

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Geomallas para mejorar la estabilidad de la pendiente del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco, 2024”

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

AUTORA: Arrieta Rodriguez, Deissy Milagros

ASESOR: Davila Herrera, Percy Mello

HUÁNUCO – PERÚ

2026

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Geotecnia

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 76201745

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 41050949

Grado/Título: Maestro en Ingeniería, con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible

Código ORCID: 0000-0001-5484-6982

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Suarez Landauro, Reynaldo Favio	Maestro en gestión pública	22498065	0000-0002-4641-3797
2	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769

D

H



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 18:00 horas del día miércoles 17 de diciembre de 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

- | | |
|--------------------------------------|------------|
| ❖ MG. REYNALDO FAVIO SUAREZ LANDAURO | PRESIDENTE |
| ❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA | SECRETARIO |
| ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2776-2025-D-FI-UDH para evaluar la Tesis intitulada: "GEOMALLAS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENDIENTE DEL TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO - HUÁNUCO, 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach: Deissy Milagros ARRIETA RODRIGUEZ, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

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

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) Aprobado por Unanimidad con el calificativo cuantitativo de 12 y cualitativo de Suficiente (Art. 47).

Siendo las 18:45 horas del día 17 del mes de diciembre del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. REYNALDO FAVIO SUAREZ LANDAURO
DNI: 18206328
ORCID: 0000-0003-4008-7633

PRESIDENTE

MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
DNI 70502371

ORCID: 0000-0002-5650-3745

SECRETARIO (A)

MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO

DNI: 41891649

ORCID: 0000-0001-8392-1769

VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD TURNITIN



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: DEISSY MILAGROS ARRIETA RODRIGUEZ, de la investigación titulada "GEOMALLAS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENDIENTE DEL TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO - HUÁNUCO, 2024", con asesor(a) PERCY MELLO DAVILA HERRERA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1338-2025-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 22 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

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

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

Huánuco, 27 de agosto de 2025



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



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

PRIMERA HOJA DEL RESULTADO DE TURNITIN

191. ARRIETA RODRIGUEZ DEISSY MILAGROS.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

6%

2

repositorio.uta.edu.ec

Fuente de Internet

4%

3

pdfcoffee.com

Fuente de Internet

3%

4

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

2%

5

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

A mi familia por su apoyo incondicional durante este viaje difícil, quienes han sido una fuente constante de inspiración para mí.

AGRADECIMIENTO

Por su sabiduría, orientación y apoyo constante en mi búsqueda de conocimiento, agradezco a mis maestros. Particularmente agradezco a mi asesor, cuya paciencia y experiencia fueron cruciales.

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCION.....	xii
CAPÍTULO I	14
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	14
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	15
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	15
1.3 OBJETIVOS	16
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.4 JUSTIFICACIÓN	16
1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEORICA	16
1.4.2 JUSTIFICACIÓN PRACTICA.....	16
1.4.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	17
1.5 LIMITACIONES.....	17
CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	18
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES	20
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES	22
2.2 BASES TEÓRICAS O MARCO CONCEPTUAL	23
2.2.1 ESTABILIDAD DE TALUD	23
2.2.2 ÍNDICE DE ESTABILIDAD.....	24
2.2.3 ENFOQUE DEL EQUILIBRIO LÍMITE	25

2.2.4 SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y REFUERZO	26
2.2.5 GEOMALLAS.....	27
2.2.6 ASPECTO GENERALES DE LA APLICACIÓN DE GEOMALLAS.....	28
2.2.7 TIPOS DE GEOMALLAS	29
2.2.8 APLICACIÓN DEL PROGRAMA SLIDE	33
2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	35
2.4 HIPÓTESIS	36
2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	36
2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	36
2.5 VARIABLES	37
2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE	37
2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE	37
2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	38
CAPÍTULO III.....	39
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	39
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	39
3.1.1 ENFOQUE	39
3.1.2 ALCANCE O NIVEL.....	39
3.1.3 DISEÑO	39
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	40
3.2.1 POBLACIÓN	40
3.2.2 MUESTRA	40
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	41
3.4 TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.....	42
CAPÍTULO IV	43
RESULTADOS	43
4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS	43
4.1.1 TOPOGRAFÍA DE ESTUDIO.....	43
4.1.2 CARACTERÍSTICA GEOTÉCNICAS.....	48
4.1.3 MODELAMIENTO EL TALUD DEL KM 353+800 Y KM 354+400.....	49

4.1.4 ANÁLISIS DEL TALUD KM 353+800.....	50
4.1.5 ANÁLISIS DEL TALUD KM 354+400.....	53
4.1.6 APLICACIÓN DE GEOMALLA EN EL TALUD KM 353+800...	56
4.1.7 ANÁLISIS DEL TALUD KM 353+800 CON GEOMALLAS...	57
4.1.8 ANÁLISIS DEL TALUD KM 354+400 CON GEOMALLAS...	60
4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	64
4.2.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS	64
4.2.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	64
CAPÍTULO V.....	71
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	71
CONCLUSIONES.....	72
RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Enfoques del método de equilibrio limite	26
Tabla 2 Sistemas de refuerzo y protección de taludes	27
Tabla 3 Cuadro de Operacionalización de variable, dimensión e indicador de la investigación	38
Tabla 4 Coordenadas UTM de la exploración topográfica de los taludes.....	43
Tabla 5 Características del talud km 353+800 y km 354+400	45
Tabla 6 Las coordenadas del talud 1 (km 353+800).....	46
Tabla 7 Las coordenadas del talud 2 (km 354+400).....	46
Tabla 8 Clasificación SUCS de la muestra del km 353+800 y km 354+400	48
Tabla 9 Características del suelo del km 353+800 y km 354+400.....	48
Tabla 10 Resumen de los Índices de Estabilidad Calculados del talud 1	52
Tabla 11 Resumen de los Índices de Estabilidad Calculados del talud 2	55
Tabla 12 Resumen de los Índices de Estabilidad Con Geomallas del Talud 1	59
Tabla 13 Resumen de los Índices de Estabilidad Con Geomallas del Talud 2	62
Tabla 14 Prueba t de Student para la hipótesis General talud 1.....	64
Tabla 15 Prueba t de Student para la hipótesis General	65
Tabla 16 Prueba t de Student para la hipótesis Especifica 1	67
Tabla 17 Prueba t de Student para la hipótesis Especifica 2.....	68
Tabla 18 Prueba t de Student para la hipótesis Especifica 3.....	69
Tabla 19 Prueba t de Student para la hipótesis Especifica 4.....	70
Tabla 20 La matriz de consistencia de la investigación	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Nomenclatura de las partes de un talud y ladera	24
Figura 2 Índices mínimos establecidos por varias normas	25
Figura 3 Estructura de una geomalla uniaxial	29
Figura 4 Estructura de una geomalla biaxial	30
Figura 5 Estructura de una geomalla tridimensional.....	31
Figura 6 Estructura de una geomalla de fibra de vidrio	31
Figura 7 Estructura de una geomalla tejida	32
Figura 8 Estructura de una geomalla soldada	33
Figura 9 Ejemplo representativo del uso programa de análisis	34
Figura 10 Topografía del entorno del km 353+800 hasta 354+400	45
Figura 11 Perfil longitudinal del talud 1.....	47
Figura 12 Perfil longitudinal del talud 2.....	47
Figura 13 Sección geométrica del talud km 353+800.....	49
Figura 14 Sección geométrica del talud km 354+400.....	49
Figura 15 Índice de estabilidad por Bishop del talud 1	50
Figura 16 Índice de estabilidad por Fellenius del talud 1	51
Figura 17 Índice de estabilidad por Spencer del talud 1	51
Figura 18 Índice de estabilidad por GLE/Morgenstern Price del talud 1	52
Figura 19 Gráfico de confrontación de los Índices Calculados del Talud 1	53
Figura 20 Índice de estabilidad por Bishop del talud 2	53
Figura 21 Índice de estabilidad por Fellenius del talud 2.....	54
Figura 22 Índice de estabilidad por Spencer del talud 2.....	54
Figura 23 Índice de estabilidad por GLE/Morgenstern Price del talud 2	55
Figura 24 Gráfico de confrontación de los Índices Calculados del Talud 2	56
Figura 25 Dimensiones asignadas a la Geomalla y anclaje en el talud 1 (km 354+800)	56

Figura 26 Dimensiones asignadas a la Geomalla y anclaje en el talud 2 (km 354+400)	57
Figura 27 Índice de estabilidad con Geomallas por Bishop del talud 1	57
Figura 28 Índice de estabilidad con Geomallas por Fellenius del talud 1	58
Figura 29 Índice de estabilidad con Geomallas por Spencer del talud 1	58
Figura 30 Índice de estabilidad con Geomallas por GLE/Morgenstern-Price del talud 1	59
Figura 31 Gráfico de comparación de los Índices Con Geomallas del Talud 1	60
Figura 32 Índice de estabilidad con Geomallas por Bishop del talud 1	60
Figura 33 Índice de estabilidad con Geomallas por Fellenius del talud 1	61
Figura 34 Índice de estabilidad con Geomallas por Spencer del talud 1	61
Figura 35 Índice de estabilidad con Geomallas por GLE/Morgenstern-Price del talud 1	
Figura 36 Gráfico de comparación de los Índices Con Geomallas del Talud 2	63
Figura 37 Gráfico de comparación para la Prueba de Hipótesis General talud 1	65
Figura 38 Gráfico de comparación para la Prueba de Hipótesis General talud 2	66
Figura 39 Plano de ubicación y localización de la investigación	86
Figura 40 Plano topográfico de lugar de estudio	155

RESUMEN

En esta investigación, se evaluó el efecto de las geomallas para mejorar la estabilidad de pendientes del tramo km 353+100 - km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.

El estudio se enfocó en dos pendientes particulares: km 353+800 y km 354+400. La metodología combinó ensayos geotécnicos y modelamiento numérico para comparar resultados. Los ensayos de laboratorio permitieron determinar las características geotécnicas de los suelos. Para la pendiente km 353+800 se obtuvo un ángulo de fricción interna de 20.50° , un peso unitario de 16.85 kN/m^3 y una cohesión de 14.80 kN/m^2 ; mientras que para la pendiente km 354+400 se registró un ángulo de fricción interna de 19.85° , un peso unitario de 16.06 kN/m^3 y una cohesión de 15.03 kN/m^2 .

Asimismo, se realizaron simulaciones mediante el software Slide para evaluar los factores de seguridad en condición estática, con y sin la implementación de geomallas. Los índices de estabilidad sin geomallas variaron entre 1.272 y 1.363, evidenciando inestabilidad al encontrarse por debajo del valor mínimo recomendado de 1.50 para condiciones normales. Luego de aplicar la simulación con geomallas, los índices de estabilidad aumentaron significativamente, alcanzando valores entre 1.845 y 2.481, superando el mínimo recomendado, demostrando que las geomallas incrementan eficazmente la estabilidad de las pendientes.

Finalmente, la investigación mostró que el uso de geomallas constituye una alternativa efectiva para mejorar la estabilidad de las pendientes en el tramo evaluado, proporcionando un aumento significativo en los índices de estabilidad y, por ende, mejorando la seguridad vial y la durabilidad de la infraestructura.

Palabras Claves: Geomallas, estabilidad de pendientes, mecánica de suelos, modelación geotécnica, carretera Cerro de Pasco–Huánuco, programa Slide.

ABSTRACT

This research evaluated the effect of geogrids on improving slope stability along the section of the Cerro de Pasco–Huánuco highway between km 353+100 and km 355+300.

The study focused on two specific slopes: km 353+800 and km 354+400. The methodology combines geotechnical tests and numerical modeling to compare results. Laboratory tests allowed for the determination of the soil's geotechnical characteristics. For the km 353+800 slope, an internal friction angle of 20.50° , a unit weight of 16.85 kN/m^3 , and a cohesion of 14.80 kN/m^2 were obtained. For the slope at km 354+400, an internal friction angle of 19.85° , a unit weight of 16.06 kN/m^3 , and a cohesion of 15.03 kN/m^2 were recorded.

Simulations were also performed using Slide software to evaluate the safety factors under static conditions, with and without the implementation of geogrids. The stability indices without geogrids ranged from 1.272 to 1.363, indicating instability as they fell below the minimum recommended value of 1.50 for normal conditions. After applying the simulation with geogrids, the stability indices increased significantly, reaching values between 1.845 and 2.481, exceeding the minimum recommended value and demonstrating that geogrids consistently increase slope stability.

Finally, the research demonstrated that the use of geogrids constitutes an effective alternative to improve the stability of the slopes in the evaluated section, providing a significant increase in stability indices and, therefore, improving road safety and the sustainability of the infrastructure.

Keywords: Anchored geogrids, slope stability, soil mechanics, geotechnical modeling, Cerro de Pasco–Huánuco highway, Slide program.

INTRODUCCION

En las zonas inestables, como la que comprende el tramo km 353+100 - km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco, es fundamental la estabilidad de las pendientes. Los problemas de estabilidad en este tramo afectan no solo la seguridad vial sino también la durabilidad de la infraestructura. Para asegurar la integridad de la vía y la seguridad de los usuarios, es fundamental implementar soluciones eficaces y sostenibles.

El estudio actual analiza el impacto de las geomallas en la mejora de la estabilidad de las pendientes. En la ingeniería civil se emplean con frecuencia las geomallas para estabilizar y reforzar los suelos; Sin embargo, es necesario realizar estudios minuciosos para verificar su efectividad en situaciones particulares.

Para lograrlo, se realizó un análisis minucioso de la mecánica del suelo, el cual arrojó datos importantes como peso unitario, ángulo de fricción interna y cohesión. Para simular el comportamiento del talud en el programa geotécnico Slide, se implementó el método de equilibrio límite. Los índices de estabilidad obtenidos antes y después de la aplicación de las geomallas se compararán.

Enfatizando la eficacia de las geomallas en la estabilización de taludes, los hallazgos de este estudio ofrecen una base sólida para la toma de decisiones en ingeniería geotécnica y vial.

Por consiguiente, la tesis está organizada en los siguientes capítulos:

El problema de la investigación y los objetivos de la investigación se describen en el **Capítulo I**. Además, se analizan las motivaciones para llevar a cabo el estudio, sus limitaciones y su viabilidad.

Se inicia con una revisión de los antecedentes a nivel nacional, local e internacional. El marco teórico de la investigación se aborda en el **Capítulo II**. Los términos clave y los fundamentos teóricos asociados con las variables de estudio se presentan después. También se elaboran las hipótesis específicas y generales, se identifican las variables y se crea una matriz de consistencia para su evaluación.

El tipo, el enfoque, el nivel y el diseño de la investigación se establecen en el **Capítulo III**. Se detallan la muestra y la población del estudio, así como

las técnicas y herramientas utilizadas para recopilar, presentar, analizar e interpretar los datos.

El **Capítulo IV** analiza el procedimiento de procesamiento de datos de la investigación, así como la prueba y contrastación de las hipótesis establecidas.

La comparación de los resultados, las conclusiones y las recomendaciones que surgieron del estudio se trata en el **Capítulo V**. Finalmente, se incluyen los anexos de la investigación y las referencias bibliográficas pertinentes.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La inestabilidad de taludes o pendientes ha sido un problema constante a nivel mundial que ha afectado a muchas áreas. La variabilidad climática, los cambios en los patrones de lluvia y las características geológicas de los terrenos son solo algunas de las variables que han contribuido a la aparición de deslizamientos de tierra y desprendimientos de rocas en diferentes partes del mundo. Estos eventos plantean cuestiones económicas y ambientales importantes, así como una amenaza para la infraestructura y la seguridad de las comunidades (Graux, 1975).

Este problema afecta a todo el país. La estabilidad de las pendientes es importante en muchas áreas debido a las laderas empinadas y las diversas condiciones geográficas. La vulnerabilidad de estas áreas a fenómenos naturales, como las intensas precipitaciones, se ha visto exacerbada por las alteraciones de la cubierta vegetal, la deforestación y el desarrollo urbano desordenado. La inestabilidad de los taludes tiene un impacto evidente en los daños a las carreteras, la pérdida de vidas humanas y la interrupción de servicios esenciales (Peña et al., 2023).

Se han propuesto varias soluciones a nivel nacional e internacional para abordar esta cuestión. Las geomallas se han convertido en una alternativa ingeniosa y efectiva para abordar los problemas y mejorar la estabilidad de las pendientes. Este sistema se basa en la instalación de geomallas o geotextiles anclados al terreno con pernos o anclajes, creando una red de refuerzo que contrarresta las fuerzas que pueden provocar desprendimientos de tierra.

La situación en el kilómetro 353+100 hasta el kilómetro 355+300 de la carretera Cerro de Pasco a Huánuco es similar. Las condiciones climáticas, como las lluvias intensas y la topografía accidental, hacen que las pendientes de esta región sean inestables. Además, las propiedades del suelo local contribuyen a la vulnerabilidad de estas áreas. La interrupción de la carretera debido a pasos más pequeños ha causado

inconvenientes para el transporte y costos elevados de reparación y mantenimiento.

Basándonos en esta problemática se está proponiendo la implementación de geomallas como alternativa de solución para los deslizados en el tramo del km 353+100 al km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco en Huánuco, con el fin de encontrar una solución efectiva y sostenible. El propósito de esta investigación es evaluar la idoneidad y eficacia de esta estrategia en el contexto específico de esta región con el fin de ofrecer una solución que garantice la seguridad de la infraestructura vial y, en última instancia, la seguridad de la comunidad.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el efecto de las geomallas para mejorar la estabilidad de pendientes del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿El estudio de mecánica de suelos influye en mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco?
- ¿La topografía de la pendiente del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco influye a mejorar la estabilidad con geomallas?
- ¿Cuál es el enfoque de análisis más adecuado para mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas en el tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco?
- ¿Cuáles son los índices de estabilidad cuando se mejora la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de las geomallas para mejorar la estabilidad de pendientes del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el estudio de mecánica de suelos para mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.
- Realizar el levantamiento de la topografía de la pendiente del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco para mejorar la estabilidad con geomallas.
- Realizar el análisis con el enfoque más adecuado para mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas en el tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.
- Calcular los índices de estabilidad cuando se mejora la estabilidad de la pendiente con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.

1.4 JUSTIFICACIÓN

1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEORICA

La justificación teórica de esta investigación se basó en la geotecnia y la mecánica del suelo, que son campos fundamentales para comprender el comportamiento de los suelos y las pendientes. Además, se relaciona con la ingeniería de carreteras y la geotecnología, áreas de estudio cruciales para el diseño y mantenimiento de infraestructuras viales.

Además, la teoría de las geomallas como técnica de estabilización de pendientes también fue la base de la investigación. Estas geomallas se utilizan ampliamente en la ingeniería civil, pero es necesario evaluar y validar su eficacia en este contexto específico.

1.4.2 JUSTIFICACIÓN PRACTICA

En el tramo de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco que va desde el kilómetro 353+100 hasta el kilómetro 355+300, hay problemas de estabilidad de pendiente que podrían tener un impacto significativo en la

seguridad vial y en el mantenimiento de la infraestructura, para garantizar la seguridad de los conductores y la integridad de la carretera, es fundamental abordar estas cuestiones.

Entonces como justificación practica y estrategia viable para mejorar la estabilidad de la pendiente en esta área fue la simulación de implementación de geomallas en el programa Slide. Sin embargo, es fundamental evaluar de manera científica y precisa si este sistema realmente proporciona el nivel de estabilidad requerido. Esta investigación tuvo como objetivo proporcionar una base sólida para las decisiones sobre ingeniería de pendientes

1.4.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La justificación con respecto a la metodología de esta investigación implico una combinación de métodos técnicos y científicos. Se llevó a cabo un estudio exhaustivo de la mecánica del suelo en el área del tramo de la carretera en cuestión. Además, se llevó a cabo un levantamiento topográfico para obtener una mejor comprensión de la topografía de la pendiente.

Se utilizaron métodos específicos de ingeniería geotécnica para analizar los datos recopilados. En síntesis, se basó en teorías y conceptos de investigación establecidos en ingeniería geotécnica y empleo una metodología científica para lograr sus objetivos.

1.5 LIMITACIONES

Una de las principales limitaciones de esta investigación radico de la limitada disponibilidad de estudios previos y trabajos a nivel local relacionados con la simulación de la aplicación de geomallas en el programa Slide.

La técnica es relativamente nueva, se ha encontrado una notable falta de investigaciones previas que se centren específicamente en simularla y aplicarla con herramientas como el programa Slide.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Yoza (2018) en su tesis que lleva por título: *“Diseño de estabilización biotécnica de talud con geomalla y especie vegetal en la quebrada de Ingapirca de la UNESUM”*; presentada a la Universidad Estatal del Sur de Manabí; con el objetivo de realizar el diseño de estabilización biotécnica del talud en la quebrada utilizando geomalla y especies vegetales, llegando a las siguientes conclusiones:

1) Después de que se realizó el levantamiento topográfico del sitio de investigación, se descubrió que los lineamientos planimétricos y la altimetría del talud eran esenciales para los perfiles de la investigación.

2) El ensayo de suelos reveló la capacidad portante del suelo del talud de estudio, lo que significa que está susceptible a la erosión y el desprendimiento.

3) Las hileras de vegetación sembrada en el talud brindan resistencia al mismo tiempo que evitan la erosión superficial del talud. 4) En caso de que se presente una superficie de fallas, la geomalla extendida sobre todo el talud evita desprendimientos.

Palate (2018) en su tesis que lleva por título: *“Estudio del comportamiento de taludes con mallas metálicas en la vía ecológica Santa Rosa km 3+500 del Cantón Ambato provincia de Tungurahua”*, presentada a la Universidad Técnica Ambato; se planteó como objetivo analizar los taludes con malla metálica en suelos areno-limosos con pendientes de 60 a 90 grados, para así llegar a las siguientes conclusiones:

1) A los resultados de las muestras de suelo tomadas en cada rama, los granulómetros determinaron que el suelo es del tipo areno limoso SM, según lo indica el Sistema de Clasificación Unificada de Suelos (SUCS).

2) El método de cálculo (Fellenius u Ordinario) y la herramienta de diseño computacional (GeoSlope 2012), se determinó un factor de seguridad de 1.219, lo que indica que el talud en estudio tiene un grado

importante de inseguridad debido a que no cumple con el valor mínimo de 1.25 establecido por la CNE 2014.

3) La implementación del sistema de estabilización con mallas triples torsionales dio como resultado un nuevo factor de seguridad de 1.946, lo que representa un aumento del 60% sobre el valor inicial, lo que indica que el sistema en estudio contribuye significativamente a la estabilidad.

4) El parámetro de mayor influencia en el sistema de mallas mecánicas y con el que se estudió es el parámetro de rigidez (2kgf/mm^2), el cual se correlaciona directamente con un aumento en el factor de seguridad, sin tener en cuenta factores como: resistencia del anclaje, geomecánica y propiedades geométricas de los taludes.

