	2.330	0.756	1.680
2454.95	1259	35.50	1.00	11.74	0.0852	36.69	0.968	1.406	2.374	0.756	1.724
2580.85	1322	38.00	1.05	11.69	0.0898	36.88	1.030	1.406	2.437	0.756	1.787
2706.74	1385	39.31	1.10	11.64	0.0945	37.07	1.060	1.406	2.467	0.756	1.817
2832.64	1448	40.97	1.15	11.59	0.0992	37.26	1.099	1.406	2.506	0.756	1.856
2958.53	1511	42.30	1.20	11.54	0.1040	37.46	1.129	1.406	2.535	0.756	1.885
3084.43	1574	43.61	1.25	11.49	0.1088	37.66	1.158	1.406	2.564	0.756	1.914
3210.32	1637	44.37	1.30	11.44	0.1136	37.87	1.172	1.406	2.578	0.756	1.928
3336.22	1700	45.67	1.35	11.39	0.1185	38.08	1.199	1.406	2.605	0.756	1.955
3462.11	1763	47.60	1.40	11.34	0.1235	38.29	1.243	1.406	2.649	0.756	1.999
3588.01	1825	49.04	1.45	11.29	0.1284	38.51	1.273	1.406	2.679	0.756	2.029
3713.90	1888	51.00	1.50	11.24	0.1335	38.74	1.317	1.406	2.723	0.756	2.073
3839.80	1951	51.94	1.55	11.19	0.1385	38.96	1.333	1.406	2.739	0.756	2.089
3965.69	2014	52.10	1.60	11.14	0.1436	39.20	1.329	1.406	2.735	0.756	2.085
4091.59	2077	55.49	1.65	11.09	0.1488	39.43	1.407	1.406	2.813	0.756	2.163
4217.48	2140	56.49	1.70	11.04	0.1540	39.68	1.424	1.406	2.830	0.756	2.180
4343.38	2203	58.22	1.75	10.99	0.1592	39.92	1.458	1.406	2.864	0.756	2.214
4469.27	2266	59.76	1.80	10.94	0.1645	40.18	1.487	1.406	2.894	0.756	2.244
4595.17	2329	61.57	1.85	10.89	0.1699	40.44	1.523	1.406	2.929	0.756	2.279
4721.06	2392	61.62	1.89	10.85	0.1742	40.65	1.516	1.406	2.922	0.756	2.272
4859.55	2468	63.81	1.98	10.76	0.1840	41.14	1.551	1.406	2.957	0.756	2.307

Fuente: Elaboración propia



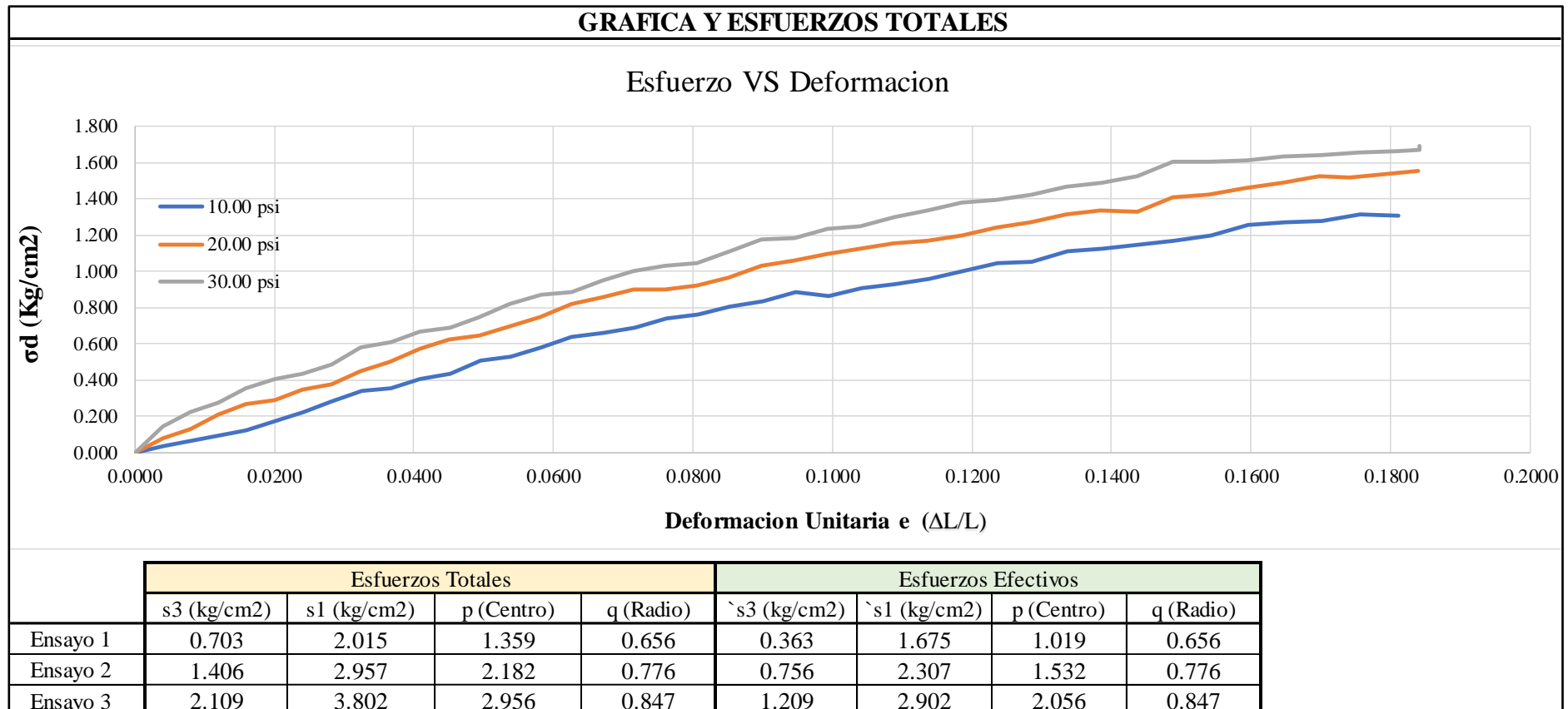
Tabla 201: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 05 – Ensayo 03

LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	$\Delta L \times 0.001$ (cm)	L (cm)	$\epsilon = \Delta L / L$	$A = A_0 / (1 - \epsilon)$	$\sigma_d = F / A$	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.73	0.0000	33.62	0.000	2.109	2.109	1.209	1.209
62.95	63	4.87	0.05	12.68	0.0039	33.75	0.144	2.109	2.253	1.209	1.353
188.84	126	7.53	0.10	12.63	0.0079	33.89	0.222	2.109	2.331	1.209	1.431
314.74	189	9.39	0.15	12.58	0.0119	34.02	0.276	2.109	2.385	1.209	1.485
440.63	252	12.14	0.20	12.53	0.0160	34.16	0.355	2.109	2.465	1.209	1.565
566.53	315	13.85	0.25	12.48	0.0200	34.31	0.404	2.109	2.513	1.209	1.613
692.42	378	15.02	0.30	12.43	0.0241	34.45	0.436	2.109	2.545	1.209	1.645
818.32	441	16.91	0.35	12.38	0.0283	34.60	0.489	2.109	2.598	1.209	1.698
944.21	504	20.09	0.40	12.33	0.0324	34.75	0.578	2.109	2.687	1.209	1.787
1070.11	567	21.30	0.45	12.28	0.0366	34.90	0.610	2.109	2.720	1.209	1.820
1196.00	629	23.49	0.50	12.23	0.0409	35.05	0.670	2.109	2.779	1.209	1.879
1321.90	692	24.38	0.55	12.18	0.0452	35.21	0.692	2.109	2.802	1.209	1.902
1447.79	755	26.42	0.60	12.13	0.0495	35.37	0.747	2.109	2.856	1.209	1.956
1573.69	818	29.21	0.65	12.08	0.0538	35.53	0.822	2.109	2.931	1.209	2.031
1699.58	881	31.05	0.70	12.03	0.0582	35.70	0.870	2.109	2.979	1.209	2.079
1825.48	944	31.85	0.75	11.98	0.0626	35.86	0.888	2.109	2.997	1.209	2.097
1951.37	1007	34.30	0.80	11.93	0.0671	36.03	0.952	2.109	3.061	1.209	2.161
2077.27	1070	36.37	0.85	11.88	0.0715	36.21	1.004	2.109	3.114	1.209	2.214
2203.16	1133	37.40	0.90	11.83	0.0761	36.39	1.028	2.109	3.137	1.209	2.237
2329.06	1196	38.19	0.95	11.78	0.0806	36.57	1.044	2.109	3.154	1.209	2.254
2454.95	1259	40.84	1.00	11.73	0.0853	36.75	1.111	2.109	3.220	1.209	2.320
2580.85	1322	43.38	1.05	11.68	0.0899	36.94	1.174	2.109	3.284	1.209	2.384
2706.74	1385	43.95	1.10	11.63	0.0946	37.13	1.184	2.109	3.293	1.209	2.393
2832.64	1448	46.10	1.15	11.58	0.0993	37.33	1.235	2.109	3.344	1.209	2.444
2958.53	1511	46.99	1.20	11.53	0.1041	37.52	1.252	2.109	3.361	1.209	2.461
3084.43	1574	48.98	1.25	11.48	0.1089	37.73	1.298	2.109	3.408	1.209	2.508
3210.32	1637	50.71	1.30	11.43	0.1137	37.93	1.337	2.109	3.446	1.209	2.546
3336.22	1700	52.66	1.35	11.38	0.1186	38.14	1.381	2.109	3.490	1.209	2.590
3462.11	1763	53.48	1.40	11.33	0.1236	38.36	1.394	2.109	3.503	1.209	2.603
3588.01	1825	54.79	1.45	11.28	0.1285	38.58	1.420	2.109	3.529	1.209	2.629
3713.90	1888	56.87	1.50	11.23	0.1336	38.80	1.466	2.109	3.575	1.209	2.675
3839.80	1951	58.07	1.55	11.18	0.1386	39.03	1.488	2.109	3.597	1.209	2.697
3965.69	2014	60.00	1.60	11.13	0.1438	39.26	1.528	2.109	3.637	1.209	2.737
4091.59	2077	63.48	1.65	11.08	0.1489	39.50	1.607	2.109	3.716	1.209	2.816
4217.48	2140	63.68	1.70	11.03	0.1541	39.74	1.602	2.109	3.711	1.209	2.811
4343.38	2203	64.55	1.75	10.98	0.1594	39.99	1.614	2.109	3.723	1.209	2.823
4469.27	2266	65.79	1.80	10.93	0.1647	40.25	1.635	2.109	3.744	1.209	2.844
4595.17	2329	66.39	1.85	10.88	0.1700	40.51	1.639	2.109	3.748	1.209	2.848
4721.06	2392	67.41	1.90	10.83	0.1754	40.77	1.653	2.109	3.763	1.209	2.863
4846.96	2455	68.24	1.95	10.78	0.1809	41.04	1.663	2.109	3.772	1.209	2.872
4972.85	2518	68.73	1.98	10.75	0.1842	41.21	1.668	2.109	3.777	1.209	2.877
5098.75	2581	69.77	1.98	10.75	0.1842	41.21	1.693	2.109	3.802	1.209	2.902

Fuente: Elaboración propia



Tabla 202: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 05, Grafico Esfuerzo Deformación, Esfuerzos Efectivos y Totales



Fuente: Elaboración propia



Tabla 203: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 05, Valores de Circulo de Mohr

ESFUERZOS TOTALES							
Angulo	Angulo Radianes	10.00 psi		20.00 psi		30.00 psi	
		s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)
0	0.00	2.015	0.000	2.957	0.000	3.802	0.000
10	0.17	2.005	0.114	2.946	0.135	3.789	0.147
20	0.35	1.975	0.224	2.911	0.265	3.751	0.290
30	0.52	1.927	0.328	2.853	0.388	3.689	0.423
40	0.70	1.861	0.421	2.776	0.499	3.604	0.544
50	0.87	1.780	0.502	2.680	0.594	3.500	0.648
60	1.05	1.687	0.568	2.570	0.672	3.379	0.733
70	1.22	1.583	0.616	2.447	0.729	3.245	0.795
80	1.40	1.473	0.646	2.316	0.764	3.103	0.834
90	1.57	1.359	0.656	2.182	0.776	2.956	0.847
100	1.75	1.245	0.646	2.047	0.764	2.809	0.834
110	1.92	1.135	0.616	1.916	0.729	2.666	0.795
120	2.09	1.031	0.568	1.794	0.672	2.532	0.733
130	2.27	0.937	0.502	1.683	0.594	2.412	0.648
140	2.44	0.856	0.421	1.588	0.499	2.307	0.544
150	2.62	0.791	0.328	1.510	0.388	2.223	0.423
160	2.79	0.743	0.224	1.453	0.265	2.160	0.290
170	2.97	0.713	0.114	1.418	0.135	2.122	0.147
180	3.14	0.703	0.000	1.406	0.000	2.109	0.000

ESFUERZOS EFECTIVOS							
Angulo	Angulo Radianes	10.00 psi		20.00 psi		30.00 psi	
		s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)
0	0.00	1.675	0.000	2.307	0.000	2.902	0.000
10	0.17	1.665	0.114	2.296	0.135	2.889	0.147
20	0.35	1.635	0.224	2.261	0.265	2.851	0.290
30	0.52	1.587	0.328	2.203	0.388	2.789	0.423
40	0.70	1.521	0.421	2.126	0.499	2.704	0.544
50	0.87	1.440	0.502	2.030	0.594	2.600	0.648
60	1.05	1.347	0.568	1.920	0.672	2.479	0.733
70	1.22	1.243	0.616	1.797	0.729	2.345	0.795
80	1.40	1.133	0.646	1.666	0.764	2.203	0.834
90	1.57	1.019	0.656	1.532	0.776	2.056	0.847
100	1.75	0.905	0.646	1.397	0.764	1.909	0.834
110	1.92	0.795	0.616	1.266	0.729	1.766	0.795
120	2.09	0.691	0.568	1.144	0.672	1.632	0.733
130	2.27	0.597	0.502	1.033	0.594	1.512	0.648
140	2.44	0.516	0.421	0.938	0.499	1.407	0.544
150	2.62	0.451	0.328	0.860	0.388	1.323	0.423
160	2.79	0.403	0.224	0.803	0.265	1.260	0.290
170	2.97	0.373	0.114	0.768	0.135	1.222	0.147
180	3.14	0.363	0.000	0.756	0.000	1.209	0.000

Fuente: Elaboración propia



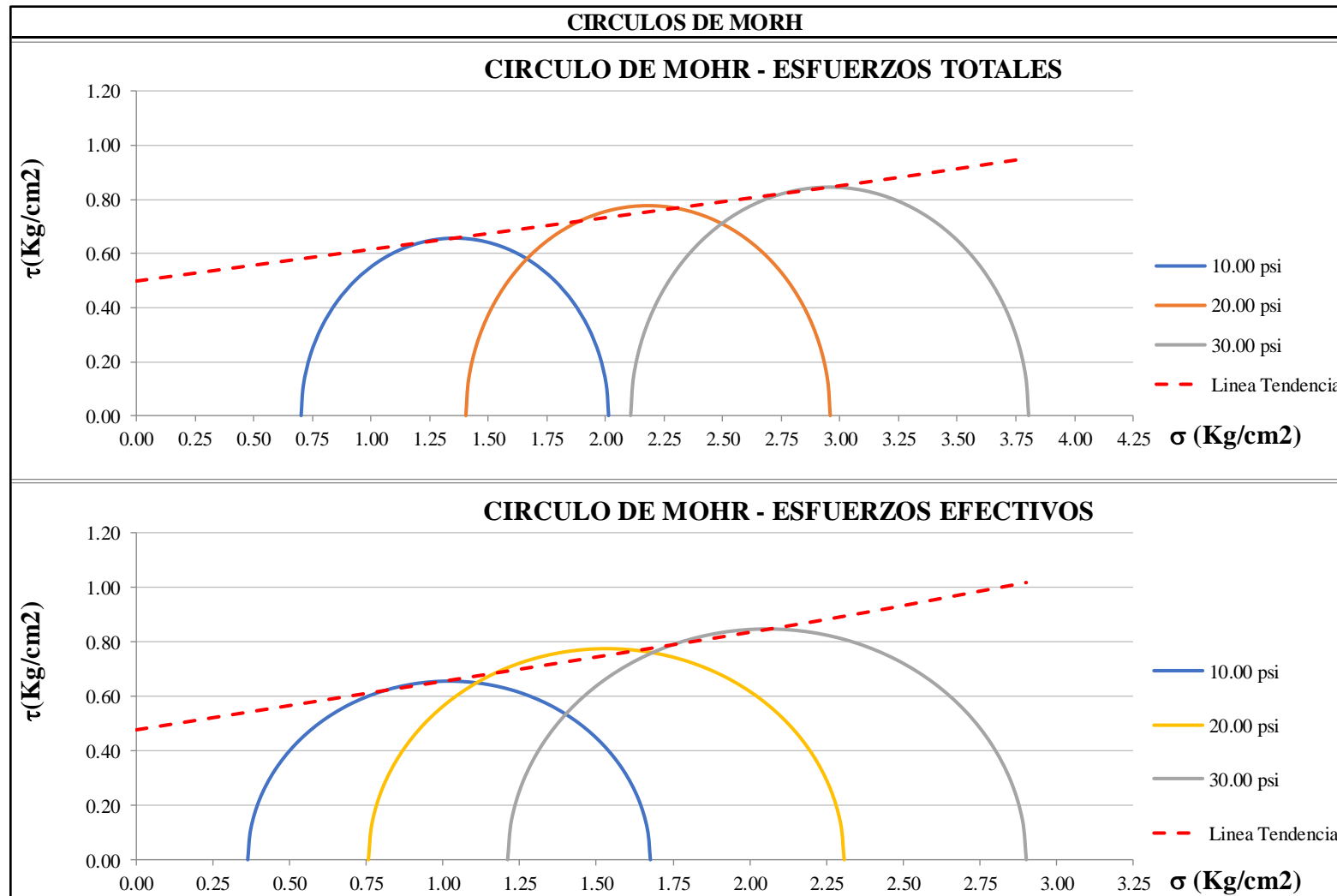
Tabla 204: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 05, Cálculo del Ángulo de Fricción y Cohesión por Métodos Analíticos

SOLUCION ANALITICA - COHESION Y ANGULO DE FRICCION INTERNA							
	Esfuerzos Totales		Presion de poros			Esfuerzos Efectivos	
	s3 (kg/cm2)	s1 (kg/cm2)	σd (kg/cm2)	Δuc (kg/cm2)	Δud (kg/cm2)	σ3 (kg/cm2)	σ1 (kg/cm2)
Ensayo 01	0.703	2.015	1.311	0.000	0.340	0.363	1.675
Ensayo 02	1.406	2.957	1.551	0.000	0.650	0.756	2.307
Ensayo 03	2.109	3.802	1.693	0.000	0.900	1.209	2.902
Esfuerzos Totales		$\sigma_1 = \sigma_3 N \phi + 2c \sqrt{N \phi}$					
	s1 (kg/cm2)	s3 (kg/cm2)	Ecuac. 01		Ecuac. 02		Multiplicando por -1 la ecuacion 2
Ensayo 01	2.015	0.703	2.015 = 0.703 Nφ + 2c√Nφ		3.802 = 2.109 Nφ + 2c√Nφ		
Ensayo 03	3.802	2.109	3.802 = 2.109 Nφ + 2c√Nφ		3.802 = 2.109 Nφ + 2c√Nφ		
Ensayo 01	2.015 = 0.703 Nφ + 2c√Nφ		Calculando f		Nφ = tan ² (45+f/2)		Calculando c
Ensayo 03	-3.802 = -2.109 Nφ - 2c√Nφ				1.271 = tan ² (45+f/2)		
		-1.788 = -1.406 Nφ + 0.000				Raiz cuadrada	
		Nφ = 1.271				Inversa tangente	
						f = 6.9 °	
						c = 0.50 kg/cm2	
Esfuerzos Efectivos		$\sigma_1 = \sigma_3 N \phi + 2c \sqrt{N \phi}$					
	σ1 (kg/cm2)	σ3 (kg/cm2)	Ecuac. 01		Ecuac. 02		Multiplicando por -1 la ecuacion 2
Ensayo 01	1.675	0.363	1.675 = 0.363 Nφ + 2c√Nφ		2.902 = 1.209 Nφ + 2c√Nφ		
Ensayo 03	2.902	1.209	2.902 = 1.209 Nφ + 2c√Nφ		2.902 = 1.209 Nφ + 2c√Nφ		
Ensayo 01	1.675 = 0.363 Nφ + 2c√Nφ		Calculando f		Nφ = tan ² (45+f/2)		Calculando c
Ensayo 03	-2.902 = -1.209 Nφ - 2c√Nφ				1.451 = tan ² (45+f/2)		
		-1.228 = -0.846 Nφ + 0.000				Raiz cuadrada	
		Nφ = 1.451				Inversa tangente	
						f = 10.6 °	
						c = 0.48 kg/cm2	
						Conclusion:	
						Ensayo correcto	
Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos		Requisitos			
f	c	σ1	σ3	φ > φ		Si Cumple	
6.9 °	0.50 kg/cm2	1.675	0.363	c < c		Si Cumple	
		2.902	1.209				

Fuente: Elaboración propia



Tabla 205: Gráfico Circulo de Morh Esfuerzos Totales y Esfuerzos Efectivos, Calicata 05



Fuente: Elaboración propia



Tabla 206: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 06– Ensayo 01

VALORES DE ESFUERZOS								Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURAD	F kgf	$\Delta L \times 0.001$ (cm)	L (cm)	$\epsilon = \Delta L / L$	$A = A_0 / (1 - \epsilon)$	$\sigma = F / A$	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.72	0.0000	33.62	0.000	0.703	0.703	0.423	0.423
53.08	40	1.12	0.05	12.67	0.0039	33.75	0.033	0.703	0.736	0.423	0.456
106.17	81	2.07	0.10	12.62	0.0079	33.89	0.061	0.703	0.764	0.423	0.484
159.25	121	3.99	0.15	12.57	0.0119	34.02	0.117	0.703	0.820	0.423	0.540
212.33	162	5.20	0.20	12.52	0.0160	34.16	0.152	0.703	0.855	0.423	0.575
265.42	202	6.81	0.25	12.47	0.0200	34.31	0.199	0.703	0.902	0.423	0.622
318.50	243	8.56	0.30	12.42	0.0241	34.45	0.249	0.703	0.952	0.423	0.672
371.58	283	10.46	0.35	12.37	0.0283	34.60	0.302	0.703	1.006	0.423	0.726
424.67	324	12.67	0.40	12.32	0.0325	34.75	0.365	0.703	1.068	0.423	0.788
477.75	364	13.22	0.45	12.27	0.0367	34.90	0.379	0.703	1.082	0.423	0.802
530.83	404	15.96	0.50	12.22	0.0409	35.05	0.455	0.703	1.158	0.423	0.878
583.92	445	17.15	0.55	12.17	0.0452	35.21	0.487	0.703	1.190	0.423	0.910
637.00	485	18.89	0.60	12.12	0.0495	35.37	0.534	0.703	1.237	0.423	0.957
690.08	526	20.53	0.65	12.07	0.0538	35.53	0.578	0.703	1.281	0.423	1.001
743.17	566	22.46	0.70	12.02	0.0582	35.70	0.629	0.703	1.332	0.423	1.052
796.25	607	24.50	0.75	11.97	0.0626	35.86	0.683	0.703	1.386	0.423	1.106
849.33	647	25.47	0.80	11.92	0.0671	36.04	0.707	0.703	1.410	0.423	1.130
902.42	688	26.54	0.85	11.87	0.0716	36.21	0.733	0.703	1.436	0.423	1.156
955.50	728	27.31	0.90	11.82	0.0761	36.39	0.750	0.703	1.453	0.423	1.173
1008.58	768	28.26	0.95	11.77	0.0807	36.57	0.773	0.703	1.476	0.423	1.196
1061.67	809	30.10	1.00	11.72	0.0853	36.75	0.819	0.703	1.522	0.423	1.242
1114.75	849	31.48	1.05	11.67	0.0899	36.94	0.852	0.703	1.555	0.423	1.275
1167.83	890	33.08	1.10	11.62	0.0946	37.13	0.891	0.703	1.594	0.423	1.314
1220.92	930	33.63	1.15	11.57	0.0994	37.33	0.901	0.703	1.604	0.423	1.324
1274.00	971	34.21	1.20	11.52	0.1041	37.53	0.912	0.703	1.615	0.423	1.335
1327.08	1011	35.62	1.25	11.47	0.1089	37.73	0.944	0.703	1.647	0.423	1.367
1380.17	1052	37.70	1.30	11.42	0.1138	37.94	0.994	0.703	1.697	0.423	1.417
1433.25	1092	38.70	1.35	11.37	0.1187	38.15	1.014	0.703	1.717	0.423	1.437
1486.33	1132	40.62	1.40	11.32	0.1236	38.36	1.059	0.703	1.762	0.423	1.482
1539.41	1173	42.11	1.45	11.27	0.1286	38.58	1.091	0.703	1.795	0.423	1.515
1592.50	1213	43.64	1.50	11.22	0.1337	38.80	1.125	0.703	1.828	0.423	1.548
1645.58	1254	45.00	1.55	11.17	0.1387	39.03	1.153	0.703	1.856	0.423	1.576
1698.66	1294	46.45	1.60	11.12	0.1438	39.27	1.183	0.703	1.886	0.423	1.606
1751.75	1335	47.65	1.65	11.07	0.1490	39.50	1.206	0.703	1.909	0.423	1.629
1804.83	1375	49.11	1.70	11.02	0.1542	39.75	1.236	0.703	1.939	0.423	1.659
1857.91	1416	50.41	1.75	10.97	0.1595	40.00	1.260	0.703	1.963	0.423	1.683
1911.00	1456	51.98	1.80	10.92	0.1648	40.25	1.291	0.703	1.994	0.423	1.714
1964.08	1496	53.16	1.85	10.87	0.1701	40.51	1.312	0.703	2.015	0.423	1.735
2017.16	1537	53.78	1.90	10.82	0.1755	40.78	1.319	0.703	2.022	0.423	1.742
2070.25	1577	54.45	1.95	10.77	0.1810	41.05	1.326	0.703	2.029	0.423	1.749

Fuente: Elaboración propia



Tabla 207: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 06 – Ensayo 02

LECTURA DIAL	LECTURA D	VALORES DE ESFUERZOS						Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
		F kgf	$\Delta L \times 0.001$ (cm)	L (cm)	$\epsilon = \Delta L / L$	$A = A_0 / (1 - \epsilon)$	$\sigma = F / A$	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.71	0.0000	33.49	0.000	1.406	1.406	0.816	0.816
42.00	42	2.55	0.05	12.66	0.0040	33.62	0.076	1.406	1.482	0.816	0.892
126.00	84	4.40	0.10	12.61	0.0079	33.76	0.130	1.406	1.537	0.816	0.947
210.00	126	6.99	0.15	12.56	0.0119	33.89	0.206	1.406	1.612	0.816	1.022
294.00	168	8.75	0.20	12.51	0.0160	34.03	0.257	1.406	1.663	0.816	1.073
378.00	210	9.84	0.25	12.46	0.0201	34.18	0.288	1.406	1.694	0.816	1.104
462.00	252	11.62	0.30	12.41	0.0242	34.32	0.339	1.406	1.745	0.816	1.155
546.00	294	12.71	0.35	12.36	0.0283	34.47	0.369	1.406	1.775	0.816	1.185
630.00	336	15.21	0.40	12.31	0.0325	34.62	0.439	1.406	1.845	0.816	1.255
714.00	378	17.05	0.45	12.26	0.0367	34.77	0.490	1.406	1.897	0.816	1.307
798.00	420	19.55	0.50	12.21	0.0410	34.92	0.560	1.406	1.966	0.816	1.376
882.00	462	21.37	0.55	12.16	0.0452	35.08	0.609	1.406	2.015	0.816	1.425
966.00	504	22.40	0.60	12.11	0.0496	35.24	0.636	1.406	2.042	0.816	1.452
1050.00	546	24.20	0.65	12.06	0.0539	35.40	0.684	1.406	2.090	0.816	1.500
1134.00	588	26.03	0.70	12.01	0.0583	35.56	0.732	1.406	2.138	0.816	1.548
1218.00	630	28.67	0.75	11.96	0.0627	35.73	0.802	1.406	2.208	0.816	1.618
1302.00	672	29.74	0.80	11.91	0.0672	35.90	0.828	1.406	2.235	0.816	1.645
1386.00	714	31.59	0.85	11.86	0.0717	36.08	0.876	1.406	2.282	0.816	1.692
1470.00	756	31.96	0.90	11.81	0.0762	36.25	0.881	1.406	2.288	0.816	1.698
1554.00	798	33.07	0.95	11.76	0.0808	36.43	0.908	1.406	2.314	0.816	1.724
1638.00	840	34.26	1.00	11.71	0.0854	36.62	0.936	1.406	2.342	0.816	1.752
1722.00	882	36.89	1.05	11.66	0.0901	36.81	1.002	1.406	2.408	0.816	1.818
1806.00	924	38.08	1.10	11.61	0.0948	37.00	1.029	1.406	2.435	0.816	1.845
1890.00	966	39.89	1.15	11.56	0.0995	37.19	1.073	1.406	2.479	0.816	1.889
1974.00	1008	41.06	1.20	11.51	0.1043	37.39	1.098	1.406	2.504	0.816	1.914
2058.00	1050	42.13	1.25	11.46	0.1091	37.59	1.121	1.406	2.527	0.816	1.937
2142.00	1092	43.25	1.30	11.41	0.1140	37.80	1.144	1.406	2.550	0.816	1.960
2226.00	1134	44.47	1.35	11.36	0.1189	38.01	1.170	1.406	2.576	0.816	1.986
2310.00	1176	46.44	1.40	11.31	0.1238	38.22	1.215	1.406	2.621	0.816	2.031
2394.00	1218	47.60	1.45	11.26	0.1288	38.44	1.238	1.406	2.644	0.816	2.054
2478.00	1260	49.51	1.50	11.21	0.1338	38.67	1.280	1.406	2.687	0.816	2.097
2562.00	1302	50.62	1.55	11.16	0.1389	38.89	1.301	1.406	2.708	0.816	2.118
2646.00	1344	51.23	1.60	11.11	0.1441	39.13	1.309	1.406	2.716	0.816	2.126
2730.00	1386	53.97	1.65	11.06	0.1492	39.36	1.371	1.406	2.777	0.816	2.187
2814.00	1428	55.16	1.70	11.01	0.1545	39.61	1.393	1.406	2.799	0.816	2.209
2898.00	1470	56.29	1.75	10.96	0.1597	39.86	1.412	1.406	2.818	0.816	2.228
2982.00	1512	58.31	1.80	10.91	0.1650	40.11	1.454	1.406	2.860	0.816	2.270
3066.00	1554	59.60	1.85	10.86	0.1704	40.37	1.476	1.406	2.882	0.816	2.292
3150.00	1596	60.11	1.89	10.82	0.1747	40.58	1.481	1.406	2.887	0.816	2.297
3242.40	1646	61.64	1.98	10.73	0.1846	41.07	1.501	1.406	2.907	0.816	2.317