5) La variación en la separación de los anclajes (6 anclajes distribuidos y alineados horizontal y verticalmente cada 1,50 m) se eligió en base a la práctica de construcción e instalación en otros proyectos de estabilización que resultaron en seguimiento y credibilidad.

Ases (2021) en su tesis que lleva por título: *“Evaluación de la geomalla en base de fibra de coco para la estabilización de taludes”*, presentado a la Universidad Técnica Ambato, se planteó como objetivo analizar la estabilización del talud mediante la colocación de una geomalla en base de fibra de coco, llegando a las siguientes conclusiones:

1) Las fibras fueron analizadas y colocadas con grapas; en el punto uno se implantó una malla en sentido horizontal de un metro por un metro, con un espaciamiento de 15 cm; esta malla tuvo un desempeño admirable, permitiendo retener agua en sus fibras y contribuyendo a la salud del suelo mediante la presencia de vegetación. se instaló malla vertical de un metro por un metro; sin embargo, esta malla resultó ineficaz ya que no recolectaba suficiente agua.

2) En el punto 3 se sembró metro a metro una red diagonal, la cual no dio buenos resultados, porque no retenía agua en sus fibras. En el punto 4 se aplicó una rejilla conectada horizontal y verticalmente de un metro por un metro. Óptimo para almacenar grandes cantidades de agua en presencia de abundante vegetación.

3) Se encontró que las redes de fibra de coco en las Zonas 1 y 4 eran adecuadas para la estabilización de pendientes, influyendo

significativamente en la forma del tejido de la red, mejorando la retención de agua y las propiedades de dispersión. La vegetación nativa que ayuda a reducir el impacto ambiental. Con base en los resultados, se concluyó que la malla de fibra de coco contribuye a la estabilidad de los taludes.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Vergara (2018) en su tesis que lleva por título: “Estabilización de talud por tres Métodos: Gaviones, Geomalla y Muro de Contención en el Centro Poblado San Juanito Alto Distrito de Guadalupe-Viru- La Libertad”; la cual fue presentada a la Universidad San Pedro; tiene como objetivo determinar una mejor propuesta para estabilizar los taludes, donde logro llegar a las siguientes conclusiones:

1) La progresiva 0+000 - 0+035 km muestra el peligro de deslizamientos de piedras al pie del talud en las imágenes mostradas en el diagnóstico del problema. Debido al tipo de talud y el espacio que abarca al pie del talud que se encuentra muy cerca de las viviendas, esta área es más adecuada para el método de diseño de geomalla.

2) Se realizaron estudios de mecánica de suelos, cuyos resultados arrojaron datos favorables de resistencia del suelo como el Angulo de fricción interna en estos progresivos, así como el estado de degradación de este tipo de suelo rocoso que se ha visto afectado con el tiempo en además de la erosión.

3) En esta progresión nos encontramos en la parte superior con mayor altitud y en la parte inferior con una zona naranja donde podemos proteger nuestras viviendas con muros de contención o gaviones.

4) Se recomienda intentar estabilizar o reducir el riesgo de desestabilización del talud al traer rocas de varios tamaños. La topografía del CP San Juanito Alto es altamente errática, es preferible estabilizar toda la franja con Geomallas, que es más costosa pero más segura y mejora el entorno gracias a la presencia de vegetación.

5) No podemos tratar de prevenir estos intervalos de rocas con muros de contención o gaviones ya que la elevada pendiente que se muestra entre los tramos 0+000 - 0+035, ya que ante un intervalo de estas rocas provocadas por un fuerte sismo, estos podrían Delaware Como resultado, se protegerá el talud con Geomallas, y se colocará una capa de geomanto

orgánico para sembrar plantas de bajo crecimiento , lo que nos permitirá mejorar el paisaje de estos taludes y aportar una mayor calidad de vida a estas personas.

Vera (2019) en su tesis que lleva por título: “Sistema de reforzamiento de geomallas y geotextiles anclados para mejorar la estabilidad del talud en la carretera Sayan – Churín - Lima 2019”; presentada a la Universidad Cesar Vallejo, con el objetivo de evaluar el sistema de reforzamiento de geomallas y geotextiles anclados para mejorar la estabilidad del talud; llegando a las siguientes conclusiones:

1) Se evaluó el sistema de reforzado de geomallas y geotextiles anclados para mejorar la estabilidad en el tranvía 64+600 de la carretera Sayan-Churin, arrojando una mejora del 66.37% en el factor de seguridad como medido por el método de Spencer para el sistema de reforzado de geotextiles por anclados para el sistema de reforzado de geotextiles anclados.

2) Se evaluó el efecto del tipo de caída plana del talud sobre el sistema de reforzado de geomallas y geotextiles anclados para mejorar la estabilidad del talud realizado para el control de erosión, donde obtuvieron un factor de 2.8 utilizando el método de Spencer y la implementación del sistema de anclaje geotextil para la carretera Sayan-Churin factor de seguridad de 2,2 en el tipo de caída plana.

3) Se analizó el impacto del tipo de falla circular del talud en el sistema de reforzamiento de geomallas y geotextiles para controlar el deslizamiento, por el enfoque Spencer encontraron un factor de 1.9 para el tipo de falla circular, mientras que un factor de 2.3 para el tipo de falla circular, donde se implementó el sistema de geotextiles anclados.

Alberca y Rondo (2020) en su tesis que lleva por título: “Estabilización de taludes utilizando geomalla coextruída Mono-Orientada en el tramo de la carretera Samne-Casmiche, Departamento la Libertad”; presentada a la Universidad Cesar Vallejo; con el objetivo de analizar los taludes utilizando geomallas; donde logro llegar a las siguientes conclusiones:

1) El primer talud de nuestra zona de investigación tiene una pendiente de 66.67o y el segundo una pendiente de 29.33o, lo que nos permite inferir que ambos muestran variaciones en sus estructuras. Por lo tanto, al

aumentar la altura y la pendiente, aumenta el riesgo de fallas de cortados, especialmente en las construcciones al borde de la carretera que tienen un alto índice de p.

2) Del estudio de suelos, se descubrió que los primeros taludes tenían ángulos de fricción de 25° y 26°; con cohesiones de 0.005 y 0.008, posteriormente después de realizar el análisis indico que los taludes analizados eran inestables, a pesar de que existían piedras con diámetros notables que podría retener el talud.

3) Después de la evolución en el software GEO5-2019 con el diseño sugerido, se descubrió que el primer talud tenía un factor de seguridad de 1.62 y el segundo 2.06, ambos superiores a 1.5, lo que indicaba que el talud estaba estable.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Rosas (2021) en su tesis: "La utilización de muro de suelo reforzado con geosintéticos y su influencia en la defensa ribereña del proyecto construcción de pozo de bombeo de aguas residuales y defensa ribereña zona Otorongo sector 3 del distrito de Pillco Marca provincia de Huánuco"; presentada a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan; con el objetivo de determinar el funcionamiento del muro de suelo reforzado en la defensa ribereña.

Donde se obtuvo las siguientes conclusiones relacionadas a las geomallas:

1) Los hallazgos de este estudio en cuanto al análisis y diseño del muro de suelo reforzado mecánicamente (geomalla uniaxial FORTGRID UX 75 Y 50) en ribera defensa y protección con Hidromallas Geosteras 80, para el control de la erosión en la cimentación del proyecto, han sido favorables para el análisis de estabilidad externa (deslizamiento, excentricidad "e", capacidad de apoyo y estabilidad).

2) Para la construcción de las estructuras reforzadas se utilizarán geomallas uniaxiales FORTGRID UX 50 y UX 75. Estas geomallas actuarán como refuerzo estructural en cada capa de suelo de 50 cm de espesor a una altura de construcción de 25 cm, permitiéndonos utilizar materiales de la zona de baja capacidad porque serán reforzados por la geomalla, lo que redundará en ahorro de costos del proyecto.

2.2 BASES TEÓRICAS O MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 ESTABILIDAD DE TALUD

Según Paredes (2019), un talud es una masa de suelo cuya superficie externa está inclinada hacia la horizontal. El talud se denomina escalera natural o escalera cuando se forma naturalmente sin la intervención humana.

El talud se produce cuando la inclinación en la masa de suelo es causada por la intervención de la actividad humana, como la excavación o el relleno.

La falla de un talud puede ocurrir en taludes naturales y construidos. Muchos proyectos de ingeniería alteran la topografía, las condiciones de flujo de agua, la pérdida de resistencia y los cambios en el estado de esfuerzo, entre otros factores, afectando o alterando la estabilidad de los taludes.

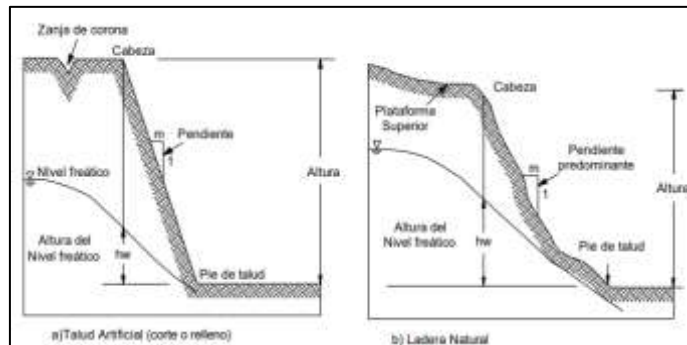
La intención de los análisis de estabilidad de taludes en este caso es determinar la probabilidad de que se desplomen al causar un deslizamiento de la masa de suelo que los forma, con el objetivo de diseñar excavaciones y rellenos que produzcan un talud o afectan la estabilidad de una escalera de manera segura y económica.

Correa et al., (2016) menciona que el objetivo del análisis convencional de estabilidad de taludes en dos dimensiones es determinar la magnitud de las fuerzas o momentos accionantes (que provocan el movimiento) y resistentes (que se oponen al movimiento) que actúan en los suelos que forman el talud.

Para lograrlo anterior, se obtiene un factor de seguridad que está influenciado por las magnitudes de los parámetros que le dieron origen y se calcula la relación entre las fuerzas o momentos resistentes y las fuerzas o momentos actuantes. Por lo tanto, a todo factor de seguridad intrínsecamente se le asocia un grado de incertidumbre.

Figura 1

Nomenclatura de las partes de un talud y ladera



Nota: La imagen muestra las formas geométricas de un talud artificial y natural.

Fuente: Suarez (1998)

2.2.2 ÍNDICE DE ESTABILIDAD

Graux (1975) menciona que el índice de estabilidad o también conocido como factor de seguridad determina la estabilidad de los taludes. Este factor indica la magnitud en que puede reducirse la Resistencia a cortante del suelo para que se produzca el deslizamiento a lo largo de la superficie de la falla más desfavorable. El índice de estabilidad se basa en:

- ❖ Los parámetros del material de la cimentación y el cuerpo del talud, obtenidos a través de la investigación geotécnica, están representados en función de los estados de carga que se deben estudiar al diseño del talud.
- ❖ El método para evaluar la estabilidad.
- ❖ El método para obtener los valores de las presiones de poros y cómo manipularlos durante el análisis de estabilidad.

Un factor de seguridad mínimo (F_{\min}), que indica la magnitud de la reducción que deben experimentar los parámetros de resistencia a cortante del suelo para alcanzar un estado de equilibrio límite, se obtendrá de un talud con geometría establecida y propiedades de suelo definidas. El factor de seguridad mínimo de todas las superficies de falla potenciales debe cumplir con la condición de diseño siguiente:

$$F_{\min} \geq F_{\text{norma}}$$

En el diseño geotécnico se emplea un factor de seguridad global que toma en cuenta u organiza todas las incertidumbres involucradas durante el proceso de diseño, sin importar si se aplica a la resistencia de los geomateriales o a los efectos de las cargas.

De la misma manera, según la Norma Peruana de Estabilización de Suelos y Taludes (CE.020, 2016), el profesional competente debe realizar una evaluación de la condición de estabilidad del talud. El factor de seguridad mínimo para las solicitudes normales es 1,5, mientras que para las solicitudes sísmicas es 1,25.

Figura 2

Índices mínimos establecidos por varias normas

Factores de Seguridad	AASHTO	NCMA	TENSAR
Estabilidad Externa			
Capacidad Portante	2,5/2,0	2,0/1,5	2,0/1,5
Deslizamiento Base	1,5/1,1	1,5/1,1	1,5/1,1
Excentricidad	L/6/L/3	N/A	L/6/L/3
Volcamiento	N/A	2,0/1,5	2,0/1,5
Global	1,3/1,1	1,3/1,1	1,3/1,1
Estabilidad Interna			
Ruptura	1,5/1,1	1,5/1,1	1,5/1,1
Pullout	1,5/1,1	1,5/1,1	1,5/1,1
Deslizamiento	1,5/1,1	1,5/1,1	1,5/1,1
Eccentricidad	1,5/1,1	1,5/1,1	1,5/1,1
Conexión	1,5/1,1	1,5/1,1	1,5/1,1

Nota: La tabla muestra la variedad de índices mínimos establecidos por varias normas y condiciones de estabilidad. Fuente: Juárez y Rico (2005)

2.2.3 ENFOQUE DEL EQUILIBRIO LÍMITE

Sanhueza y Rodríguez (2013) menciona que los problemas de estabilidad de los taludes son estáticamente indeterminados y requieren la consideración de múltiples hipótesis de partida según los métodos utilizados para resolverlos.

Las ecuaciones de equilibrio entre las fuerzas que inducen el desplazamiento y las fuerzas resistentes se establecen bajo dichas condiciones. El valor del FS del talud para la superficie examinada, que se refiere al equilibrio estricto o límite entre las fuerzas que actúan, se proporciona a través de los análisis.

La mayoría de los sistemas de análisis utilizan un criterio de límite de equilibrio, donde se supone que, en el caso de una falla, las fuerzas actuantes y resistentes son iguales a lo largo de la superficie de falla

equivalentes a un factor de seguridad de 1.0, y el criterio de falla de Coulomb se cumple a lo largo de una superficie específica. Los métodos son generalmente de iteración y cada uno tiene un cierto grado de precisión. (Suarez, 1998).

Tabla 1

Enfoques del método de equilibrio límite

ENFOQUE	SUPERFICIE DE FALLA	EQUILIBRIO	CARACTERÍSTICA
Bishop	Circular	De momentos	Considera que no existen fuerzas de corte entre dovelas, reduciendo el número de incógnitas. Al no establecerse equilibrio para cada dovela, la solución es indeterminada. El cálculo se realiza hallando el equilibrio de momentos con respecto al centro del arco circular.
Morgenstern y Price	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Las fuerzas laterales operan según un sistema predeterminado. Similar al método Spencer, pero la inclinación de las fuerzas entre dovelas varía según una función arbitraria.
Fellenius	Circular	De momentos	No considera fuerzas entre dovelas. No satisface equilibrio de fuerzas para la masa deslizada ni para dovelas individuales. Método sencillo y popular, pero inexacto para taludes planos con poros o alta presión. Bajo factor de seguridad en círculos profundos.
Spencer	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	La inclinación de fuerzas laterales en cada rebanada es igual. Asumiendo fuerza resultante en cada rebanada con inclinación constante, satisface completamente el equilibrio estático.

Nota: La tabla muestra la variedad de enfoques entre los precisos y no precisos.

Fuente: Suarez (1998)

2.2.4 SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y REFUERZO

Revelo (2008) menciona que los métodos utilizados para corregir posibles inestabilidades de taludes en suelos se dividen en dos categorías: métodos de protección y métodos de estabilización o refuerzo.

La principal distinción entre ambos es que los métodos de refuerzo y estabilización se caracterizan por actuar activamente en el caso de que se produzcan dichos fenómenos, mientras que los primeros tratan de evitar que se desarrollen posibles fenómenos de alteración de la zona superficial del talud, lo que puede dar lugar a inestabilidades.

Tabla 2

Sistemas de refuerzo y protección de taludes

MÉTODO	SUPERFICIE DE FALLA	CONDICIONES DE EQUILIBRIO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
Fellenius	Circular	Momentos	No considera fuerzas entre dovelas. Método simple y popular, pero poco preciso para taludes planos con presión de poros elevada.
Bishop	Circular	Momentos	No considera fuerzas cortantes entre dovelas, reduce incógnitas. Requiere equilibrio de momentos respecto al centro del círculo.
Spencer	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Fuerza lateral en cada rebanada con inclinación constante. Satisface equilibrio estático completo.
Morgenstern & Price	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Similar a Spencer, pero inclinación de fuerzas entre dovelas varía según función arbitraria.

Nota: La tabla muestra la variedad de refuerzos y protección para los taludes, entre ellas resalta las geomallas. Fuente: Revelo (2008)

2.2.5 GEOMALLAS

Para Ramajo (2012) hace referencia que el geosintético está formado por una red regular de elementos integralmente conectados con aberturas mayores que 6,35 mm (1/4 in). Esto permite la intertrabazón con el suelo o roca que lo rodea y desarrolla la función de refuerzo. En general, están hechos de polímeros para asegurarse de que funcionen como refuerzo. El poliéster es el material más utilizado porque tiene un comportamiento de tensión/deformación más armónica cuando se combina con el suelo.

Las coextrusiones mono-orientadas y bi-orientadas, que proporcionan un confinamiento lateral en el suelo y aumentan su resistencia a la tensión, son una solución para el mejoramiento del suelo. Las geomallas de fibra de vidrio se utilizan entre capas de concreto asfáltico como una solución para el refuerzo de carpetas asfálticas para evitar grietas por reflexión, grietas por fatiga y deformaciones plásticas.

Además, se fabrican con filamentos de poliéster de alta resistencia y se recubren con PVC para asegurarse de que sean muy duraderos. Su alto módulo de elasticidad, resistencia a largo plazo y resistencia química y biológica a la geomalla son los principales beneficios del poliéster.

2.2.6 ASPECTO GENERALES DE LA APLICACIÓN DE GEOMALLAS

Ramajo (2012) menciona que debe estar compuesto por una malla regular o entrelazada estable, creada con polímeros completamente conectados para formar elementos a tensión, y debe tener una suficiente apertura geométrica para trabajar mecánicamente el material de relleno y el geosintético. Para reforzar, la estructura geosintética debe ser dimensionalmente estable, capaz de mantener su geometría bajo los esfuerzos de construcción y resiliente a los daños durante la construcción, los rayos ultravioletas y cualquier degradación química y biológica en el suelo.

Las geomallas se fabricarán mejor extruyendo láminas de polipropileno o polietileno de alta densidad. Las geomallas tejidas con hilos de polipropileno o poliéster y recubiertas con baños de cloruro de polivinilo (PVC) también pueden utilizarse. En cada proyecto, se debe especificar la separación de la malla, que incluye los valores máximos y mínimos de abertura en cualquier dirección entre los elementos de la malla.

Los elementos de la geomalla deben estar completamente conectados en los puntos de cruce a través de extrusión de la malla o soldadura de los puntos de cruce, de tal manera que los elementos no se separan entre sí durante las operaciones de instalación o durante la construcción, ni bajos niveles de esfuerzo y condiciones ambientales que puedan afectar la vida útil de la estructura.

2.2.7 TIPOS DE GEOMALLAS

Las geomallas se clasifican según su estructura interna y tipo de material, y alcanzan niveles diferentes de resistencia al desgaste y degradación contra los factores externos del suelo. (Pavco, 2022).

- **Geomallas uniaxiales:** Pavco (2022) menciona que estas geomallas se pueden utilizar para reforzar estructuras con todo tipo de material de relleno.

Se pueden diseñar y construir muros y taludes reforzados con geomallas para satisfacer cualquier condición de carga y acabado final de la cara. Estas geomallas solucionan una variedad de problemas relacionados con las estructuras de suelos reforzados que utilizan una variedad de materiales de relleno. Los muros y los taludes reforzados con geomallas pueden diseñarse y construirse para cumplir con cualquier condición de carga y acabado final de la cara.

Los principales campos de aplicación de este tipo de geomallas son:

- ❖ Refuerzo de muros, taludes para vías y para obtener mayor área plana.
- ❖ Refuerzo de terraplenes, estribos, muros y aletas de puente.

Figura 3

Estructura de una geomalla uniaxial



Nota: La imagen muestra la estructura de una geomalla uniaxial fabricadas en polietileno de alta densidad. Fuente: Pavco (2022)

Geomallas biaxiales: Pavco (2022) hace referencia que este tipo de geomallas se compone de elementos y nudos rígidos, en los cuales el material granular está confinado por trabajo para el refuerzo de capas. Este trabajo de agregados mejora la distribución de esfuerzos sobre la subrasante reduciendo las deformaciones sobre ella y limitando el desplazamiento lateral de los agregados de la base o subbase, aumentando su confinamiento y resistencia.

Campos de aplicación:

- ❖ Terraplenes para vías
- ❖ Refuerzo de suelos blandos
- ❖ Refuerzo de materiales granulares
- ❖ Terraplenes para vías férreas
- ❖ Aeropuerto

Figura 4

Estructura de una geomalla biaxial



Nota: La imagen muestra la estructura de una geomalla biaxial fabricadas en polietileno de alta densidad. Fuente: Pavco (2022)

Geomallas tridimensionales: Projar (20223) menciona que se utilizan geomallas sintéticas tridimensionales o esteras tridimensionales, no biodegradables, en taludes inestables de tierra y áreas de erosión constante, como orillas de ríos o lugares muy transitados. Estos forman un entramado muy consistente con las raíces de las plantas. El conjunto plantas-suelo se fortalece y entrelaza gracias a estas georedes artificiales.

Figura 5

Estructura de una geomalla tridimensional

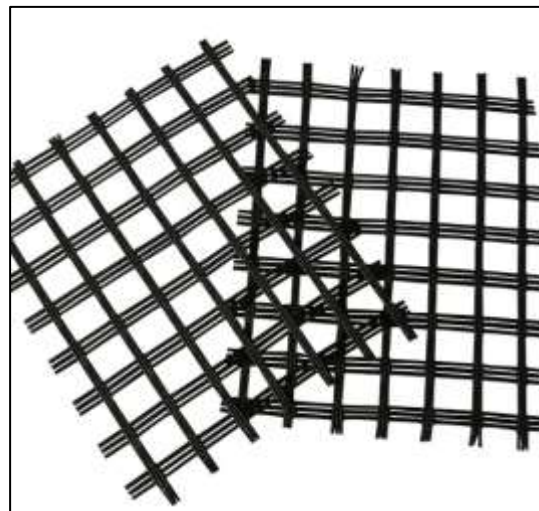


Nota: La imagen muestra la estructura de una geomalla tridimensional fabricadas en polietileno de alta densidad. Fuente: Projar (2023)

- **Geomallas de fibra de vidrio:** Pavco (2022) menciona que se utilizan para controlar agrietamientos por reflexión, fatiga y deformaciones plásticas entre capas de concreto asfáltico. También se utilizan en vías de alto y bajo tráfico, autopistas, aeropuertos, plataformas y parques. Su función principal es aumentar la resistencia a la tracción de la capa asfáltica y asegúrese de que los esfuerzos horizontales se distribuyan uniformemente en una mayor superficie bajo una carga vertical. Esto aumenta la vida útil de los pavimentos flexibles y reduce la fatiga de los materiales bituminosos y controla la reflexión de grietas.