Fuente: Elaboración propia



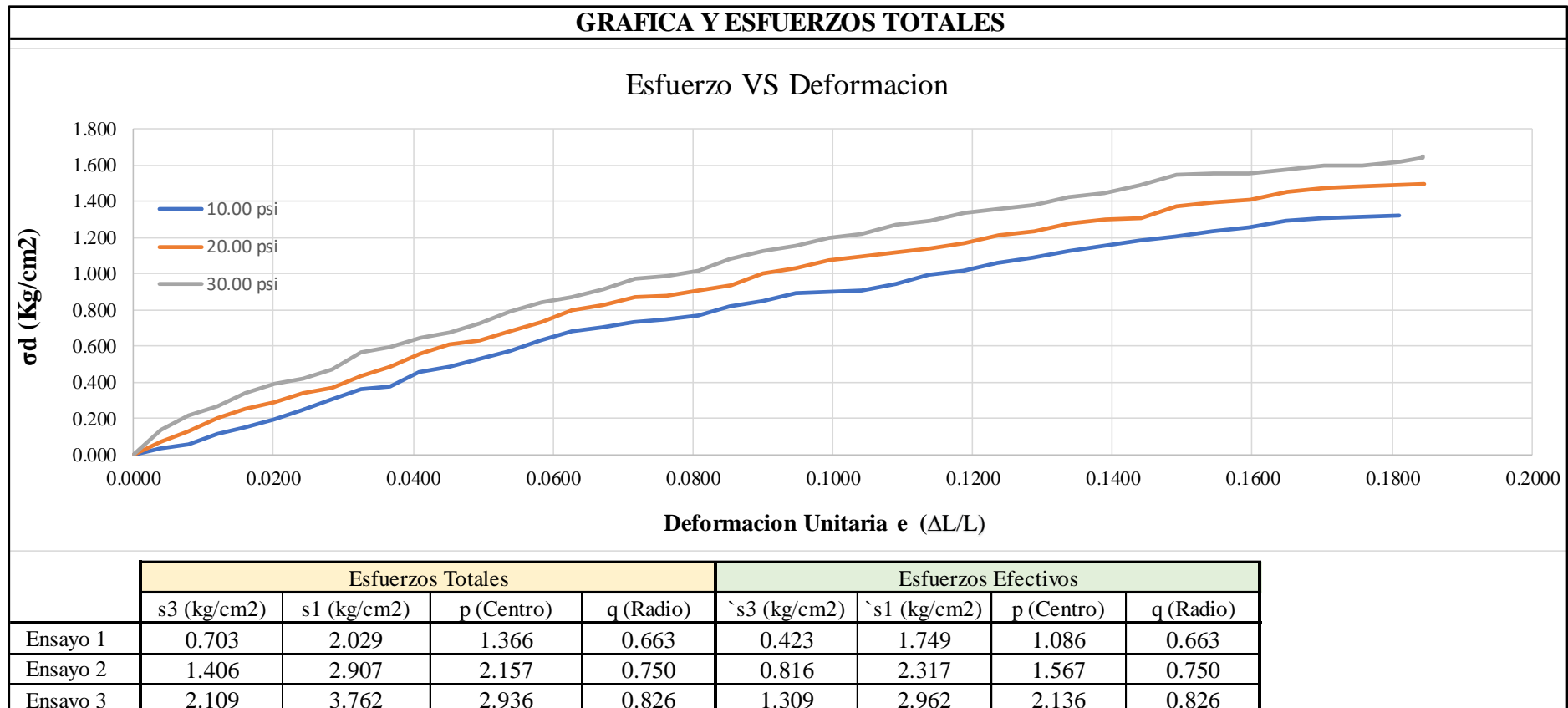
Tabla 208: Procesamiento de datos del ensayo Compresión Triaxial UU, Calicata 06 – Ensayo 03

VALORES DE ESFUERZOS								Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos	
LECTURA DIAL	LECTURA D	F kgf	$\Delta L \times 0.001$ (cm)	L (cm)	$\epsilon = \Delta L / L$	$A = A_0 / (1 - \epsilon)$	$\sigma_d = F / A$	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2	s3 Kg/cm2	s1 Kg/cm2
0.00	0	0.00	0.00	12.71	0.0000	33.70	0.000	2.109	2.109	1.309	1.309
42.00	42	4.71	0.05	12.66	0.0039	33.83	0.139	2.109	2.248	1.309	1.448
126.00	84	7.37	0.10	12.61	0.0079	33.96	0.217	2.109	2.326	1.309	1.526
210.00	126	9.19	0.15	12.56	0.0119	34.10	0.270	2.109	2.379	1.309	1.579
294.00	168	11.78	0.20	12.51	0.0160	34.24	0.344	2.109	2.453	1.309	1.653
378.00	210	13.55	0.25	12.46	0.0201	34.39	0.394	2.109	2.503	1.309	1.703
462.00	252	14.58	0.30	12.41	0.0242	34.53	0.422	2.109	2.531	1.309	1.731
546.00	294	16.41	0.35	12.36	0.0283	34.68	0.473	2.109	2.583	1.309	1.783
630.00	336	19.70	0.40	12.31	0.0325	34.83	0.566	2.109	2.675	1.309	1.875
714.00	378	20.86	0.45	12.26	0.0367	34.98	0.596	2.109	2.706	1.309	1.906
798.00	420	22.77	0.50	12.21	0.0409	35.13	0.648	2.109	2.757	1.309	1.957
882.00	462	23.88	0.55	12.16	0.0452	35.29	0.677	2.109	2.786	1.309	1.986
966.00	504	25.67	0.60	12.11	0.0495	35.45	0.724	2.109	2.833	1.309	2.033
1050.00	546	28.34	0.65	12.06	0.0539	35.61	0.796	2.109	2.905	1.309	2.105
1134.00	588	30.13	0.70	12.01	0.0583	35.78	0.842	2.109	2.951	1.309	2.151
1218.00	630	31.33	0.75	11.96	0.0627	35.95	0.871	2.109	2.981	1.309	2.181
1302.00	672	33.20	0.80	11.91	0.0672	36.12	0.919	2.109	3.028	1.309	2.228
1386.00	714	35.38	0.85	11.86	0.0716	36.30	0.975	2.109	3.084	1.309	2.284
1470.00	756	36.08	0.90	11.81	0.0762	36.47	0.989	2.109	3.099	1.309	2.299
1554.00	798	37.30	0.95	11.76	0.0808	36.66	1.018	2.109	3.127	1.309	2.327
1638.00	840	39.96	1.00	11.71	0.0854	36.84	1.085	2.109	3.194	1.309	2.394
1722.00	882	41.86	1.05	11.66	0.0900	37.03	1.130	2.109	3.240	1.309	2.440
1806.00	924	43.09	1.10	11.61	0.0947	37.22	1.158	2.109	3.267	1.309	2.467
1890.00	966	44.97	1.15	11.56	0.0995	37.42	1.202	2.109	3.311	1.309	2.511
1974.00	1008	46.07	1.20	11.51	0.1042	37.62	1.225	2.109	3.334	1.309	2.534
2058.00	1050	48.02	1.25	11.46	0.1090	37.82	1.270	2.109	3.379	1.309	2.579
2142.00	1092	49.13	1.30	11.41	0.1139	38.03	1.292	2.109	3.401	1.309	2.601
2226.00	1134	51.02	1.35	11.36	0.1188	38.24	1.334	2.109	3.443	1.309	2.643
2310.00	1176	52.28	1.40	11.31	0.1237	38.45	1.360	2.109	3.469	1.309	2.669
2394.00	1218	53.56	1.45	11.26	0.1287	38.67	1.385	2.109	3.494	1.309	2.694
2478.00	1260	55.42	1.50	11.21	0.1338	38.90	1.425	2.109	3.534	1.309	2.734
2562.00	1302	56.71	1.55	11.16	0.1388	39.13	1.449	2.109	3.559	1.309	2.759
2646.00	1344	58.71	1.60	11.11	0.1440	39.36	1.491	2.109	3.601	1.309	2.801
2730.00	1386	61.37	1.65	11.06	0.1491	39.60	1.550	2.109	3.659	1.309	2.859
2814.00	1428	61.94	1.70	11.01	0.1544	39.85	1.555	2.109	3.664	1.309	2.864
2898.00	1470	62.47	1.75	10.96	0.1596	40.10	1.558	2.109	3.667	1.309	2.867
2982.00	1512	63.80	1.80	10.91	0.1649	40.35	1.581	2.109	3.690	1.309	2.890
3066.00	1554	64.96	1.85	10.86	0.1703	40.61	1.600	2.109	3.709	1.309	2.909
3150.00	1596	65.43	1.90	10.81	0.1757	40.88	1.601	2.109	3.710	1.309	2.910
3234.00	1638	66.78	1.95	10.76	0.1812	41.15	1.623	2.109	3.732	1.309	2.932
3318.00	1680	67.75	1.98	10.73	0.1845	41.32	1.640	2.109	3.749	1.309	2.949
3402.00	1722	68.29	1.98	10.73	0.1845	41.32	1.653	2.109	3.762	1.309	2.962

Fuente: Elaboración propia



Tabla 209: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 06, Grafico Esfuerzo Deformación, Esfuerzos Efectivos y Totales



Fuente: Elaboración propia



Tabla 210: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 06, Valores de Circulo de Mohr

ESFUERZOS TOTALES							
Angulo	Angulo Radianes	10.00 psi		20.00 psi		30.00 psi	
		s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)
0	0.00	2.029	0.000	2.907	0.000	3.762	0.000
10	0.17	2.019	0.115	2.896	0.130	3.749	0.144
20	0.35	1.990	0.227	2.862	0.257	3.712	0.283
30	0.52	1.941	0.332	2.806	0.375	3.651	0.413
40	0.70	1.874	0.426	2.731	0.482	3.569	0.531
50	0.87	1.793	0.508	2.639	0.575	3.467	0.633
60	1.05	1.698	0.574	2.532	0.650	3.349	0.716
70	1.22	1.593	0.623	2.413	0.705	3.218	0.777
80	1.40	1.481	0.653	2.287	0.739	3.079	0.814
90	1.57	1.366	0.663	2.157	0.750	2.936	0.826
100	1.75	1.251	0.653	2.026	0.739	2.792	0.814
110	1.92	1.139	0.623	1.900	0.705	2.653	0.777
120	2.09	1.035	0.574	1.781	0.650	2.522	0.716
130	2.27	0.940	0.508	1.674	0.575	2.404	0.633
140	2.44	0.858	0.426	1.582	0.482	2.303	0.531
150	2.62	0.792	0.332	1.507	0.375	2.220	0.413
160	2.79	0.743	0.227	1.451	0.257	2.159	0.283
170	2.97	0.713	0.115	1.418	0.130	2.122	0.144
180	3.14	0.703	0.000	1.406	0.000	2.109	0.000

ESFUERZOS EFECTIVOS							
Angulo	Angulo Radianes	10.00 psi		20.00 psi		30.00 psi	
		s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)	s (kg/cm ²)	t (kg/cm ²)
0	0.00	1.749	0.000	2.317	0.000	2.962	0.000
10	0.17	1.739	0.115	2.306	0.130	2.949	0.144
20	0.35	1.710	0.227	2.272	0.257	2.912	0.283
30	0.52	1.661	0.332	2.216	0.375	2.851	0.413
40	0.70	1.594	0.426	2.141	0.482	2.769	0.531
50	0.87	1.513	0.508	2.049	0.575	2.667	0.633
60	1.05	1.418	0.574	1.942	0.650	2.549	0.716
70	1.22	1.313	0.623	1.823	0.705	2.418	0.777
80	1.40	1.201	0.653	1.697	0.739	2.279	0.814
90	1.57	1.086	0.663	1.567	0.750	2.136	0.826
100	1.75	0.971	0.653	1.436	0.739	1.992	0.814
110	1.92	0.859	0.623	1.310	0.705	1.853	0.777
120	2.09	0.755	0.574	1.191	0.650	1.722	0.716
130	2.27	0.660	0.508	1.084	0.575	1.604	0.633
140	2.44	0.578	0.426	0.992	0.482	1.503	0.531
150	2.62	0.512	0.332	0.917	0.375	1.420	0.413
160	2.79	0.463	0.227	0.861	0.257	1.359	0.283
170	2.97	0.433	0.115	0.828	0.130	1.322	0.144
180	3.14	0.423	0.000	0.816	0.000	1.309	0.000

Fuente: Elaboración propia



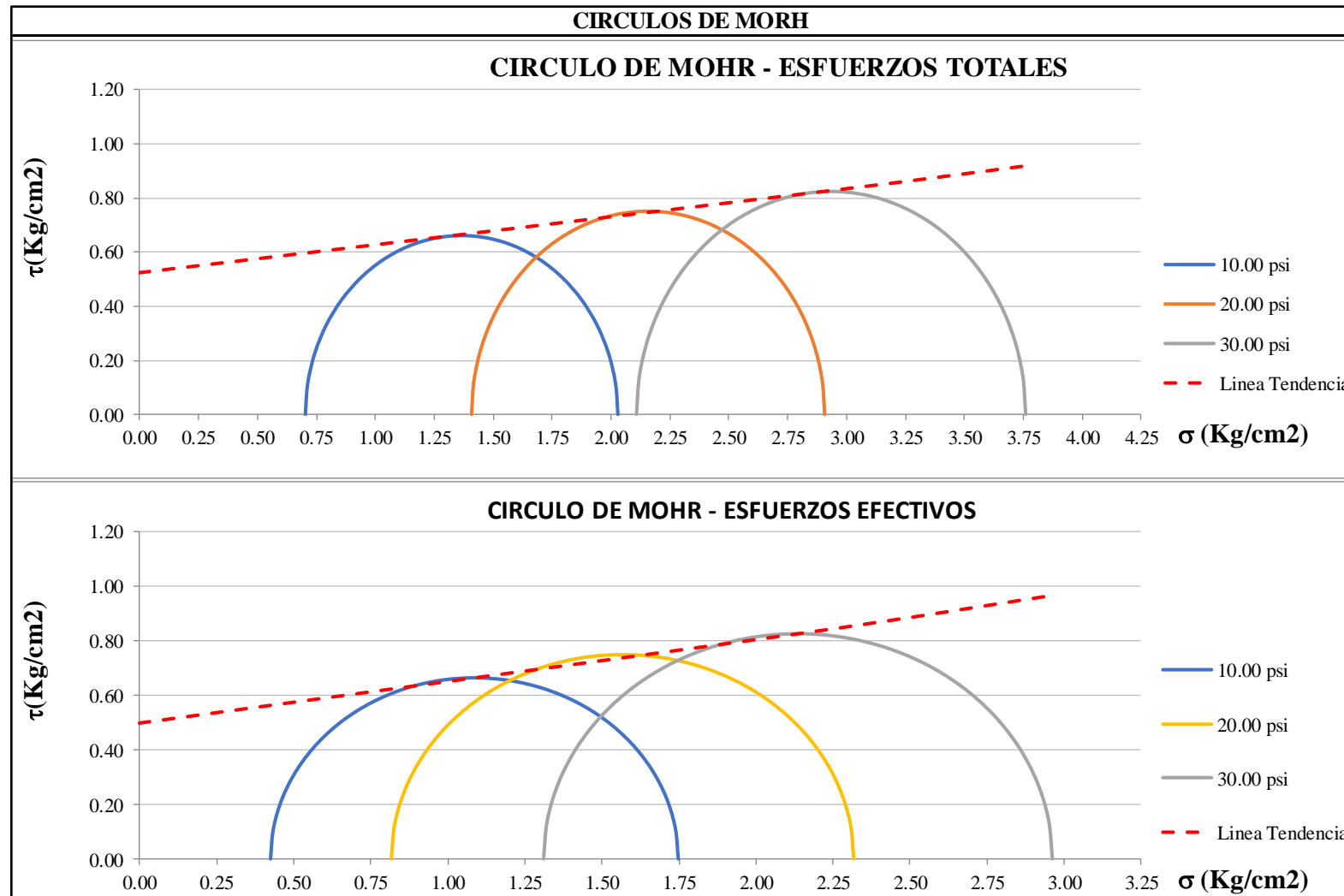
Tabla 211: Procesamiento de datos Compresión Triaxial, Calicata 06, Cálculo del Ángulo de Fricción y Cohesión por Métodos Analíticos

SOLUCION ANALITICA - COHESION Y ANGULO DE FRICCION INTERNA							
	Esfuerzos Totales		Presion de poros			Esfuerzos Efectivos	
	s3 (kg/cm2)	s1 (kg/cm2)	σd (kg/cm2)	Δuc (kg/cm2)	Δud (kg/cm2)	σ3 (kg/cm2)	σ1 (kg/cm2)
Ensayo 01	0.703	2.029	1.326	0.000	0.280	0.423	1.749
Ensayo 02	1.406	2.907	1.501	0.000	0.590	0.816	2.317
Ensayo 03	2.109	3.762	1.653	0.000	0.800	1.309	2.962
Esfuerzos Totales							
	s1 (kg/cm2)	s3 (kg/cm2)	$\sigma_1 = \sigma_3 N \phi + 2c \sqrt{N \phi}$				
Ensayo 01	2.029	0.703	Ecuac. 01	2.029	=	0.703 Nf + 2c√Nf	Multiplicando por -1 la ecuacion 2
Ensayo 03	3.762	2.109	Ecuac. 02	3.762	=	2.109 Nf + 2c√Nf	
Ensayo 01	2.029	=	0.703 Nf + 2c√Nf	Nf = tan ² (45+f/2)		$N \phi = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2})$	Calculando c
Ensayo 03	-3.762	=	-2.109 Nf - 2c√Nf	1.232 = tan ² (45+f/2)			
			-1.733 = -1.406 Nf + 0.000	1.110 = tan(45+f/2)		Raiz cuadrada	
			Nf = 1.232	47.985 = 45+f/2		Inversa tangente	c = 0.52 kg/cm2
				f = 6.0°			
Esfuerzos Efectivos							
	σ1 (kg/cm2)	σ3 (kg/cm2)	$\sigma_1 = \sigma_3 N \phi + 2c \sqrt{N \phi}$				
Ensayo 01	1.749	0.423	Ecuac. 01	1.749	=	0.423 Nf + 2c√Nf	Multiplicando por -1 la ecuacion 2
Ensayo 03	2.962	1.309	Ecuac. 02	2.962	=	1.309 Nf + 2c√Nf	
Ensayo 01	1.749	=	0.423 Nf + 2c√Nf	Calculando f		Nf = tan ² (45+f/2)	Calculando c
Ensayo 03	-2.962	=	-1.309 Nf - 2c√Nf	1.368 = tan ² (45+f/2)		$N \phi = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2})$	
			-1.213 = -0.886 Nf + 0.000	1.170 = tan(45+f/2)		Raiz cuadrada	
			Nf = 1.368	49.474 = 45+f/2		Inversa tangente	c = 0.50 kg/cm2
				f = 8.9°			
		Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos		Requisitos	
		f	c	f	c	$\phi > \phi$	Si Cumple
		6.0°	0.52 kg/cm2	8.9°	0.50 kg/cm2	$\bar{c} < c$	Si Cumple
						Conclusion:	
						Ensayo correcto	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 212: Gráfico Circulo de Morh Esfuerzos Totales y Esfuerzos Efectivos, Calicata 06



Fuente: Elaboración propia



c) **Análisis de la prueba**

Del procesamiento del ensayo de Compresión Triaxial No Consolidada No Drenada (UU), se obtuvieron los parámetros de resistencia al corte de las 06 calicatas, Angulo de fricción y cohesión del suelo, donde los valores de cohesión se encuentran entre 0.39 kg/cm² y 0.57 kg/cm², y ángulos de fricción entre 8.95° y 12.09°, a partir de estos resultados podemos inferir que nos encontramos en presencia de suelos finos, por lo contrario los suelos granulares poseen grandes valores de Angulo de fricción y bajas cohesiones, resultados opuestos a los valores determinados en los nuestros ensayos, estas características de resistencia del suelo representan los factores más importantes en la estabilidad del talud pues determinan las fuerzas estabilizadoras sobre el talud además a partir de estas características se propuso el sistema de estabilización debido principalmente al bajo ángulo de fricción encontrado.



3.6.12 Ensayo Normalizado para la auscultación con penetrómetro Dinámico Ligero de punta Cónica (DPL)

a) Procedimiento o cálculos de la prueba

Para el cálculo de las propiedades de campo mediante el penetrómetro DPL se hizo:

- Para comenzar es necesario calcular la relación entre en número de golpes de DPL y su equivalente número de golpes SPT, para lo cual son necesarios los parámetros que caracterizan a cada equipo las cuales son:

$$\text{Peso Martillo} - W1 (\text{SPT}) = 63.60 \text{ Kg} \dots (01)$$

$$\text{Altura de Caída} - H1 (\text{SPT}) = 76.20 \text{ cm} \dots (02)$$

$$\text{Área de la Punta} - A1 (\text{SPT}) = 20.27 \text{ cm}^2 \dots (03)$$

$$\text{Espesor de Hinca} - E1 (\text{SPT}) = 30.00 \text{ cm} \dots (04)$$

$$\text{Peso Martillo} - W2 (\text{DPL}) = 10.00 \text{ Kg} \dots (05)$$

$$\text{Altura de Caída} - H2 (\text{DPL}) = 50.00 \text{ cm} \dots (06)$$

$$\text{Área de la Punta} - A2 (\text{DPL}) = 4.82 \text{ cm}^2 \dots (07)$$

$$\text{Espesor de Hinca} - E2 (\text{DPL}) = 10.00 \text{ cm} \dots (08)$$

$$\text{Relación: } N(\text{SPT}) / N(\text{DPL}) = \frac{W1 \times H1 \times A2 \times E2}{W2 \times H2 \times A1 \times E1} = \frac{63.60 \times 76.20 \times 4.82 \times 10}{10 \times 50 \times 20.27 \times 30} = 0.7671$$

Esto quiere decir que 01 golpe de DPL equivale a 0.7671 golpes de SPT.

- A continuación, se realiza la transformación del número de golpes de DPL a su equivalente de numero de golpes SPT, a partir de la relación obtenida, como el SPT se obtiene cada 30 cm, es necesario agrupar cada 3 lecturas obtenidas de DPL, que se realizan cada 10 cm.

$$\text{DPL}_{30} = \text{DPL}_{10} + \text{DPL}_{20} + \text{DPL}_{30} = 1+2+2 = 5 \text{ N}^\circ \text{ DPL} - \text{para los primeros 30 cm}$$

$$\text{N}^\circ \text{ SPT} = \text{Relación (SPT/DPL)} \times \text{N}^\circ \text{ DPL} = 0.7671 \times 5 = 3.84 \text{ N}^\circ \text{ SPT para los primeros 30 cm}$$

Este mismo cálculo se realiza para todas las lecturas de DPL, agrupándolas siempre en 3 para poder cumplir con los N30 del SPT.

- A continuación, se realiza la corrección de N°SPT obtenidos, esto a partir de diferentes fórmulas establecidas a partir de diversos autores:



Corrección por Nivel Freático = $15 + \frac{N^{\circ}SPT-15}{2}$... Terzagui y Peck, 1948

En nuestro caso mediante el Sondaje Eléctrico Vertical se determinó que el nivel freático se encontraba por debajo de las lecturas del DPL, por lo tanto, no aplica dicha corrección, pero si las siguientes correcciones, detalladas en el marco teórico:

Corrección por eficiencia de energía: 80%

Corrección por Longitud corta de Barra: 0.75

Corrección por diámetro: 1.00

Corrección por muestreador: 1.00

El factor de corrección final sería de: $1.33 \times 0.75 \times 1.00 \times 1.00 = 0.60$

A partir de este N°SPT corregido es posible obtener muchos parámetros que caracterizan el suelo mediante fórmulas de diversos autores, aunque no es recomendable, debido a que son de carácter teórico y se requiere una validación mediante ensayos adicionales.

Para esta investigación se determinará el grado de compacidad de los suelos, que determina el grado de compactación que poseen los suelos, a partir de cuadros que se presentan en el marco teórico.



b) Diagramas, tablas

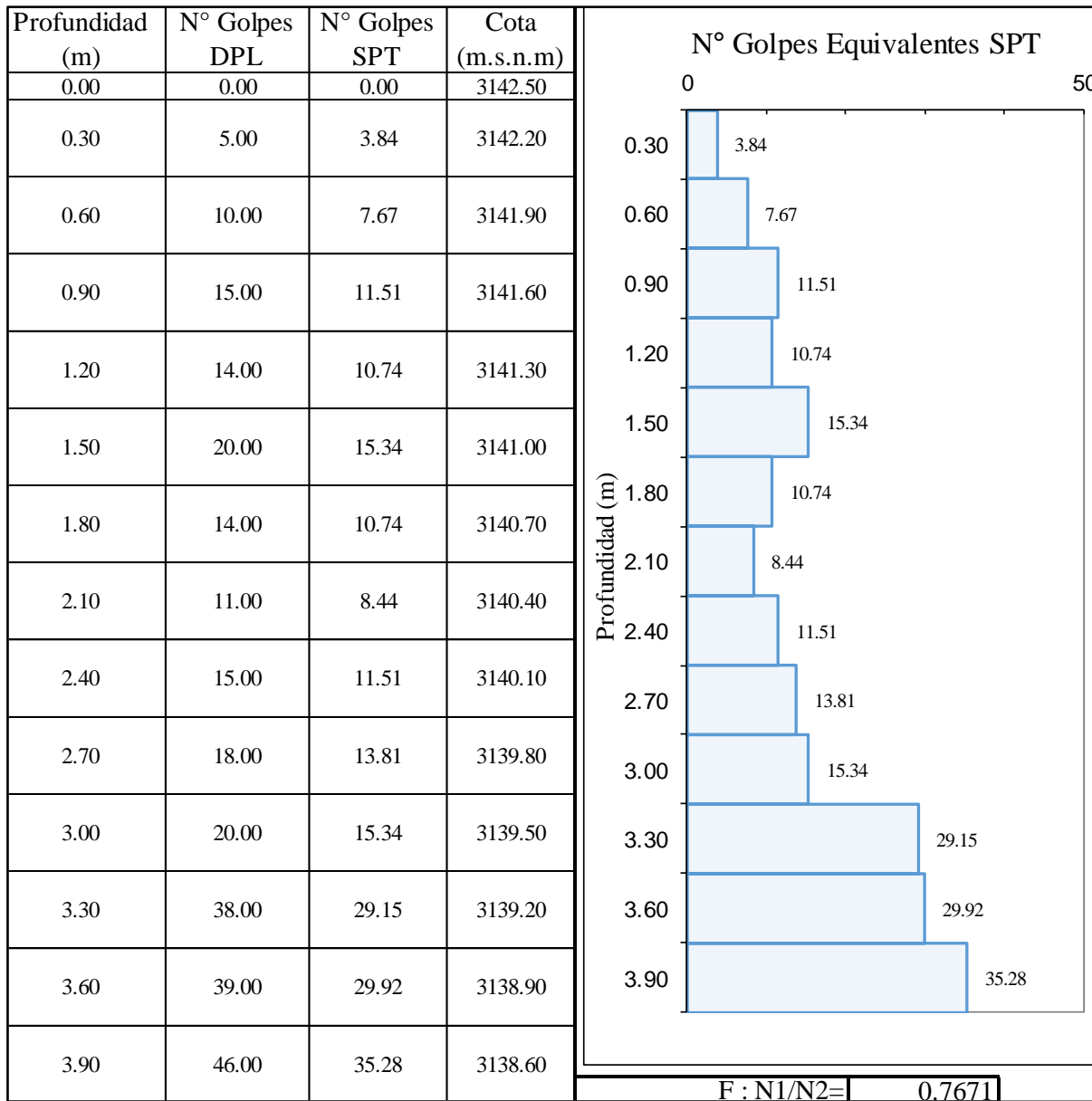
Tabla 213: Número de Golpes DPL, Ensayo 01