Figura 6

Estructura de una geomalla de fibra de vidrio

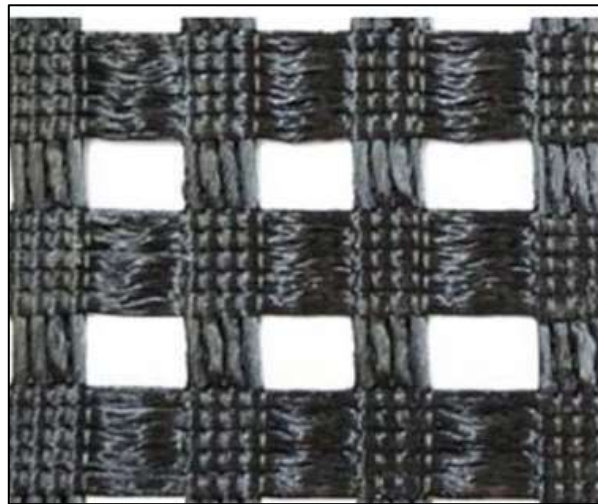


Nota: La imagen muestra la estructura de una geomalla de fibra de vidrio fabricadas en polietileno de alta densidad. Fuente: Pavco (2022)

- **Geomallas tejidas:** Pavco (2022) menciona que es producido a partir de filamentos de poliéster con alta resistencia a la tracción, bajos valores de elongación y alta tenacidad. Son revestidas con PVC para protegerse contra los daños de las instalaciones, los ataques químicos, biológicos y ambientales. Indicadas para la construcción de estructuras de contención en suelos reforzados, reforzamiento de terraplenes en suelos blandos y reforzamiento de la base de los pavimentos.

Figura 7

Estructura de una geomalla tejida



Nota: La imagen muestra la estructura de una geomalla tejida fabricadas con filamentos de poliéster. Fuente: Pavco (2022)

- **Geomallas soldadas:** Asnte (2023) menciona que la geogrilla se fabrica utilizando avanzados principios de fabricación con tecnología láser para reforzar el suelo. Esto permite controlar con precisión la calidad y la rigidez de las uniones entre las tiras durante el proceso de producción sin alterar las características del polímero.

Se fabrican con cintas transparentes y negras, lo que permite que el haz de láser atraviese la cinta transparente y califique la cinta negra, uniendo así los elementos. Estas cintas se utilizan en obras de suelo reforzado, una técnica de construcción que depende de la estabilidad del suelo mediante la interacción con materiales resistentes a la tracción. Se utilizan para contener taludes y rellenos de pequeña y mediana altura.

Poseen las siguientes características:

- ❖ Refuerzo de suelo de alto rendimiento
- ❖ Facilidad de instalación
- ❖ Durabilidad

Figura 8

Estructura de una geomalla soldada



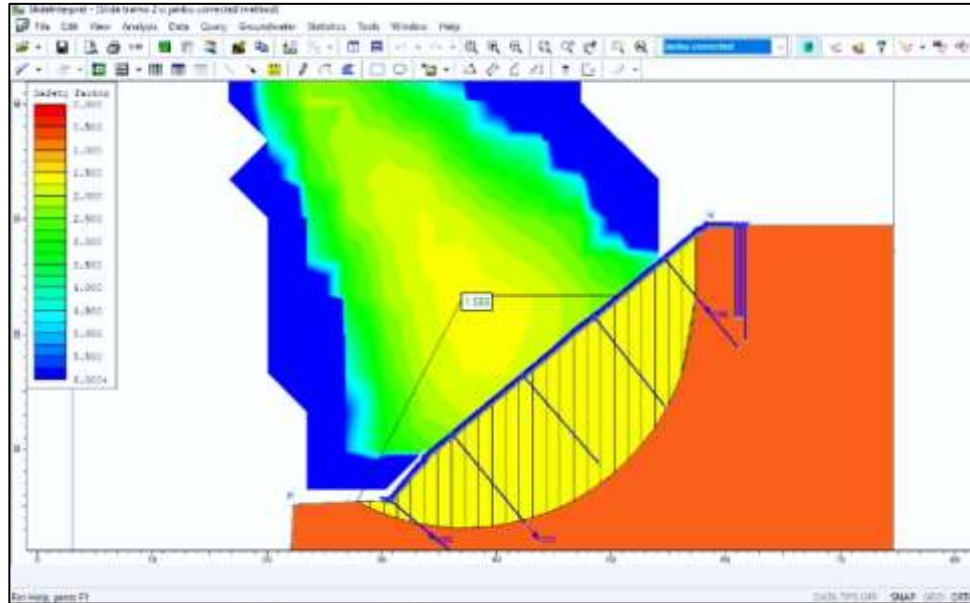
Nota: La imagen muestra la estructura de una geomalla soldada fabricadas con poliéster PET. Fuente: Asnte (2023)

2.2.8 APLICACIÓN DEL PROGRAMA SLIDE

En base a la opinión de Ramos (2017) menciona que este programa de computadora utiliza el método de límite de equilibrio 2D para evaluar la estabilidad de los taludes. Además, puede simular cargas externas y aguas subterráneas en los taludes. Rocscience creó esto para calcular el factor de seguridad de las superficies de fallas circulares y no circulares en pendientes de suelo o roca. Por lo tanto, el software incorpora criterios de fractura como Mohr-Coulomb, Hoek y Brown, entre otros. Además, se puede realizar un análisis en Slide utilizando una variedad de métodos de análisis, como Fellenius, Bishop simplificado, Janbu generalizado y corregido, Spencer y Morgenstern-Price, entre otros. Además, los análisis estadísticos de sensibilidad y probabilidad están disponibles.

Figura 9

Ejemplo representativo del uso programa de análisis



Nota: La imagen muestra un ejemplo representativo del análisis de estabilidad con el sistema de geomallas con anclajes en el talud. Fuente: Vera (2019).

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

Talud: El corte diagonal del suelo que queda después de abrir una brecha o camino, al cruzar un río o quebrada, o como resultado de la construcción de una carretera. (Paredes, 2019).

Deslizamientos: La rotura y desplazamiento del suelo debajo de un talud que provoca el movimiento hacia abajo y hacia afuera de toda la masa involucrada. (CE.020, 2016).

Suelo: Es la capa más externa de la superficie terrestre, formada por sustancias minerales y orgánicas, que sostienen las plantas y sus características son el resultado de los efectos combinados del clima y la materia viva sobre la roca madre. (CE.020, 2016).

Slide: Es ampliamente utilizado para evaluar la estabilidad de pendientes y taludes. Es útil para diseñar sistemas de refuerzo de taludes, como las geomallas, y puede evaluar la estabilidad tanto en condiciones estáticas como sísmicas. (Rocscience, 2022).

Geotextil: un material sintético utilizado con geomallas para crear una capa de separación, filtración o drenaje. (Pavco, 2022).

Índice de estabilidad: El cociente que resulta de dividir la sumatoria de las fuerzas estabilizadoras sobre la sumatoria de las fuerzas desestabilizadoras se conoce como "cociente". (Graux, 1975).

Geosintético: Es un material polimérico utilizado para reforzar el suelo, y en general, en la geotécnica. Los geotextiles, las geomembranas, los georedes o las geomallas son algunas de las variedades de estos materiales. (Pavco, 2022).

Geomallas: Son estructuras de refuerzo hechas de materiales geosintéticos, se coloca en el suelo de una pendiente o talud inestable. Con el fin de mejorar la estabilidad de la pendiente. (Pavco, 2022).

Anclajes: Elementos estructurales, como barras de acero, utilizados para sujetar o estabilizar un talud o pendiente. (Pavco, 2022).

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

Hi: Las geomallas mejora significativamente la estabilidad de pendientes del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.

Ho: Las geomallas no mejora significativamente la estabilidad de pendientes del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

Hi: El estudio de mecánica de suelos ayuda a mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.

Ho: El estudio de mecánica de suelos no ayuda a mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.

Hi: El levantamiento de la topografía de la pendiente del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco influye en mejorar la estabilidad con geomallas.

Ho: El levantamiento de la topografía de la pendiente del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco no influye en mejorar la estabilidad con geomallas.

Hi: El análisis con el enfoque más adecuado ayuda a mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas en el tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.

Ho: El análisis con el enfoque más adecuado no ayuda a mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas en el tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.

Hi: Los índices de estabilidad de la pendiente influye cuando se mejora la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.

Ho: Los índices de estabilidad de la pendiente no influye cuando se mejora la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

- Estabilidad de pendiente

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

- Geomallas

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3

Cuadro de Operacionalización de variable, dimensión e indicador de la investigación

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	ESPECIFICACIONES	
V. independiente Geomallas	Son una técnica de refuerzo de suelos que consiste en la instalación de geomallas combinadas con anclajes para mejorar la resistencia al corte y la estabilidad de taludes o pendientes.	Esta variable se evalúa mediante dos dimensiones: Índices de estabilidad en condición estático y sísmico; también está el estudio de mecánica de suelos.	Índices de estabilidad	Contexto estático	Razón (adimensional)	NORMA E.050	
				Contexto sísmico	Razón (adimensional)	NORMA E.050	
			Estudio de mecánica de suelos	La clasificación del suelo	Nominal	NTP 339.128	
				La cohesión	Razón (kPa)	NTP 339.171	
				Peso específico	Razón (kN/m ³)	NTP 339.131	
	El ángulo de rozamiento	Razón (°)	NTP 339.171				
V. dependiente	Se refiere a la capacidad de un talud o ladera para resistir fuerzas externas (gravedad, erosión, carga) sin sufrir fallas como deslizamientos o colapsos.	Esta variable se evalúa mediante sus dimensiones de topografía cuyo Indicadores son la sección transversal, también está el enfoque de análisis cuyo Indicadores son el método de equilibrio límite.	La topografía	Sección transversal	Razón (m)		
Geometría de la pendiente				Razón (°, m)			
Punto de falla				Nominal/Razón	Levantamiento Topo.		
Estabilidad de pendientes			de	Enfoque de análisis	Enfoques precisos (Morgenstern-Price, Spencer y Bishop riguroso)	Razón (FS)	Software PLAXIS
					Enfoques Aproximados (Janbu, Fellenius y Bishop simplificado)	Razón (FS)	Software PLAXIS

Fuente: Adaptado de Arias (2021)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

En base a Hernández (2014) la investigación fue de tipo **aplicada** porque se centró en resolver problemas prácticos y aplicar el conocimiento teórico a situaciones del mundo real.

Por ello en la investigación se buscó aplicar las geomallas para mejorar la estabilidad de una pendiente en una carretera particular (Cerro de Pasco-Huánuco) exactamente en el km 353+800 y km 354+400 en una simulación el programa Slide. Esta implementación práctica de un método o sistema se identifica como investigación aplicada.

3.1.1 ENFOQUE

En base a Hernández (2014) la investigación cuantitativa implicó recopilar datos numéricos y realizar análisis para obtener resultados medibles y cuantificables.

Por lo tanto, en la investigación se utilizó un enfoque **cuantitativo** porque se midió y cuantificó el efecto de las geomallas en la estabilidad de la pendiente utilizando datos numéricos con índices de estabilidad.

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

En base a Hernández (2014) una investigación descriptiva tuvo como objetivo describir las características y propiedades de situaciones fenómeno estudiado.

Por lo tanto, el alcance fue **descriptiva** porque en base a los objetivos se caracterizó y describo de manera detallada las características del talud, topografía y perfil; además los parámetros geotécnicos del suelo, a través de ensayos de laboratorio.

En el programa Slide, se documentó y se describió los pasos y procedimientos específicos que siguen desde el levantamiento topográfico y propiedades de suelo hasta la simulación. No se estuvo tratando de comprender las causalidades manipulando variables.

3.1.3 DISEÑO

En base a Hernández (2014) sostiene que la investigación no experimental no implica intervenciones controladas ni manipulación

deliberada de variables. Se basa en la observación de los fenómenos sin experimentos controlados en su entorno natural.

Entonces fue de diseño **no experimental**, porque los parámetros de taludes inestables se observaron, analizaron y evaluaron para comprender la situación actual relacionándolos con su factor de seguridad en lugar de manipular deliberadamente las variables.

Además, se utilizó el programa Slide, la cual se estuvo llevando a cabo una simulación que permitió estudiar el efecto de las geomallas en la estabilidad del talud. A través de este proceso, se generó datos y observaciones sobre cómo se comporta la pendiente con y sin la aplicación de geomallas.

El desarrollo del estudio del fenómeno fue **transversal** porque se recopiló datos una sola vez de la población de lugar de estudio.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

Respecto a la definición de población, Hernández et al. (2014) se referiré al conjunto de todos los elementos, unidades de análisis que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación.

Por ello, la población en esta investigación se consideró a todos las pendientes del tramo km 353+100 hasta el km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.

3.2.2 MUESTRA

Respecto a la definición de muestra, Hernández et al. (2014) se refiere a un subconjunto representativo de una población más grande, ya que examinar todos los elementos de una población a menudo es impracticable o costoso. Se utilizó una muestra para hacer inferencias y generalizaciones sobre la población en su conjunto.

Por ello, **la muestra** en esta investigación fue considerado el tramo del km 353+800 y km 354+400 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco que son las dos pendientes más representativas, con el criterio de las observaciones de la topografía.

Debido a que la muestra se seleccionará de acuerdo con los criterios de selección o conveniencia y se ajustará a las características de la región o zona, se utilizará un **muestreo no probabilístico**.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas: Maya (2014) afirma que las técnicas en una investigación permiten seleccionar objetos de estudio específicos para los proyectos de investigación y relacionar el tema de investigación con otros aspectos de la realidad.

Por lo tanto, en la investigación se utilizó como técnica:

- **La observación:** Dado que la investigación se utilizó como técnica la observación directa que genera datos a través de una inspección directamente de la realidad, se centró en 2 condiciones:
 - **Observaciones topográficas:** Durante el levantamiento topográfico se observó las características topográficas como pendientes, fallas, grietas y erosiones que directamente pueden afectar la estabilidad del Talud.
 - **Observaciones geotécnicas:** Durante la visita al lugar se observó en qué estado se encuentra las muestras de la calicata o calicatas que se llevó al laboratorio para su obtención de las propiedades geotécnicas.
- **Instrumentos:** Maya (2014) menciona que los instrumentos de recolección de datos son herramientas utilizadas para obtener información relevante y confiable sobre el tema de estudio.
- ✓ **Equipo de Levantamiento Topográfico:** Estos instrumentos ayudo a recopilar datos topográficos precisos sobre la pendiente del tramo que se está investigando.
 - GPS, estación total y software de topografía (Civil 3D)
- ✓ **Fichas de Ensayo de Mecánica de Suelos:** Estas fichas se utilizó para registrar los resultados de los ensayos de mecánica del suelo y deben contener información detallada sobre las propiedades del suelo, como:
 - La granulometría
 - La humedad
 - La plasticidad
 - El peso específico
 - Corte Directo

- Etc.

3.4 TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Respecto a la interpretación de los datos se utilizó lo siguiente:

- **Comparación de Resultados:** Se llevó a cabo un análisis riguroso de los índices de estabilidad obtenidos a través de los métodos Morgenstern-Price, Fellenius, Spencer y Bishop en condiciones estáticas, tanto con como sin geomallas.
- **Interpretación de Resultados:** Se analizó los resultados obtenidos en la sección de interpretación. Se comentó las diferencias significativas entre los índices de estabilidad y se concluyó si las geomallas mejoran la estabilidad de la pendiente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1 TOPOGRAFÍA DE ESTUDIO

Se realizó el levantamiento topográfico en el km 353+800 y km 354+400 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco y se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 4

Coordenadas UTM de la exploración topográfica de los taludes

PUNTOS	ESTE	NORTE	ALTITUD	DESCRIPCION
1	368920	8853585.6	2782.5	TALUD
2	368923.9	8853591.9	2782.7	TALUD
3	368930.3	8853601	2783.1	TALUD
4	368936.9	8853610.1	2782	TALUD
5	368943.3	8853618.8	2780.2	TALUD
6	368956.9	8853629.7	2773.9	TALUD
7	368967.2	8853640.6	2773.2	TALUD
8	368975	8853648	2772.1	TALUD
9	368981.8	8853654.7	2768.7	TALUD
10	368992.7	8853664.5	2763.5	TALUD
11	369003.3	8853671.5	2761.2	TALUD
12	369008.5	8853675	2760.2	TALUD
13	369013.6	8853675	2758.8	TALUD
14	369015.9	8853670.7	2757.6	TALUD
15	369003.9	8853662.5	2760	TALUD
16	368991.8	8853651.4	2762.5	TALUD
17	368979.8	8853641.1	2766.2	TALUD
18	368968	8853632.3	2768.3	TALUD
19	368962.3	8853625.2	2767.5	TALUD
20	368956.7	8853619.7	2769.1	TALUD
21	368944.3	8853607	2773.9	TALUD
22	368938.2	8853596.5	2774.3	TALUD
23	368931.1	8853585.8	2775.3	TALUD
24	368933.1	8853578.2	2770.2	TALUD
25	368936.6	8853581.9	2768.8	TALUD
26	368943.1	8853591.9	2767.7	TALUD
27	368946.6	8853597.4	2767.3	TALUD
28	368951.9	8853603.7	2765.5	TALUD
29	368955.1	8853608.4	2765	TALUD
30	368964.1	8853617	2762.1	TALUD
31	368972.5	8853625.6	2762.4	TALUD
32	368981.4	8853635	2762.3	TALUD

33	368993	8853643	2759.8	TALUD
34	369005	8853653.6	2758.5	TALUD
35	369017.2	8853666.2	2756.5	TALUD
36	369023.2	8853660.8	2754.1	CARRETERA
37	369016	8853654	2755.1	CARRETERA
38	369006.9	8853646.7	2756.9	CARRETERA
39	368997.7	8853638.5	2756.4	CARRETERA
40	368987	8853631.4	2757.5	CARRETERA
41	368977.7	8853623.6	2758.7	CARRETERA
42	368966.2	8853611.8	2758.6	CARRETERA
43	368956.6	8853598.3	2758.7	CARRETERA
44	368956.6	8853598.1	2758.6	CARRETERA
45	368950.9	8853591.3	2760.4	CARRETERA
46	368944.2	8853580.1	2761.5	CARRETERA
47	368940.2	8853575	2762.9	CARRETERA
48	368945.2	8853571.9	2757.6	CARRETERA
49	368950	8853577.3	2755.5	CARRETERA
50	368954.3	8853585.1	2754.5	CARRETERA
51	368958.8	8853592.7	2754.1	CARRETERA
52	368964.9	8853599.2	2753.3	CARRETERA
53	368973.8	8853607.6	2753.2	CARRETERA
54	368983.7	8853620.6	2754.1	CARRETERA
55	368992.1	8853627.6	2753	CARRETERA
56	369001.3	8853636.6	2754.7	CARRETERA
57	369015.6	8853646.8	2754.1	CARRETERA
58	369026.6	8853656.2	2752.9	CARRETERA

Nota: Se observa las coordenadas este, norte y altitud del levantamiento topográfico.

Figura 10

Topografía del entorno del km 353+800 hasta 354+400



Nota: Se observa la topografía en el programa Google Earth Pro.

Fuente: creación propia.

Tabla 5

Características del talud km 353+800 y km 354+400

Características	Dimensión talud	
	1	Dimensión talud 2
Pendiente Prom. (°)	62.00°	61.00°
Distancia Vertical (m)	6.70 m	8.12 m
Distancia Horizontal (m)	10.37 m	12.22 m

Nota: Se observa las dimensiones del talud en estudio del perfil longitudinal, donde estas medidas se introdujeron al programa de análisis.

Tabla 6

Las coordenadas del talud 1 (km 353+800)

Punto	X	Y
1	24.94	23.03
2	24.20	24.77
3	23.62	26.39
4	23.14	27.21
5	22.26	28.17
6	20.98	28.70
7	19.36	29.19
8	17.64	29.49
9	14.57	29.76
10	14.57	21.30
11	29.22	21.30
12	29.22	23.03
13	25.62	23.03
14	25.32	22.78
15	25.02	23.03

Nota: Las coordenadas en los ejes "X" e "Y" del talud 1 en estudio se registran para su introducción en el programa geotécnico, permitiendo así la modelación precisa del talud

Tabla 7

Las coordenadas del talud 2 (km 354+400)

Punto	X	Y
1	73.09	105.53
2	72.79	105.24
3	72.54	105.53
4	72.45	105.53
5	71.75	106.60
6	70.89	108.35
7	70.30	110.03
8	69.42	111.30
9	67.43	112.66
10	64.17	113.49
11	60.24	113.65
12	60.24	103.06
13	78.38	103.06
14	78.38	105.53
15	73.09	105.53

Nota: Las coordenadas en los ejes "X" e "Y" del talud 2 en estudio se registran para su introducción en el programa geotécnico, permitiendo así la modelación precisa del talud.

Figura 11

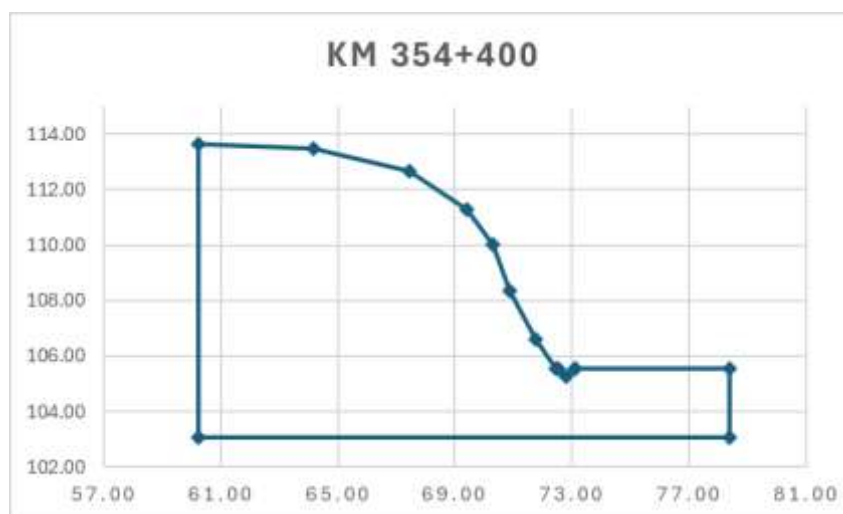
Perfil longitudinal del talud 1



Nota: Se observa el perfil del talud km 353+800 en estudio en relación con la tabla 6 realizado en el programa Excel.

Figura 12

Perfil longitudinal del talud 2



Nota: Se observa el perfil del talud km 354+400 en estudio en relación con la tabla 7 realizado en el programa Excel.

4.1.2 CARACTERÍSTICA GEOTÉCNICAS

El estudio de mecánica de suelos realizado por la C-1 en el km 353+800 y C-2 en el km 354+400 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco resultaron.

Tabla 8

Clasificación SUCS de la muestra del km 353+800 y km 354+400

Parámetro	C-1	C-2
Clasific. SUCS	ML	CL
	Limo	
Descripción	arenoso	Arcilla limosa

Nota: De acuerdo con la C-1 y C-2 el suelo es *Arena Limosa (SM)* y *Arena limosa* respectivamente según la clasificación SUCS, como se muestra en el Anexo 5.

Tabla 9

Características del suelo del km 353+800 y km 354+400

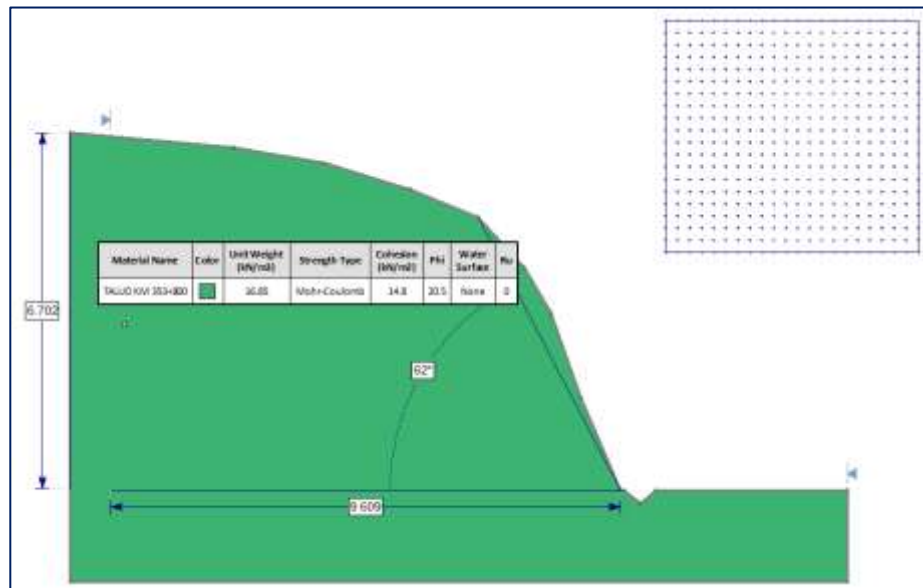
Parámetro Geotécnicos	C-1		C-2	
	Ensayo	Slide	Ensayo	Slide
Angulo de fricc. Interna	20.50°	20.50°	19.85°	19.85°
Peso Unitario	1718.22 kg/m ³	16.85 kN/m ³	1637.66 kg/m ³	16.06 kN/m ³
Cohesión	0.151 kg/cm ²	14.80 kN/m ²	0.153 kg/cm ²	15.03 kN/m ²

Nota: Se convierten en las unidades correspondientes para la utilización del programa *Slide*, como se muestra en el Anexo 5.

4.1.3 MODELAMIENTO EL TALUD DEL KM 353+800 Y KM 354+400

Figura 13

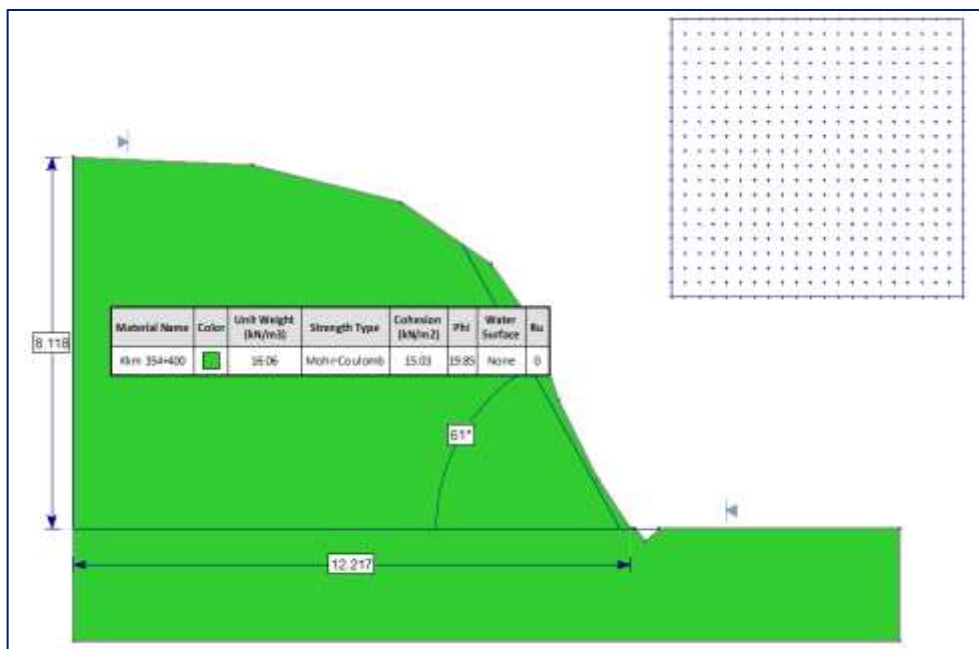
Sección geométrica del talud km 353+800



Interpretación: La geometría externa del perfil del talud km 353+800, modelado a través de la interfaz del programa Slide, con sus respectivas propiedades geotécnicas asignadas y la rejilla para representar los índices de estabilidad.

Figura 14

Sección geométrica del talud km 354+400



Interpretación: La geometría externa del perfil del talud km 354+400, modelado a través de la interfaz del programa Slide, con sus respectivas propiedades geotécnicas asignadas y la rejilla para representar los índices de estabilidad.

4.1.4 ANÁLISIS DEL TALUD KM 353+800

Figura 15

Índice de estabilidad por Bishop del talud 1

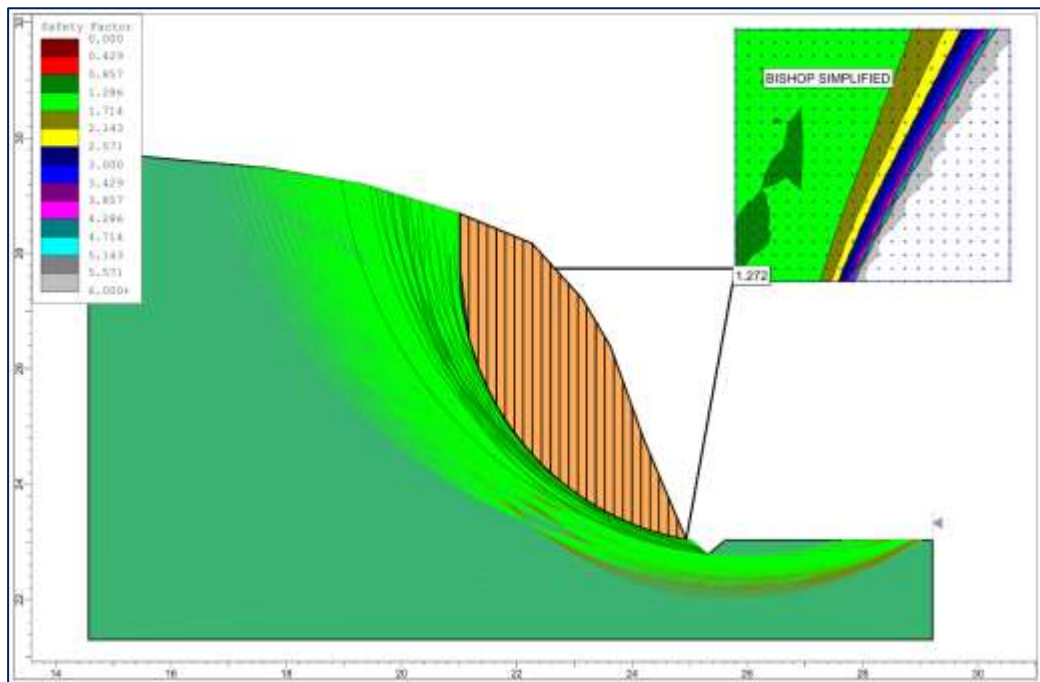


Figura 16

Índice de estabilidad por Fellenius del talud 1

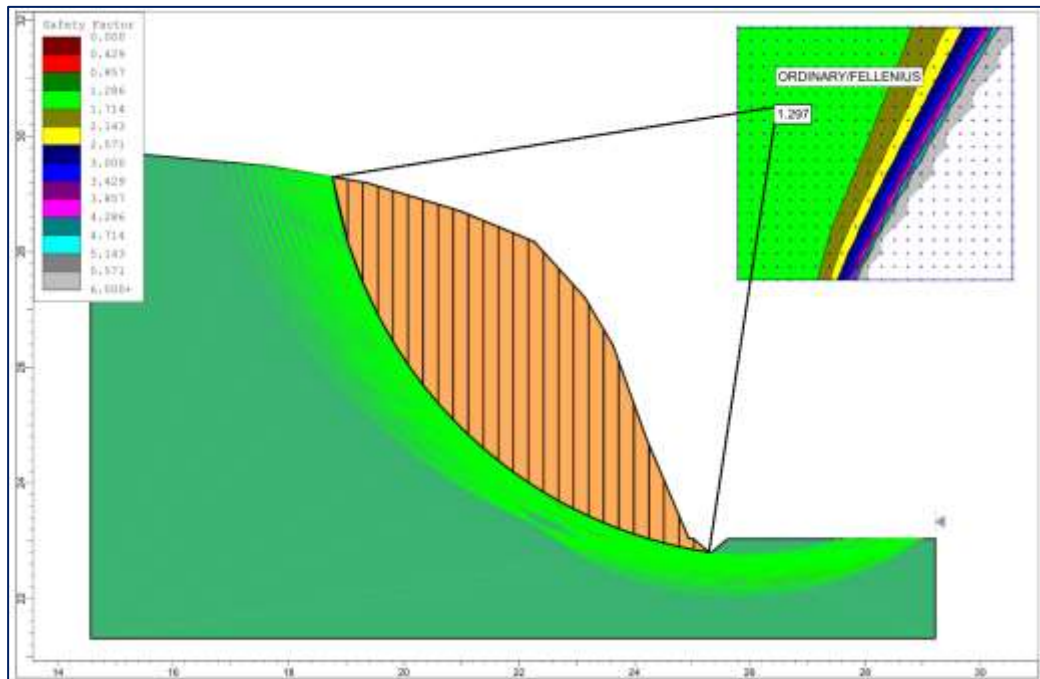


Figura 17

Índice de estabilidad por Spencer del talud 1

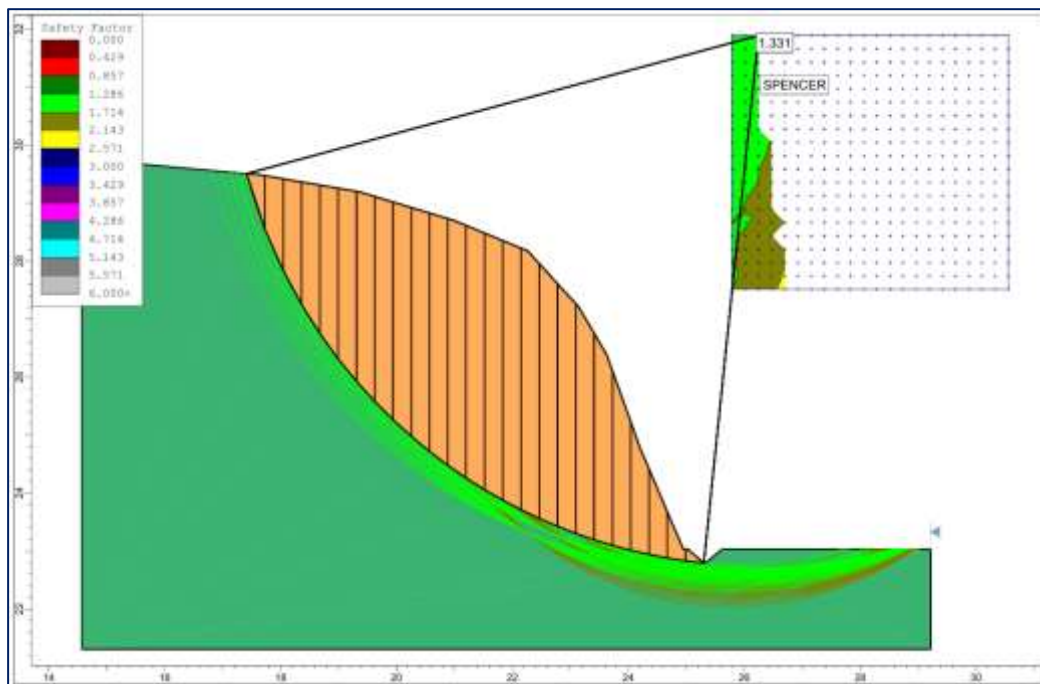
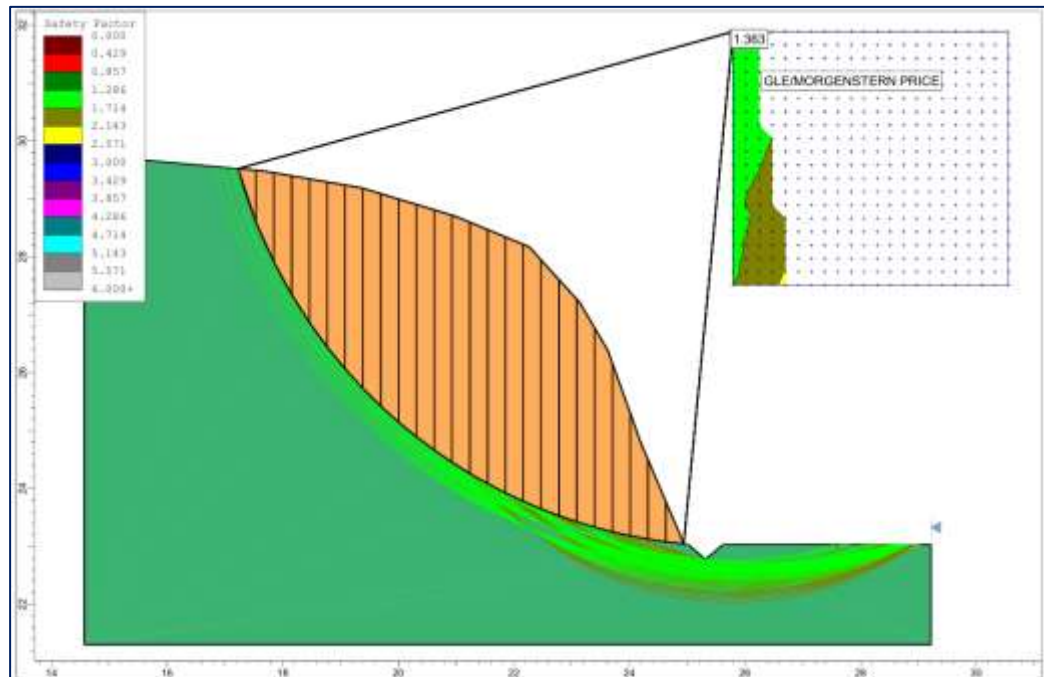


Figura 18

Índice de estabilidad por GLE/Morgenstern Price del talud 1



Interpretación: De la figura 135 hasta la figura 18 se muestra el talud km 353+800 analizado por 4 enfoques que proporciona el software Slide, resultando un índice de 1.272 por Bishop, 1.297 por Fellenius; 1.331 por Spencer y 1.363 GLE/Morgenstern Price; la cual se observa que los índices de estabilidad se encuentran por debajo a lo que la norma sugiera (1.50 para casos en estado normal).

Tabla 10

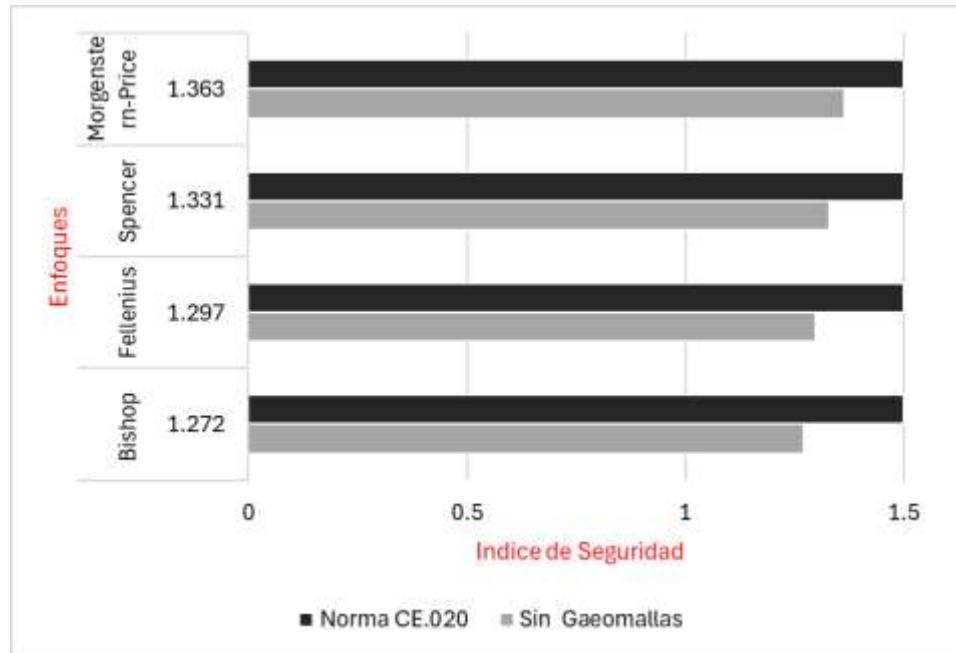
Resumen de los Índices de Estabilidad Calculados del talud 1

Método	Sin Geomallas	FS mín.	FS máx.	Prom.	Norma CE.020
Bishop	1.272				1.5
Fellenius	1.297				1.5
Spencer	1.331	1.272	1.363	1.316	1.5
Morgenstern-Price	1.363				1.5

Nota: Se observa la tabla con el resumen de los 4 enfoques que se obtuvo en el programa Slide, la cual nos da un promedio de 1.316, con un mínimo índice de 1.272 y máximo de 1.363 con la comparación de la Norma (1.5).

Figura 19

Gráfico de confrontación de los Índices Calculados del Talud 1



Interpretación: Se muestra el grafico de columnas agrupadas en 2D sobre los índices de estabilidad obtenidos por los 4 enfoques en condiciones normales del talud km 353+800, donde resulta un mínimo índice por el enfoque Bishop y un índice máximo por el enfoque GLE/ Morgenstern Price.