Profundidad (m)	Nº Golpes DPL	Nº Golpes SPT	Cota (m.s.n.m)	Nº Golpes DPL	
0.00	0.00	0.00	3142.50	0	20
0.10	1.00	3.84	3142.40	1.00	
0.20	2.00		3142.30	2.00	
0.30	2.00		3142.20	2.00	
0.40	4.00	7.67	3142.10	4.00	
0.50	4.00		3142.00	4.00	
0.60	2.00		3141.90	2.00	
0.70	4.00	11.51	3141.80	4.00	
0.80	8.00		3141.70	8.00	
0.90	3.00		3141.60	3.00	
1.00	4.00	10.74	3141.50	4.00	
1.10	6.00		3141.40	6.00	
1.20	4.00		3141.30	4.00	
1.30	6.00	15.34	3141.20	6.00	
1.40	7.00		3141.10	7.00	
1.50	7.00		3141.00	7.00	
1.60	6.00	10.74	3140.90	6.00	
1.70	4.00		3140.80	4.00	
1.80	4.00		3140.70	4.00	
1.90	3.00	8.44	3140.60	3.00	
2.00	3.00		3140.50	3.00	
2.10	5.00		3140.40	5.00	
2.20	4.00	11.51	3140.30	4.00	
2.30	5.00		3140.20	5.00	
2.40	6.00		3140.10	6.00	
2.50	6.00	13.81	3140.00	6.00	
2.60	6.00		3139.90	6.00	
2.70	6.00		3139.80	6.00	
2.80	6.00	15.34	3139.70	6.00	
2.90	6.00		3139.60	6.00	
3.00	8.00		3139.50	8.00	
3.10	11.00	29.15	3139.40	11.00	
3.20	11.00		3139.30	11.00	
3.30	16.00		3139.20	16.00	
3.40	13.00	29.92	3139.10	13.00	
3.50	13.00		3139.00	13.00	
3.60	13.00		3138.90	13.00	
3.70	14.00	35.28	3138.80	14.00	
3.80	16.00		3138.70	16.00	
3.90	16.00		3138.60	16.00	
				F : N1/N2= 0.7671	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 214: Número de Golpes equivalentes SPT, Ensayo 01



Fuente: Elaboración propia



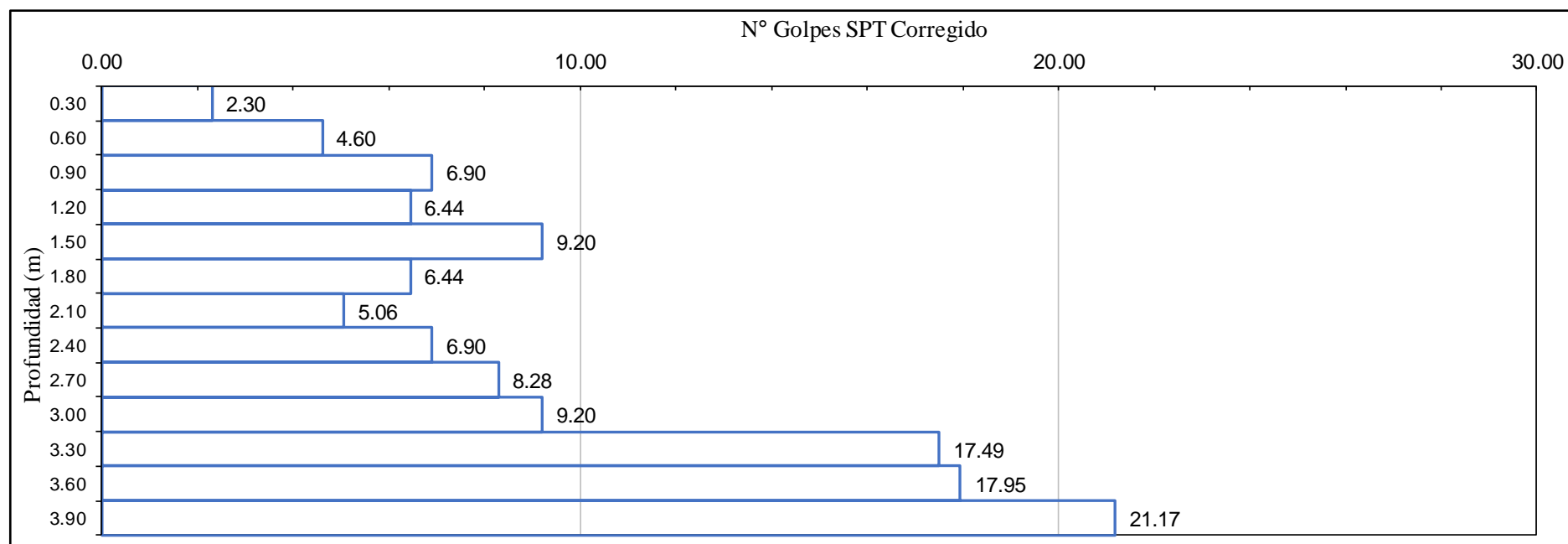
Tabla 215: Corrección de golpes Equivalentes SPT, Ensayo 01

Prof. (m)	N° Golpes SPT	Presencia de NF	Correccion por NF	Correccion por efic.	Coreccion por long.	Coreccion por diam.	Coreccion por muest.
0.00	0.00	NO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.30	3.84	NO	3.84	3.07	2.30	2.30	2.30
0.60	7.67	NO	7.67	6.14	4.60	4.60	4.60
0.90	11.51	NO	11.51	9.20	6.90	6.90	6.90
1.20	10.74	NO	10.74	8.59	6.44	6.44	6.44
1.50	15.34	NO	15.34	12.27	9.20	9.20	9.20
1.80	10.74	NO	10.74	8.59	6.44	6.44	6.44
2.10	8.44	NO	8.44	6.75	5.06	5.06	5.06
2.40	11.51	NO	11.51	9.20	6.90	6.90	6.90
2.70	13.81	NO	13.81	11.05	8.28	8.28	8.28
3.00	15.34	NO	15.34	12.27	9.20	9.20	9.20
3.30	29.15	NO	29.15	23.32	17.49	17.49	17.49
3.60	29.92	NO	29.92	23.93	17.95	17.95	17.95
3.90	35.28	NO	35.28	28.23	21.17	21.17	21.17

Fuente: Elaboración propia



Tabla 216: Representación N° Golpes SPT Corregido, Ensayo 01



Fuente: Elaboración propia



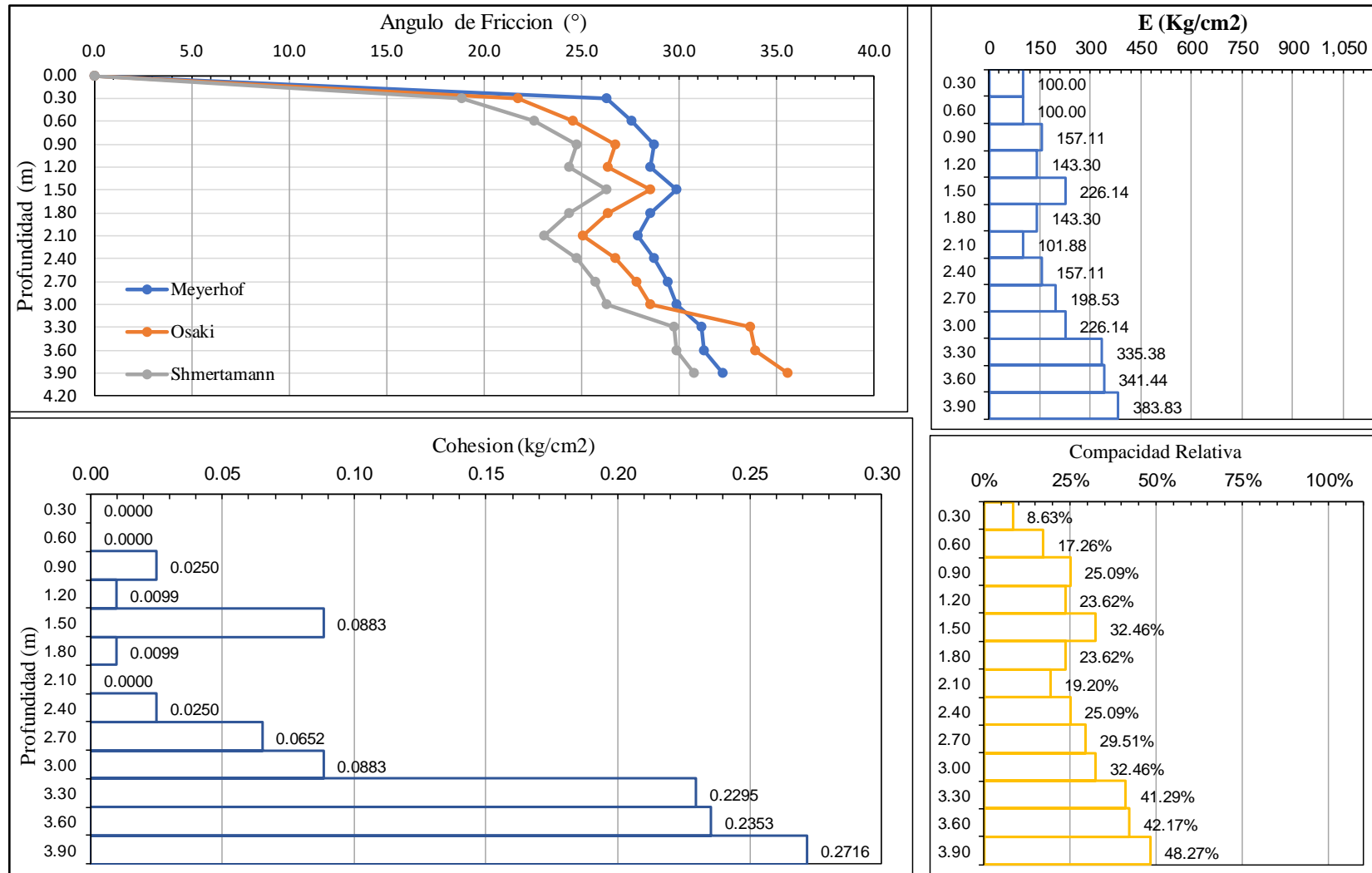
Tabla 217: Cálculos en Función del SPT Equivalente Corregido, Ensayo 01

Prof. (m)	N°SPT Corregido	ANGULO DE FRICCION (°)			COHESION (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	Compacidad	Cr (Compac. Relat.) o Dr
		MEYERHOF	OSAKI	SHMERTAMANN				
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00	0.00
0.30	2.30	26.29	21.78	18.90	0.0000	100.00	Muy Floja	8.63%
0.60	4.60	27.59	24.59	22.61	0.0000	100.00	Muy Floja	17.26%
0.90	6.90	28.76	26.75	24.78	0.0250	157.11	Floja	25.09%
1.20	6.44	28.54	26.35	24.41	0.0099	143.30	Floja	23.62%
1.50	9.20	29.87	28.57	26.32	0.0883	226.14	Floja	32.46%
1.80	6.44	28.54	26.35	24.41	0.0099	143.30	Floja	23.62%
2.10	5.06	27.88	25.06	23.12	0.0000	101.88	Floja	19.20%
2.40	6.90	28.76	26.75	24.78	0.0250	157.11	Floja	25.09%
2.70	8.28	29.43	27.87	25.75	0.0652	198.53	Floja	29.51%
3.00	9.20	29.87	28.57	26.32	0.0883	226.14	Floja	32.46%
3.30	17.49	31.19	33.70	29.75	0.2295	335.38	Media	41.29%
3.60	17.95	31.33	33.95	29.89	0.2353	341.44	Media	42.17%
3.90	21.17	32.24	35.58	30.77	0.2716	383.83	Media	48.27%
Promedio		29.25	28.14	25.52	0.0806	201.089	Floja	28.36%

Fuente: Elaboración propia



Tabla 218: Graficas del SPT Equivalente Corregido, Ensayo 01



Fuente: Elaboración propia



Tabla 219: Número de Golpes DPL, Ensayo 02

Profundidad (m)	Nº Golpes DPL	Nº Golpes SPT	Cota (m.s.n.m)	Nº Golpes DPL	
0.00	0.00	0.00	3152.00	0	
0.10	2.00	5.37	3151.90	2.00	
0.20	2.00		3151.80	2.00	
0.30	3.00		3151.70	3.00	
0.40	3.00	6.14	3151.60	3.00	
0.50	3.00		3151.50	3.00	
0.60	2.00		3151.40	2.00	
0.70	4.00	10.74	3151.30	4.00	
0.80	5.00		3151.20	5.00	
0.90	5.00		3151.10	5.00	
1.00	4.00	12.27	3151.00	4.00	
1.10	6.00		3150.90	6.00	
1.20	6.00		3150.80	6.00	
1.30	5.00	13.04	3150.70	5.00	
1.40	6.00		3150.60	6.00	
1.50	6.00		3150.50	6.00	
1.60	5.00	14.57	3150.40	5.00	
1.70	6.00		3150.30	6.00	
1.80	8.00		3150.20	8.00	
1.90	7.00	15.34	3150.10	7.00	
2.00	6.00		3150.00	6.00	
2.10	7.00		3149.90	7.00	
2.20	8.00	19.18	3149.80	8.00	
2.30	6.00		3149.70	6.00	
2.40	11.00		3149.60	11.00	
2.50	9.00	19.18	3149.50	9.00	
2.60	7.00		3149.40	7.00	
2.70	9.00		3149.30	9.00	
2.80	8.00	18.41	3149.20	8.00	
2.90	7.00		3149.10	7.00	
3.00	9.00		3149.00	9.00	
3.10	12.00	29.15	3148.90	12.00	
3.20	11.00		3148.80	11.00	
3.30	15.00		3148.70	15.00	
3.40	11.00	27.61	3148.60	11.00	
3.50	13.00		3148.50	13.00	
3.60	12.00		3148.40	12.00	
3.70	13.00	30.68	3148.30	13.00	
3.80	14.00		3148.20	14.00	
3.90	13.00		3148.10	13.00	
				F : N1/N2= 0.7671	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 220: Número de Golpes equivalentes SPT, Ensayo 02

Profundidad (m)	N° Golpes DPL	N° Golpes SPT	Cota (m.s.n.m)
0.00	0.00	0.00	3152.00
0.30	7.00	5.37	3151.70
0.60	8.00	6.14	3151.40
0.90	14.00	10.74	3151.10
1.20	16.00	12.27	3150.80
1.50	17.00	13.04	3150.50
1.80	19.00	14.57	3150.20
2.10	20.00	15.34	3149.90
2.40	25.00	19.18	3149.60
2.70	25.00	19.18	3149.30
3.00	24.00	18.41	3149.00
3.30	38.00	29.15	3148.70
3.60	36.00	27.61	3148.40
3.90	40.00	30.68	3148.10

N° Golpes Equivalentes SPT	
Profundidad (m)	N° Golpes Equivalentes SPT
0.30	5.37
0.60	6.14
0.90	10.74
1.20	12.27
1.50	13.04
1.80	14.57
2.10	15.34
2.40	19.18
2.70	19.18
3.00	18.41
3.30	29.15
3.60	27.61
3.90	30.68

F : N1/N2=	0.7671
------------	--------

Fuente: Elaboración propia



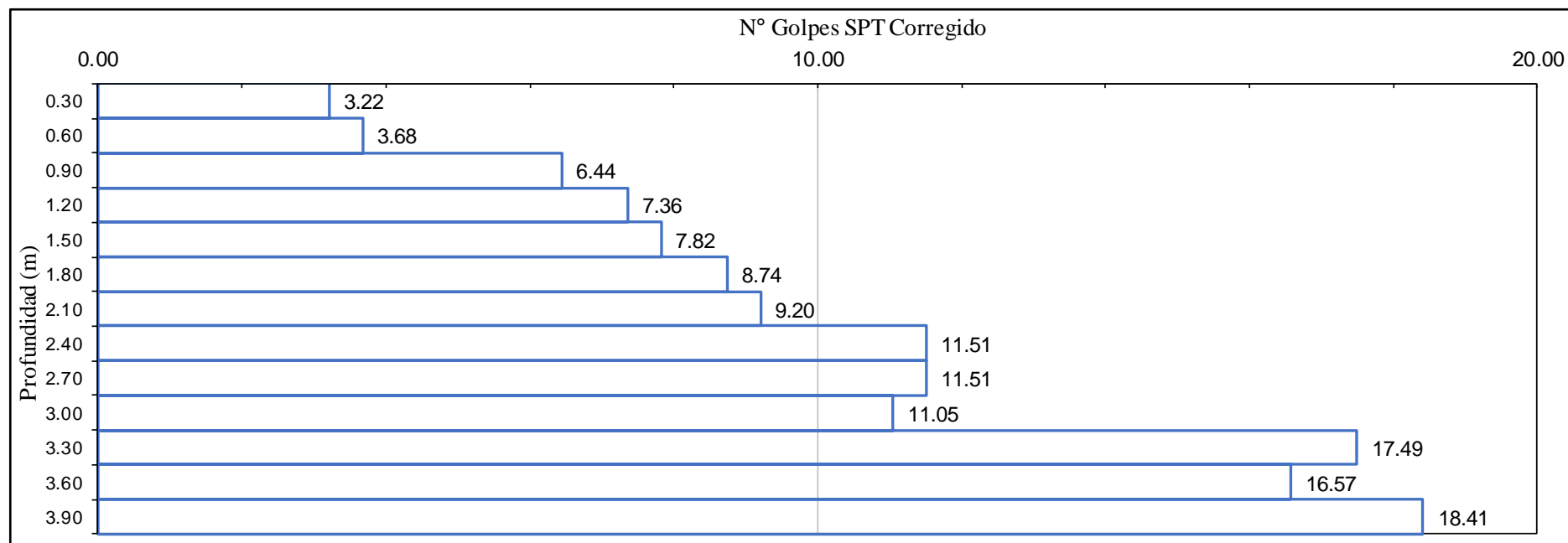
Tabla 221: Corrección de golpes Equivalentes SPT, Ensayo 02

Prof. (m)	N° Golpes SPT	Presencia de NF	Correccion por NF	Correccion por efic.	Coreccion por long.	Coreccion por diam.	Coreccion por muestr.
0.00	0.00	NO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.30	5.37	NO	5.37	4.30	3.22	3.22	3.22
0.60	6.14	NO	6.14	4.91	3.68	3.68	3.68
0.90	10.74	NO	10.74	8.59	6.44	6.44	6.44
1.20	12.27	NO	12.27	9.82	7.36	7.36	7.36
1.50	13.04	NO	13.04	10.43	7.82	7.82	7.82
1.80	14.57	NO	14.57	11.66	8.74	8.74	8.74
2.10	15.34	NO	15.34	12.27	9.20	9.20	9.20
2.40	19.18	NO	19.18	15.34	11.51	11.51	11.51
2.70	19.18	NO	19.18	15.34	11.51	11.51	11.51
3.00	18.41	NO	18.41	14.73	11.05	11.05	11.05
3.30	29.15	NO	29.15	23.32	17.49	17.49	17.49
3.60	27.61	NO	27.61	22.09	16.57	16.57	16.57
3.90	30.68	NO	30.68	24.55	18.41	18.41	18.41

Fuente: Elaboración propia



Tabla 222: Representación N° Golpes SPT Corregido, Ensayo 02



Fuente: Elaboración propia



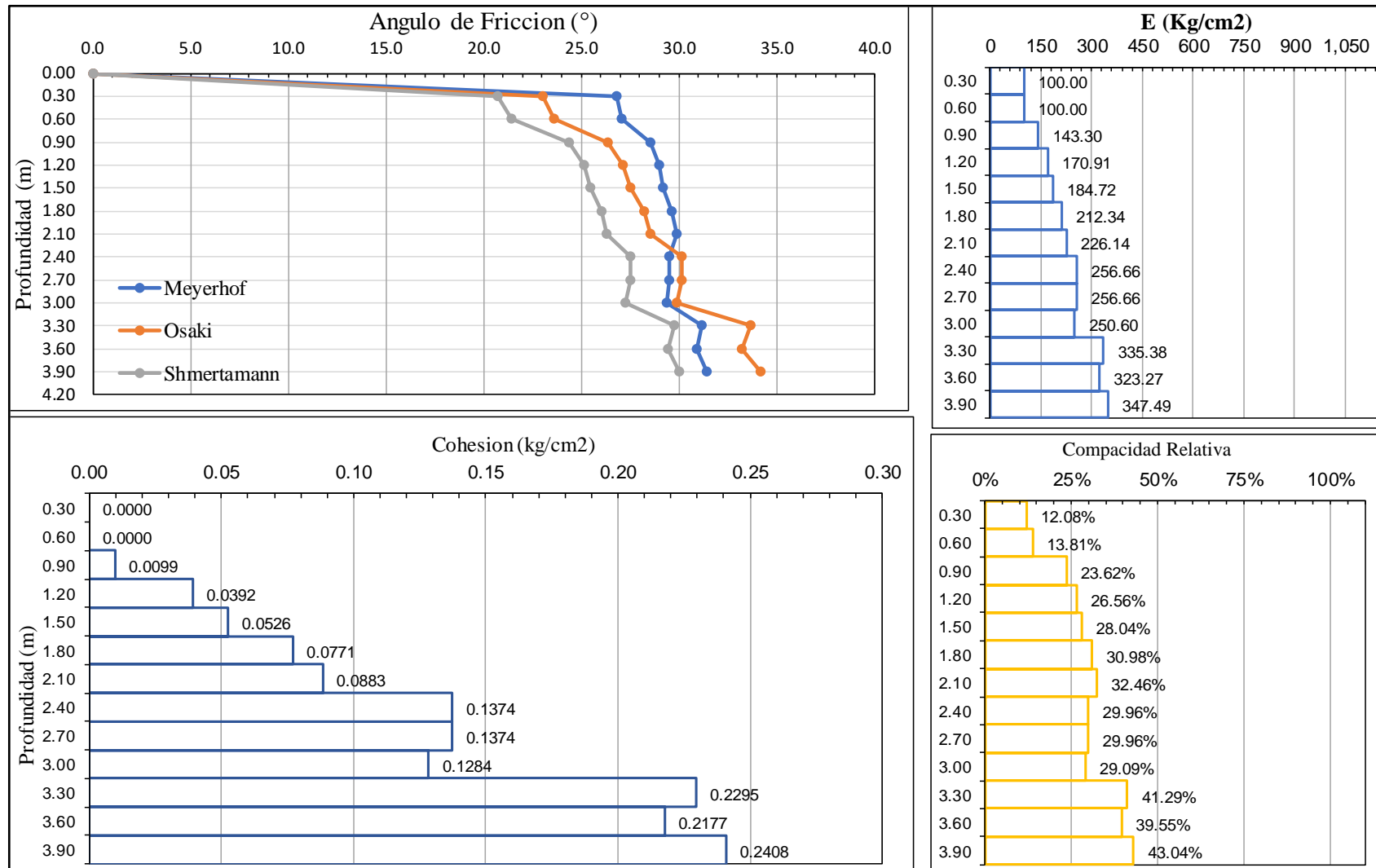
Tabla 223: Cálculos en Función del SPT Equivalente Corregido, Ensayo 02

Prof. (m)	N°SPT Corregido	ANGULO DE FRICCION (°)			COHESION (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	Compacidad	Cr (Compac. Relat.) o Dr
		MEYERHOF	OSAKI	SHMERTAMANN				
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00	0.00
0.30	3.22	26.81	23.03	20.70	0.0000	100.00	Muy Floja	12.08%
0.60	3.68	27.07	23.58	21.41	0.0000	100.00	Muy Floja	13.81%
0.90	6.44	28.54	26.35	24.41	0.0099	143.30	Floja	23.62%
1.20	7.36	28.98	27.14	25.12	0.0392	170.91	Floja	26.56%
1.50	7.82	29.21	27.51	25.45	0.0526	184.72	Floja	28.04%
1.80	8.74	29.65	28.22	26.04	0.0771	212.34	Floja	30.98%
2.10	9.20	29.87	28.57	26.32	0.0883	226.14	Floja	32.46%
2.40	11.51	29.49	30.17	27.51	0.1374	256.66	Media	29.96%
2.70	11.51	29.49	30.17	27.51	0.1374	256.66	Media	29.96%
3.00	11.05	29.36	29.86	27.29	0.1284	250.60	Media	29.09%
3.30	17.49	31.19	33.70	29.75	0.2295	335.38	Media	41.29%
3.60	16.57	30.93	33.20	29.46	0.2177	323.27	Media	39.55%
3.90	18.41	31.46	34.19	30.02	0.2408	347.49	Media	43.04%
Promedio		29.39	28.90	26.23	0.1045	223.652	Floja	29.26%

Fuente: Elaboración propia



Tabla 224: Graficas del SPT Equivalente Corregido, Ensayo 02



Fuente: Elaboración propia



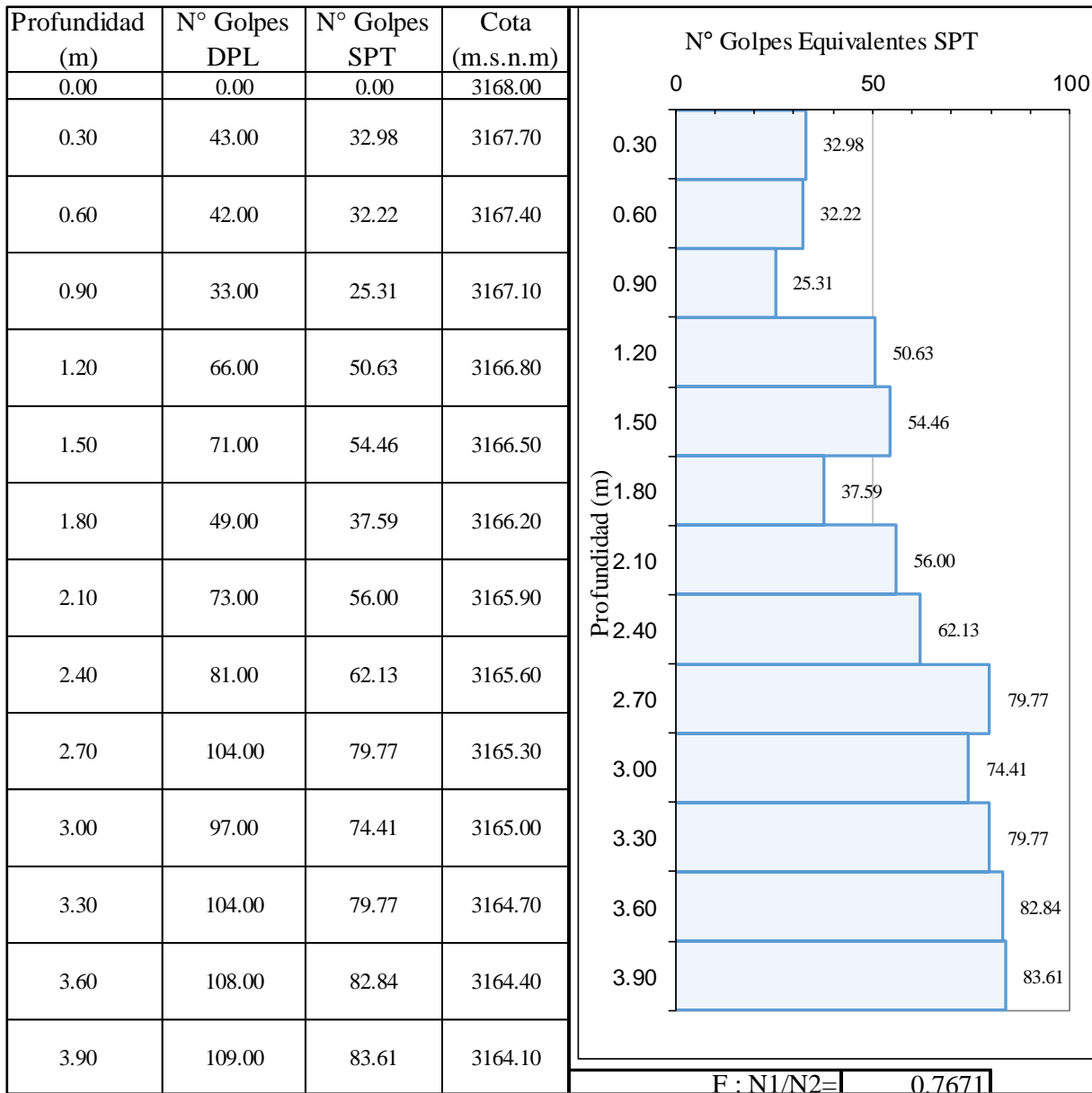
Tabla 225: Número de Golpes DPL, Ensayo 03

Profundidad (m)	N° Golpes DPL	N° Golpes SPT	Cota (m.s.n.m)	N° Golpes DPL	
0.00	0.00	0.00	3168.00	0	40
0.10	11.00	32.98	3167.90	0.10	11.00
0.20	14.00		3167.80	0.20	14.00
0.30	18.00		3167.70	0.30	18.00
0.40	12.00	32.22	3167.60	0.40	12.00
0.50	14.00		3167.50	0.50	14.00
0.60	16.00		3167.40	0.60	16.00
0.70	8.00	25.31	3167.30	0.70	8.00
0.80	9.00		3167.20	0.80	9.00
0.90	16.00		3167.10	0.90	16.00
1.00	19.00	50.63	3167.00	1.00	19.00
1.10	24.00		3166.90	1.10	24.00
1.20	23.00		3166.80	1.20	23.00
1.30	27.00	54.46	3166.70	1.30	27.00
1.40	23.00		3166.60	1.40	23.00
1.50	21.00		3166.50	1.50	21.00
1.60	15.00	37.59	3166.40	1.60	15.00
1.70	12.00		3166.30	1.70	12.00
1.80	22.00		3166.20	1.80	22.00
1.90	23.00	56.00	3166.10	1.90	23.00
2.00	29.00		3166.00	2.00	29.00
2.10	21.00		3165.90	2.10	21.00
2.20	23.00	62.13	3165.80	2.20	23.00
2.30	27.00		3165.70	2.30	27.00
2.40	31.00		3165.60	2.40	31.00
2.50	33.00	79.77	3165.50	2.50	33.00
2.60	36.00		3165.40	2.60	36.00
2.70	35.00		3165.30	2.70	35.00
2.80	34.00	74.41	3165.20	2.80	34.00
2.90	27.00		3165.10	2.90	27.00
3.00	36.00		3165.00	3.00	36.00
3.10	35.00	79.77	3164.90	3.10	35.00
3.20	37.00		3164.80	3.20	37.00
3.30	32.00		3164.70	3.30	32.00
3.40	38.00	82.84	3164.60	3.40	38.00
3.50	33.00		3164.50	3.50	33.00
3.60	37.00		3164.40	3.60	37.00
3.70	35.00	83.61	3164.30	3.70	35.00
3.80	36.00		3164.20	3.80	36.00
3.90	38.00		3164.10	3.90	38.00
				F : N1/N2= 0.7671	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 226: Número de Golpes equivalentes SPT, Ensayo 03