4.1.5 ANÁLISIS DEL TALUD KM 354+400

Figura 20

Índice de estabilidad por Bishop del talud 2

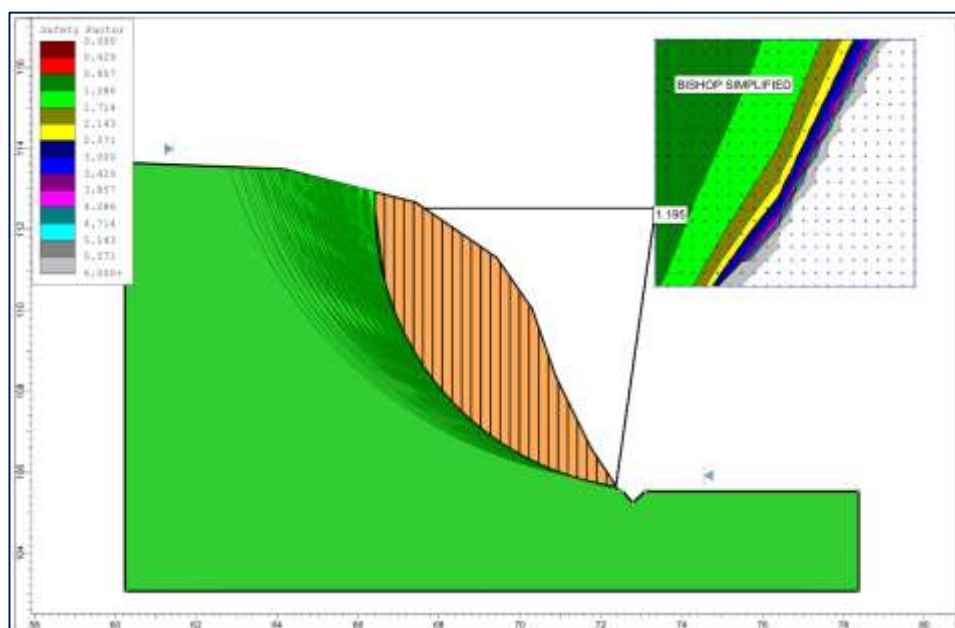


Figura 21

Índice de estabilidad por Fellenius del talud 2

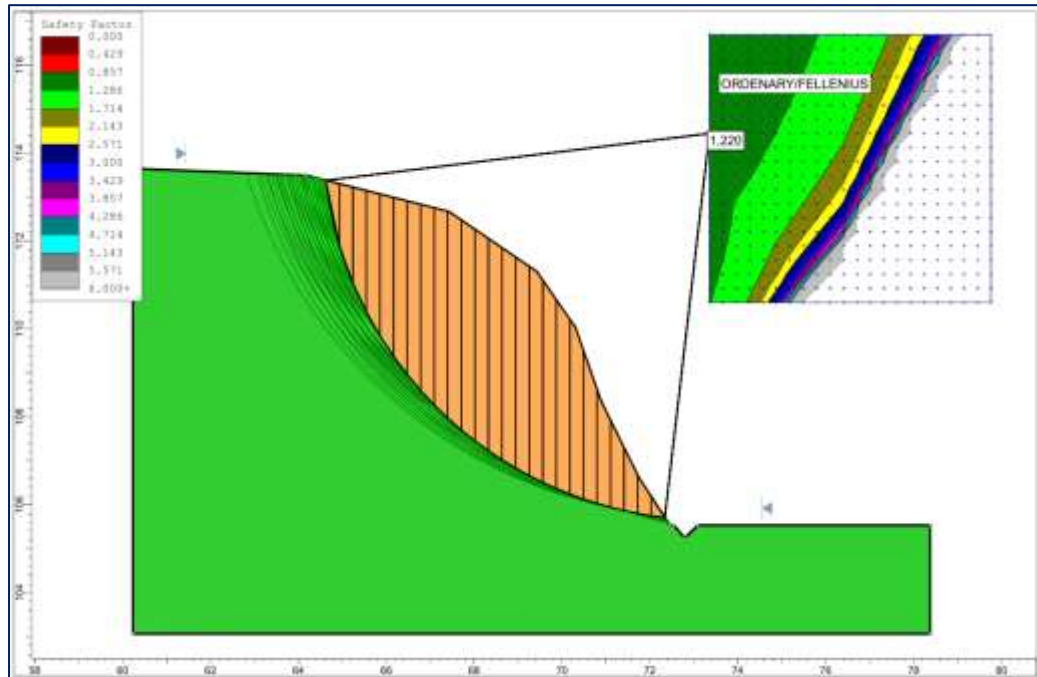


Figura 22

Índice de estabilidad por Spencer del talud 2

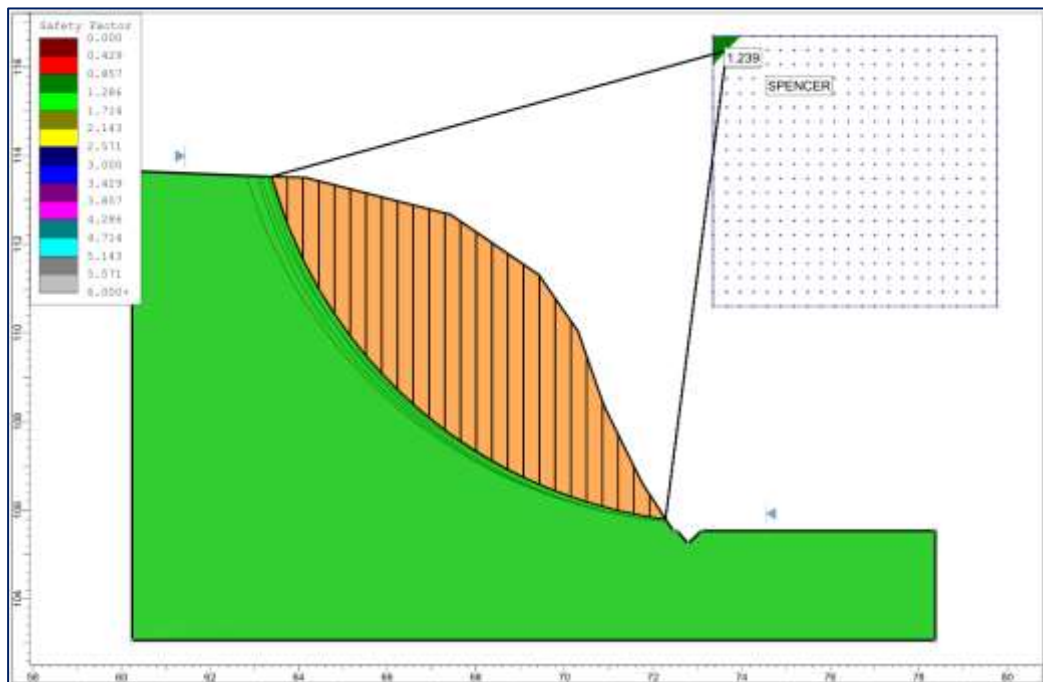
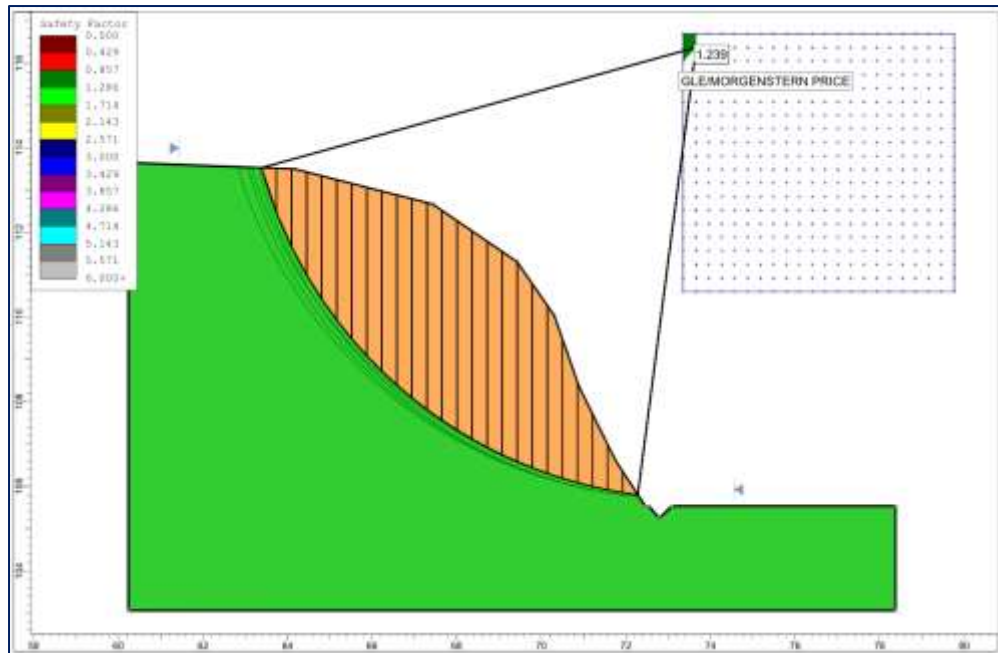


Figura 23

Índice de estabilidad por GLE/Morgenstern Price del talud 2



Interpretación: De la figura 20 hasta la figura 23 se muestra el talud km 354+400 analizado por 4 enfoques que proporciona el software Slide, resultando un índice de 1.272 por Bishop, 1.297 por Fellenius; 1.331 por Spencer y 1.363 GLE/Morgenstern Price; la cual se observa que los índices de estabilidad se encuentran por debajo a lo que la norma sugiera (1.50 para casos en estado normal).

Tabla 11

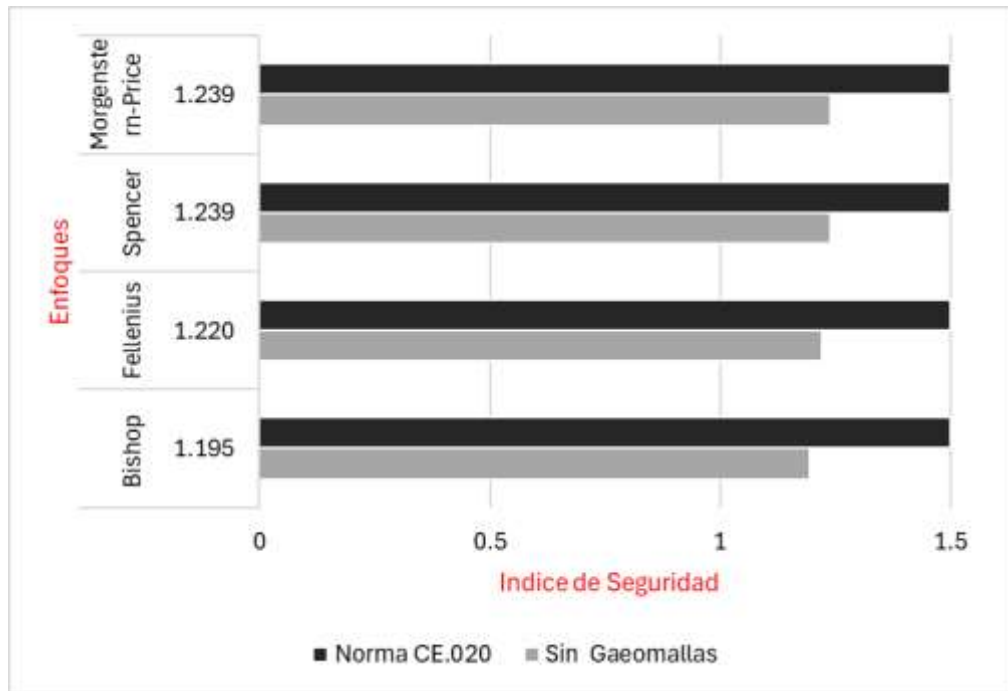
Resumen de los Índices de Estabilidad Calculados del talud 2

Método	Sin Geomallas	FS mín.	FS máx.	Prom.	Norma CE.020
Bishop	1.195				1.5
Fellenius	1.220				1.5
Spencer	1.239	1.195	1.239	1.223	1.5
Morgenstern-Price	1.239				1.5

Nota: Se observa la tabla con el resumen de los 4 enfoques que se obtuvo en el programa Slide, la cual nos da un promedio de 1.223, con un mínimo índice de 1.195 y máximo de 1.239 con la comparación de la Norma (1.5).

Figura 24

Gráfico de confrontación de los Índices Calculados del Talud 2

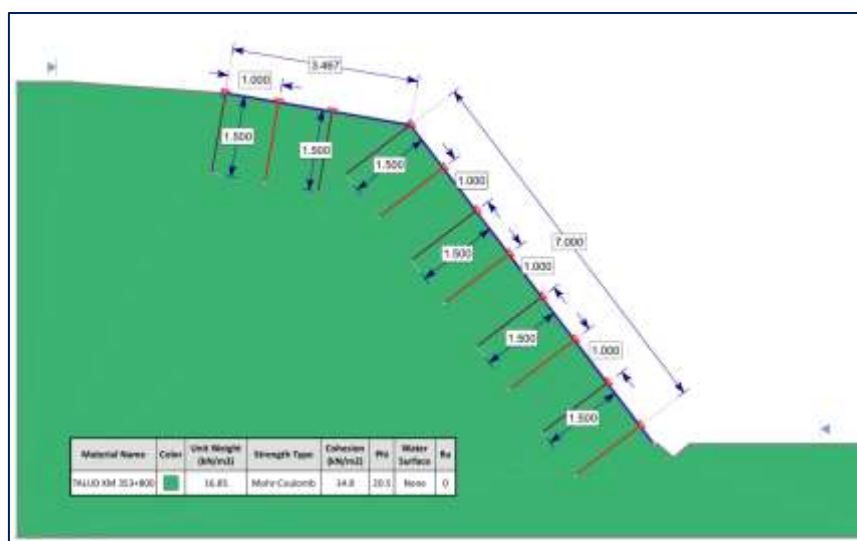


Interpretación: Se muestra el gráfico de columnas agrupadas en 2D sobre los índices de estabilidad obtenidos por los 4 enfoques en condiciones normales del talud km 354+400, donde resulta un mínimo índice por el enfoque Bishop y un índice máximo por el enfoque GLE/ Morgenstern Price y Spencer.

4.1.6 APLICACIÓN DE GEOMALLA EN EL TALUD KM 353+800

Figura 25

Dimensiones asignadas a la Geomalla y anclaje en el talud 1 (km 354+800)



Interpretación: Se observa las dimensiones de la geomalla de refuerzo y los anclajes de 1.5m de largo y 1m de separación entre ellas.

Figura 26

Dimensiones asignadas a la Geomalla y anclaje en el talud 2 (km 354+400)



Interpretación: Se observa las dimensiones de la geomalla de refuerzo y los anclajes de 1.5m de largo y 1m de separación entre ellas.

4.1.7 ANÁLISIS DEL TALUD KM 353+800 CON GEOMALLAS

Figura 27

Índice de estabilidad con Geomallas por Bishop del talud 1

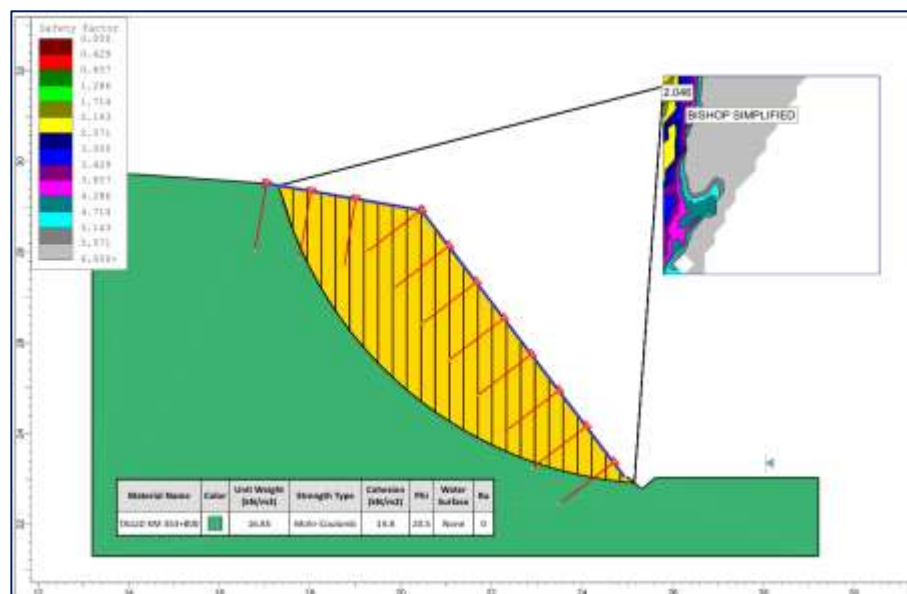


Figura 28

Índice de estabilidad con Geomallas por Fellenius del talud 1

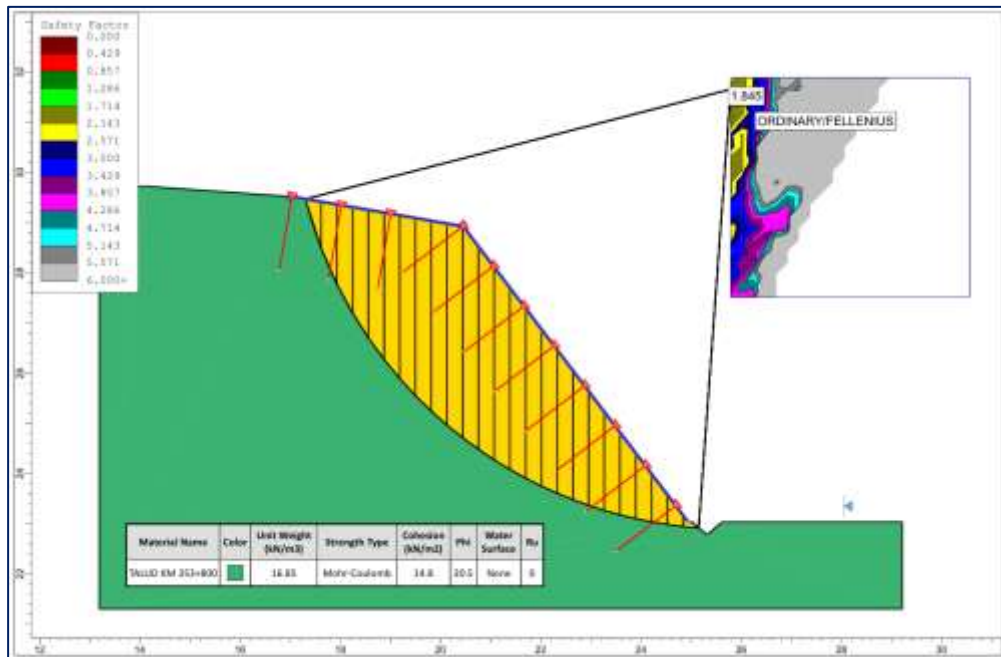


Figura 29

Índice de estabilidad con Geomallas por Spencer del talud 1

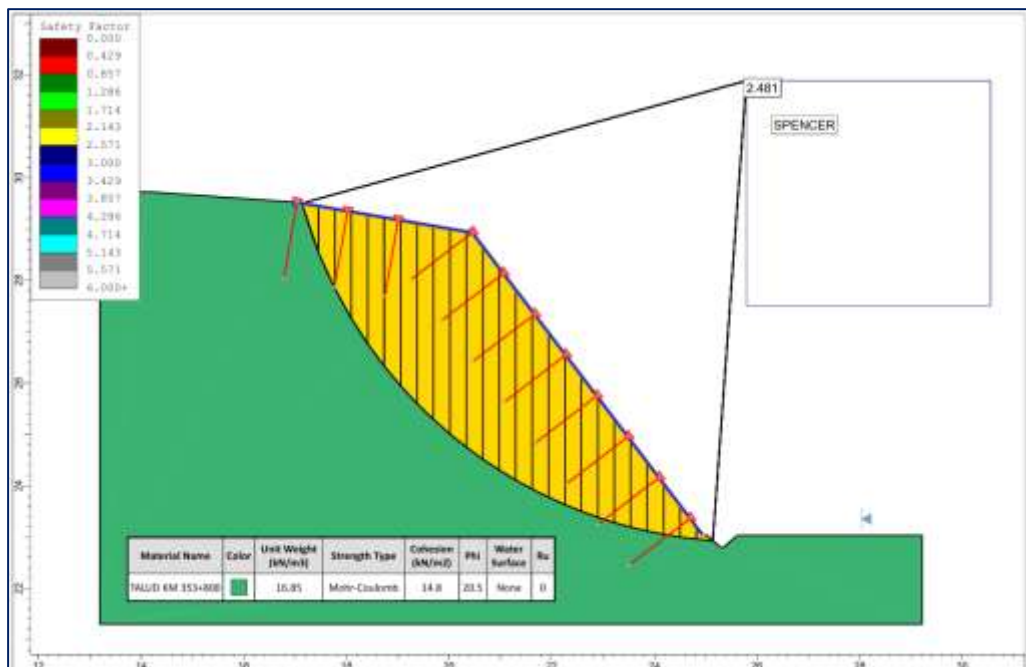
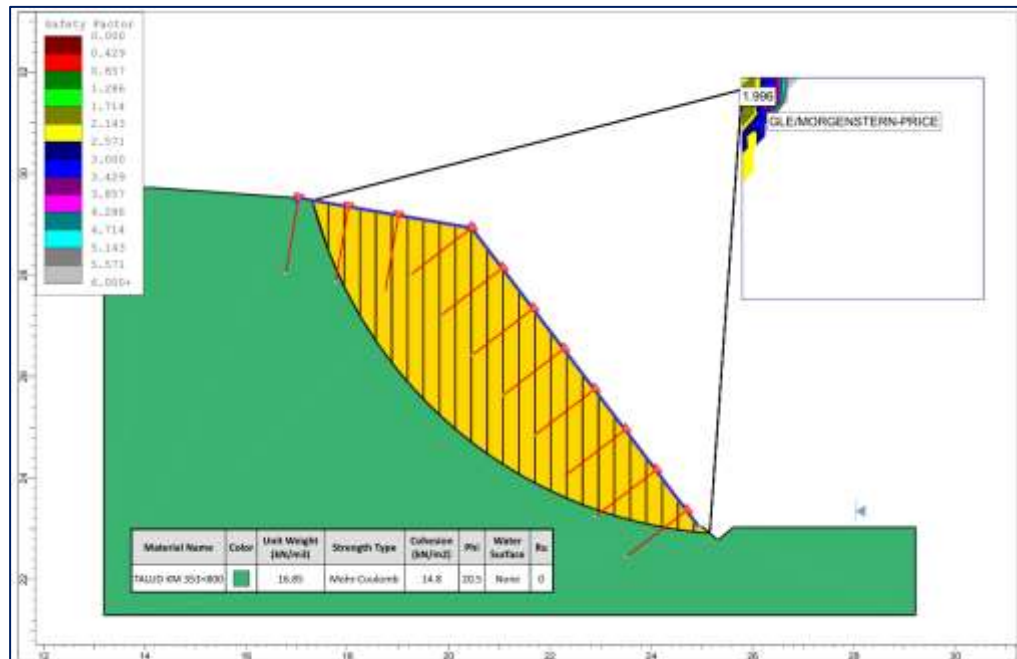


Figura 30

Índice de estabilidad con Geomallas por GLE/Morgenstern-Price del talud 1



Interpretación: De la figura 27 hasta la figura 30 se muestra el talud km 353+800 analizado por 4 enfoques que proporciona el software Slide con geomallas, resultando un índice de 2.046 por Bishop, 1.845 por Fellenius; 2.481 por Spencer y 1.996 GLE/Morgenstern Price; la cual se observa que los índices de estabilidad se encuentran por encima a lo que la norma sugiera (1.50 para casos en estado normal).

Tabla 12

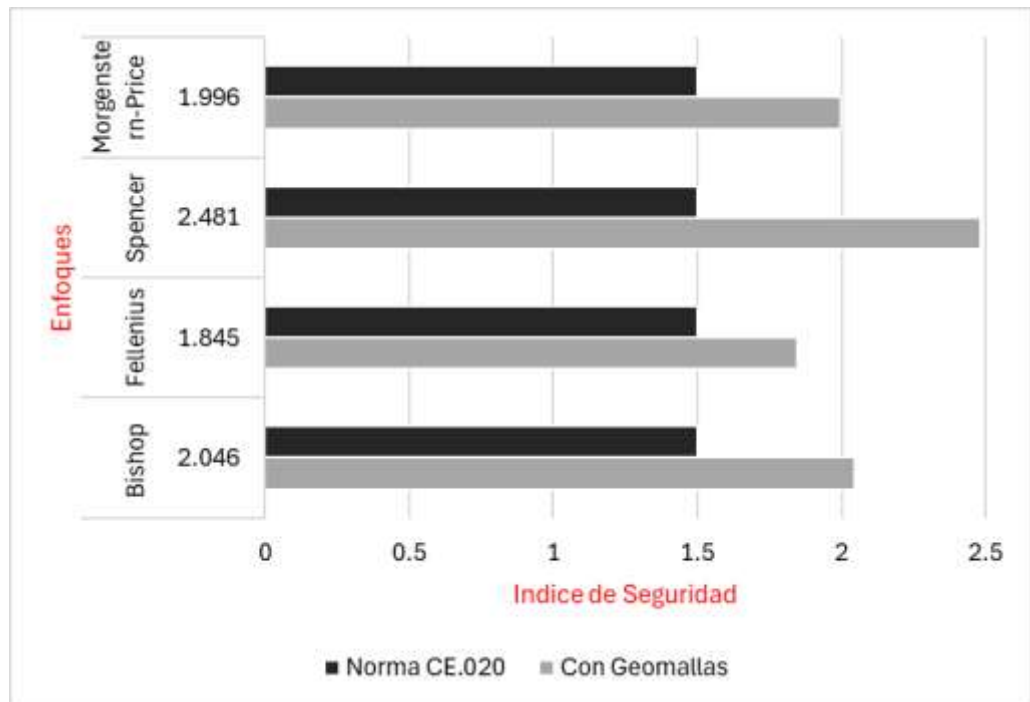
Resumen de los Índices de Estabilidad Con Geomallas del Talud 1

Método	Con Geomallas	FS mín.	FS máx.	Prom.	Norma CE.020
Bishop	2.046				1.5
Fellenius	1.845	1.845	2.481	2.092	1.5
Spencer	2.481				1.5
Morgenstern-Price	1.996				1.5

Nota: Se observa la tabla con el resumen de los 4 enfoques que se obtuvo en el programa Slide, la cual nos da un promedio de 2.092, con un mínimo índice de 1.845 y máximo de 2.481 con la comparación de la Norma (1.5).

Figura 31

Gráfico de comparación de los Índices Con Geomallas del Talud 1



Interpretación: Se muestra el grafico de columnas agrupadas en 2D sobre los índices de estabilidad obtenidos por los 4 enfoques en condiciones normales del talud km 353+800, donde resulta un mínimo índice por el enfoque Fellenius y un índice máximo por el enfoque Spencer.

4.1.8 ANÁLISIS DEL TALUD KM 354+400 CON GEOMALLAS

Figura 32

Índice de estabilidad con Geomallas por Bishop del talud 1

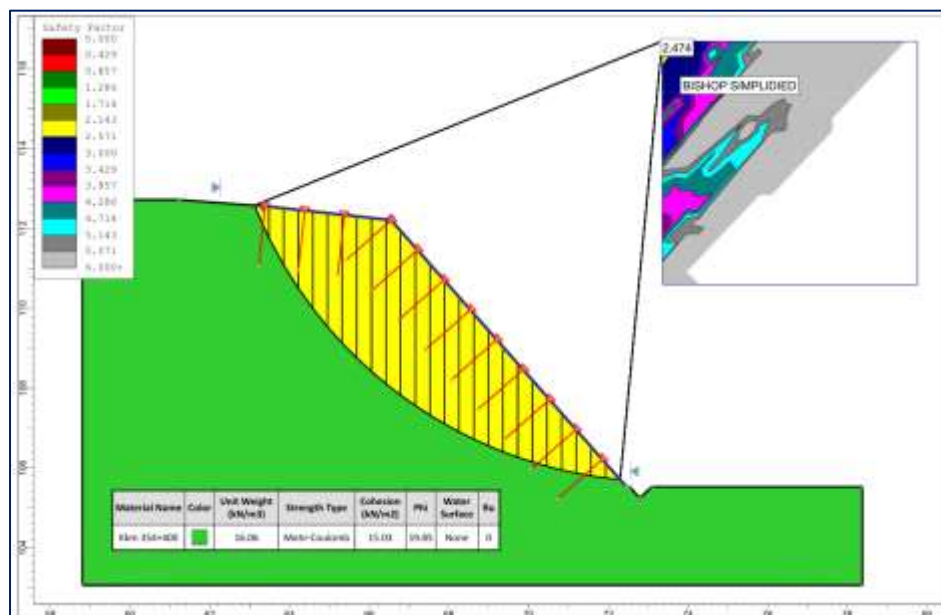


Figura 33

Índice de estabilidad con Geomallas por Fellenius del talud 1

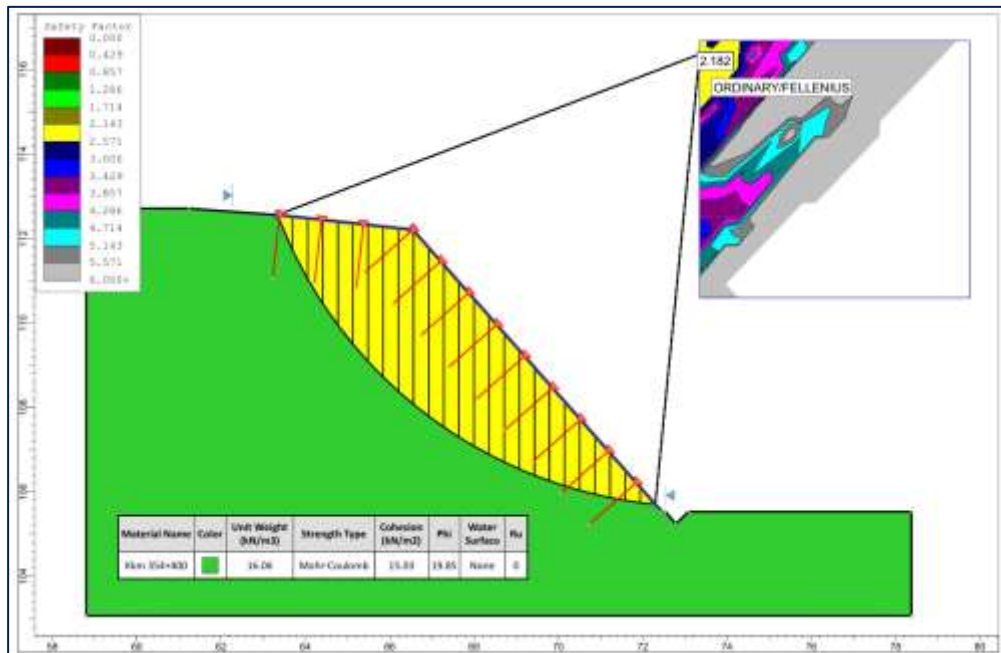


Figura 34

Índice de estabilidad con Geomallas por Spencer del talud 1

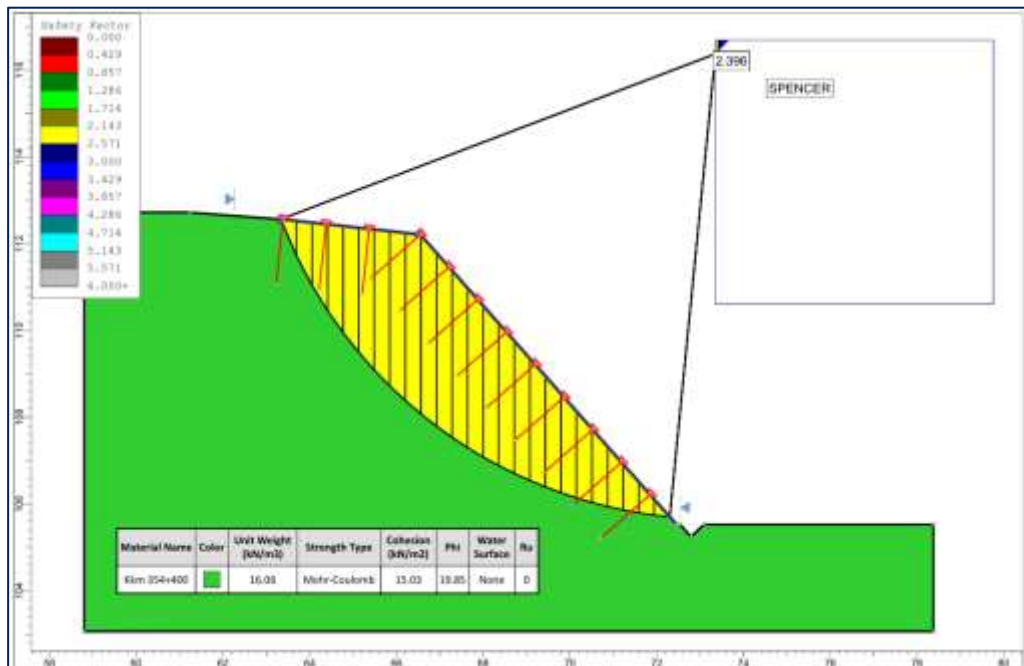
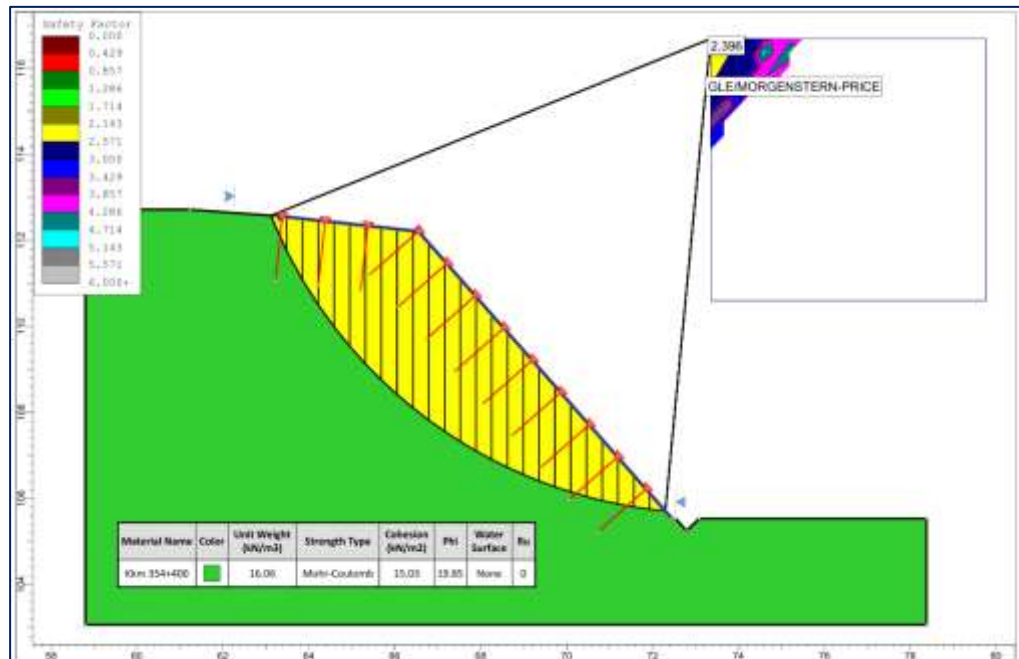


Figura 35

Índice de estabilidad con Geomallas por GLE/Morgenstern-Price del talud 1



Interpretación: De la figura 32 hasta la figura 35 se muestra el talud km 354+400 analizado por 4 enfoques que proporciona el software Slide con geomallas, resultando un índice de 2.474 por Bishop, 2.182 por Fellenius; 2.396 por Spencer y 2.396 GLE/Morgenstern Price; la cual se observa que los índices de estabilidad se encuentran por encima a lo que la norma sugiera (1.50 para casos en estado normal).

Tabla 13

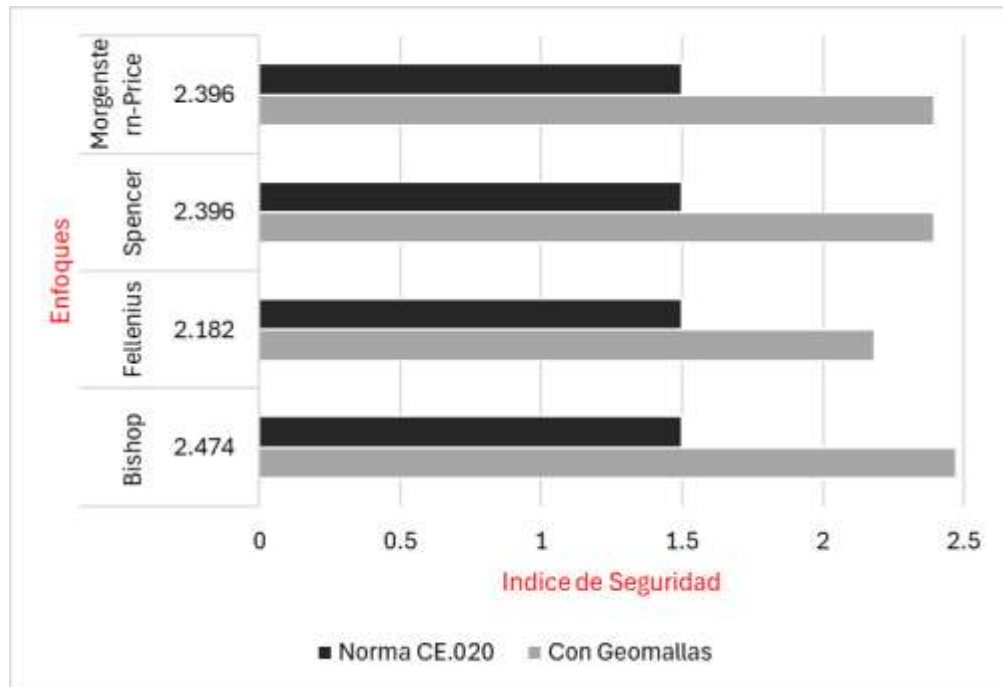
Resumen de los Índices de Estabilidad Con Geomallas del Talud 2

Método	Con Geomallas	FS mín.	FS máx.	Prom.	Norma CE.020
Bishop	2.474				1.5
Fellenius	2.182	2.182	2.474	2.362	1.5
Spencer	2.396				1.5
Morgenstern-Price	2.396				1.5

Nota: Se observa la tabla con el resumen de los 4 enfoques que se obtuvo en el programa Slide, la cual nos da un promedio de 2.362, con un mínimo índice de 2.182 y máximo de 2.474 con la comparación de la Norma (1.5).

Figura 36

Gráfico de comparación de los Índices Con Geomallas del Talud 2



Interpretación: Se muestra el gráfico de columnas agrupadas en 2D sobre los índices de estabilidad obtenidos por los 4 enfoques en condiciones normales del talud km 354+400, donde resulta un mínimo índice por el enfoque Fellenius y un índice máximo por el enfoque GLE/Morgenstern-Price y Spencer.

4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.2.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS

La prueba estadística más adecuada para comparar las diferencias entre la influencia y no influencia de la estabilidad del talud con Geomallas es la Prueba t de Student ya que se compara los índices de estabilidad en condiciones estática.

4.2.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Utilizaremos los índices de estabilidad obtenidos del talud km 353+800 de los análisis con el software Slide con la prueba de comparación de medias (t-test).

Formulación de la hipótesis:

Ho: $\mu_1 = \mu_2$ (las medias de los índices de estabilidad sin y con geomallas son iguales).

Hi: $\mu_1 \neq \mu_2$ (las medias de los índices de estabilidad sin y con geomallas son diferentes).

Hipótesis General

Hipótesis Alterna (Hi): Las geomallas mejora significativamente la estabilidad de pendientes del tramo km 353+100 - km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco – Huánuco.

Hipótesis Nula (Ho): Las geomallas no mejora significativamente la estabilidad de pendientes del tramo km 353+100 - km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco – Huánuco.

Tabla 14

Prueba t de Student para la hipótesis General talud 1

Medidas de Tendencia Central				Prueba t de Student					
Talud km	Media	Desv. Est.	Gl	Estad. t	Val critico	p-valor	Comparación	Prob.	
353+800 Sin/Con	1.316	0.0016	4	-	2.447	0.001	0.0013<0.05	0.05	
Geomallas	2.092	0.0746	4	5.62			Se rechaza Ho		

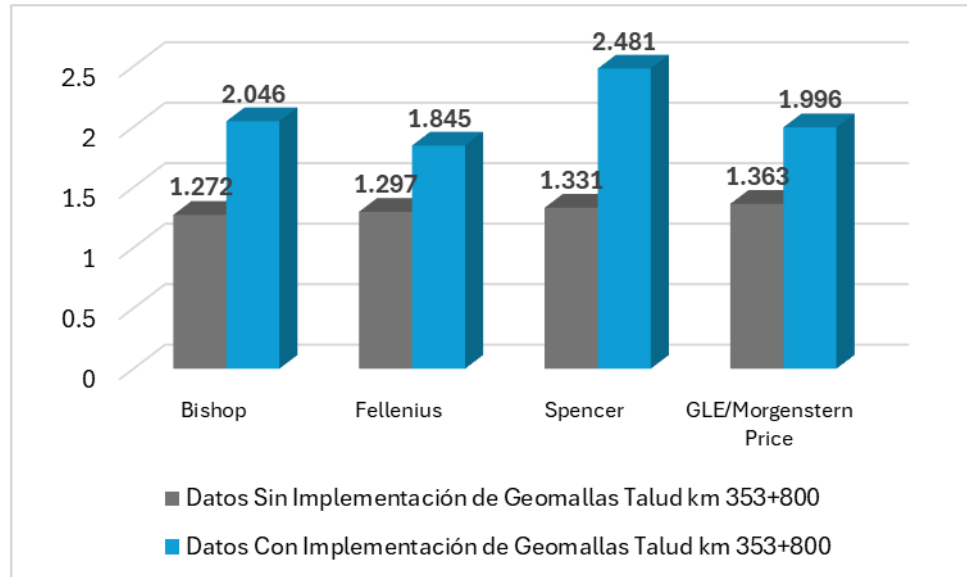
Nota: El valor estadístico t (-5.62) es menor que el valor crítico de t (2,447), lo que no se encuentra dentro del rango de valores esperados bajo la hipótesis nula.

También se puede determinar mediante la comparación entre p-valor (0,001), que es

menor al nivel de significancia 0,05. Por lo tanto, hay suficiente evidencia para afirmar que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Figura 37

Gráfico de comparación para la Prueba de Hipótesis General talud 1



Interpretación: Se observa el gráfico de columnas agrupadas en 3D sobre los índices de estabilidad del km 353+800 con y sin geomallas.

Ahora utilizaremos los índices de estabilidad obtenidos del talud **km 354+400** de los análisis con el software Slide con la prueba de comparación de medias (t-test).

Tabla 15

Prueba t de Student para la hipótesis General

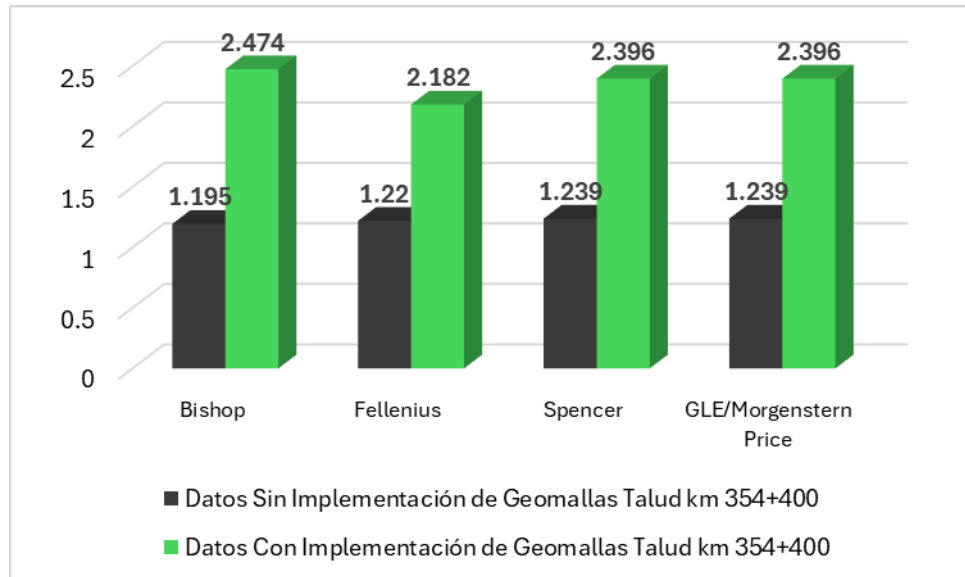
Medidas de Tendencia Central		Prueba t de Student			Val crítico	p-valor	Comparación	Prob
Talud km	Medi a	Desv. Est.	G	Estad. t				
354+400	1.223	0.0004	4	-	2.447	0.00000	0.000002 < 0.05	.
Sin/Con Geomallas	2.362	0.0158	4	17.90		2	Se rechaza Ho	0.05

Nota: El valor estadístico t (-17.90) es menor que el valor crítico de t (2,447), lo que no se encuentra dentro del rango de valores esperados bajo la hipótesis nula. También se puede determinar mediante la comparación entre p-valor (0,000002),

que es menor al nivel de significancia 0,05. Por lo tanto, hay suficiente evidencia para afirmar que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Figura 38

Gráfico de comparación para la Prueba de Hipótesis General talud 2



Interpretación: Se observa el gráfico de columnas agrupadas en 3D sobre los índices de estabilidad del km 354+400 con y sin geomallas.

Por lo tanto, los resultados indican que hay pruebas suficientes para aceptar la hipótesis alterna (Hi). En otras palabras, las geomallas mejoran significativamente la estabilidad de pendientes del tramo km 353+100 - km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco – Huánuco.

Hipótesis específica 1:

Hi: El estudio de mecánica de suelos ayuda a mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.

Ho: El estudio de mecánica de suelos no ayuda a mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.

Utilizaremos los índices de estabilidad obtenidos del talud km 353+800 y km 354+400 antes y después de la implementación de geomallas y se realizara una prueba t para muestras relacionadas para determinar si hay una diferencia significativa en los factores de seguridad.

Tabla 16

Prueba t de Student para la hipótesis Específica 1

Medidas de Tendencia Central				Prueba t de Student					
Talud km	Media	Desv. Est.	Gl	Estad. t	Val crítico	p-valor	Comparación	Prob.	
353+800 y km	1.27	0.0004	8				0.000<0.05		
354+400 Sin/Con Geomallas	2.227	0.0158	8	-21.29	2.145	0.000	Se rechaza Ho	0.05	

Nota: El valor estadístico t (-21.29) es menor que el valor crítico de t (2,145), lo que no se encuentra dentro del rango de valores esperados bajo la hipótesis nula. También se puede determinar mediante la comparación entre p-valor (0,000), que es menor al nivel de significancia 0,05. Por lo tanto, hay suficiente evidencia para afirmar que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Interpretación: Por lo tanto, los resultados indican que hay pruebas suficientes para aceptar la hipótesis alterna (Hi). En otras palabras, el estudio de mecánica de suelos ayuda a mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.

Hipótesis específica 2:

Hi: El levantamiento de la topografía de la pendiente del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco influye en mejorar la estabilidad con geomallas.

Ho: El levantamiento de la topografía de la pendiente del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco no influye en mejorar la estabilidad con geomallas.

Tabla 17

Prueba t de Student para la hipótesis Específica 2

Medidas de Tendencia Central			Prueba t de Student				Comparación	Prob.
Talud km	Media	Desv. Est.	Gl	Estad. t	Val crítico	p-valor		
353+800 y km	1.27	0.0004	8				0.000<0.05	
354+400 Sin/Con Geomallas	2.227	0.0158	8	21.29	2.145	0.000	Se rechaza Ho	0.05

Nota: El valor estadístico t (-21.29) es menor que el valor crítico de t (2,145), lo que no se encuentra dentro del rango de valores esperados bajo la hipótesis nula. También se puede determinar mediante la comparación entre p-valor (0,000), que es menor al nivel de significancia 0,05. Por lo tanto, hay suficiente evidencia para afirmar que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Interpretación: Por lo tanto, los resultados indican que hay pruebas suficientes para aceptar la hipótesis alterna (Hi). En otras palabras, el levantamiento de la topografía de la pendiente del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco influye en mejorar la estabilidad con geomallas.

Hipótesis específica 3:

Hi: El análisis con el enfoque más adecuado ayuda a mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas en el tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.

Ho: El análisis con el enfoque más adecuado no ayuda a mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas en el tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco

Tabla 18

Prueba t de Student para la hipótesis Específica 3

Medidas de Tendencia Central				Prueba t de Student				
Talud km 353+800 y km	Media	Desv. Est.	Gl	Estad. t	Val crítico	p-valor	Comparación	Prob
	1.27	0.0004	8				0.000<0.05	.
354+400 Sin/Con Geomallas	2.227	0.0158	8	-21.29	2.145	0.000	Se rechaza Ho	0.05

Nota: El valor estadístico t (-21.29) es menor que el valor crítico de t (2,145), lo que no se encuentra dentro del rango de valores esperados bajo la hipótesis nula. También se puede determinar mediante la comparación entre p -valor (0,000), que es menor al nivel de significancia 0,05. Por lo tanto, hay suficiente evidencia para afirmar que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Interpretación: Por lo tanto, los resultados indican que hay pruebas suficientes para aceptar la hipótesis alterna (Hi). En otras palabras, el análisis con el enfoque más adecuado ayuda a mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas en el tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.