Fuente: Elaboración propia



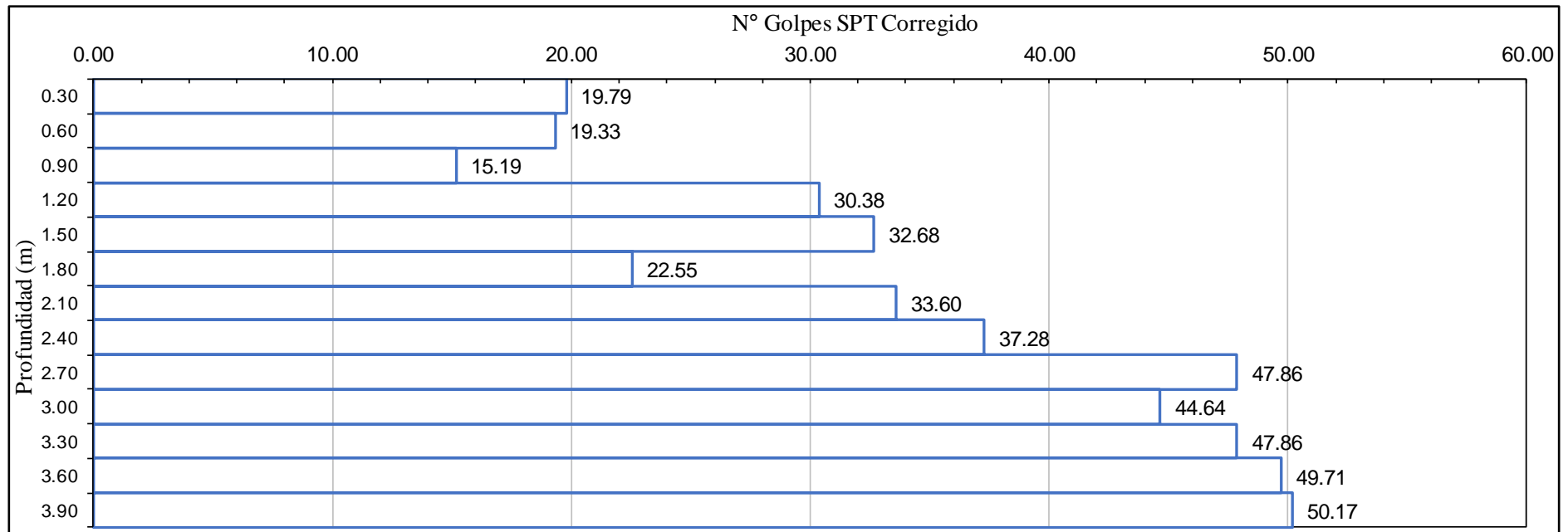
Tabla 227: Corrección de golpes Equivalentes SPT, Ensayo 03

Prof. (m)	N° Golpes SPT	Presencia de NF	Correccion por NF	Correccion por efic.	Coreccion por long.	Coreccion por diam.	Coreccion por muest.
0.00	0.00	NO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.30	32.98	NO	32.98	26.39	19.79	19.79	19.79
0.60	32.22	NO	32.22	25.77	19.33	19.33	19.33
0.90	25.31	NO	25.31	20.25	15.19	15.19	15.19
1.20	50.63	NO	50.63	40.50	30.38	30.38	30.38
1.50	54.46	NO	54.46	43.57	32.68	32.68	32.68
1.80	37.59	NO	37.59	30.07	22.55	22.55	22.55
2.10	56.00	NO	56.00	44.80	33.60	33.60	33.60
2.40	62.13	NO	62.13	49.71	37.28	37.28	37.28
2.70	79.77	NO	79.77	63.82	47.86	47.86	47.86
3.00	74.41	NO	74.41	59.52	44.64	44.64	44.64
3.30	79.77	NO	79.77	63.82	47.86	47.86	47.86
3.60	82.84	NO	82.84	66.27	49.71	49.71	49.71
3.90	83.61	NO	83.61	66.89	50.17	50.17	50.17

Fuente: Elaboración propia



Tabla 228: Representación N° Golpes SPT Corregido, Ensayo 03



Fuente: Elaboración propia



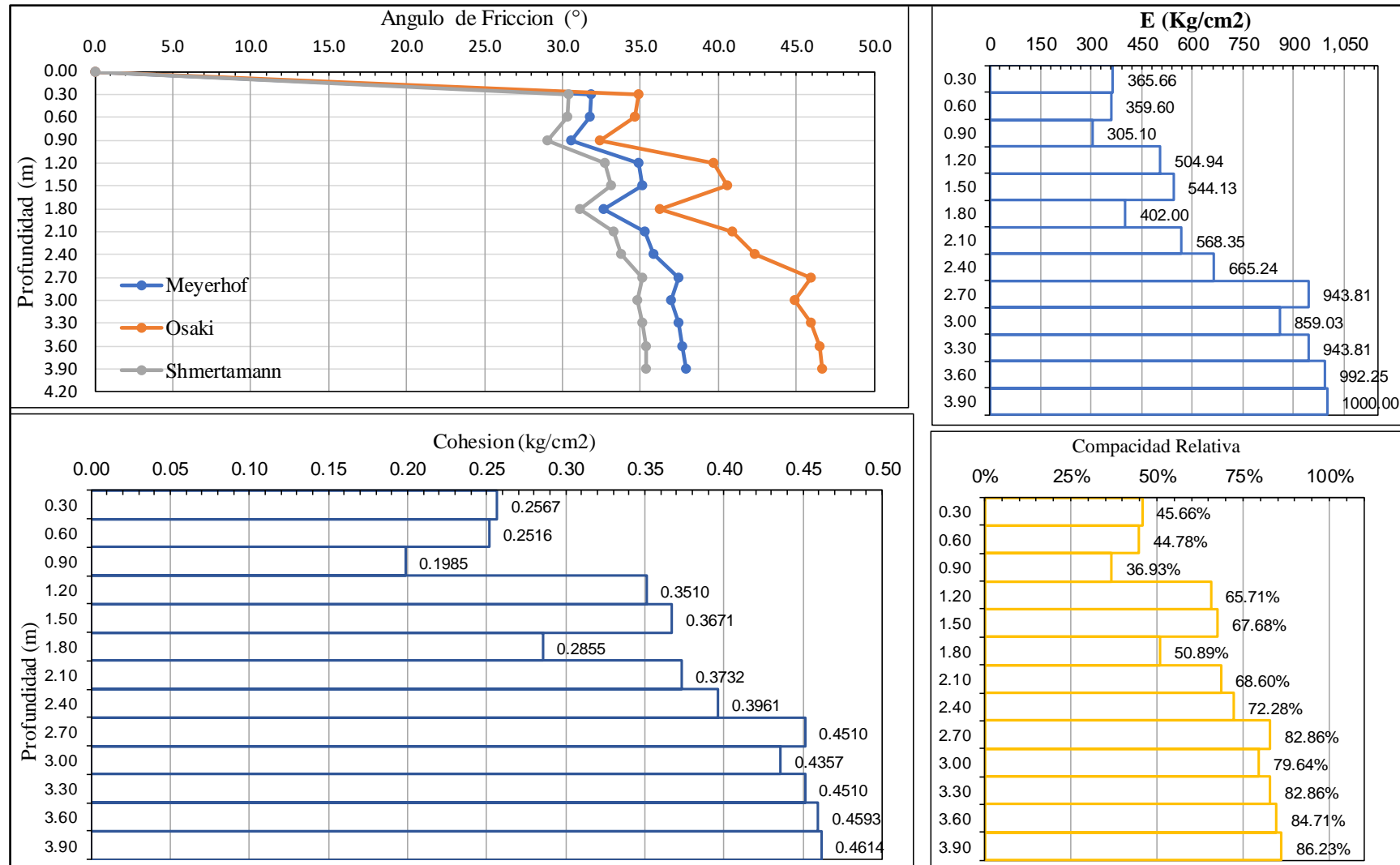
Tabla 229: Cálculos en Función del SPT Equivalente Corregido, Ensayo 03

Prof. (m)	N°SPT Corregido	ANGULO DE FRICCION (°)			COHESION (kg/cm2)	E (kg/cm2)	Compacidad	Cr (Compac. Relat.) o Dr
		MEYERHOF	OSAKI	SHMERTAMANN				
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00	0.00
0.30	19.79	31.85	34.89	30.41	0.2567	365.66	Media	45.66%
0.60	19.33	31.72	34.66	30.28	0.2516	359.60	Media	44.78%
0.90	15.19	30.54	32.43	28.99	0.1985	305.10	Media	36.93%
1.20	30.38	34.86	39.65	32.70	0.3510	504.94	Media	65.71%
1.50	32.68	35.15	40.56	33.09	0.3671	544.13	Densa	67.68%
1.80	22.55	32.63	36.24	31.11	0.2855	402.00	Media	50.89%
2.10	33.60	35.29	40.92	33.24	0.3732	568.35	Densa	68.60%
2.40	37.28	35.84	42.31	33.80	0.3961	665.24	Densa	72.28%
2.70	47.86	37.43	45.94	35.14	0.4510	943.81	Densa	82.86%
3.00	44.64	36.95	44.88	34.76	0.4357	859.03	Densa	79.64%
3.30	47.86	37.43	45.94	35.14	0.4510	943.81	Densa	82.86%
3.60	49.71	37.71	46.53	35.34	0.4593	992.25	Densa	84.71%
3.90	50.17	37.93	46.68	35.39	0.4614	1000.00	Muy Densa	86.23%
Promedio		35.03	40.89	33.03	0.3645	650.302	Densa	66.83%

Fuente: Elaboración propia



Tabla 230: Graficas del SPT Equivalente Corregido, Ensayo 03



Fuente: Elaboración propia



Tabla 231: Número de Golpes DPL, Ensayo 04

Profundidad (m)	Nº Golpes DPL	Nº Golpes SPT	Cota (m.s.n.m)
0.00	0.00	0.00	3131.50
0.10	8.00	21.48	3131.40
0.20	9.00		3131.30
0.30	11.00		3131.20
0.40	14.00	29.15	3131.10
0.50	11.00		3131.00
0.60	13.00		3130.90
0.70	12.00	32.98	3130.80
0.80	16.00		3130.70
0.90	15.00		3130.60
1.00	18.00	49.09	3130.50
1.10	24.00		3130.40
1.20	22.00		3130.30
1.30	26.00	55.23	3130.20
1.40	25.00		3130.10
1.50	21.00		3130.00
1.60	25.00	52.93	3129.90
1.70	21.00		3129.80
1.80	23.00		3129.70
1.90	27.00	57.53	3129.60
2.00	25.00		3129.50
2.10	23.00		3129.40
2.20	22.00	56.76	3129.30
2.30	24.00		3129.20
2.40	28.00		3129.10
2.50	29.00	71.34	3129.00
2.60	31.00		3128.90
2.70	33.00		3128.80
2.80	34.00	82.84	3128.70
2.90	36.00		3128.60
3.00	38.00		3128.50
3.10	38.00	83.61	3128.40
3.20	35.00		3128.30
3.30	36.00		3128.20
3.40	34.00	77.47	3128.10
3.50	31.00		3128.00
3.60	36.00		3127.90
3.70	Rechazo	-	3127.80
3.80	Rechazo		3127.70
3.90	Rechazo		3127.60

Nº Golpes DPL

0 5 10 15 20 25 30 35 40

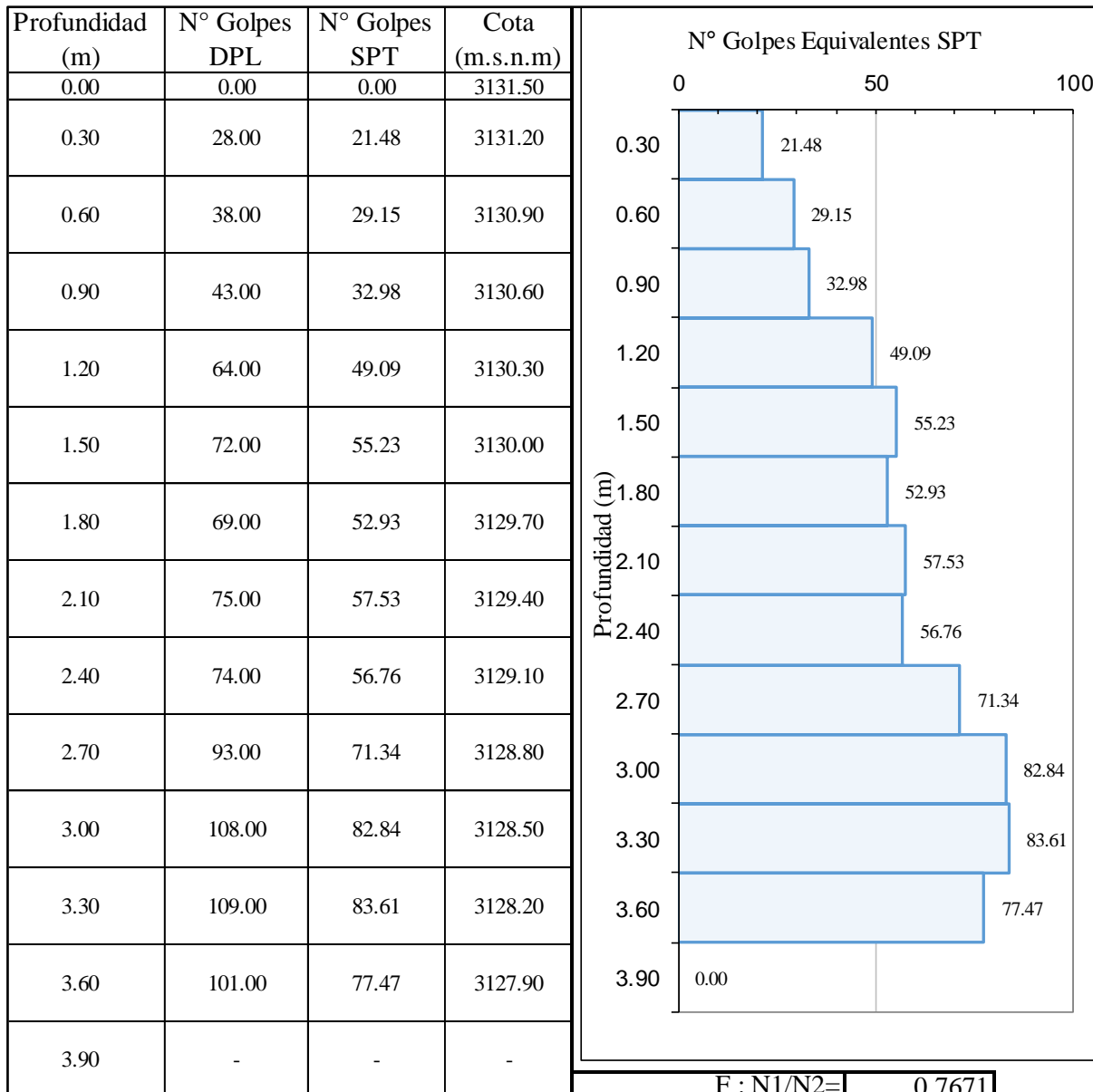
Profundidad (m)

F : N1/N2=	0.7671
------------	--------

Fuente: Elaboración propia



Tabla 232: Número de Golpes equivalentes SPT, Ensayo 04



Fuente: Elaboración propia



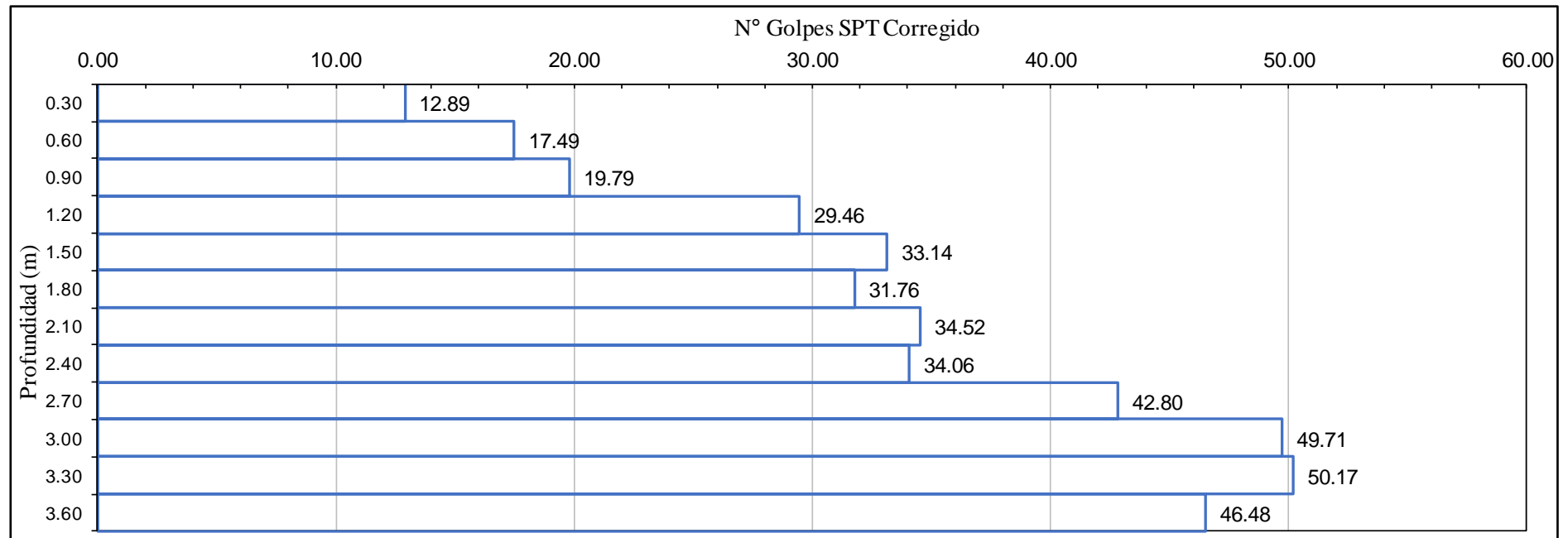
Tabla 233: Corrección de golpes Equivalentes SPT, Ensayo 04

Prof. (m)	N° Golpes SPT	Presencia de NF	Correccion por NF	Correccion por efic.	Coreccion por long.	Coreccion por diam.	Coreccion por muest.
0.00	0.00	NO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.30	21.48	NO	21.48	17.18	12.89	12.89	12.89
0.60	29.15	NO	29.15	23.32	17.49	17.49	17.49
0.90	32.98	NO	32.98	26.39	19.79	19.79	19.79
1.20	49.09	NO	49.09	39.27	29.46	29.46	29.46
1.50	55.23	NO	55.23	44.18	33.14	33.14	33.14
1.80	52.93	NO	52.93	42.34	31.76	31.76	31.76
2.10	57.53	NO	57.53	46.02	34.52	34.52	34.52
2.40	56.76	NO	56.76	45.41	34.06	34.06	34.06
2.70	71.34	NO	71.34	57.07	42.80	42.80	42.80
3.00	82.84	NO	82.84	66.27	49.71	49.71	49.71
3.30	83.61	NO	83.61	66.89	50.17	50.17	50.17
3.60	77.47	NO	77.47	61.98	46.48	46.48	46.48
3.90	-		-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia



Tabla 234: Representación N° Golpes SPT Corregido, Ensayo 04



Fuente: Elaboración propia



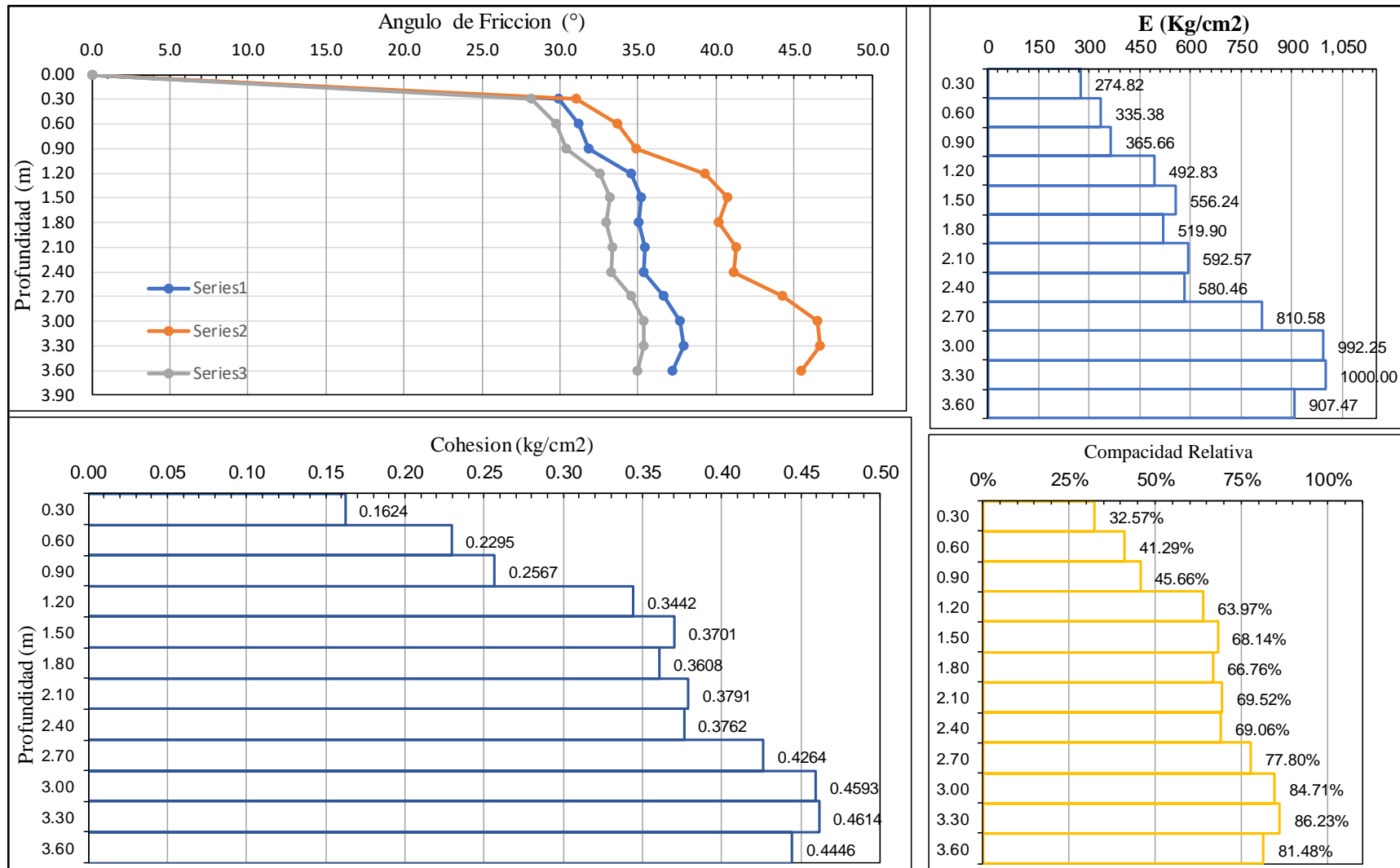
Tabla 235: Cálculos en Función del SPT Equivalente Corregido, Ensayo 04

Prof. (m)	N°SPT Corregido	ANGULO DE FRICCION (°)			COHESION (kg/cm2)	E (kg/cm2)	Compacidad	Cr (Compac. Relat.) o Dr
		MEYERHOF	OSAKI	SHMERTAMANN				
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00	0.00
0.30	12.89	29.89	31.05	28.12	0.1624	274.82	Media	32.57%
0.60	17.49	31.19	33.70	29.75	0.2295	335.38	Media	41.29%
0.90	19.79	31.85	34.89	30.41	0.2567	365.66	Media	45.66%
1.20	29.46	34.60	39.27	32.54	0.3442	492.83	Media	63.97%
1.50	33.14	35.22	40.74	33.17	0.3701	556.24	Densa	68.14%
1.80	31.76	35.01	40.20	32.94	0.3608	519.90	Densa	66.76%
2.10	34.52	35.43	41.27	33.39	0.3791	592.57	Densa	69.52%
2.40	34.06	35.36	41.10	33.32	0.3762	580.46	Densa	69.06%
2.70	42.80	36.67	44.26	34.54	0.4264	810.58	Densa	77.80%
3.00	49.71	37.71	46.53	35.34	0.4593	992.25	Densa	84.71%
3.30	50.17	37.93	46.68	35.39	0.4614	1000.00	Muy Densa	86.23%
3.60	46.48	37.22	45.49	34.98	0.4446	907.47	Densa	81.48%
3.90	-	-	-	-	-	-	-	-
Promedio		34.84	40.43	32.82	0.36	619.02	Densa	65.60%

Fuente: Elaboración propia



Tabla 236: Graficas del SPT Equivalente Corregido, Ensayo 04



Fuente: Elaboración propia



c) Análisis de la prueba

Del procesamiento de datos realizado para el DPL (Penetración Dinámica Ligera), se determinan inicialmente los golpes equivalentes al ensayo SPT (Ensayo de Penetración estándar), y mediante este número de golpes equivalentes SPT es posible hallar una gran variedad de parámetros del suelo, como son Angulo de Fricción, Cohesión, Modulo de Elasticidad, Compacidad y grado de compacidad, entre otros; dichos resultados mostrados en los anteriores cuadros.

Estos valores se obtienen a partir de diferentes correlaciones realizadas en estudios de diferentes suelos además se prioriza el uso de DPL en suelos granulares en especial en suelos arenosos. En nuestra investigación se realizó el ensayo DPL como método de prospección indirecta que nos ayudó a tener una idea inicial de las características geotécnicas del suelo, considerando que los ensayos DPL requieren investigaciones adicionales de suelos para su interpretación (protecciones directas como calicatas o perforaciones). Esto se verificó con la variación entre las propiedades geotécnicas de ángulo de fricción obtenidas por el DPL (que varían entre 25° a 45° en promedio) con las obtenidas mediante el ensayo triaxial UU (que varían de 9° a 12°). Por lo que el uso de este equipo no se recomienda para este tipo de suelo, y se priorizó los resultados obtenidos por ensayos de prospección directa.



3.6.13 Cálculo de las Pendientes de las secciones del talud

a) Procedimiento o cálculos de la prueba

Para el cálculo de la pendiente de las secciones del talud elegidas, se optó por el método Taylor & Schwarz, que utiliza un cálculo ponderado de los diferentes tramos y sus correspondientes pendientes.