Hipótesis específica 4:

Hi: Los índices de estabilidad de la pendiente influye cuando se mejora la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.

Ho: Los índices de estabilidad de la pendiente no influye cuando se mejora la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.

Tabla 19

Prueba t de Student para la hipótesis Especifica 4

Medidas de Tendencia Central				Prueba t de Student				
Talud km 353+800 y km 354+400	Media	Desv. Est.	Gl	Estad. t	Val crítico	p-valor	Comparación	Prob.
Sin/Con Geomallas	1.27	0.0004	8	-21.29	2.145	0.000	0.000<0.05 Se rechaza Ho	0.05

Nota: El valor estadístico t (-21.29) es menor que el valor crítico de t (2,145), lo que no se encuentra dentro del rango de valores esperados bajo la hipótesis nula. También se puede determinar mediante la comparación entre p-valor (0,000), que es menor al nivel de significancia 0,05. Por lo tanto, hay suficiente evidencia para afirmar que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Interpretación: Por lo tanto, los resultados indican que hay pruebas suficientes para aceptar la hipótesis alterna (Hi). En otras palabras, los índices de estabilidad de la pendiente influyen cuando se mejora la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de la investigación se comparan con las de otras investigaciones que examinaron la aplicación de Geomallas:

Vergara (2018) analizó las tres formas de estabilización: muro de contención, geomallas y gaviones. Se encontró que las geomallas brindan la estabilidad de talud más efectiva, aunque a un costo más elevado que los métodos alternativos. Debido a su eficacia en estas condiciones, se aconsejó específicamente el uso de geomallas en zonas cercanas a las viviendas.

Vera (2019) evaluó los sistemas de geomallas y geotextiles anclados en la carretera Sayán – Churín. La mejora del factor de seguridad con geomallas fue del 61,45%; en fallas circulares, el factor de seguridad fue de 1,9 y en fallas planas, de 2,8.

Con el uso de geomallas coextruída Mono-Orientadas, gaviones y anclajes, Alberca y Rondo (2020) estudiaron la estabilidad de los taludes. Para dos taludes distintos, los factores de seguridad fueron 1.62 y 2.06, ambos superiores a 1.5, lo que indicaba una estabilidad adecuada.

Nuestros hallazgos se corroboran con estos estudios, el cual demuestra que el uso de geomallas, además de otras técnicas, mejora significativamente la estabilidad de los taludes.

Los estudios de Vergara (2018), Vera (2019), y Alberca y Rondo (2020) apoyan la conclusión de que el uso de geomallas mejora significativamente la estabilidad de los taludes. En comparación con otros métodos, las geomallas ofrecen mayor estabilidad y factores de seguridad, según todos los estudios, a pesar de los diversos contextos y técnicas de análisis.

CONCLUSIONES

- **OG:** La estabilidad de pendiente del tramo km 353+800 y km 354+400 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco se ve significativamente mejorada por las geomallas. Esto se evidencia en el incremento de los índices de estabilidad sobre los valores mínimos sugeridos por las normas garantiza una mayor durabilidad y seguridad de la infraestructura vial.
- **PE 1:** Para mejorar la estabilización de la pendiente con geomallas, el estudio de mecánica del suelo es esencial. La modelación precisa y una mejor comprensión del comportamiento del suelo, gracias a la obtención de propiedades geotécnicas como la cohesión (14.80 y 15.03 kN/m²) y el ángulo de fricción interna (20.5° y 19.85°) para los taludes km 353+800 y km 354+400, han posibilitado una optimización de la estabilidad.
- **PE 2:** La topografía de las pendientes del tramo km 353+800 y km 354+400 influye significativamente en la estabilización con geomallas. El levantamiento topográfico detallado permitió identificar características críticas como pendientes, fallas y grietas, lo cual es crucial para la correcta aplicación y efectividad de las geomallas.
- **PE 3:** Para mejorar la estabilización de la pendiente sin y con geomallas, se ha demostrado que el método de equilibrio límite, (Enfoque Bishop, Fellenius, Spencer y GLE/Morgenstern-Price) utilizado por el programa Slide, es el más adecuado. Como resultado de la implementación de las geomallas, este método permitió una evaluación precisa de los índices de estabilidad.
- **PE 4:** Las geomallas mejoró notablemente los índices de estabilidad de la pendiente. Los resultados obtenidos en el programa Slide muestran que todos los índices de estabilidad superaron los valores mínimos recomendados ya que sin la implementación se obtuvo un promedio de 1.315 y 1.223; posteriormente con la implementación de las geomallas se obtuvo un promedio de 2.092 y 2.362 para el talud 1 y 2 respectivamente, validando así la efectividad de las geomallas en el mejoramiento de la estabilidad de la pendiente.

RECOMENDACIONES

- **RG:** Se recomienda investigaciones comparativas con geomallas y el uso de muros de contención o revestimientos vegetales como otras formas de estabilización. Para mejorar la estabilidad de las pendientes en diversas condiciones geotécnicas y topográficas, esta comparación ayudará a determinar la opción más económica y efectiva.
- **R1:** Antes de implementar una opción de estabilización, se aconseja realizar investigaciones minuciosas sobre la mecánica del suelo. Para crear un sistema de estabilización efectivo, es fundamental realizar una caracterización precisa de las características geotécnicas del suelo, como el peso unitario, el ángulo de fricción interna y la cohesión.
- **R2:** Para obtener un perfil exacto de las pendientes, se recomienda realizar levantamientos topográficos minuciosos. La adaptación de la solución a las características particulares del terreno permitirá una mejor modelación y diseño de geomallas u otra alternativa de mitigación.
- **R3:** Para evaluar la estabilidad de las pendientes, se aconseja utilizar métodos de análisis que han demostrado ser efectivos, como los métodos de Bishop, Fellenius, Spencer y Morgenstern-Price. Estos métodos, integrados en software como Slide, proporcionan una evaluación precisa del impacto de las geomallas.
- **R4:** Se aconseja utilizar otros programas geotécnicos, como GeoStudio (SLOPE/W) o PLAXIS. Para garantizar la confiabilidad y precisión de los resultados y validar los índices de estabilidad calculados, esta comparación proporcionará una base más sólida para las decisiones de ingeniería.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberca y Rondo (2020). *ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO GEOMALLA COEXTRUÍDA MONO-ORIENTADA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA SAMNE-CASMICHE, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://doi.org/https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/43281>
- Arias, G. J. (2021). *Guía para elaborar la operacionalización de variables*. Espacio I+D: Innovación más Desarrollo. <https://doi.org/https://espacioimasd.unach.mx/index.php/Inicio/article/view/274/973>
- Ases, C. M. (2021). *EVALUACIÓN DE LA GEOMALLA EN BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Ambato]. Repositorio Institucional UTA. <https://doi.org/https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33586/1/Tesis%20I.%20C.%201537%20-%20Ases%20%20Caizabanda%20Mayra%20Elizabeth.pdf>
- Asnte. (20 de octubre de 2023). *Geomalla soldada de poliéster*. Shandong Asnte compañía: <https://es.asntegeosynthetics.com/geogrid/polyester-welded-geogrid.html>
- CE.020. (2016). *Estabilización de Suelos y Taludes*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. <https://doi.org/https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366640/50%20E.020%20CARGAS.pdf?v=1677250657>
- Correa, O., García, F., y Escobar, D. (2013). *Representación de estados y trayectorias volumétricas y gravimétricas del suelo*. Universidad Libre. <https://doi.org/https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/2722>

- Graux, D. (1975). *FUNDAMENTOS DE MECÁNICA DEL SUELO PROYECTO DE MUROS Y CIMENTACIONES*. EDITORES TECNICOS ASOCIADOS, s.a.
https://doi.org/https://books.google.fr/books?id=96EEoaVynl4C&prints ec=frontcover&hl=es&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false
- Hernández, S. (2014). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*. MCGRA WHILL education. <https://doi.org/https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20B aptista- Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.p df>
- Juarez y Rico . (2005). *FUNDAMENTOS DE LA MECANICA DE SUELOS*. Limusa.
<https://doi.org/https://veteranos1927.files.wordpress.com/2014/05/mec anica-de-suelos-tomo-1-juarez-badillo.pdf>
- Maya Esther. (2014). *Métodos y técnicas de investigación*. Universidad Nacional Autónoma de México.
https://doi.org/http://www.librosoa.unam.mx/bitstream/handle/1234567 89/2418/metodos_y_tecnicas.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Montoya, O. A. (2019). *Confiableidad en estabilidad de taludes*. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Metropolitana de México] Repositorio institucional UNAM.
<https://doi.org/https://repositorio.unam.mx/contenidos/74485>
- Palate, B. J. (2018). *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE TALUDES CON MALLAS METÁLICAS EN LA VÍA ECOLÓGICA SANTA ROSA KM 3+500 DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Ambato]. Repositorio Institucional UTA.
<https://doi.org/https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2781>

1/1/Tesis%201242%20-
%20Palate%20Bomb%C3%B3n%20Jos%C3%A9%20Luis.pdf

Pavco, W. (20 de abril de 2022). *Geomallas Uniaxiales - Geosintéticos Pavco Wavin / Tecnología que impulsa la vida*. Geosintéticos Pavco: <https://pavcowavingeosinteticos.com/geomallas-uniaxiales/>

Peña, Vera, Vásquez, y Gálvez. (2023). *Evaluación del peligro por inestabilidad de taludes en la ruta PE-3S, Abancay*. Hatun Yachay Was, 2 (2), 40–5. <https://doi.org/https://doi.org/10.57107/hyw.v2i2.45>

Projar. (20 de abril de 2023). *Geomalla tridimensional Trinter Estándar* . PROJAR: <https://projar.es/productos/restauracion-ambiental/georredes-geomallas/geomalla-tridimensional-trinter/geomalla-tridimensional-trinter-estandar/>

Ramajo, R. L. (2012). *Manual de técnica de estabilización biotécnica en taludes de infraestructura de obras civil*. Universidad de Córdoba. <https://doi.org/https://digital.csic.es/bitstream/10261/110010/1/ManualVersionFinal.pdf>

Ramos, V. A. (2017). *ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN ROCAS. SIMULACIÓN CON LS-DYNA Y COMPARACIÓN CON SLIDE*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Madrid] Repositorio institucional. https://doi.org/http://oa.upm.es/47326/1/TFM_ABEL_ANTONIO_RAMOS_VASQUEZ.pdf

Revelo Burgos, Vicente. (2008). *MODELO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LAS CARRETERAS DEL SUBTRÓPICO DEL NOROCCIDENTE DEL ECUADOR A FIN DE EVITAR ACCIDENTES DE TRÁNSITO Y DISMINUIR LOS COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional UTA. <https://doi.org/https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2714>

/1/Maestr%c3%ada%20V.%20T.40%20-
%20Revelo%20Burgos%20Vicente%20Ulpiano.pdf

Rosas, C. N. (2021). *LA UTILIZACIÓN DE MURO DE SUELO REFORZADO CON GEOSINTÉTICOS Y SU INFLUENCIA EN LA DEFENSA*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. Repositorio Institucional UNHEVAL. <https://doi.org/https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6662>

Sanhueza y Rodríguez. (2013). *Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica de Chile]. Repositorio Institucional UC. <https://doi.org/https://repositorio.uc.cl/handle/11534/11514>

Suarez, D. J. (1998). *DESLIZAMIENTOS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN ZONAS TROPICALES*. Publicaciones UIS. <https://doi.org/https://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101>

Vera Yalico, Mario. (2019). *SISTEMA DE REFORZAMIENTO DE GEOMALLAS Y GEOTEXTILES ANCLADOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD EN LA CARRETERA SAYAN – CHURÍN - LIMA 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://doi.org/https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46916>

Vergara, F. R. (2018). *ESTABILIZACIÓN DE TALUD POR TRES MÉTODOS: GAVIONES, GEOMALLA Y MURO DE CONTENCIÓN EN EL CENTRO POBLADO SAN JUANITO ALTO DISTRITO DE GUADALUPITO-VIRU- LA LIBERAD*. [Tesis de pregrado, Universidad San Pedro]. Repositorio Institucional USANPEDRO.

https://doi.org/http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/7988/Tesis_58973.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Yoza, P. C. (2018). *DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN BIOTÉCNICA DE TALUD CON GEOMALLA Y ESPECIE VEGETAL EN LA QUEBRADA DE INGAPIRCA DE LA UNESUM*. [Tesis de pregrado, UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ]. Repositorio Institucional UNESUM. <https://doi.org/http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/812>

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACION

Arrieta Rodriguez D. (2026). *Geomallas para mejorar la estabilidad de la pendiente del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera cerro de pasco- huánuco, 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 20

La matriz de consistencia de la investigación

TÍTULO: “GEOMALLAS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENDIENTE DEL TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO– HUÁNUCO, 2023”										
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	DE	ESPECIFICACIONES	METODOLOGIA	
Problema Principal	Objetivo General	Hipótesis General	Independiente					AMBITO	DISEÑO DE INVESTIGACION	
¿Cuál es el efecto de las geomallas para mejorar la estabilidad de pendientes del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco?	Evaluar el efecto de las geomallas para mejorar la estabilidad de pendientes del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco	<p>Hi: Las geomallas mejora significativamente la estabilidad de pendientes del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.</p> <p>Ho: Las geomallas no mejora significativamente la estabilidad de pendientes del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.</p>	Geomallas	Índices de estabilidad	de Contexto estático Contexto sísmico	Razón (adimensional) Razón (adimensional)		NORMA E.050 NORMA E.050	<p>Población: La población en esta investigación se considerará a todos las pendientes del tramo km 353+100 hasta el km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.</p>	<p>No experimental, porque no manipularon deliberadamente las variables.</p>
				Estudio de mecánica de suelos	La clasificación del suelo La cohesión Peso específico El ángulo de rozamiento	Nominal Razón (kPa) Razón (kN/m ³) Razón (°)		NTP 339.128 NTP 339.171 NTP 339.131 NTP 339.171		
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis específicas	Dependiente						Alcance o nivel	
<ul style="list-style-type: none"> ¿El estudio de mecánica de suelos influye en mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco? 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar el estudio de mecánica de suelos para mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco. 	<p>Hi: El estudio de mecánica de suelos ayuda a mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.</p> <p>Ho: El estudio de mecánica de suelos no ayuda a mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.</p>	Estabilidad de pendiente	La topografía	Sección transversal Geometría de la pendiente Punto de falla	Razón (m) Razón (°, m) Nominal/Razón		Levantamiento Topo. Levantamiento Topo. Levantamiento Topo.	<p>Descriptiva porque en base a los objetivos se caracterizó y describo de manera detallada.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ¿La topografía de la pendiente del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco influye a mejorar la estabilidad con geomallas? 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar el levantamiento de la topografía de la pendiente del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco para mejorar la estabilidad con geomallas. 	<p>Hi: El levantamiento de la topografía de la pendiente del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco influye en mejorar la estabilidad con geomallas.</p> <p>Ho: El levantamiento de la topografía de la pendiente del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco no influye en mejorar la estabilidad con geomallas.</p>		Enfoque de análisis	Enfoques precisos (Morgenstern-Price, Spencer y Bishop riguroso) Enfoques Aproximados (Janbu, Fellenius y Bishop simplificado)	Razón (FS) Razón (FS)		Software PLAXIS Software PLAXIS	<p>Enfoque Cuantitativo porque se cuantifico el efecto de las geomallas con índices de estabilidad.</p>	

• Realizar el análisis con el enfoque más adecuado para mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas en el tramo km 353+100-355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco?

Hi: El análisis con el enfoque más adecuado ayuda a mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas en el tramo km 353+100-355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.

Ho: El análisis con el enfoque más adecuado no ayuda a mejorar la estabilidad de pendientes con geomallas en el tramo km 353+100-355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.

• ¿Cuáles son los índices de estabilidad cuando se mejora la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100-355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco?


• Calcular los índices de estabilidad cuando se mejora la estabilidad de la pendiente con geomallas del tramo km 353+100-355+300 de la carretera Cerro de Pasco– Huánuco.

Hi: Los índices de estabilidad de la pendiente influye cuando se mejora la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco–Huánuco.



Ho: Los índices de estabilidad de la pendiente no influye cuando se mejora la estabilidad de pendientes con geomallas del tramo km 353+100- km 355+300 de la carretera Cerro de Pasco-Huanuco.



Fuente: Adaptado de Arias (2021).

ANEXO 2
INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS
PARA EL ESTUDIO DE SUELO

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO						
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS						
	TESIS:					
RESPONSABLE:						
LUGAR:						
FECHA:						
N° ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO						
CALICATA:						
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO(gr)	RETENIDO PARCIAL(%)	RETENIDO ACUMULADO(%)	QUE PASA(%)	OBSERVACIONES
3"	76.2					
1 1/2"	38.1					
1"	25.4					
3/4"	19.05					
1/2"	12.7					
3/8"	9.525					
N°4	4.76					
N°10	2					
N°16	1.3					
N°30	0.59					
N°40	0.426					
N°50	0.297					
N°60	0.25					
N°100	0.149					
N°200	0.074					
CAZOLETA						
TOTAL						

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO						
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS						
	TESIS:					
RESPONSABLE:						
LUGAR:						
FECHA:						
N° ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD						
CALICATA:						
DESCRIPCIÓN	DATOS OBTENIDOS					OBSERVACIONES
Peso de Bandeja						
Peso natural húmedo + bandeja						
Peso natural seco + bandeja						
Peso natural húmedo						
Peso natural seco						
Contenido de Humedad						

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO FICHA DE RECOLECCION DE DATOS						
	TESIS:					
RESPONSABLE:						
LUGAR:						
FECHA:						
N° ENSAYO: LÍMITE LÍQUIDO						
CALICATA:						
DESCRIPCIÓN	DATOS OBTENIDOS					OBSERVACIONES
Peso del tarro (gr)						
Peso del tarro + suelo húmedo (gr)						
Peso del tarro + suelo seco (gr)						
Peso del suelo húmedo (gr)						
Número de golpes						
Contenido de Humedad (%)						
LÍMITE LÍQUIDO (%)						
N° ENSAYO: LÍMITE PLÁSTICO						
CALICATA:						
NTP: 339.130						
DESCRIPCIÓN	DATOS OBTENIDOS					OBSERVACIONES
Peso del tarro (gr)						
Peso del tarro + suelo húmedo (gr)						
Peso del tarro + suelo seco (gr)						
Peso del suelo húmedo (gr)						
Peso del suelo seco (gr)						
LÍMITE PLÁSTICO (%)						

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO FICHA DE RECOLECCION DE DATOS						
	TESIS:					
RESPONSABLE:						
LUGAR:						
FECHA:						
N° ENSAYO: PESO ESPECIFICO						
CALICATA:						
DESCRIPCIÓN	DATOS OBTENIDOS					OBSERVACIONES
Peso del recipiente + muestra húmeda (gr)						
Peso del recipiente + muestra seca (gr)						
Peso del recipiente (gr)						
Peso del recipiente (gr)						
Volumen recipiente (gr)						
RESULTADOS						
Peso de la muestra húmeda (gr)						
Peso de la muestra seca (gr)						
Peso del agua (gr)						
Peso específico de la muestra húmeda (gr/m ³)						
Peso específico de la muestra seca (gr/m ³)						
Humedad (%)						

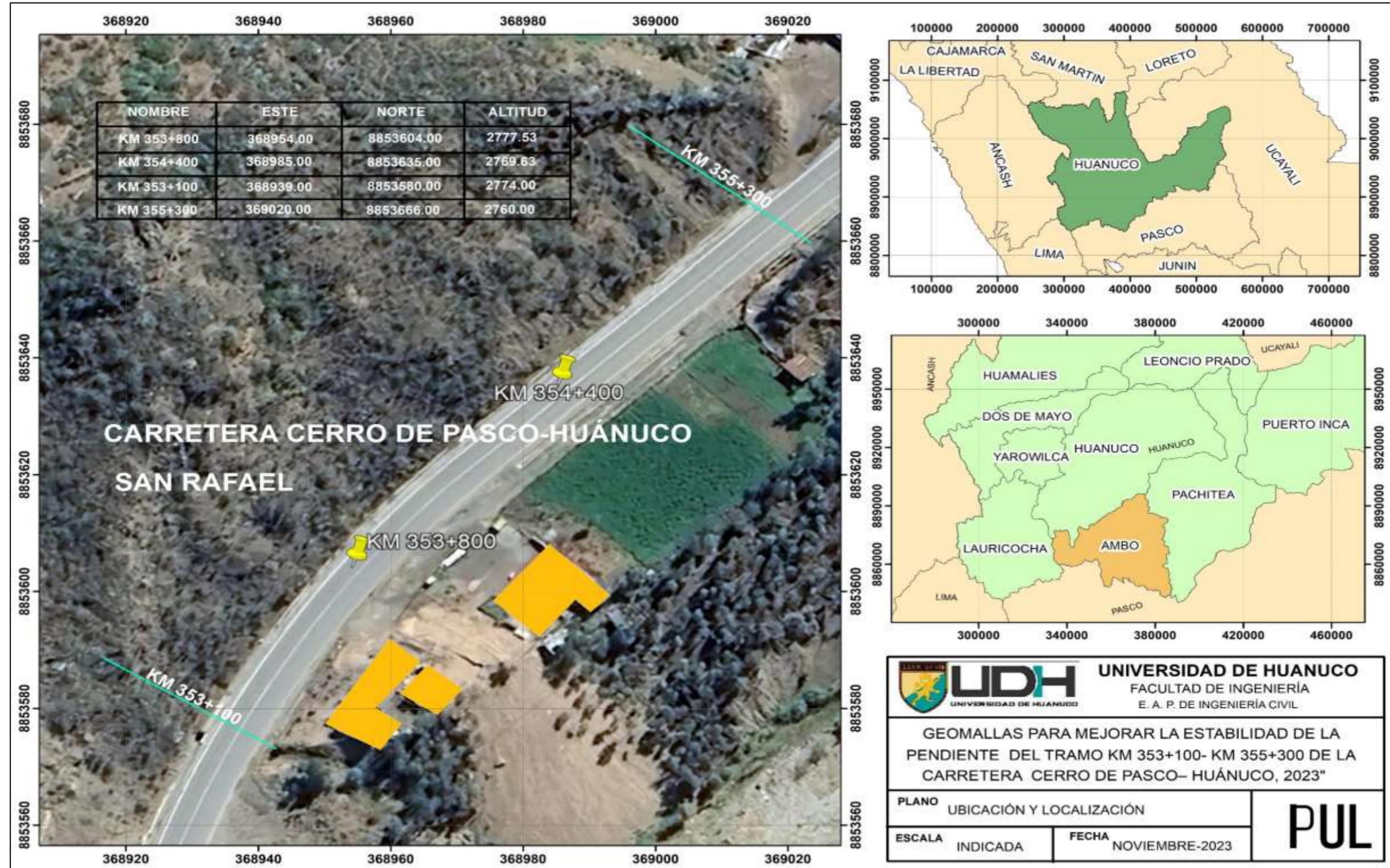
ANEXO 3
INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE
DATOS PARA LA TOPOGRAFÍA

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO		
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS		
	TESIS:	
FECHA:		
HORA:		
CONDICIONS CLIMATOLOGICAS		
INTRUMENTOS UTILIZADOS		
COORDENAS DE PUNTOS		
OBSERVACION:-		

ANEXO 4 PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Figura 39

Plano de ubicación y localización de la investigación



ANEXO 5 RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 0260-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 19 de febrero de 2024

Visto, el Oficio N° 168-2024-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "SISTEMA DE GEOMALLAS ANCLADAS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENDIENTE DEL TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUÁNUCO, 2024", presentado por el (la) Bach. Deissy Milagros ARRIETA RODRIGUEZ.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 2684-2023-D-FI-UDH, de fecha 13 de noviembre de 2023, perteneciente a la Bach. Deissy Milagros ARRIETA RODRIGUEZ se le designó como ASESOR(A) al Dr. Carlos Esteban Huaman Cuespan, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 168-2024-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "SISTEMA DE GEOMALLAS ANCLADAS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENDIENTE DEL TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUÁNUCO, 2024", presentado por el (la) Bach. Deissy Milagros ARRIETA RODRIGUEZ, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza (Secretario) y Mg. Luis Fernando Narro Jara (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "SISTEMA DE GEOMALLAS ANCLADAS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENDIENTE DEL TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUÁNUCO, 2024", presentado por el (la) Bach. Deissy Milagros ARRIETA RODRIGUEZ para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduando - Intermedio - Archivo.
BCR/EJM/eta.