En cuanto al proceso de cálculo se empleó las siguientes ecuaciones:

$$S_i = \frac{P_i - P_{i-1}}{l_i}$$

$$S_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{L_i^2}{S_i} \right)}$$

Donde:

S_{cp} : Pendiente Media

L_i : Longitud de cada Tramo

S_i : Pendiente de cada Tramo

P_i : Elevación mayor del tramo



b) Diagramas y Tablas

Tabla 237: Pendiente Media - Taylor & Schwarz (Sección 01)

Tramo	Progresiva	Elevacion (m.s.n.m.)	Longitud Tramo - L (m)	Altura - P (m)	Pendiente (S)	L/√S
00	0+000.00	3130.50				
01	0+000.74	3130.92	0.74	0.41	55.97%	0.98
02	0+014.17	3138.27	13.43	7.35	54.73%	18.15
03	0+014.79	3138.59	0.62	0.33	52.46%	0.86
04	0+016.70	3139.08	1.91	0.49	25.76%	3.76
05	0+021.94	3141.08	5.25	2.00	38.06%	8.50
06	0+028.75	3142.44	6.81	1.36	19.94%	15.25
07	0+030.03	3142.56	1.28	0.12	9.20%	4.24
08	0+030.70	3142.57	0.67	0.02	2.28%	4.42
09	0+037.43	3143.75	6.73	1.18	17.47%	16.11
10	0+037.84	3143.75	0.41	0.00	-0.32%	-7.19
11	0+037.95	3143.74	0.11	0.00	-2.49%	-0.69
12	0+039.15	3144.31	1.20	0.56	46.82%	1.76
13	0+043.12	3145.99	3.97	1.68	42.29%	6.10
14	0+044.31	3146.44	1.19	0.45	38.30%	1.92
15	0+047.18	3147.64	2.88	1.20	41.87%	4.44
16	0+049.55	3148.82	2.37	1.18	49.89%	3.35
17	0+053.28	3150.78	3.73	1.95	52.41%	5.15
18	0+058.05	3154.08	4.78	3.30	69.15%	5.74
19	0+061.46	3156.76	3.41	2.67	78.52%	3.84
20	0+063.36	3158.05	1.90	1.29	68.05%	2.30
21	0+067.80	3160.94	4.44	2.90	65.21%	5.50
22	0+071.38	3163.12	3.58	2.18	60.97%	4.58
23	0+073.40	3164.06	2.02	0.94	46.32%	2.98
24	0+073.55	3164.15	0.15	0.08	54.39%	0.21
25	0+073.66	3164.31	0.11	0.16	149.45%	0.09
26	0+073.96	3164.49	0.30	0.19	61.70%	0.38
27	0+077.34	3167.41	3.38	2.92	86.37%	3.63
28	0+079.75	3169.18	2.41	1.77	73.45%	2.82
29	0+109.12	3182.36	29.36	13.18	44.88%	43.84
30	0+113.40	3182.73	4.28	0.37	8.67%	14.55
31	0+114.38	3182.87	0.97	0.13	13.81%	2.62
TOTAL			114.38	52.36		180.20
Dato	Inicio - Fin	TAYLOR & SCHWARZ		Maxima	Minima	
Pendiente	45.78%	40.29%		149.45%	0.32%	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 238: Pendiente Media - Taylor & Schwarz (sección 02)

Tramo	Progresiva	Elevacion (m.s.n.m.)	Longitud Tramo - L (m)	Altura - P (m)	Pendiente (S)	L/√S
00	0+000.00	3131.81				
01	0+006.07	3135.13	6.07	3.32	54.71%	8.21
02	0+014.33	3139.43	8.26	4.30	52.09%	11.44
03	0+020.70	3142.39	6.37	2.95	46.32%	9.36
04	0+023.33	3142.58	2.63	0.19	7.29%	9.75
05	0+025.45	3143.47	2.12	0.89	41.84%	3.28
06	0+026.25	3143.60	0.80	0.13	16.70%	1.96
07	0+027.08	3143.48	0.83	-0.12	-13.83%	-2.24
08	0+030.43	3143.06	3.35	-0.42	-12.56%	-9.45
09	0+032.06	3142.64	1.63	-0.42	-25.96%	-3.20
10	0+034.44	3142.37	2.37	-0.27	-11.26%	-7.08
11	0+036.79	3143.53	2.35	1.16	49.22%	3.35
12	0+038.49	3144.51	1.70	0.98	57.96%	2.23
13	0+039.85	3145.45	1.36	0.94	68.96%	1.64
14	0+040.59	3145.92	0.74	0.47	63.26%	0.93
15	0+045.30	3148.17	4.71	2.25	47.78%	6.82
16	0+045.33	3148.19	0.03	0.01	51.76%	0.04
17	0+045.34	3148.19	0.01	0.00	33.08%	0.02
18	0+054.03	3153.51	8.69	5.32	61.22%	11.11
19	0+054.33	3153.51	0.30	0.00	-1.06%	-2.94
20	0+056.12	3154.58	1.79	1.07	60.02%	2.31
21	0+057.86	3155.74	1.74	1.16	66.37%	2.14
22	0+060.81	3157.47	2.95	1.73	58.83%	3.84
23	0+061.58	3158.07	0.77	0.60	77.39%	0.88
24	0+062.78	3158.66	1.20	0.59	49.42%	1.71
25	0+064.89	3159.69	2.11	1.03	48.75%	3.02
26	0+067.83	3161.34	2.94	1.65	56.09%	3.93
27	0+069.23	3162.03	1.40	0.69	49.16%	2.00
28	0+069.37	3162.12	0.13	0.09	66.92%	0.16
29	0+073.04	3164.98	3.67	2.86	77.81%	4.17
30	0+074.21	3165.15	1.17	0.18	15.19%	3.01
31	0+075.52	3165.57	1.31	0.42	31.77%	2.32
32	0+081.31	3165.36	5.79	-0.21	-3.58%	-30.56
33	0+085.78	3167.99	4.47	2.63	58.83%	5.83
34	0+087.79	3170.02	2.01	2.02	100.73%	2.00
35	0+090.79	3171.03	3.00	1.01	33.71%	5.17
36	0+101.70	3174.89	10.92	3.86	35.35%	18.36
37	0+116.77	3181.19	15.07	6.31	41.84%	23.30
TOTAL			116.77	49.38		98.80
Dato	Inicio - Fin	TAYLOR & SCHWARZ		Maxima	Minima	
Pendiente	42.29%	139.70%		100.73%	1.06%	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 239: Pendiente Media - Taylor & Schwarz (Sección 03)

Tramo	Progresiva	Elevacion (m.s.n.m.)	Longitud Tramo - L (m)	Altura - P (m)	Pendiente (S)	L/√S
00	0+000.00	3132.44				
01	0+000.54	3132.72	0.54	0.28	52.90%	0.74
02	0+001.19	3132.99	0.65	0.26	40.52%	1.02
03	0+014.61	3139.95	13.42	6.96	51.86%	18.64
04	0+017.00	3141.05	2.39	1.10	46.19%	3.51
05	0+023.11	3141.41	6.12	0.36	5.92%	25.14
06	0+023.13	3141.42	0.02	0.01	40.67%	0.02
07	0+023.15	3141.41	0.02	0.00	-15.91%	-0.06
08	0+033.87	3146.58	10.72	5.16	48.17%	15.44
09	0+034.22	3146.47	0.35	-0.11	-31.22%	-0.63
10	0+035.68	3147.27	1.46	0.81	55.14%	1.97
11	0+038.89	3148.79	3.21	1.52	47.35%	4.67
12	0+045.36	3150.25	6.47	1.46	22.55%	13.62
13	0+048.75	3151.43	3.39	1.18	34.93%	5.73
14	0+050.86	3152.74	2.12	1.30	61.66%	2.69
15	0+055.36	3152.66	4.49	-0.08	-1.75%	-33.98
16	0+055.67	3152.84	0.32	0.18	58.34%	0.41
17	0+060.51	3155.48	4.84	2.64	54.52%	6.55
18	0+060.54	3155.50	0.03	0.02	66.67%	0.04
19	0+060.80	3155.57	0.25	0.07	26.06%	0.50
20	0+062.36	3156.20	1.56	0.63	40.30%	2.46
21	0+069.30	3158.99	6.94	2.79	40.25%	10.94
22	0+070.56	3159.36	1.26	0.37	29.29%	2.32
23	0+073.93	3160.57	3.38	1.21	35.92%	5.63
24	0+075.73	3161.00	1.80	0.42	23.52%	3.71
25	0+078.52	3161.63	2.79	0.64	22.77%	5.85
26	0+080.11	3163.83	1.59	2.20	138.44%	1.35
27	0+087.91	3167.65	7.79	3.82	49.06%	11.13
28	0+090.32	3168.21	2.41	0.55	23.02%	5.02
29	0+092.21	3169.11	1.89	0.90	47.42%	2.75
30	0+120.03	3180.00	27.82	10.89	39.16%	44.45
TOTAL			120.03	47.56		161.65
Dato	Inicio - Fin	TAYLOR & SCHWARZ		Maxima	Minima	
Pendiente	39.63%	55.13%		138.44%	1.75%	

Fuente: Elaboración propia



c) Análisis de la Prueba

Del cálculo de las pendientes para cada sección del talud elegido, se determinó que la sección con mayor pendiente corresponde a la Sección 02, con una pendiente desde inicio a fin de 42.29% y una pendiente por Taylor & Schwarz de 139.70%, que de acuerdo al “**PROGRAMA DE REDUCCIONDE VULNERABILIDADES Y ATENCION DE EMERGENCIAS PREVAED-2013**”, pendientes superiores a los 50% representan niveles de peligro Muy alto hacia fenómenos de Movimientos de masas, secciones que serán utilizadas para el modelado y cálculos del factor de seguridad y la estabilización del talud.

3.6.14 Cálculo del Factor de Seguridad del Talud Natural

a) Procedimiento o cálculos de la prueba

Una vez obtenidos los parámetros geotécnicos necesarios para realizar el análisis de estabilidad del talud, se procedió a usar el software de estabilidad de taludes de GEO5.

El proceso de cálculo de la estabilidad se realizó con ayuda del Software GEO5 en su presentación Estabilidad de Taludes, en su versión DEMO, por lo tanto, el procedimiento de cálculo será la descripción de uso del programa.

- Se inicia con la configuración inicial del Software, seleccionando la metodología de Verificación, así como los factores de seguridad mínimas.
- Se ingresa las interfaces, es decir la representación gráfica de la sección del talud de análisis, para este proceso se puede ingresar de manera manual (dibujo de la sección), mediante coordenadas ingresadas manualmente y la importación de varios puntos que detallan la sección, para este caso se optó por esta última alternativa, dado que se posee la información topográfica de las secciones analizadas, cabe resalta que debido a que se realizó el Sondaje Eléctrico Vertical(SEV) en 3 puntos, es posible definir a partir de esta información estratos de suelo con sus respectivas profundidades y grosores, para realizar un análisis más real.
- A continuación, se crea el tipo de suelo con todas sus propiedades (tipo de suelo, ángulo de fricción, cohesión, densidad natural y densidad saturada), para este caso se escogieron las calicatas próximas a cada trazo de sección, por lo tanto, las propiedades elegidas serán el promedio de las propiedades de los suelos de las calicatas antes seleccionadas. Cabe resaltar que es necesario la conversión de unidades, debido a que el software utiliza unidades diferentes a las obtenidas por medio de los ensayos de laboratorio, para nuestro caso al tener diferentes estratos productos del SEV realizado,



se deberán ingresar las propiedades de cada estrato, propiedades asumidas a partir de la interpretación del Sondaje y el estudio geológico realizado.

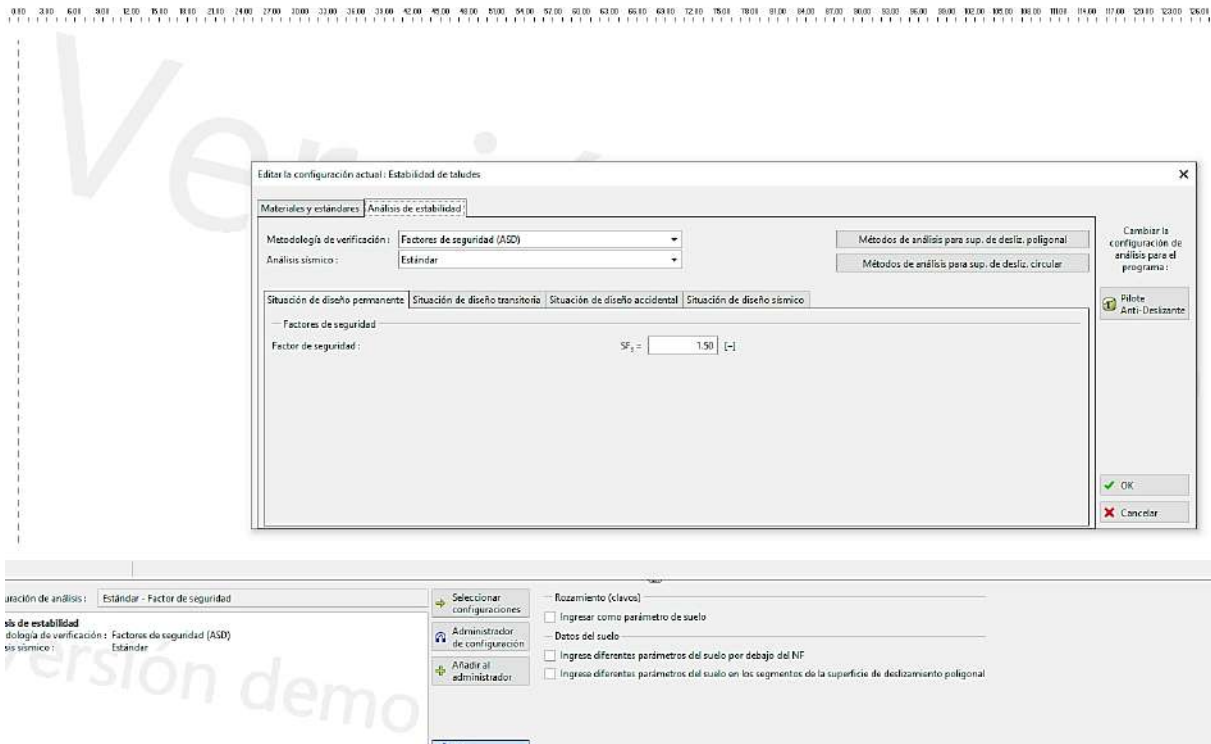
- Para los estratos de Roca Fracturada y Roca no Fracturada o Maciza elegidas, se escogieron sus diferentes propiedades a partir de investigaciones existentes (ver limitaciones de la investigación) a las que se tuvo acceso, debido a que son necesarias ensayos más profundos para la obtención real de sus características geotécnicas.
- Una vez creada los tipos de suelos con sus respectivas propiedades, se asignan a cada estrato del talud definida.
- A continuación, se ingresan las condiciones de análisis, tales como:
 - Nivel freático (N.F.), con información obtenida de los 03 Sondajes Eléctricos Verticales (SEV) realizados en el talud de estudio, se pudo identificar la existencia de un estrato altamente húmedo que representa al N.F., su profundidad aproximada y su espesor, la misma que se ubicó para cada sección de análisis.
- A continuación, se inserta la posible línea de falla y su tipo de superficie, que servirá al software como dirección para el análisis de deslizamiento, y se realiza el análisis del modelo, este proceso puede tomar unos minutos u horas, debido al tamaño de la sección del talud y las condiciones asignadas (Sobrecarga, nivel freático, tipo de suelo, modelo de análisis, entre otros).

Se registra el Valor de Factor de seguridad, y se interpreta si supera el valor mínimo de 1.5 establecido por las normas nacionales.



b) Diagramas y Tablas

Tabla 240: Configuración inicial del Software



Fuente: Elaboración propia – GEO5



Tabla 241: Tabla de Coordenadas de la Sección 01

PUNTO	X-X	Y-Y
1.00	0.00	3131.98
2.00	0.36	3131.72
3.00	1.55	3130.53
4.00	2.20	3130.54
5.00	6.41	3130.50
6.00	7.15	3130.92
7.00	20.58	3138.27
8.00	21.20	3138.59
9.00	23.11	3139.08
10.00	28.36	3141.08
11.00	35.16	3142.44
12.00	36.45	3142.56
13.00	37.11	3142.57
14.00	43.85	3143.75
15.00	44.25	3143.75
16.00	44.36	3143.74
17.00	45.56	3144.31
18.00	49.53	3145.99
19.00	50.72	3146.44
20.00	53.59	3147.64
21.00	55.96	3148.82
22.00	59.69	3150.78
23.00	64.47	3154.08
24.00	67.87	3156.76
25.00	69.77	3158.05
26.00	74.21	3160.94
27.00	77.79	3163.12
28.00	79.81	3164.06
29.00	79.97	3164.15
30.00	80.07	3164.31
31.00	80.38	3164.49
32.00	83.75	3167.41
33.00	86.17	3169.18
34.00	115.53	3182.36
35.00	119.82	3182.73
36.00	120.79	3182.87
37.00	121.39	3182.87
38.00	127.52	3182.86
39.00	127.73	3182.76

Fuente: Elaboración propia – AutoCad Civil 3D



Tabla 242: Tabla de Coordenadas de la Sección 02

PUNTO	X-X	Y-Y
1.00	0.00	3131.99
2.00	0.40	3131.59
3.00	4.95	3131.74
4.00	5.79	3131.81
5.00	6.78	3131.81
6.00	12.85	3135.13
7.00	21.11	3139.43
8.00	27.48	3142.39
9.00	30.11	3142.58
10.00	32.23	3143.47
11.00	33.03	3143.60
12.00	33.86	3143.48
13.00	37.21	3143.06
14.00	38.84	3142.64
15.00	41.22	3142.37
16.00	43.57	3143.53
17.00	45.27	3144.51
18.00	46.63	3145.45
19.00	47.37	3145.92
20.00	52.08	3148.17
21.00	52.11	3148.19
22.00	52.12	3148.19
23.00	60.81	3153.51
24.00	61.11	3153.51
25.00	62.90	3154.58
26.00	64.64	3155.74
27.00	67.59	3157.47
28.00	68.36	3158.07
29.00	69.56	3158.66
30.00	71.67	3159.69
31.00	74.61	3161.34
32.00	76.01	3162.03
33.00	76.15	3162.12
34.00	79.82	3164.98
35.00	80.99	3165.15
36.00	82.30	3165.57
37.00	88.09	3165.36
38.00	92.56	3167.99
39.00	94.57	3170.02
40.00	97.57	3171.03
41.00	108.48	3174.89
42.00	123.55	3181.19
43.00	127.06	3181.14
44.00	130.70	3181.16
45.00	131.32	3181.15

Fuente: Elaboración propia – AutoCad Civil 3D



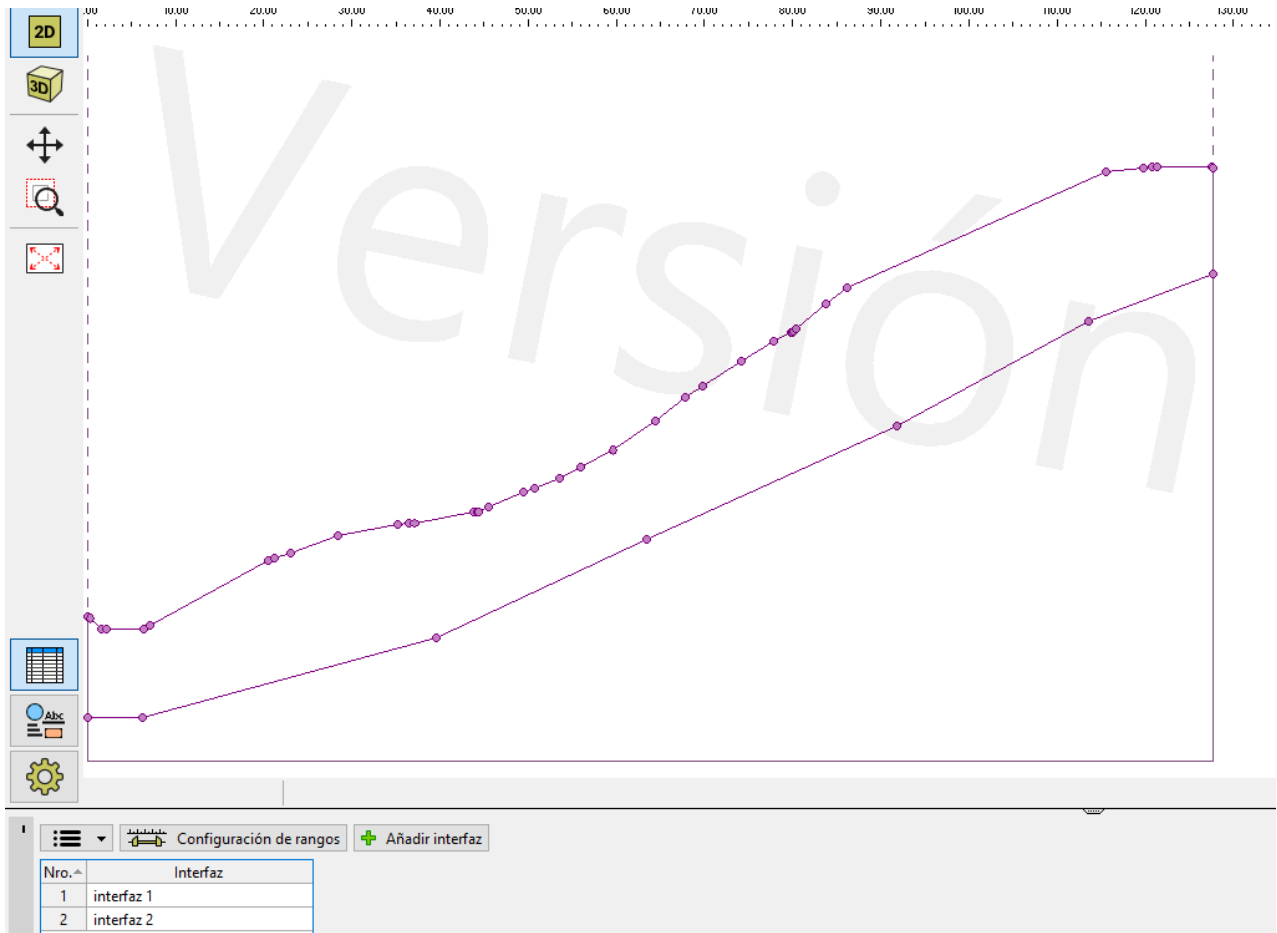
Tabla 243: Tabla de Coordenadas de la Sección 03

PUNTO	X-X	Y-Y
1.00	0.00	3131.99
2.00	0.40	3131.59
3.00	4.95	3131.74
4.00	5.79	3131.81
5.00	6.78	3131.81
6.00	12.85	3135.13
7.00	21.11	3139.43
8.00	27.48	3142.39
9.00	30.11	3142.58
10.00	32.23	3143.47
11.00	33.03	3143.60
12.00	33.86	3143.48
13.00	37.21	3143.06
14.00	38.84	3142.64
15.00	41.22	3142.37
16.00	43.57	3143.53
17.00	45.27	3144.51
18.00	46.63	3145.45
19.00	47.37	3145.92
20.00	52.08	3148.17
21.00	52.11	3148.19
22.00	52.12	3148.19
23.00	60.81	3153.51
24.00	61.11	3153.51
25.00	62.90	3154.58
26.00	64.64	3155.74
27.00	67.59	3157.47
28.00	68.36	3158.07
29.00	69.56	3158.66
30.00	71.67	3159.69
31.00	74.61	3161.34
32.00	76.01	3162.03
33.00	76.15	3162.12
34.00	79.82	3164.98
35.00	80.99	3165.15
36.00	82.30	3165.57
37.00	88.09	3165.36
38.00	92.56	3167.99
39.00	94.57	3170.02
40.00	97.57	3171.03
41.00	108.48	3174.89
42.00	123.55	3181.19
43.00	127.06	3181.14
44.00	130.70	3181.16
45.00	131.32	3181.15

Fuente: Elaboración propia – AutoCad Civil 3D



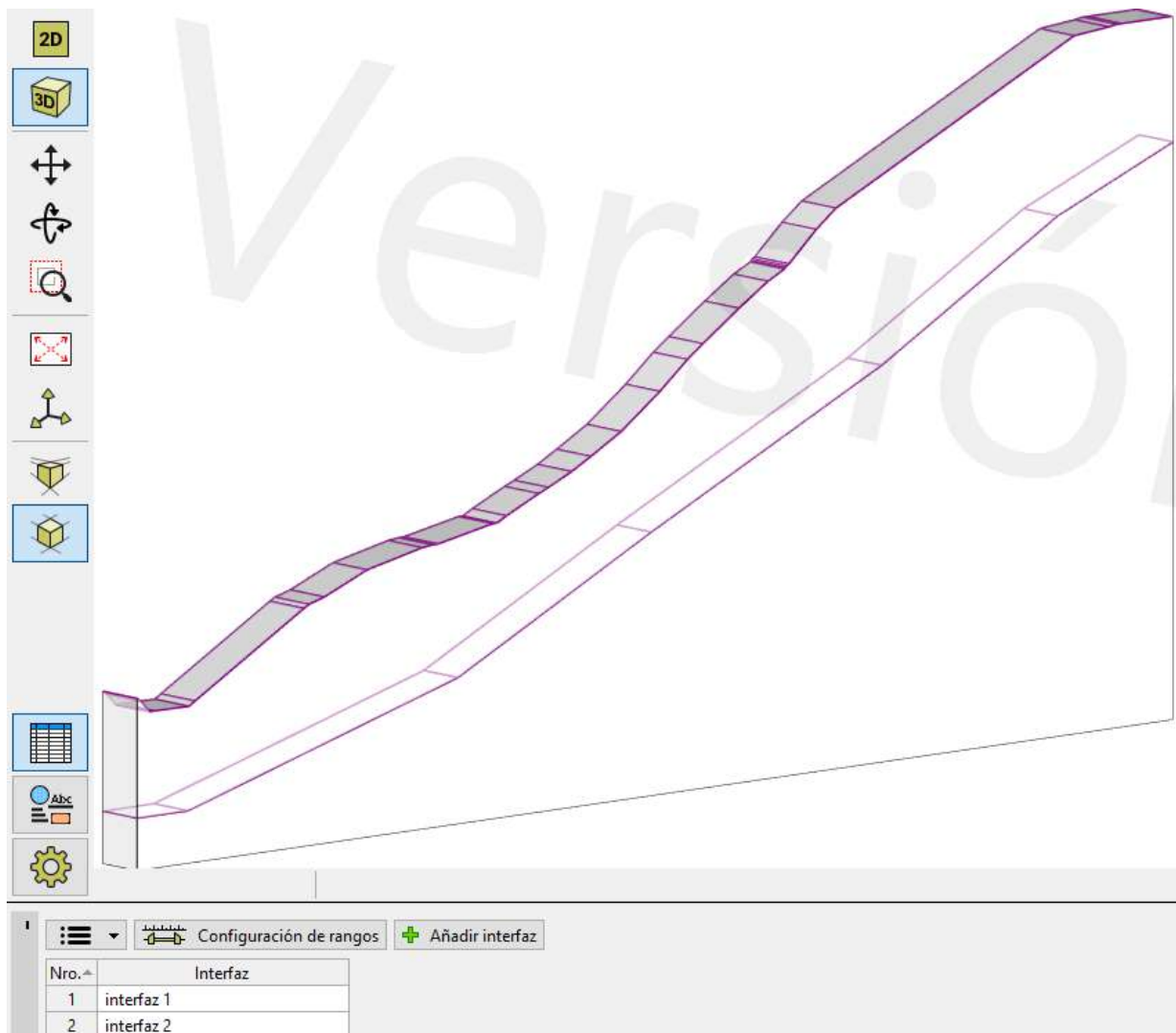
Tabla 244: Importación de los puntos que representan la Sección 01, para los diferentes estratos de suelo elegidos



Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”



Tabla 245: Vista 3D de los diferentes estratos, para un espesor de 01 metros – Sección 01



Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”



Tabla 246: Creación del tipo de Suelo Sección 01

The image shows the 'Editar parámetros de suelo' (Edit soil parameters) dialog box in the GEO5 software. The dialog is divided into several sections:

- Identificación:** Nombre: Suelo 01
- Datos Básicos:** Peso unitario: $\gamma = 18.15$ [kN/m³]; Estado de tensión: efectivo; Ángulo de fricción interna: $\varphi_{ef} = 11.09$ [°]; Cohesión de suelo: $c_{ef} = 45.00$ [kPa]
- Subpresión:** Modo de cálculo de subpresión: Estándar; Peso unitario de suelo saturado: $\gamma_{sat} = 20.28$ [kN/m³]
- Estratificación:** Estratificación de suelo: no considerar
- Dibujar:** Categoría de patrón: GEO; Subcategoría: Suelos (1 - 16); Patrón: 1 Limo; Color: [Orange]; Fondo: automático; Saturación <10 - 90>: 50 [%]

Buttons at the bottom of the dialog include 'Clasificar', 'Limpiar', 'OK', and 'Cancelar'.

Below the dialog, the 'Suelos' list shows the following data:

Nro.	Nombre
1	Suelo 01

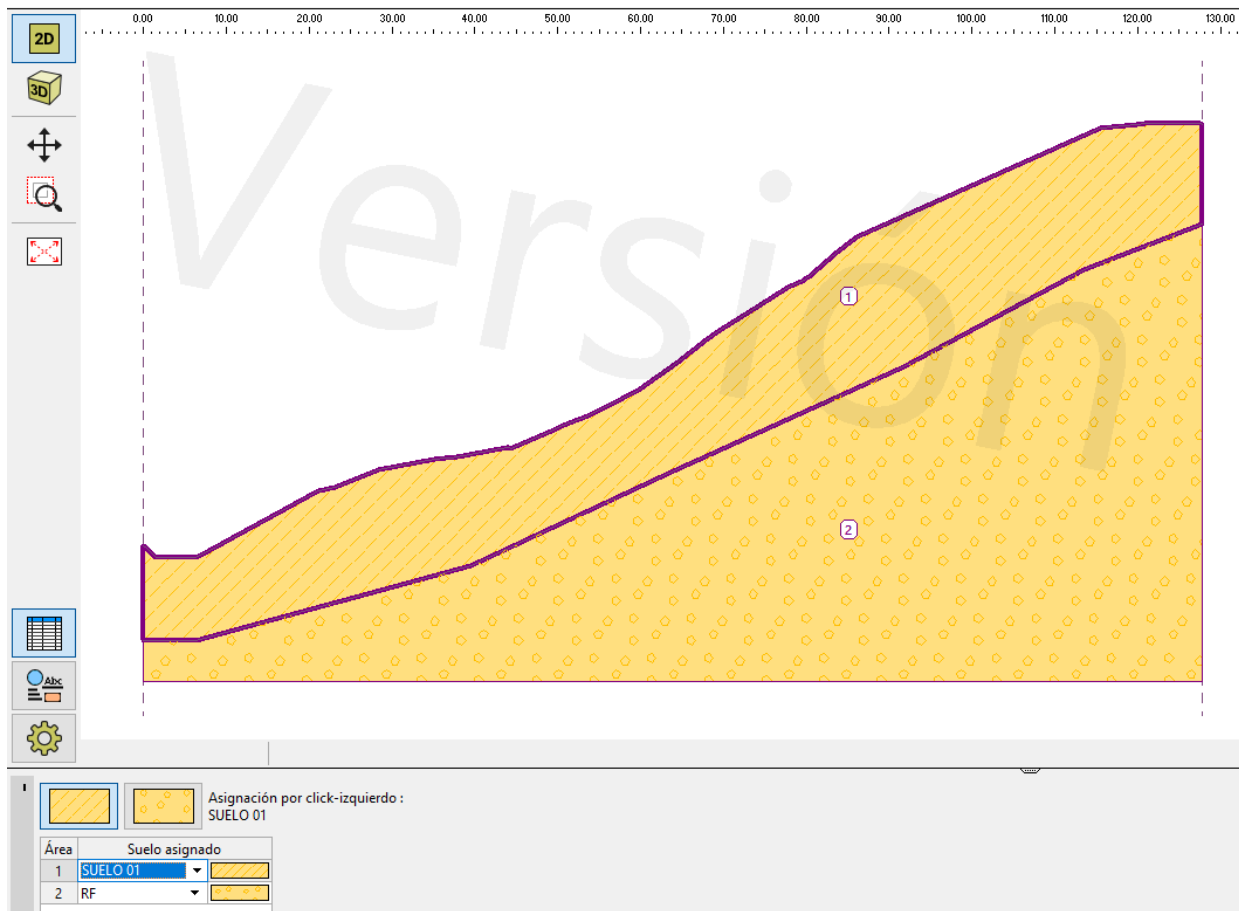
Parameters for Suelo 01:

- Peso unitario: $\gamma = 18.15$ kN/m³
- Estado de tensión: efectivo
- Ángulo de fricción interna: $\varphi_{ef} = 11.09$ °
- Cohesión de suelo: $c_{ef} = 45.00$ kPa
- Peso unitario de suelo saturado: $\gamma_{sat} = 20.28$ kN/m³

Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”



Tabla 247: Asignación de los tipos de Suelos Sección 01



Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”



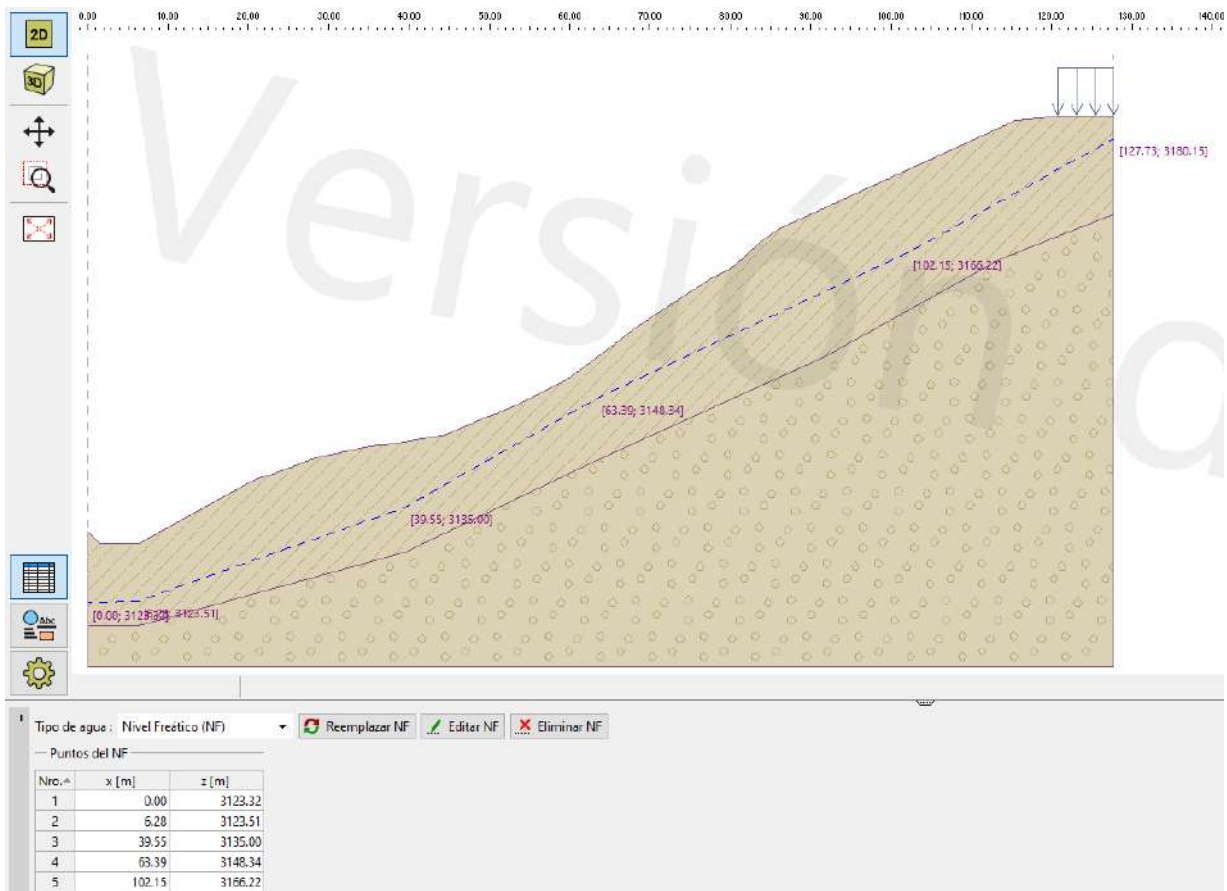
Tabla 248: Asignación de las Sobrecargas, Sección 01

Nro.→	Nombre	Tipo	Tipo de acción	Ubicación z [m]	Origen x [m]	Longitud l [m]	Ancho b [m]	Pendiente α [°]	q, q ₁ , f, F, x	Magnitud q ₀ , z	unidad
1		Franja	Permanente	sobre el terreno	120.79	6.94		0.00		9.34	kN/m ²

Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”



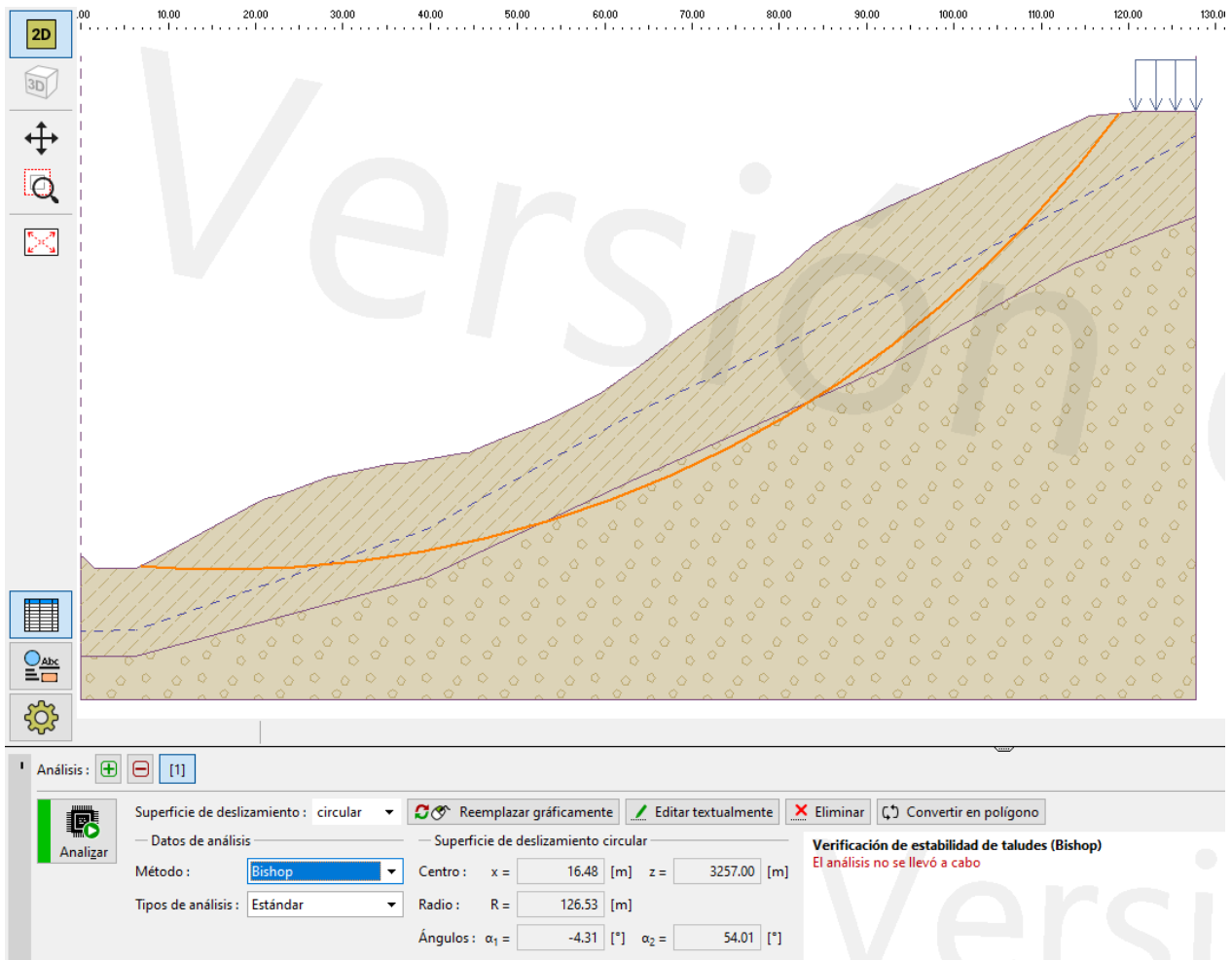
Tabla 249: Asignación del Nivel Freático, Sección 01



Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”



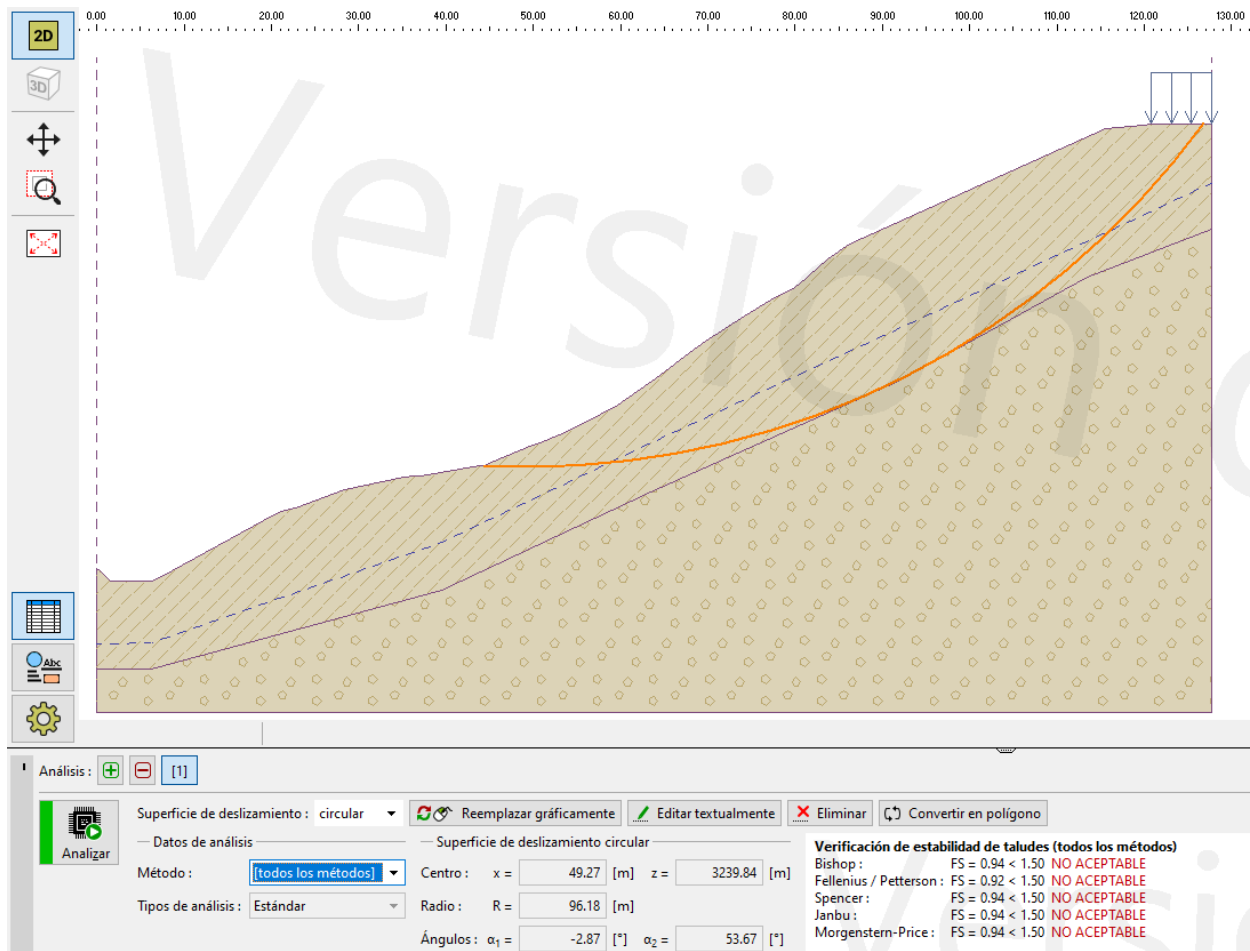
Tabla 250: Colocación de la posible línea de Falla – Sección 01



Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”



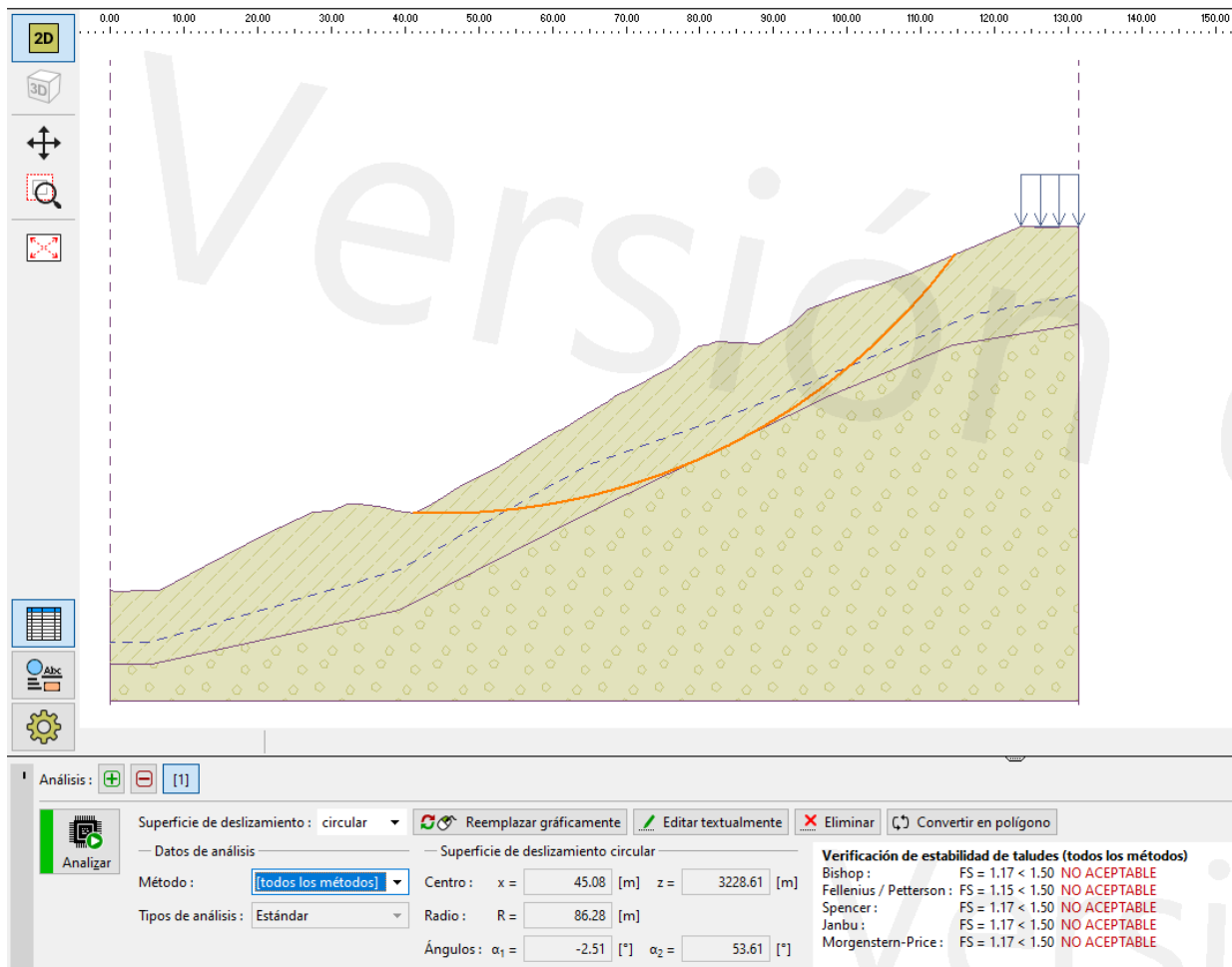
Tabla 251: Análisis y Obtención del Factor de Seguridad Sección 01



Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”



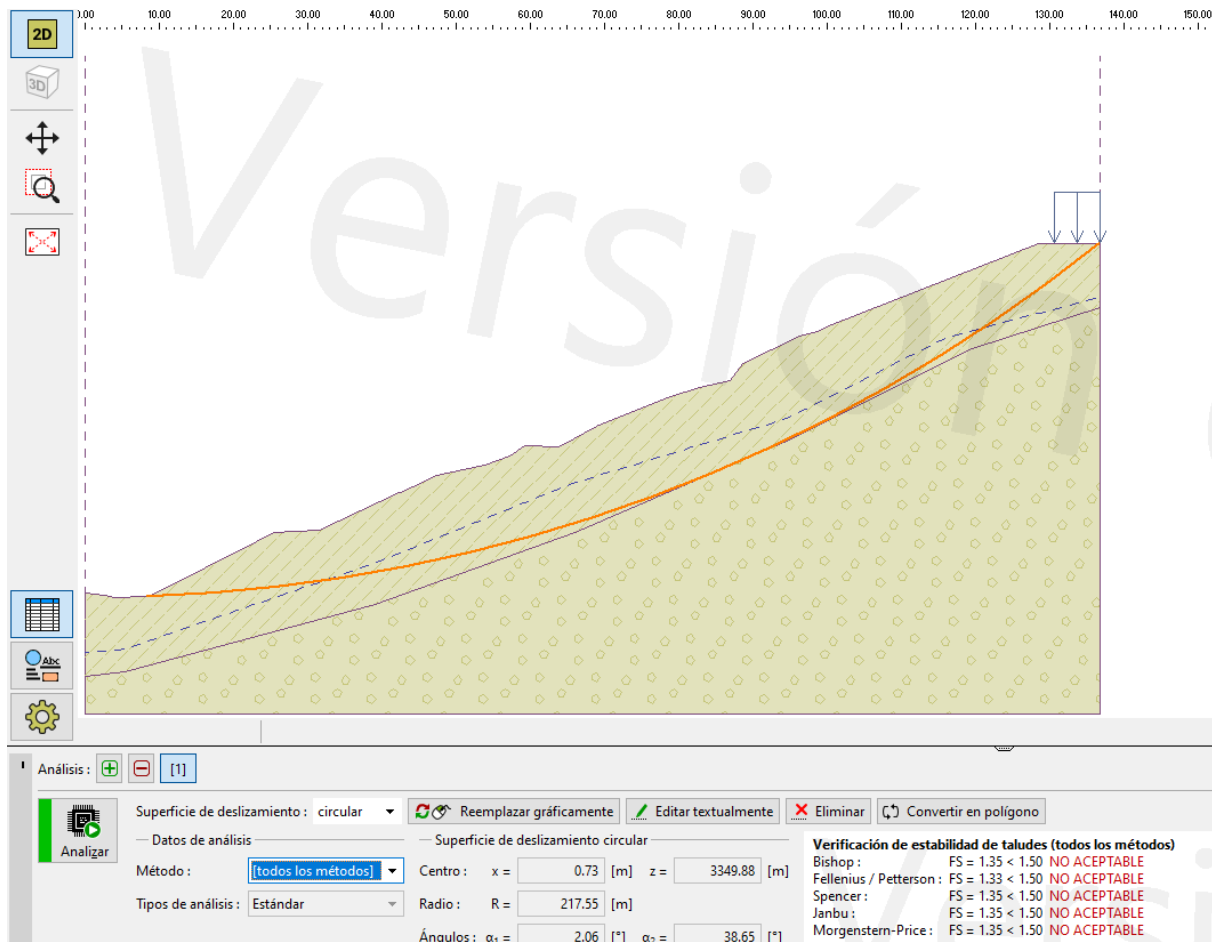
Tabla 252: Análisis y Obtención del Factor de Seguridad Sección 02



Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”



Tabla 253: Análisis y Obtención del Factor de Seguridad Sección 03



Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”

c) Análisis de la Prueba

A partir del procesamiento realizado se puede deducir que ningún talud posee un Factor de Seguridad que supere al mínimo de 1.5 que establece la norma Nacional CE020 “Suelos y Taludes”, por lo tanto, se debe de realizar una respuesta, en este caso la propuesta de 01 sistema que pueda asegurar que los taludes adquieran un factor de seguridad mínimo de 1.5.

Entre los factores más influyentes en la estabilidad del talud podemos establecer, en primer lugar la topografía, el factor más importante, debido al tener pendientes elevadas se tiene mayor probabilidad de deslizamiento, el segundo factor es el tipo de suelo, este al ser un material Cohesivo y Fino, no brinda un aporte estructural importante a la estabilización del talud y además de ser susceptible a fallas por presencia de agua, el tercer factor es el nivel freático, este influye incrementando el peso del talud debido a que satura los diferentes estratos, y por último la carga, esta no influye notoriamente, además de estar muy alejada de la superficie de falla del



talud. A continuación, se presentan los factores de seguridad al deslizamiento de las secciones de análisis:

Sección 01 tiene un factor de seguridad promedio de **0.94**

Sección 02 tiene un factor de seguridad promedio de **1.17**

Sección 03 tiene un factor de seguridad promedio de **1.35**

3.6.15 Cálculo del factor de Seguridad del Talud Con la Propuesta de Estabilización

a) Procedimiento o cálculos de la prueba

El proceso de mejora del talud tuvo los siguientes procedimientos:

- El primer paso fue la modificación de las pendientes o abatimiento del talud, en este caso se realizó en tres tramos, así como también se añadió tramos totalmente horizontales consideradas como bermas, donde se colocarán 03 muros del tipo gavión, además de colocar un muro de sistema Terramesh en la parte final, para salvaguardar la vía que pasa por encima del talud, las pendientes elegidas están en función a criterio propio y a lo recomendado en el “*Manual de Carreteras: Diseño geométrico DG-2018*”, el cálculo se hizo de la siguiente manera:

Para el Tramo01, el talud natural posee:

Altura Natural = 14.5 m, Longitud Natural = 45.00, Pendiente Natural = 0.32 o aproximadamente 1/3.

Tramo01, el talud Modificado Asumido será:

Un muro del tipo gavión de altura 5.00 m, con 0.50 m enterrados, el talud posterior asumirá una altura de 10.00 m, una longitud de 40.00, Pendiente Modificada = $\frac{1}{4}$ o 0.25, donde se colocará posteriormente una berma de 5.50.

Para el Tramo 02, el talud natural posee:

Altura Natural = 13.50 m, Longitud Natural = 25.00, Pendiente Natural = 0.54 o aproximadamente 3/5

Tramo 02, el talud Modificado Asumido será:

Un muro del tipo gavión de altura 4.00 m, con 0.50 m enterrados, el talud posterior asumirá una altura de 10.00 m, una longitud de 22.50, Pendiente Modificada = $\frac{1}{2.25}$ o 0.44, donde se colocará posteriormente una berma de 5.50.

Para el Tramo 03, el talud natural posee:



Altura Natural = 13.50 m, Longitud Natural = 20.00, Pendiente Natural = 0.54 o aproximadamente 3/5

Tramo 03, el talud Modificado Asumido será:

Un muro del tipo gavión de altura 4.00 m, con 0.50 m enterrados, el talud posterior asumirá una altura de 10.00 m, una longitud de 17.50, Pendiente Modificada = 1/1.75 o 0.57, donde se colocará posteriormente una berma de 5.50.

El tramo posterior será un muro Terramesh Systems, que será utilizado para salvaguardar la integridad de la vía que se encuentra sobre el talud, esta variará en altura de acuerdo a la configuración de la altura del talud de acuerdo a secciones transversales.

- El siguiente paso fue la elección del muro de contención, en este caso se optó por gaviones, al ser viables en su adquisición, ejecución y control, por lo tanto, se describe los gaviones:

Tramo01, el gavión asumido será:

Altura = 5.00 m, Ancho = 3.00 m, escalonada con 0.50 m de escalón por nivel, peso específico aproximado = 1.80 Tn/m³

Tramo 02 y 03, el gavión asumido será:

Altura = 4.00 m, Ancho = 2.50 m, escalonada con 0.50 m de escalón por nivel, peso específico aproximado = 1.80 Tn/m³

- El siguiente paso fue la elección de un sistema que permita la evacuación de aguas subterráneas, así disminuir el Nivel Freático, en este caso se optó por tuberías de drenaje colocadas detrás de cada muro gavión, con tubería perforada, y material filtrante, además de cunetas revestidas en cada berma del talud para la eliminación del agua recolectada y el agua proveniente de la lluvia.

El siguiente paso fue el modelado del talud en el software con las modificaciones realizadas, el procedimiento es el mismo al que se realizó en el talud natural, con la única diferencia que se deberá incluir elementos rígidos correspondientes a los muros o gaviones elegidos, y se deberá de verificar que el factor de seguridad sea superior a 1.50, en caso contrario continuar con más modificaciones.

Todos los cambios mencionados se detallan de mejor manera en los planos que se presentan en los anexos, llamados planos “Propuesta de Solución”.



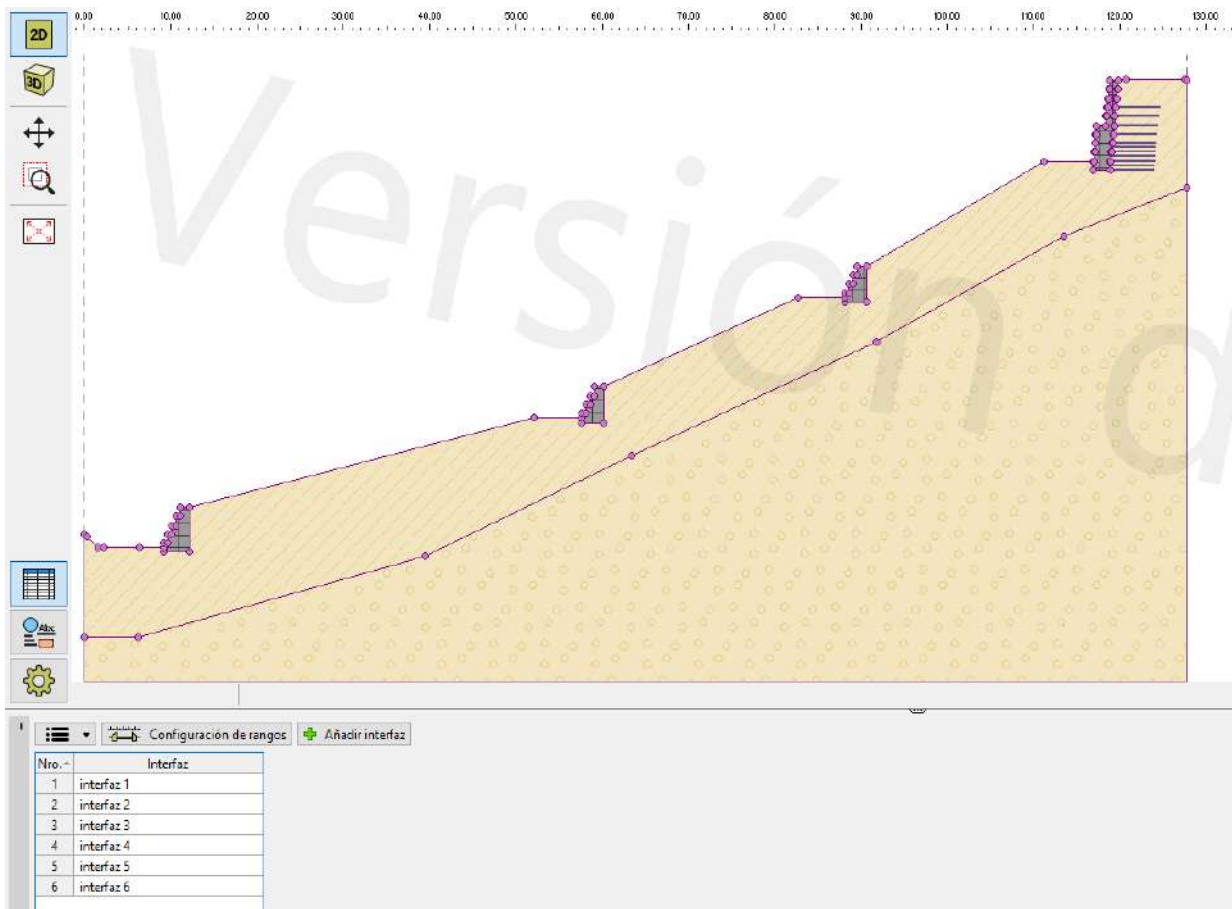
b) Diagramas y Tablas

Tabla 254: Valores Referenciales para taludes en Corte (Relación H:V)

Clasificación de materiales de corte	Roca fija	Roca suelta	Material			
			Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas	
Altura de corte	<5 m	1:10	1:6-1:4	1:1 - 1:3	1:1	2:1
	5-10 m	1:10	1:4-1:2	1:1	1:1	*
	>10 m	1:8	1:2	*	*	*

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018

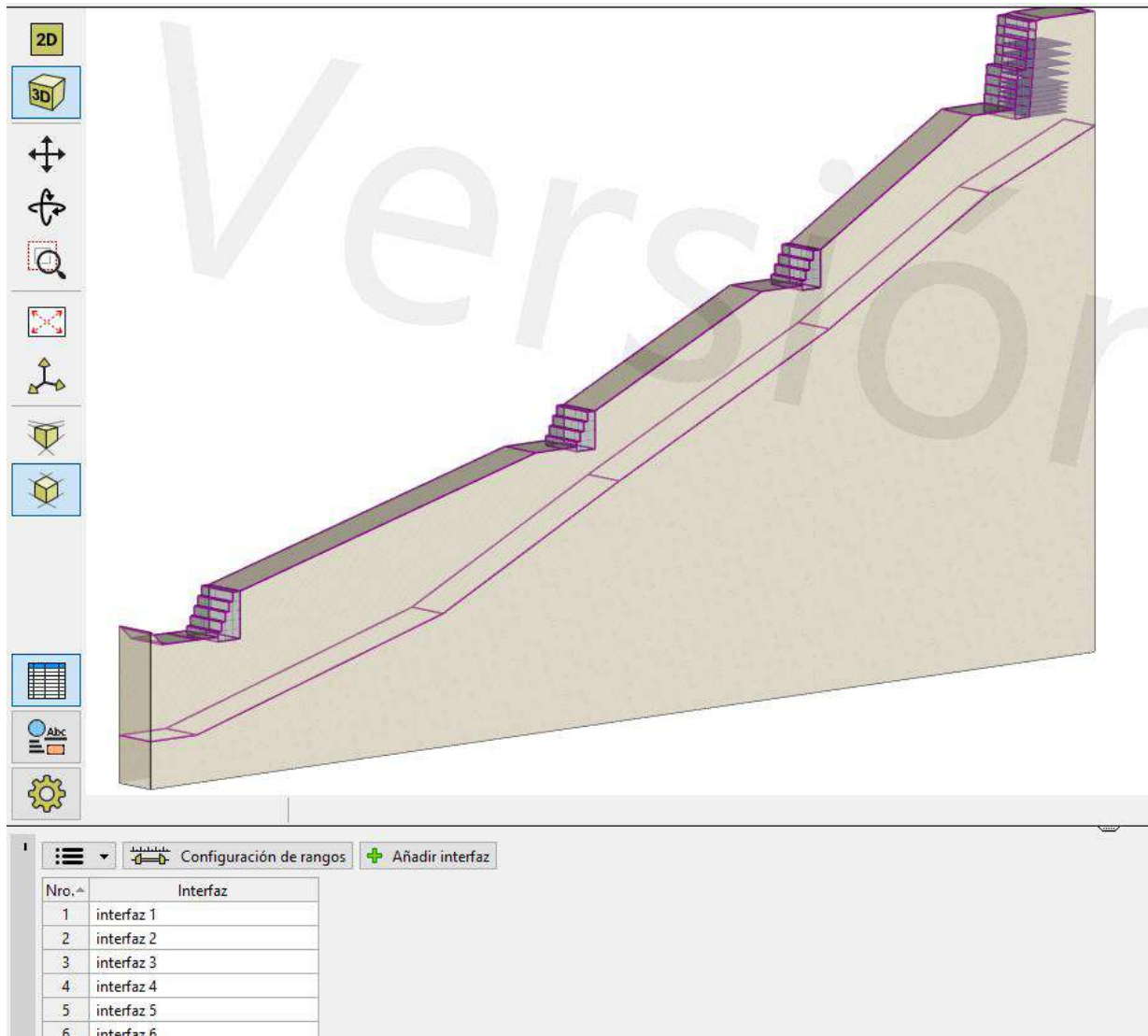
Tabla 255: Vista de la interfaz 2D - Sección 01, Talud modificado



Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”



Tabla 256: Vista de la interfaz 3D - Sección 01, Talud modificado



Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”



Tabla 257: Creación del Cuerpo Rígido/Gavión - Sección 01, Talud modificado

Añadir nuevos cuerpos rígidos ✕

— Identificación —

Nombre :

— Datos Básicos — ?

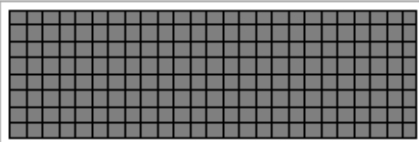
Peso unitario : $\gamma =$ [kN/m³]

— Dibujar —

Categoría de patrón :

Buscar :

Subcategoría :

Patrón :

35 Cuerpo rígido

Color :

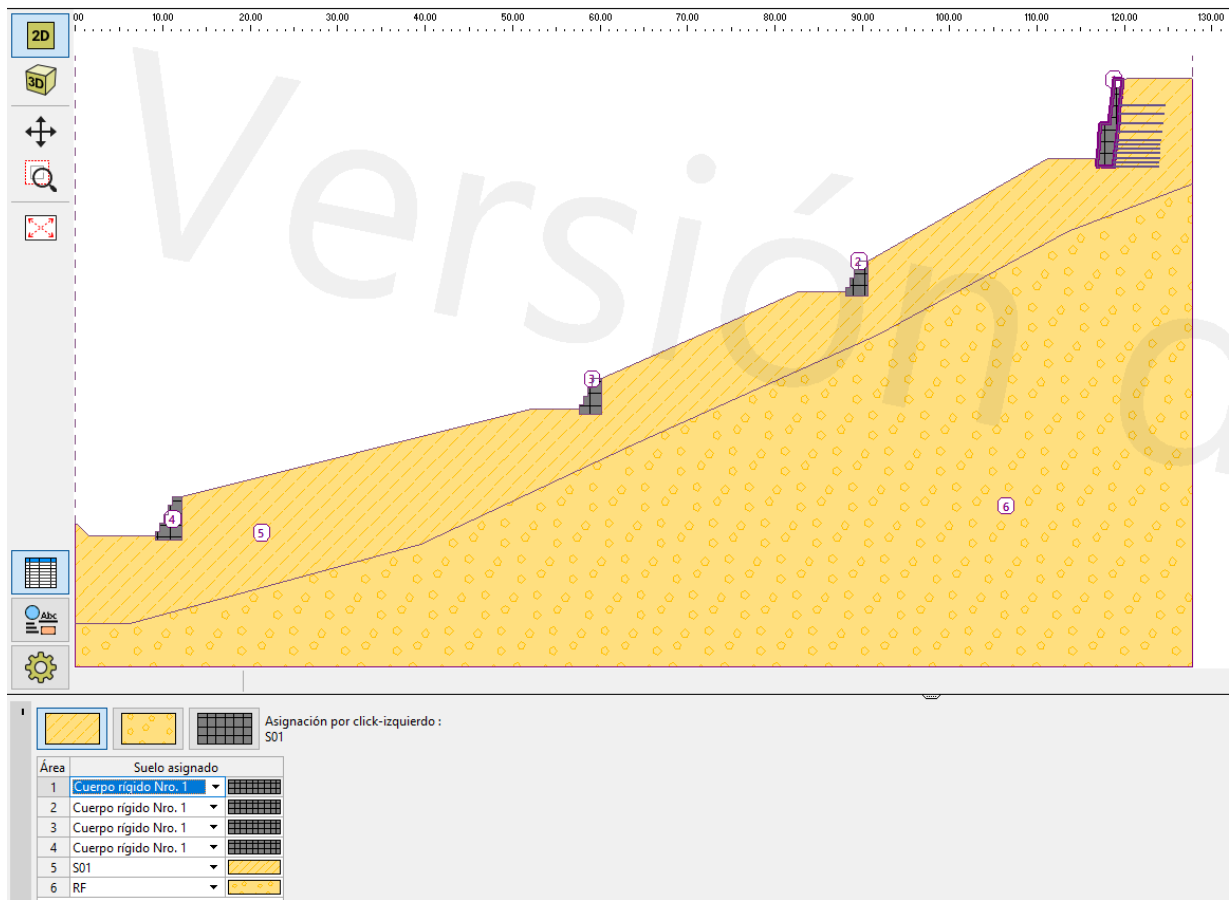
Fondo :

Saturación <10 - 90> : [%]

Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”



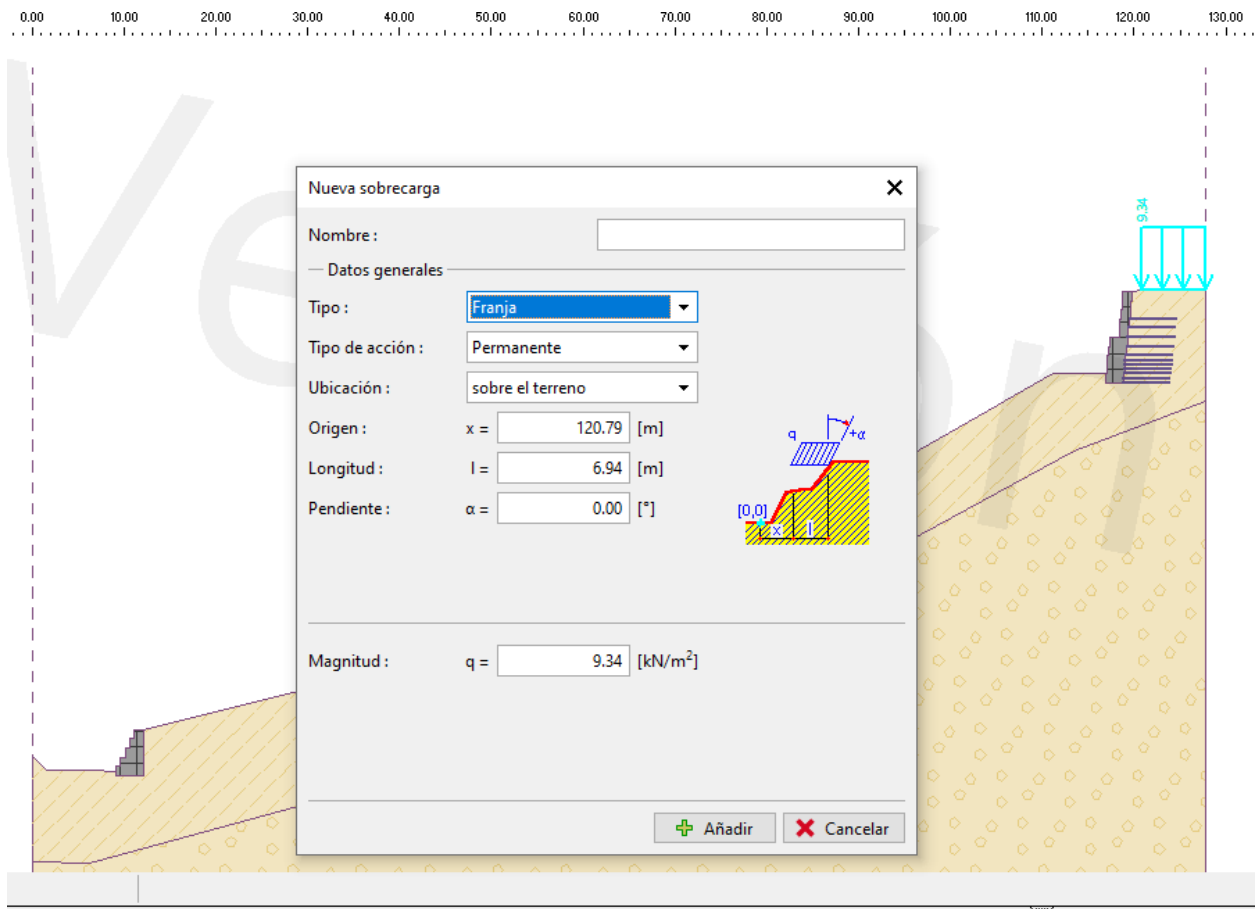
Tabla 258: Vista con Materiales asignados - Sección 01, Talud modificado



Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”



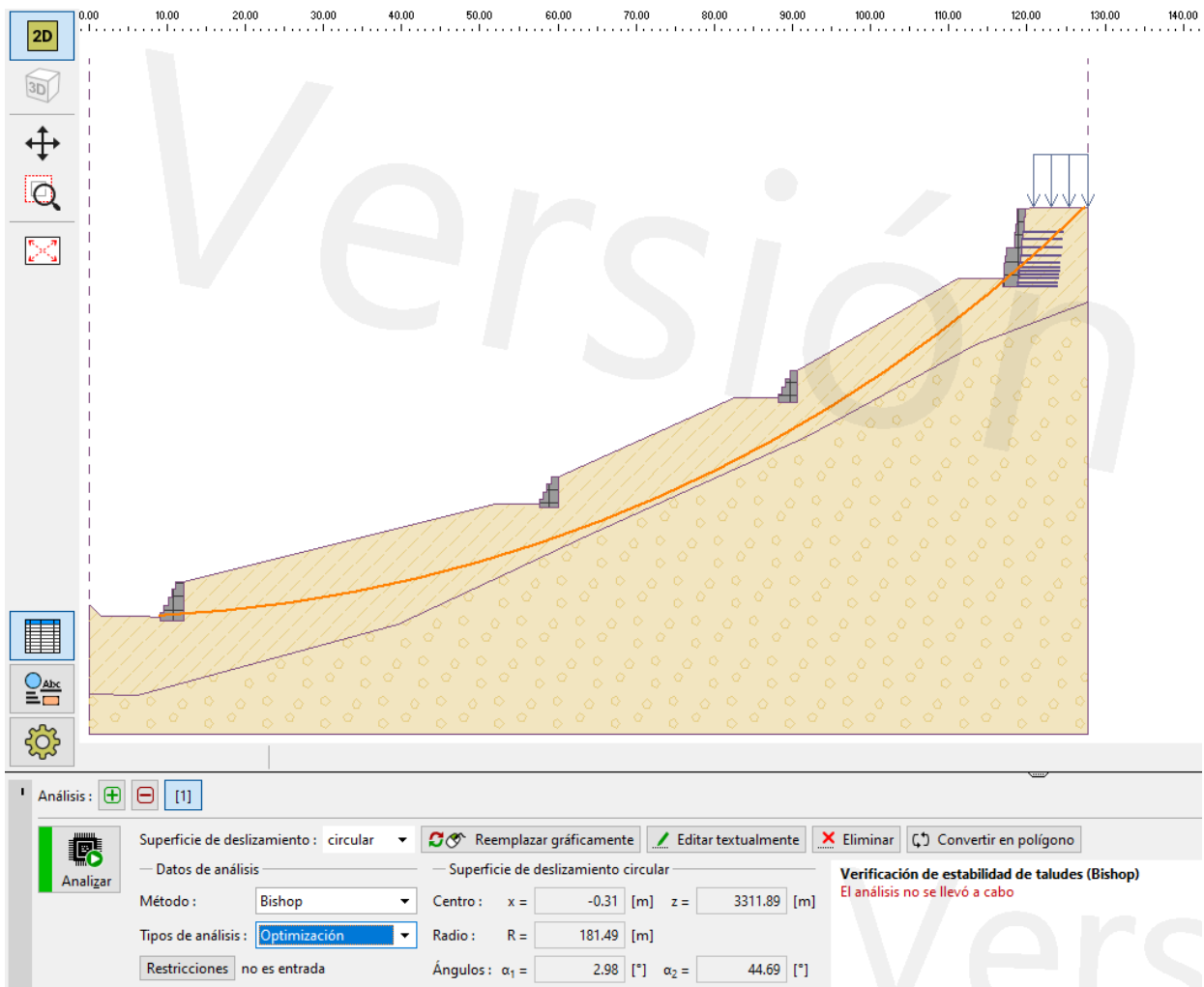
Tabla 259: Asignación de Sobrecargas - Sección 01, Talud modificado



Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”



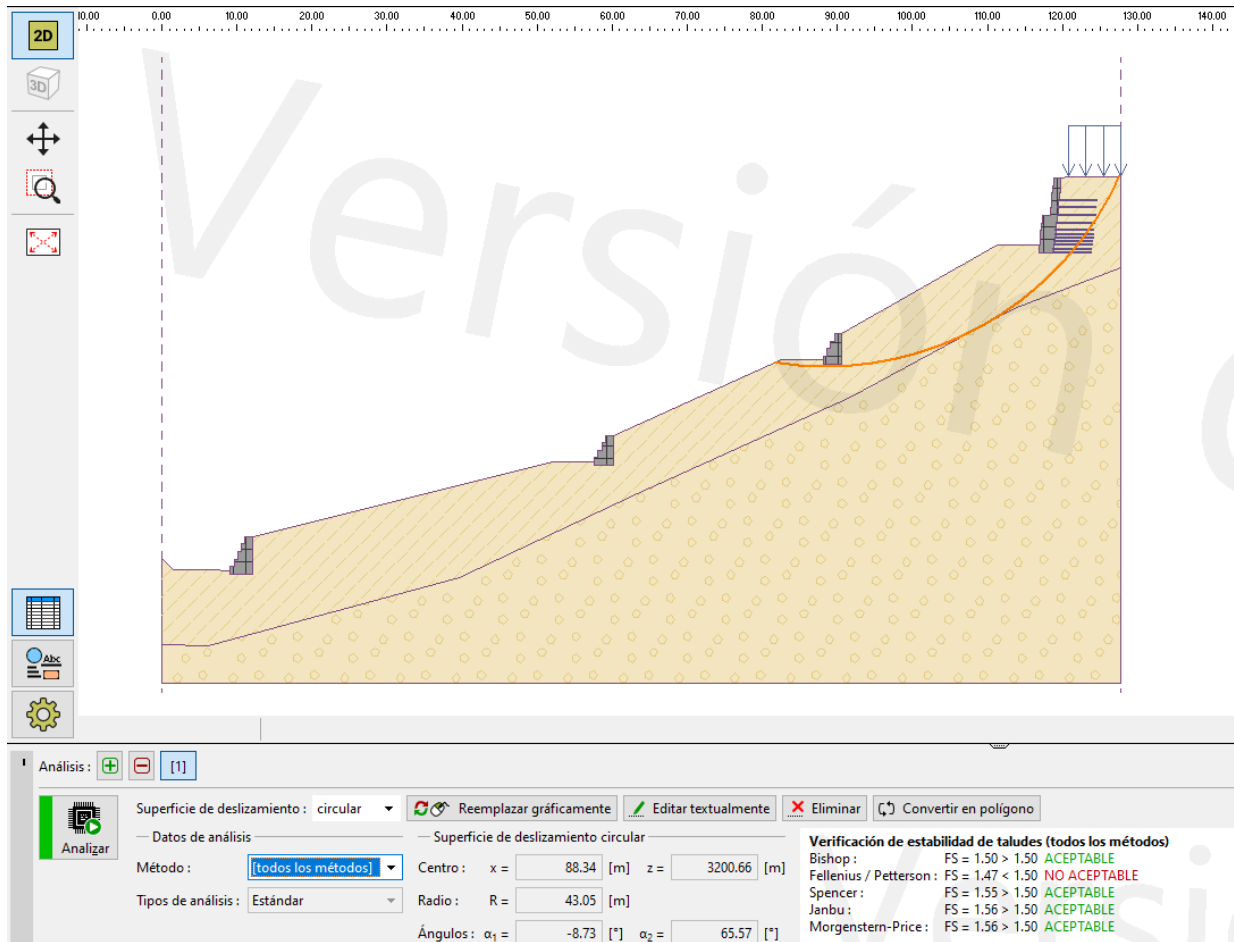
Tabla 260: Asignación de Posible línea de falla



Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”



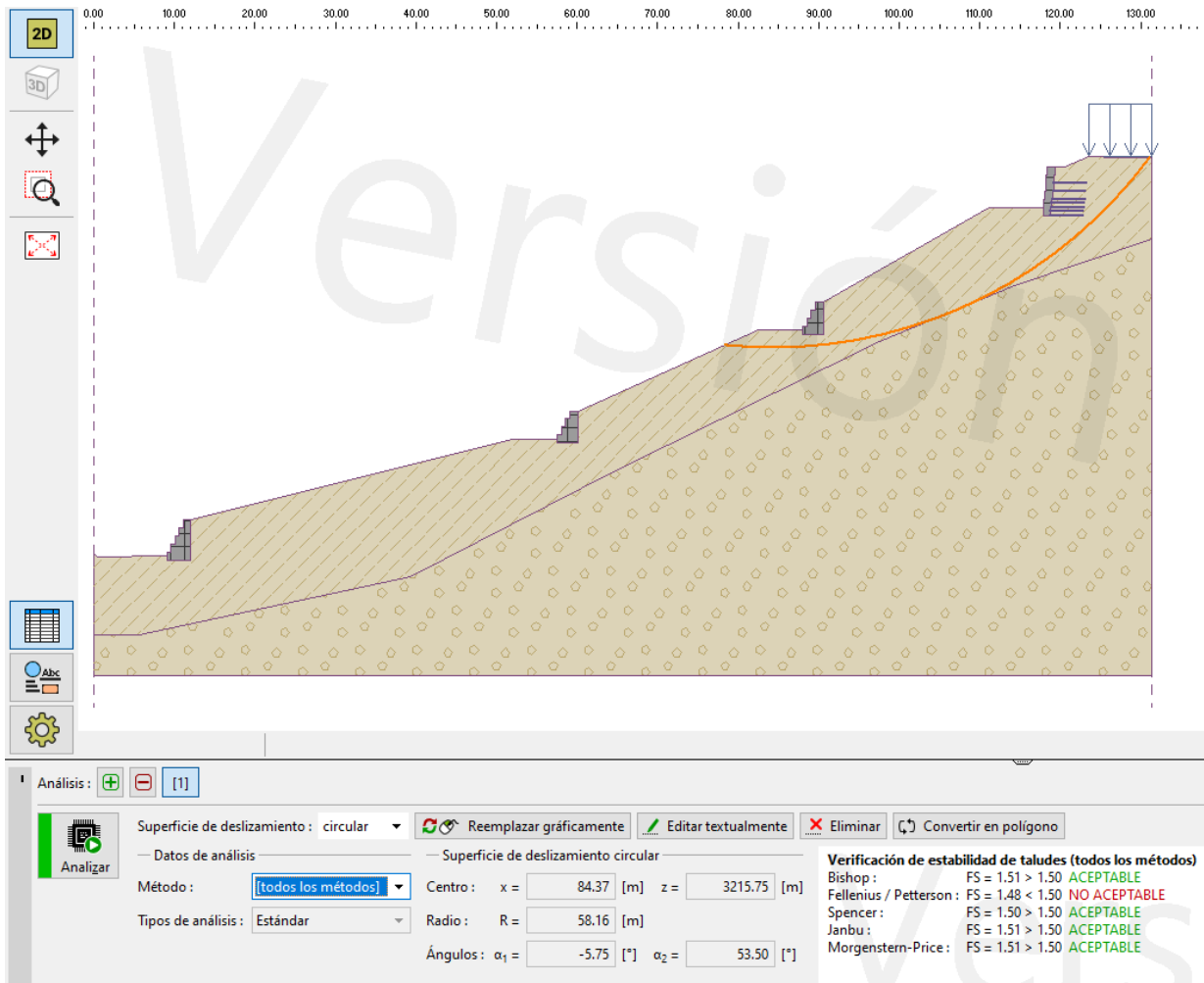
Tabla 261: Análisis y Obtención del Factor de Seguridad más crítico, Sección 01 – Talud Modificado



Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”



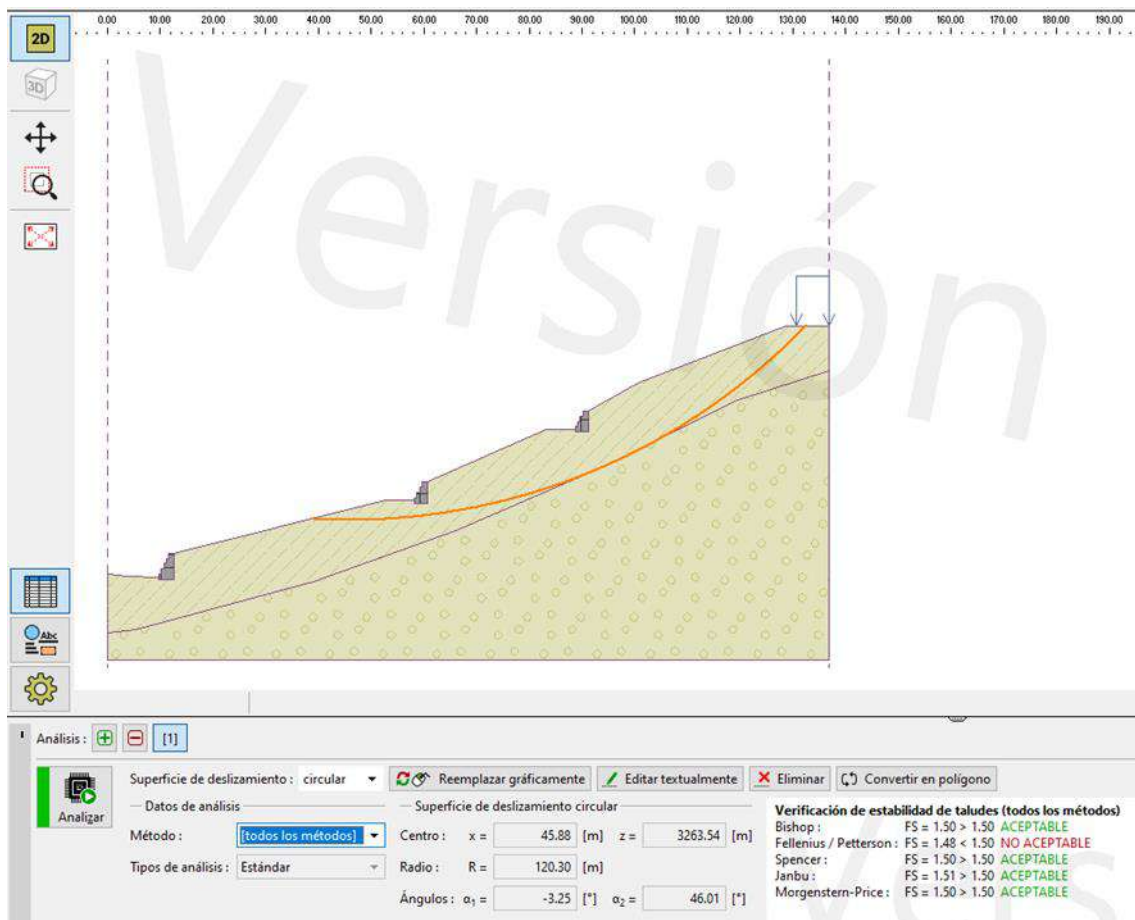
Tabla 262: Análisis y Obtención del Factor de Seguridad, Sección 02 – Talud Modificado



Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”



Tabla 263: Análisis y Obtención del Factor de Seguridad, Sección 03 – Talud Modificado



Fuente: Elaboración propia – Software GEO5 “Estabilidad de Taludes”

c) Análisis de la Prueba

A partir de la intervención en el talud, modificando principalmente la topografía, mediante abatimiento del talud y la pendiente de esta, reduciendo el nivel freático, mediante un sistema que incluye cunetas en la vía y banquetas, drenes de derivación ubicados detrás de cada gavión y un sistema terramesh que incluye geomembranas, los cuales se detallan en los planos, además se incluye elementos de soporte como son los gaviones con todo lo anterior se logró aumentar los factores de seguridad, superando el valor mínimo de 1.5 establecido por norma CE020 Estabilización de Suelos y Taludes.

Con respecto a la topografía, se redujeron las pendientes del talud, con la guía del Manual del Diseño de carreteras DG 2018, que establece una pendiente máxima de 1:1, se optó por pendientes menores, dado que son posibles ejecutar en el talud según el levantamiento topográfico realizado.



Con respecto al nivel freático, el sistema planteado busca la reducción de la infiltración en el suelo, mediante drenes y cunetas de derivación ya que su intercepción, encauzamiento y derivación de las aguas pluviales influye notoriamente, debido a que el suelo que se presenta en el talud es de características finas, entre limos y arcillas, materiales que son vulnerables al contacto con el agua por poseer coeficientes de permeabilidad muy bajos, tendiendo a almacenar agua, que incrementa las densidades y además sus propiedades se ven alteradas al contacto con el agua.

Por último, con respecto al uso de los gaviones, estos servirán para el control de los movimientos de masa, además que permite una permeabilidad para la eliminación de aguas pluviales, por tal motivo se realizó el análisis para el sector más crítico de cada sección de análisis del talud.

La propuesta establecida y su aplicación, permitió incrementar el factor de seguridad del talud, que se verifica con los factores de seguridad superiores al 1.5 exigido por la normativa nacional. A continuación, se detallan los factores de seguridad obtenidos con implementación de la propuesta de estabilización.

Sección 01 tiene un factor de seguridad promedio de **1.55**

Sección 02 tiene un factor de seguridad promedio de **1.51**

Sección 03 tiene un factor de seguridad promedio de **1.50**

Con respecto al software se verifico su versatilidad, siendo aplicable para este tipo de estudios.



Capítulo IV: Resultados

4.1 Del Levantamiento Topografía

Del levantamiento topográfico, se logró delimitar un área de 5,171.20 m², perímetro de 323.09 m. se obtuvo una representación morfológica del área de estudio a partir de las curvas de nivel, lo cual nos permitió la obtención de las pendientes del talud que van desde los 0%, que representan terrenos llanos, hasta pendientes mayores al 75% que representan terrenos de clase escarpado o extremadamente empinada, como también las secciones del talud, planos de ubicación y localización y el modelo de elevación del talud(anexos). Los cuales nos sirvió para el análisis del talud de estudio en el software Geo 5.

Además, se observa en la siguiente tabla el factor de seguridad incrementa a medida que la pendiente disminuye por lo que es inversamente proporcional a esta.

Tabla 264: Valores de las pendientes del talud y factor de seguridad

Perfil	Pendiente	Factor de Seguridad
Sección 01	45.78%	0.94
Sección 02	42.29%	1.17
Sección 03	39.63%	1.35

Fuente: Elaboración propia

Para lo cual la propuesta de estabilización del talud, fue reducir la pendiente, realizar cortes de la sección del talud y ubicación de muros de contención (gaviones) debido a que la estabilidad del talud esta inversamente proporcional a la masa del misma; se plantearon a partir de lo anterior, pendientes con una relación V:H de 1:4, 1:2.25, 1:1.75 los cuales favorecen a la estabilidad del talud al reducir los posibles deslizamientos.

4.2 Respecto al Estudio de Suelos

De acuerdo al estudio de suelos, se logró su clasificación, así como también la obtención de los parámetros geotécnicos necesarios para el análisis del talud, el talud de estudio cuenta con un suelo predominantemente limo arcillosa de baja plasticidad, con humedades que van desde 4.18% hasta 8.49%, con densidades de campo que se encuentran entre 1.82 gr/cm³ y 1.87gr/cm³, gravedad específica que van desde 2.55 a 2.579, valores de cohesión que van de 0.39 kg/cm² a 0.57kg/cm² y ángulos de fricción que se encuentran desde 8.95° a 12.09°.



A partir de estas propiedades geotécnicas podemos establecer que el suelo del talud posee características finas (limos y arcillas), al tener bajos ángulos de fricción y elevados valores de cohesión, que estructuralmente no aportan notoriamente a la estabilidad del talud y ser vulnerables frente a la presencia de agua.

Tabla 265: Clasificación de suelos en cada calicata.

Calicata 01	Calicata 02	Calicata 03	Calicata 04	Calicata 05	Calicata 06
Clasificación SUCS:	Clasificación SUCS:	Clasificación SUCS:	Clasificación SUCS:	Clasificación SUCS:	Clasificación SUCS:
CL-ML	CL-ML	CL-ML	CL	CL-ML	CL
Arcilla limosa de baja plasticidad.	Arcilla limosa de baja plasticidad.	Arcilla limosa de baja plasticidad.	Arcilla de baja plasticidad	Arcilla limosa de baja plasticidad.	Arcilla de baja plasticidad

Fuente: Elaboración propia



Tabla 266: Parámetros físico mecánicos de las calicatas exploradas

Calicata	Clasificación SUCS		LP (%)	LL (%)	IP (%)	Angulo Friccion (°)	Cohesion (kg/cm2)	Humedad (%)	Densidad Natural (gr/cm3)	Densidad Natural Seca (gr/cm3)	Gravedad Especifica	Densidad Saturada(g r/cm3)	Velocidad de Infiltracion (fcm/seg*10^-3)
1	CL-ML	Arcilla limosa de baja plasticidad.	15.05	19.88	4.78	12.09	0.39	5.82	1.82	1.72	2.56	2.05	6.04
2	CL-ML	Arcilla limosa de baja plasticidad.	18.00	22.34	4.33	11.68	0.41	4.18	1.84	1.76	2.57	2.08	4.62
3	CL-ML	Arcilla limosa de baja plasticidad.	19.62	25.59	5.97	11.58	0.45	4.62	1.86	1.78	2.55	2.08	4.33
4	CL	Arcilla de baja plasticidad	23.31	33.68	10.38	11.28	0.57	8.49	1.86	1.72	2.57	2.05	1.68
5	CL-ML	Arcilla limosa de baja plasticidad.	21.07	25.18	4.11	10.60	0.48	6.25	1.87	1.76	2.56	2.08	4.21
6	CL	Arcilla de baja plasticidad	21.63	30.56	8.93	8.95	0.50	7.28	1.87	1.75	2.58	2.07	2.25

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 266 se puede apreciar los parámetros físico mecánicos de las calicatas exploradas, donde detallamos que predominan suelos finos(pasantes del tamiz N°200) de la clase CL-ML y CL, que de acuerdo a la teoría de cohesión y ángulo de fricción, la cohesión se representa a partir del contacto de los bordes de las partículas más finas del suelo, por lo tanto nuestro suelo al poseer mayor cantidad de material fino posee una cohesión elevada y ángulo de fricción bajas, que influyen notablemente en la estabilidad del talud, puesto que el parámetro mas importante o de mayor aporte de resistencia es el ángulo de fricción.



4.3 Del Sondaje Eléctrico Vertical

De la realización de esta prueba se ha localizado tres importantes estratos asumidos a partir las resistividades encontradas, siendo el primer estrato con una profundidad que va desde la superficie hasta aproximadamente los 12 metros que corresponde al suelo natural, donde se halla el nivel freático y los estratos productor de la erosión de las rocas, del cual se obtuvieron las muestras y calicatas, el segundo estrato que se encuentra entre profundidades aproximadas de 12 m a 19 m correspondientes a un material más denso la cual se asumió como roca fracturada y un tercer estrato que se encuentran por debajo de los 19 metros aproximadamente que correspondería a un material extremadamente denso correspondiente a un macizo rocoso, finalmente se distinguió una reducción en las resistividades a una profundidad entre 5.00 a 8.00m aproximadamente que representarían una alta humedad, de lo cual se infiere la presencia de Nivel Freático. Que se verifico con el afloramiento de agua en la calicata cercana a la vía.

4.4 Respecto al Factor de Seguridad

- Los resultados del factor de seguridad para el talud de análisis fueron obtenidos para tres secciones, cada una de ellas con sus respectivas condiciones y propiedades fisicomecanicas del suelo, estos valores se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 267: Datos para las secciones y el FS.

Descripción	Sección 01	Sección 02	Sección 03
Factor de Seguridad	0.94	1.17	1.35
Altura del Talud (m)	52.36	49.38	47.56
Longitud del Talud (m)	114.38	116.77	120.03
Cota Base (m)	3130.50	3131.81	3132.43
Cota Copa (m)	3182.86	3181.19	3179.99

Fuente: Elaboración propia

Los valores del factor de seguridad obtenidos, se puede apreciar que son menores a 1.50, lo que indica que son INESTABLES, de acuerdo a la normativa nacional CE020 Estabilización de suelos y taludes.

4.5 Con respecto al factor de seguridad con la propuesta de estabilización

Los resultados del factor de seguridad para el talud con la propuesta del sistema de estabilización fueron calculados para las tres mismas secciones del talud, estos valores son:



Tabla 268: Datos para los perfiles y el FS elegido.

Descripción	Sección 01	Sección 02	Sección 03
Factor de Seguridad	1.55	1.51	1.50
Altura del Talud (m)	52.36	49.38	47.56
Longitud del Talud (m)	114.38	116.77	120.03
Cota Base (m)	3130.50	3131.81	3132.43
Cota Copa (m)	3182.86	3181.19	3179.99

Fuente: Elaboración propia

Los valores del factor de seguridad obtenidos, se pueden apreciar que son mayores a 1.50 lo que indica que son ESTABLES, de acuerdo a la normativa nacional CE020 Estabilización de suelos y taludes.



Capítulo V: Discusión

Discusión N° 01:

¿Se consideran aceptables los valores de los factores de seguridad obtenidos para las secciones, respecto a los propuestos por normativas nacionales?

Los factores de seguridad obtenidos para las secciones de análisis no se encuentran dentro de los rangos aceptables de acuerdo a las normas nacionales e internacionales, ya que el factor de seguridad más alto corresponde a 1.35 que no supera al factor de seguridad mínimo de 1.50 exigido por la normativa nacional CE020 Estabilización de suelos y taludes.

Discusión N° 02:

¿Se consideran aceptables los valores de los factores de seguridad obtenidos para las secciones con la implementación de la propuesta de estabilización, respecto a los propuestos por normativas nacionales?

Los factores de seguridad obtenidos para las secciones de análisis con la incorporación de la propuesta de estabilización logran alcanzar rangos aceptables de acuerdo a las normas nacionales, ya que el factor de seguridad más bajo corresponde a 1.50 que supera el factor de seguridad mínimo de 1.50 exigido por la normativa nacional CE020 Estabilización de suelos y taludes.

Discusión N° 03:

¿Bajo qué consideraciones se realizó el análisis de estabilidad del talud?

El análisis de la estabilidad del talud y el posterior análisis con la implementación de la propuesta de estabilización se realizó tomando en consideración información topográfica, geológica, geotécnica, hidrogeológicas, cargas externas y en condiciones estáticas.

Discusión N° 04:

¿Por qué se optó por el sistema de estabilización del talud propuesto?

El sistema de estabilización propuesto consta de la modificación de la sección del talud mediante el abatimiento del mismo, para la reducción de la pendiente natural del talud, incorporación de muros de contención (gaviones) para controlar los deslizamientos del talud y un sistema de drenaje que permita la eliminación de aguas pluviales, así como de aguas



superficiales. Además, el sistema de estabilización planteado está en función directa del tipo de suelo, topografía del talud y condiciones de drenaje.

Discusión N° 05:

¿Por qué se optó por la utilización de los métodos de equilibrio limite?

Además de ser una metodología muy extendida resulta rápida y sencilla ya que nos permiten modelar geometrías complejas de manera rápida y fiable, y reproducen fielmente la superficie de rotura más probable, están ampliamente contrastados por la práctica, y se conocen sus límites y grados de confianza además de ser compatible con el programa GEO5.

Discusión N° 06:

¿Por qué se optó por el uso del software GEO5, para el análisis de la estabilidad del talud?

El programa GEO5 cuenta con una gran variedad de soluciones a problemas geotécnicos siendo uno de ellos la **estabilidad de taludes** además de ser compatible con los métodos de equilibrio limite y ser capaz de realizar análisis estáticos, además permite un modelado con la incorporación de nivel freático y su impacto, sobrecargas, diferentes tipos de suelos y nos permite el análisis de secciones para taludes con geometrías complejas, además de una función que ubica la superficie de falla más crítica y por ultimo su acceso y utilización son de carácter gratuito en su versión demo.

Discusión N° 07:

¿Cuáles fueron los parámetros físico mecánicos más importantes para realizar el análisis de la estabilidad del talud de estudio?

Los parámetros más importantes para un análisis por medio de la metodología de equilibrio límite, con la ayuda del software GEO5 en su presentación de estabilidad de taludes, fueron el ángulo de fricción interna, cohesión, peso específico natural y peso específico saturado

Discusión N° 08:

¿Porque se realizó únicamente el análisis estático del talud?

Se realizo el análisis estático del talud debido a que la realización de un análisis sísmico implicaría estudios más exhaustivos y la ejecución de ensayos de campo más sofisticados, como la refracción sísmica, además que varios autores sugieren el uso de aceleraciones sísmicas



teóricas como las detalladas en la norma E030 diseño sismo resistente, que se alejan del objetivo de la presente investigación.

Discusión N° 09:

¿En que afecta el nivel freático en la estabilidad del talud?

El nivel freático tiene una gran implicancia en el análisis de la estabilidad del talud, principalmente incrementa las densidades de los suelos al saturarlas y también modifican las propiedades resistentes de los suelos en especial suelos finos (limo y arcillas), suelos que se encuentran en el talud de estudio. Además, las precipitaciones tienden a recargar el nivel freático y en especial nuestros suelos con baja permeabilidad son susceptibles a saturarse.

Discusión N° 10:

¿Cuáles son los factores antrópicos que alteraron la estabilidad del talud?

Se pudo verificar una intervención desmedida en el talud, mediante grandes cortes en la sección sumado a la falta de sistemas de drenaje provocando la inestabilidad del talud.



Glosario

Talud. Superficie inclinada, con respecto a la horizontal, que adoptan permanentemente o provisionalmente las estructuras de tierra.

Topografía. Estudio de la morfología de superficie de la tierra permite representar las características geométricas de un área.

Análisis de la estabilidad del talud. Proceso en el que se evalúa cuantitativamente la interacción entre las fuerzas (o momentos) estabilizantes o resistentes y las fuerzas (o momentos) desestabilizantes o movilizantes que actúan sobre un talud. A partir de esto, se establecen las condiciones de estabilidad actual o hipotética de ese talud. Usualmente esta condición de estabilidad se expresa en términos de un factor de seguridad. También puede involucrar el análisis de deformaciones del terreno.

Plano de falla. El deslizamiento de la masa de suelo ocurre a través de una única superficie plana, llamada plano de rotura.

Factor de seguridad. Es el valor resultante de dividir la resistencia al corte disponible del suelo, a lo largo de una superficie crítica de deslizamiento, por la resistencia a la corte requerida para mantener el equilibrio (Bishop, 1955)

Método de equilibrio límite. Los métodos de equilibrio límite consisten en dividir la masa de terreno potencialmente inestable en rebanadas verticales, calcular el equilibrio de cada una de ellas y analizar el equilibrio global, para obtener un factor de Seguridad (F) que se define como la relación entre fuerzas/momentos resistentes y fuerzas/momentos desequilibrantes.

Cohesión. Es la propiedad de un material por medio de la cual se mantiene unido a nivel molecular debido a fuerzas internas e independientemente del esfuerzo normal (Bowles, 1982).

Angulo de fricción. La propiedad del ángulo de fricción interna (ϕ) es el parámetro que correlaciona la fuerza de fricción (F_r) y la fuerza normal (F_N) de un material. al estar relacionado con el ángulo de reposo o máximo ángulo posible para la pendiente de un conjunto de dicho material granular.

Peso específico natural. Es la relación entre el peso del suelo y el volumen que ocupa en condiciones naturales.

Gravedad específica de los suelos. Es la relación entre la densidad de la fase sólida del suelo y la densidad del agua.



Peso específico saturado. Es la densidad del suelo considerando la totalidad e los poros saturados.

Resistencia al corte. Es la propiedad de los materiales mediante la cual sus partículas intentan mantenerse unidas en su estado inicial antes de ingresar en una condición de falla.

Límites de consistencia de los suelos. Límites de Atterberg corresponde al contenido de humedad con que una muestra de suelo cambia de una consistencia a otra.

Índice de plasticidad. Parámetro que indica el rango de humedad para el cual un suelo se comporta como un material plástico, es decir que se puede deformar sin cambiar de volumen ($IP = LL - LP$).

Sistema Unificado de Clasificación del suelo (SUCS). Es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo

Grava. Método SUCS si menos del 50% pasa el tamiz N°4

Arena. Método SUCS si más del 50% pasa el tamiz N°4

Limo. Es un sedimento clástico incoherente transportado en suspensión por los ríos y por el viento, que se deposita en el lecho de los cursos de agua o sobre los terrenos que han sido inundados.

Arcilla. Son partículas muy finas y forman barro cuando están saturadas de agua

Falla geológica. Fractura en la corteza terrestre a lo largo de la cual se mueven los bloques rocosos que son separados por ella

Presión de poros. Indica que el agua genera una carga extra en el suelo, disminuyendo la resistencia de los materiales que conforman a la ladera, haciéndolos menos capaces de soportar la fricción.

Esfuerzo. Fuerza por unidad de área transmitida entre las partículas de una masa de suelo.

Esfuerzo Totales. El que resulta de la aplicación de una fuerza o presión sobre una masa de suelo. El esfuerzo total es igual a la suma de los esfuerzos efectivo y neutro.

Esfuerzo Efectivos. La diferencia entre el esfuerzo total en dicha dirección y la presión del agua que existe en los vacíos del suelo.



Deformación. Deformación Mecánica es el cambio en la forma de un material que resulta de la aplicación de fuerza, y es medida por el cambio en su longitud. Ella puede ser de extensión o de compresión.

Presión de Confinamiento. Presión que se ejerce lateralmente mediante un fluido sobre una muestra de suelo en los ensayos de compresión triaxial.

Sección. La sección transversal o topográfica de un camino en un punto de ésta, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

Pendiente. Es la medida de la inclinación del talud. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación $m/1$, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical.

Perfil del talud. Los perfiles longitudinales, son los planos en los que se reflejan las diferencias altimétricas de un itinerario o de dos puntos en concreto, reflejando en dichos planos las distintas pendientes y distancias parciales y a origen de la traza (trayecto).

Sondaje eléctrico vertical. El Sondeo Eléctrico Vertical es una prueba que se usa para conocer la distribución de resistividad del suelo. Dadas las propiedades eléctricas de los materiales que constituyen del subsuelo, éste manifiesta un determinado comportamiento ante el paso de corriente eléctrica.

Infiltración de los suelos. La infiltración es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo. La tasa de infiltración, en la ciencia del suelo, es una medida de la tasa a la cual el suelo es capaz de absorber la precipitación o la irrigación. Se mide en pulgadas por hora o milímetros por hora.

Nivel freático. El nivel freático, también conocido como capa freática, manto freático o napa freática, corresponde a la superficie que toma los puntos donde la presión del agua y la presión atmosférica son iguales.

GEO5. Es un poderoso paquete de software para resolver tareas geotécnicas basado en métodos analíticos tradicionales y en el método de elementos finitos.

Drenaje. El drenaje significa la evacuación del agua mediante instalaciones artificiales.



Muros de contención. Se denomina muro de contención a un tipo estructura de contención rígida, destinada a contener algún material, generalmente suelo.

Gavión. Es un tipo de muro de contención constituido por una caja de malla metálica rellena con material granular o bolonería dispuesta adecuadamente; trabaja principalmente a peso propio.

Ensayo de compresión triaxial. Es un procedimiento por el cual se obtiene propiedades de resistencia al corte de un suelo mediante el uso de una máquina establecida y normada.

Compacidad. Es el grado de compactación con respecto a su máxima densidad.



Conclusiones

- Se logro demostrar la hipotesis general que dice ***“La estabilidad del talud del tramo 23+710, Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro no supera el factor mínimo de seguridad de 1.50, por lo tanto, se considera inestable, siendo una propuesta de estabilización la modificación de la sección del talud mediante la reducción de la pendiente, incorporación de muros de contención (gaviones) y sistema de drenaje.”*** Pues al realizar el análisis se obtuvieron factores 0.94, 1.17 y 1.35 para las secciones 01, 02, 03 respectivamente los cuales no superan el factor de seguridad mínimo de 1.50 que establece la normativa nacional CE020 Estabilización de suelos y taludes y mediante la implementación de la propuesta establecida se logró incrementar los factores de seguridad a 1.55, 1.51 y 1.50 para las mismas secciones llegando a superar el factor de seguridad mínimo requerido.
- Se logro demostrar la subhipotesis número 01 que dice ***“Los parámetros físico mecánicos de los suelos para el análisis de estabilidad del talud del tramo 23+710, Carretera Yaurisque–Ranraccasa–Paruro, Cusco, 2022 son la Cohesión, Angulo de Fricción interna y Peso Específico.”*** Puesto que para realizar el análisis de la estabilidad del talud mediante los métodos de equilibrio limite son necesarios los parámetros de resistencia al corte y las densidades en las condiciones naturales y saturadas.
- Se logro demostrar la subhipotesis número 02 que dice ***“Los parámetros topográficos para el análisis de estabilidad del talud, tramo 23+710, Carretera Yaurisque–Ranraccasa–Paruro, Cusco, 2022 son la pendiente transversal, altura y longitud del talud.”*** puesto que la pendiente transversal es inversamente proporcional a la estabilidad del talud además que la longitud y la altura del talud determinan el espacio disponible para la propuesta de estabilización.
- Se logro demostrar la subhipotesis numero 03 la cual dice ***“El factor de seguridad del talud, tramo 23+710, Carretera Yaurisque–Ranraccasa–Paruro, Cusco, 2022 se encuentra por debajo de 1.50”*** Pues al realizar el análisis se obtuvieron factores 0.94, 1.17 y 1.35 para las secciones 01, 02, 03 respectivamente los cuales no superan el factor de seguridad mínimo de 1.50 que establece la normativa nacional CE020 Estabilización de suelos y taludes.
- Se logro demostrar la subhipotesis número 04 ***“El factor de seguridad con la propuesta de reducción de la pendiente, incorporación de muros de contención(gaviones) y sistema de drenaje, tramo 23+710 Carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro Cusco 2022, supera el valor mínimo de 1.5.”*** puesto que mediante la implementación de la propuesta establecida



se logró incrementar los factores de seguridad a 1.55, 1.51 y 1.50 para las mismas secciones llegando a superar el factor de seguridad mínimo requerido.



Recomendaciones

- Se recomienda que para futuras investigaciones referidos al tema de estabilización de taludes realizar ensayos que nos den un mejor entendimiento de los suelos presentes en el talud de estudio como el ensayo de penetración estándar ya que debido a factores económicos no se puede realizar en la presente investigación.
- Es de suma importancia para la elección de un sistema de estabilización de taludes considerar factores topográficos del lugar, factores económicos y los aspectos geotécnicos.
- Existen una variedad de softwares para el análisis de la estabilidad de los taludes, la elección del programa dependerá de la accesibilidad con la que se cuente, considerar como se quiere estabilizar el talud y lo más importante los datos necesarios para el procesamiento en el programa.
- Se recomienda proponer nuevos sistemas de estabilización como los de sistemas de anclaje, muros pantalla, refuerzo estructural del suelo y sistemas de drenaje.
- Se recomienda que además de plantear un sistema de estabilización de taludes se haga la búsqueda de otras soluciones que salvaguarden los taludes en riesgo a deslizamiento; como la reforestación, cunetas de coronación y sistemas de estabilización más amigables con el medio ambiente.
- Se debe de tener en cuenta que no existiendo un sistema de estabilización de taludes y un diseño de taludes exclusivo y único existen propuestas de solución para los distintos problemas de estabilización de taludes algunos similares, existen diversos, pero siempre se debe tomar con mayor consideración los criterios costos y presupuestos de cada proyecto.
- Se recomienda hacer un análisis sísmico de la estabilidad del talud a mediano y largo plazo consideran factores de carga.
- Se recomienda implementar un plan de monitoreo y de seguimiento del talud estabilizado sobre todo una verificación de la estabilidad después de la época de lluvias.
- Se recomienda realizar el cálculo del factor de seguridad para el talud de estudio mediante otros métodos, como el método de elementos finitos, método de elementos discretos y análisis en 3D ya que estos métodos son compatibles con una gama de softwares siendo lo más importante no el conocimiento del software si no la interpretación, los parámetros de entrada y el conocimiento de los métodos de esta forma comparar los valores de factor de seguridades obtenidas y poder elegir el valor que sea más crítico.
- Se recomienda una intervención en el talud de estudio por parte de las autoridades competentes, pues el desinterés mostrado hasta la fecha podría con llevar consecuencias



económicas y hasta la pérdida de vidas humanas. Pues se verifico que el talud no alcanzo su grado de estabilidad.

- Se recomienda para trabajos posteriores ampliar el área del levantamiento topográfico además de tener sumo cuidado en el proceso del levantamiento debido a que al no tomar las consideraciones de seguridad pertinentes se podrían suscitar accidentes, como caídas, atropellamientos etc.
- Se recomienda el cálculo del factor seguridad considerando nuevas superficies de falla del talud, además de aumentar el cálculo en varios perfiles del talud.
- Se recomienda para la realización de estudios similares, obtener las muestras de campo en temporadas de lluvias así verificar el comportamiento del talud en condiciones saturadas además realizar el estudio del comportamiento de los suelos al contacto directo con el agua.
- Realizar un estudio de estabilidad de taludes considerando las propiedades elásticas del suelo como el módulo de elasticidad, coeficiente de poisson y modulo edometrico.
- Se recomienda una exploración más profunda para así determinar los estratos y sus propiedades geotécnicas. Para así elaborar un perfil litológico del talud de estudio.



Referencias

- Ashford, S. A., & Sitar, N. (1994). *Seismic response of steep natural slopes*. University of California at Berkeley. California: University of California at Berkeley.
- Badillo, E. (2010). *Mecánica de suelos tomo I*. México DF, México: Limusa.
- Beneyto, P. (2011). Análisis de Estabilidad de Taludes mediante Técnicas de Optimización Heurística. Asociación Argentina de Mecánica Computacional.
- Beneyto, P. (2011). Análisis de Estabilidad de Taludes mediante Técnicas de Optimización Heurística. Asociación Argentina de Mecánica Computacional.
- Bojorque Ñiguez, J. (2011). Métodos para el análisis de la estabilidad de pendientes. *Revista semestral de la DIUC*.
- Borselli Matriz, L. (2017). *Geotecnia I*.
- Borselli, L. (2017). *Geotecnia I*.
- Bowles, J. (1982). *Propiedades geofísicas de los suelos*. Bogotá, Colombia: Editorial McGraw Hill.
- Bowles, J. E. (1981). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil*. Mexico: McGraw - Hill.
- Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis and Design*. Singapore: McGraw-Hill.
- Carlotto Caillaux, V., & Cardénas Roque, J. (2011). *Geología del Cuadrangulo de Cusco Hoja 28-s, Boletín N°138 Serie A, Carta Geológica Nacional*. Lima: INGEMMET.
- Castro, G., Poulos, S. J., & Leathers, F. (1985). Re-Examination of Slide of Lower San Fernando Dam. *Journal of Geotechnical Engineering*, 1.093-1.107.
- Catanzariti, F. (2017). *Estabilidad de taludes*. Obtenido de GeoStru.
- Clough, R. W., & Woodward III, R. J. (1967). *Analysis of Embankment Stresses and Deformations*. Reston: Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE.
- Das, B. (2003). *Fundamentos de ingeniería geotecnia*. Sacramento, California: Cengage Learning Editores, S.A. .



- DAS, B. (2003). *Fundamentos de ingeniería geotecnia*. Sacramento, California: Cengage Learning Editores, S.A. .
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Mexico D.F.: Cengage Learning Editores.
- De Matteis, A. F. (2003). *Geología y Geotecnia, Tema: Estabilidad de Taludes*. Rosario: Universidad Nacional de Rosario.
- E030, R. N. (2016). Norma E.030. Diseño sismorresistente. *Norma E.030. Diseño sismorresistente*. Lima, Lima, Peru: Ministerio de Vivienda, Contrucción y Saneamiento de Perú.
- Editor Geoxnet. (15 de Septiembre de 2019). *Geología Estructural*. Obtenido de Geoxnet.com: <https://post.geoxnet.com/geologia-estructural/>
- Escobar P., C. E., & Duque-Escobar, G. (2017). *Geotecnia para el tropico andino*. Manantiales, Colombia.
- Finn, W. L. (1988). Dynamic analysis in geotechnical engineering. *Proceedings of earthquake engineering and soil dynamics II-Recent Advanced in ground motion evaluation*. Edd. Park City, Utah, USA: Geotechnical Special Publication No. 20.
- Fredlund, D. G., & Krahn, J. (4 de Abril de 1977). Comparison of slope stability methods of analysis. Saskatoon, Sask, Canada: Universidad of Saskatchewan.
- Geosuport*. (2011). Obtenido de Geotecnia.info.: <http://www.geosuport.com>
- Gobierno del Peru. (27 de Abril de 2021). *Plataforma digital única del Estado Peruano*. Obtenido de Plataforma digital única del Estado Peruano: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1924784/Plan%20de%20accion%202021.pdf.pdf>
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *INGENIERÍA GEOLÓGICA*. Madrid: PRENTICE HALL.
- González, I. S. (2016). *DOCPLAYER*. Obtenido de LABORATORIO DE SUELOS ENSAYO 2. CORTE DIRECTO: <https://docplayer.es/21096890-Laboratorio-de-suelos-ensayo-2-corte-directo.html>



- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F. , Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Houston, S., Houston, W., & Padilla, M. (1987). Microcomputer-Aided Evaluation of Earthquake-Induced Permanent Slope Displacements. *Microcomputers in civil engineering*, 207-222.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico(INGEMMET). (2009). Mapa Geologico del cuadrangulo de Cusco. *Mapa Geologico del cuadrangulo de Cusco*.
- INVIAS. (2013). Especificaciones generales de construcción de carreteras. *Especificaciones generales de construcción de carreteras*. Bogotá.
- Koerner, R. M. (2005). *Designing with Geosynthetics*. (E. Svendsen, Ed.) New Jersey: ECS.
- Lucas, L. (2014). *Taller básico de mecánica de suelos*. Lima, Peru: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Luna Saez, D. R. (2003). Estandarización de ensayos de conductividad hidráulica de campo para el diseño de obras de infiltración. 18, 19.
- Márquez , J. (2006). *Mécanica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería*.
- Montes De Oca, M. (2004). *Topografía*. Mexico D.F: Alfaomega.
- MTC. (2000).
- MTC. (2013). MANUAL DE CARRETERAS SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS- SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS.
- MTC. (2017). Manual de Ensayo de Materiales RD N° 18 – 2016.
- Newmark, N. M. (1965). Effects of earthquakes on dams and embankments. *Geotechnique*, 139-160.
- OPS. (1997). *nzdl.org*. Recuperado el 25 de 08 de 2022, de nzdl.org: <http://www.nzdl.org/cgi-bin/library?e=d-00000-00---off-0who--00-0---0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0-0-11----0-1-&a=d&c=who&cl=CL1.51&d=HASHd37a7ce242dd72ff1df4d2.5.6>



- Park, D. S., & Kutter, B. L. (2015). Static and seismic stability of sensitive clay slopes. En *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* (págs. 118-129). Los Angeles: ISSN 0267-7261.
- Pérez de Ágreda, E. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga, Colombia.
- Prevost, J. H., Abdel-Ghaffar, A. M., & Lacy, S. (1985). Nonlinear Dynamic Analyses of an Earth Dam. *Journal of Geotechnical Engineering*, 882-897.
- Puga Lagos, P. E. (Septiembre de 2012). ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD EN ARENAS . *ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD EN ARENAS* . Concepcion, Concepcion, Chile: UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION.
- PYMET Proyectos y mediciones Topográficas S.L. (2022). *Levantamiento Topografico*. Obtenido de PYMET Proyectos y mediciones Topográficas S.L.
- Ramirez , T. (1999). *Como hacer un proyecto de investigación*. Caracas: Panapo.
- Ricardo Valiente Sanz, S. S. (2015). Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo. *Revista CIVILIZATE N° 7*.
- Rodriguez, R. (20 de Enero de 2012). *Litoestratigrafía*. Obtenido de Geología Venezolana: <https://geologiavenezolana.blogspot.com/2012/01/litoestratigrafia.html>
- Ruelas Gomez, R. (s.f.). *www.Ruelsa.com*. Recuperado el 2022, de <https://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe70.html>
- Suarez Diaz, J. (20 de Marzo de 2012). *Deslizamientos. Tomo II: Técnicas de Remediación*. Obtenido de EROSION.COM.CO: <https://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-ii-tecnicas-de-remediacion/>
- Suarez, D. J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga, Colombia: Ingeniería de Suelos Ltda.
- Ugai, K., & Leshchinsky, D. (Diciembre de 1995). *ScienceDirect.com*. Recuperado el 25 de Agosto de 2022, de *ScienceDirect.com*: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038080620312762>



Urrutia , V. P. (01 de 12 de 2011). Análisis dinámico de estabilidad por elementos finitos de los taludes de la Costa Verde en el distrito de Miraflores. *Análisis dinámico de estabilidad por elementos finitos de los taludes de la Costa Verde en el distrito de Miraflores*. LIMA, LIMA, PERU: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Valiente Sanz, R., Sobrecases Martí, S., & Díaz Orrego, A. (2015). Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo. *Revista CIVILIZATE* N° 7.

Vaniček, I. (2000). *Mechanika zemin* (3th edition ed.). Prague.

Villanueva, A. Q. (2004). *TALLER BÁSICO DE MECÁNICA DE SUELOS - Ensayo de Corte Directo*. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - Facultad de Ingeniería Civil. Obtenido de <http://www.lms.uni.edu.pe/EXPOSICIONES/CorteDirecto.pdf>

wikipedia. (15 de Abril de 2021). *wikipedia*. Obtenido de Distrito de Paruro: https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Paruro

Wong, F. S. (1984). Uncertainties in FE modeling of slope stability. *Computers & Structures*, 777-971.

Zuloaga, I. (4 de Abril de 2014). *Diccionario de geotecnia - geotecnia.ONLINE*. Obtenido de Diccionario de geotecnia - geotecnia.ONLINE: <https://www.diccionario.geotecnia.online/palabra/modulo-edometrico/#:~:text=Se%20trata%20de%20un%20par%C3%A1metro,para%20determinados%20valores%20de%20carga>.