ANEXO 6 RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 2684-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 13 de noviembre de 2023

Visto, el Oficio N° 1834-2023-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 449094-0000009701, de la Bach. **Deissy Milagros ARRIETA RODRIGUEZ**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 449094-0000009701, presentado por el (la) Bach. **Deissy Milagros ARRIETA RODRIGUEZ**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Dr. Carlos Esteban Huaman Cuespan, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - **DESIGNAR**, como Asesor de Tesis de la Bach. **Deissy Milagros ARRIETA RODRIGUEZ** al Dr. Carlos Esteban Huaman Cuespan, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Mat. y Reg.AcaI. - Interesado - Archivo.
BLCUEJMSL/mta.

ANEXO 7 ESTUDIO DE SUELOS

INFORME TÉCNICO Y ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN



LABORTEC

LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO:

**“SISTEMA DE GEOMALLAS ANCLADAS PARA
MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENDIENTE
DEL TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA
CARRETERA CERRO DE PASCO- HUÁNUCO,
2024”**

SOLICITA:

BACH. ARRIETA RODRIGUEZ DEISSY MILAGROS

UBICACIÓN:

**DISTRITO : SAN RAFAEL
PROVINCIA : AMBO
REGIÓN : HUANUCO**

EJECUTADO:

LABORTEC E.I.R.L.

INGENIERO ESPECIALISTA:

ELIO AUGUSTO SAAVEDRA CABRERA

AGOSTO DEL 2024



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO

1. GENERALIDADES	4
1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO	4
1.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	4
1.2. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LA OBRA A CIMENTAR:	5
1.3. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO:	6
1.3.1. UBICACIÓN POLÍTICA	6
1.3.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	8
1.3.3. ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO	8
1.4. CONDICION CLIMÁTICA DE LA ZONA	10
2. GEOMORFOLOGIA, GEOLOGIA Y SISMICIDAD	12
2.1. GEOMORFOLOGÍA	12
2.2. GEOLOGÍA	13
2.2.1. LITOESTRATIGRAFÍA	14
2.3. GEODINÁMICA EXTERNA	16
2.4. GEODINÁMICA INTERNA	17
2.5. SISMICIDAD	17
3. INVESTIGACIONES EN CAMPO	19
3.1. METODOLOGÍA	19
3.2. REGISTRO DE CALICATAS	20
3.3. MUESTREO DE SUELOS	20
4. ENSAYOS DE LABORATORIO	23
4.1. ENSAYOS ESTÁNDAR	23
4.2. TRABAJOS EN LABORATORIO	23
4.2.1. SECADO	23
4.2.2. IDENTIFICACIÓN	24
4.2.3. GRANULOMETRÍA	24
4.2.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS	25
4.2.5. CONTENIDO DE HUMEDAD	25
4.2.6. LÍMITES DE ATTERBERG (LL, LP, IP)	26
5. PERFILES ESTATIGRÁFICOS	27
6. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN	28
6.1. TIPO DE CIMENTACIÓN.	28
6.2. PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACIÓN.	28
6.3. CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA.	28
6.3.1. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE C - 01	29

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 982987000
Fono : 052-387145
E-mail : Labortec_sini@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

6.3.2.	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE C - 02	31
6.4.	CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS TOTALES	33
6.4.1.	CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS TOTALES C-01	33
6.4.2.	CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS TOTALES C-02	34
7.	CALCULO DE COEFICIENTE DE BALASTO	35
8.	AGRESIÓN DEL SUELO DE CIMENTACIÓN	36
9.	AGUA EN EL SUELO	37
9.1.	INTRODUCCIÓN	37
9.2.	RECONOCIMIENTO DE AGUAS FREÁTICAS	37
10.	PARÁMETROS DE EMPUJE LATERAL DE TIERRAS	38
11.	RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE CALZADURAS O MURO DE CONTENCIÓN ARMADO	39
12.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
	ANEXOS	43

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_srl@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

INFORME TÉCNICO

1. GENERALIDADES

El presente estudio tiene por objetivo describir los trabajos de campo, laboratorio y gabinete, llevados a cabo para la evaluación geotécnica del proyecto: **"SISTEMA DE GEOMALLAS ANCLADAS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENDIENTE DEL TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO- HUÁNUCO, 2024"**. Ubicado en el Distrito de San Rafael, Provincia de Ambo y Departamento de Huánuco; para determinar las características físico-mecánicas del suelo dentro de la profundidad activa y a partir de ello, los parámetros necesarios para el diseño de la estructura. Dichos parámetros son: profundidad, tipo de cimentación, capacidad portante admisible del terreno adoptado como suelo de cimentación, pautas generales de diseño y construcción en relación con los suelos.

1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo principal del estudio de suelos es evaluar las características geotécnicas y mecánicas del terreno natural del proyecto: **"SISTEMA DE GEOMALLAS ANCLADAS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENDIENTE DEL TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO- HUÁNUCO, 2024"**, a lo largo de la zona de influencia de una carretera con pendientes, con la finalidad de diseñar soluciones de cimentación seguras y eficaces, y garantizar la estabilidad de taludes y estructuras asociadas.

1.1.1. Objetivos específicos:

- Caracterizar los estratos del suelo y/o roca en función de su composición, consistencia, capacidad portante y comportamiento frente a esfuerzos.
- Identificar zonas de riesgo geotécnico (como deslizamientos, erosión o subsidencia) que puedan afectar la seguridad vial.
- Determinar parámetros de resistencia al corte y cohesión del suelo, indispensables para el diseño de cimentaciones superficiales o profundas.
- Evaluar la estabilidad de taludes naturales y artificiales mediante análisis de estabilidad (método de equilibrio límite u otros).
- Proponer alternativas de diseño y tratamiento del terreno, tales como muros de contención, anclajes, drenajes subterráneos o refuerzos geotécnicos.
- Emitir recomendaciones para el tipo y profundidad de cimentación más adecuado según las condiciones geológicas locales.
- Establecer medidas correctivas y preventivas para mitigar problemas de erosión y escurrimiento superficial.

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962587000
Fono : 082-287145
E-mail : Labortec_sirt@hotmail.com



1.2. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LA OBRA A CIMENTAR:

Para los fines de la determinación del Programa de Investigación Mínimo (PIM) del Estudio de Mecánica de Suelos, las edificaciones serán calificadas, según la Tabla 1, donde I, II y III designan la importancia relativa de la estructura desde el punto de vista de la investigación de suelos necesaria para cada tipo de edificación, siendo el I más exigente que el II y éste que el III.

TABLA N°01 - TIPO DE EDIFICACIÓN PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS (m)	N° DE PISOS (INCLUIDOS SOTANOS)			
		<= 3	4 a 8	9 a 12	> 12
APORTICADA DE ACERO	<12	III	III	III	II
PORTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO	<10	III	III	II	I
MUROS PORTANTES DE ALBAÑILERÍA	<12	III	I	-	-
BASE DE MAQUINAS Y SIMILARES	Cualquiera	I	-	-	-
ESTRUCTURAS ESPECIALES	Cualquiera	I	I	I	I
OTRAS ESTRUCTURAS	Cualquiera	III	I	I	I
*Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior:					
TANQUES ELEVADOS Y SIMILARES		≤ 9 m de		≥ 9 m de altura	
		II		I	
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA		III			
ES SANITARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO EN OB		IV			

Fuente E-050

Por información proporcionada por el "Solicitante" el proyecto presenta la siguiente característica:

- Estructura: Elementos estructurales de concreto armado, muros de contención.

Por lo que la edificación califica en una categoría III*

Tabla N°02 - Número de puntos de investigación	
Tipo de edificación (tabla 01)	Números de puntos de investigación (n)
I	Uno por cada 225 m ² de área techada
II	Uno por cada 450 m ² de área techada
III	Uno por cada 900 m ² de área techada
IV	uno por cada 100 m de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas
Urbanizaciones para viviendas unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada hectárea de terreno por habilitar

Cuando se conozca el emplazamiento exacto de la estructura, n se determinará en función del área techada en planta del primer piso de esta; cuando no se conozca dicho emplazamiento, n se determinará en función del área total del terreno.

Sabiendo que la estructura se encuentra dentro de una clasificación "III" se tiene que el número de calicatas será de 1 cada 900 m² a investigar.



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Según lo calculado se deberían realizar una (2) calicata con lo cual cubrimos el requerimiento mínimo de número de calicatas.

1.3. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO:

El terreno en estudios se encuentra ubicado en el Centro Poblado de Cochacalla, presenta un área de una topografía agreste en el distrito de San Rafael.

El distrito de San Rafael es uno de los 8 distritos de la provincia de Ambo, ubicada en el departamento de Huánuco, bajo la administración del Gobierno Regional de Huánuco. Su capital es el pueblo de San Rafael ubicado a 2,694 msnm.

El distrito limita con:

- **Norte:** con el distrito de Ambo.
- **Sur:** con la provincia de Pasco.
- **Este:** con la provincia de Pachitea.
- **Oeste:** con los distritos de San Francisco y Huácar.

1.3.1. Ubicación Política

Políticamente el proyecto se encuentra ubicado en el siguiente poblado, distrito, provincia y departamento.

- DEPARTAMENTO : HUÁNUCO
- PROVINCIA : AMBO
- DISTRITO : SAN RAFAEL

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 052-287145
E-mail : Labortec_srf@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

MAPA N°01: UBICACIÓN DEL PROYECTO



Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_elf@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

IMAGEN N°01: VISTA SATELITAL DEL ÁREA EN ESTUDIOS



1.3.2. Ubicación Geográfica

La ubicación del proyecto conecta la zona rural del distrito de San Rafael, ubicado al margen izquierdo del Rio Huallaga.

El proyecto se ubica geográficamente según las siguientes coordenadas UTM (WGS84).

CUADRO N°01: COORDENADAS UTM (WGS84).

DESCRIPCIÓN	COORDENADAS (UTM) 18L		ELEVACIÓN
	ESTE	NORTE	
ÁREA DEL PROYECTO	368935.88	8853590.43	2775.00

1.3.3. Acceso al Área de Estudio

La vía de acceso más corta desde la ciudad de Lima – al área en estudio es a Través de la Ruta:

- Desde Lima (capital de Perú) al distrito de San Rafael, existe una distancia aproximada de 299 km en automóvil, siguiendo la ruta Lima – Canta – Huayllay – Pasco – Huariaca, en un tiempo aproximado de 6 horas con 32 minutos.

CUADRO N°02: DISTANCIA DESDE LA CIUDAD DE LIMA AL ÁREA EN ESTUDIO

TRAMO	TIPO	DISTANCIA	TIEMPO
Lima – Distrito de San Rafael	Asfaltada/ Afirmado	299.00 Km.	06 h 32 m
TOTAL		299.00 Km	06 h 32 m

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_srl@hotmail.com



LABORTEC

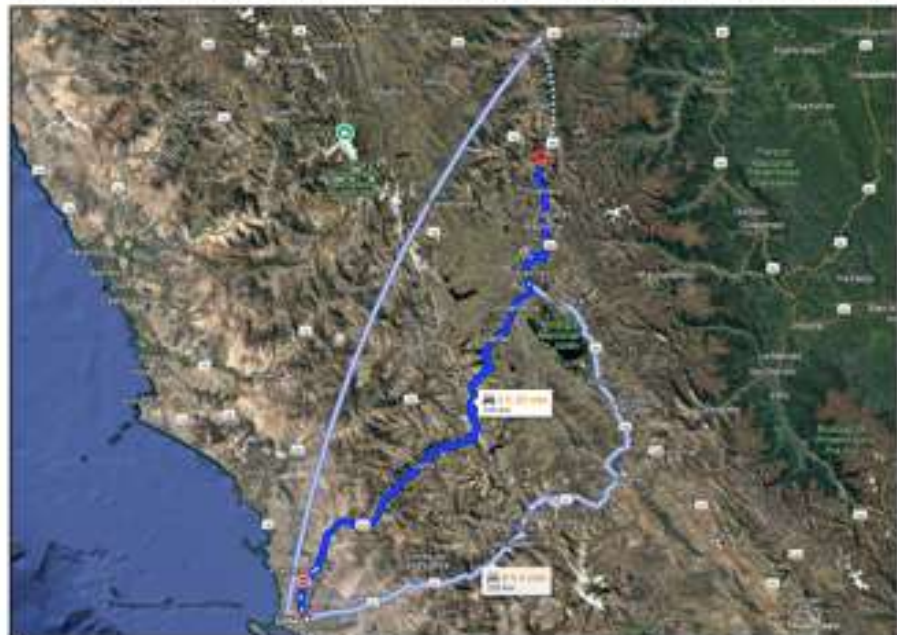
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

MAPA N°02: MAPA VIAL DEL DISTRITO DE SAN RAFAEL – INGEMMET.



IMAGEN N°02: RECORRIDO DE LIMA AL DISTRITO DE SAN RAFAEL



Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 052-287145
E-mail : Labortec_orl@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

1.4. CONDICION CLIMÁTICA DE LA ZONA

Condición Climática del Distrito de San Rafael, Provincia de Ambo.

El distrito de San Rafael, ubicado en la provincia de Ambo del departamento de Huánuco, se sitúa a una altitud aproximada de 2,694 msnm, dentro de la Región Natural Quechua según la clasificación altitudinal del Dr. Javier Pulgar Vidal. Este rango altitudinal influye directamente en el clima, que se caracteriza por ser templado, con estaciones bien diferenciadas entre época seca y de lluvias.

El clima tiene un impacto directo en la estabilidad de suelos, escorrentía, diseño de obras civiles y manejo de aguas pluviales.

Resumen Climático de la Zona

Parámetro Climático	Valores Promedio
Altitud	2.694 msnm
Temperatura Anual	Entre 5 °C y 20 °C
Mes más cálido	Noviembre (T. máx: 20 °C / T. mín: 8 °C)
Mes más frío	Julio (T. máx: 19 °C / T. mín: 6 °C)
Temporada de lluvias	Octubre a abril (mayor acumulación: febrero)
Temporada seca	Mayo a septiembre (mínima precipitación: agosto)
Precipitación máxima	Febrero con hasta 45 mm
Velocidad promedio del viento	9.9 a 11.3 km/h (máximo en septiembre)
Radiación solar más alta	Agosto a octubre (>6.4 kWh/m ² /día)

MAPA N°03– Altitud del área del proyecto en el Distrito de San Rafael – Fuente Global Mapper.



Dirección: Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular: 962987000
Fono: 082-287145
E-mail: Labortec_eir@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Por la ubicación del distrito de La Unión y el área en estudio según el Dr. Javier Pulgar Vidal, corresponde a la región:

Región Quechua

Según la clasificación de las Ocho Regiones Naturales del Perú propuestas por el Dr. Javier Pulgar Vidal, el pueblo de San Rafael, al encontrarse a 2,694 metros sobre el nivel del mar, pertenece a la Región Quechua.

Características generales de la Región Quechua

Rango altitudinal: Abarca desde los 2,300 o 2,500 hasta los 3,500 msnm (dependiendo del enfoque). Para fines prácticos y educativos, suele aceptarse el rango de 2,500 a 3,500 msnm.

Ubicación: Se desarrolla en las laderas de los Andes orientales y occidentales.

Clima: Templado con estaciones marcadas (época de lluvias y época seca).

Vegetación predominante: Árboles frutales, maíz, eucaliptos, alfalfa, papa, cebada, entre otros cultivos andinos.

Actividades económicas comunes: Agricultura (maíz, papa, cebada), ganadería y comercio local.

Importancia histórica y cultural: Esta región fue fundamental en el desarrollo de las culturas andinas, ya que es donde se consolidó la agricultura intensiva.

El pueblo de San Rafael, ubicado a 2,694 msnm, se encuentra dentro de la Región Natural Quechua, caracterizada por un clima templado y ser apta para cultivos andinos como el maíz y la papa, tal como lo establece el modelo geográfico del Dr. Javier Pulgar Vidal.

GRÁFICO N°01 – REGIONES NATURALES DEL PERÚ



Dirección : Jr. Taqna N°101 – Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_ein@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

2. GEOMORFOLOGÍA, GEOLOGÍA Y SISMICIDAD

2.1. Geomorfología

La Geomorfología peruana, es el estudio de los relieves que tiene el Perú a lo largo y ancho de su territorio. Geomorfológicamente la forma estructural del área en estudio presenta una topografía plana y moderadamente accidentada.

• Geomorfología Andina:

La sierra, conformada por las altitudes del macizo andino es un conjunto de elevaciones que corren alineadas en cadenas paralelas: tres en el norte, tres en el centro, dos en el sur.

Los Andes del norte confluyen con los del centro en el Nudo de Pasco y los de centro confluyen con los del sur en el Nudo de Vilcanota.

La región andina del Perú se divide en tres sectores:

Los Andes del norte: son más bajos y húmedos que el promedio. Ello ha permitido que parte de la humedad y vegetación de la selva norte pueda trasladarse a la costa. Además, en los Andes del norte podemos encontrar el punto más bajo de toda la Cordillera Andina: el Abra de Porculla que con 2145 metros permite pasar al otro lado de la vertiente.

Los Andes del centro: son los más altos y empinados y ello hace del centro un lugar de difícil acceso sólo impulsado por la dinámica que la ciudad de Lima genera.

Los Andes del sur: son de mayor espesor que los Andes del norte y del centro. En este paisaje se instalan los pueblos de mayor acervo y tradición de nuestro país. Si hacemos un corte transversal que vaya de Arequipa hasta la frontera con Bolivia, veremos que tenemos más de 500 km. de longitud a una gran altitud que sobrepasa los 4.000 m. El territorio andino del Perú muestra una gran diversidad de unidades geomorfológicas, siendo los más importantes:

Las montañas: (nevados y volcanes) Ejemplos: Nevado de Husacarán (el más alto del Perú), Jerupaja el segundo más alto, Alpamayo el más bello de los picos del mundo. Coropuna, el volcán más alto del Perú, volcán Ubinas en Moquegua actualmente activo al igual que Sabancaya, que se encuentra en Arequipa.

Las altiplanicies: (mesetas y llanura intramontanas), son extensas llanuras frías, donde se desarrolla la ganadería de ovinos y camélidos. Las más importantes son: Collao en Puno la más extensa, Bon bon en Junín, Parinacochas en Ayacucho y Castrovirreina en Huncavelica.

Las cordilleras: importantes por contener glaciares. Ejemplos: Cordillera Blanca, cordillera de Carabaya, cordillera de La Chila, etc.

Los pasos o abras: son aberturas entre montañas, son valles en forma de U formado por los glaciares y tienen gran importancia para el trazado de redes viales transversalmente a

Dirección: : Jr. Tarma Nº101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_srl@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

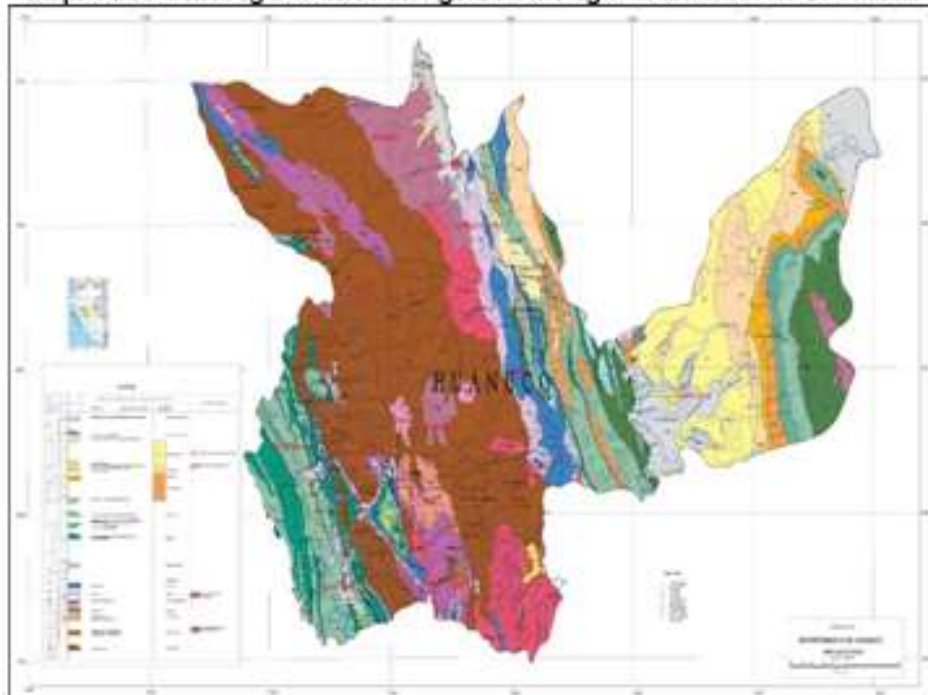
la cordillera. Los más conocidos del Perú, son: el paso de Ticlio o Anticona, el paso de Porculla, el paso de Crucero Alto y el paso de La Raya.

Los cañones: son quebradas profundas y estrechas con condiciones para producir energía hidroeléctrica. Destacan el cañón del Pato en Ancash, el cañón de Colca en Arequipa, el cañón del Infiernillo en Lima y el cañón de Cotahausi el más profundo de América en Arequipa.

Los valles interandinos: son los relieves que se encuentran entre las cordilleras. Presenta dos partes bien diferenciados: vertiente y planicie. La planicie aluvial concentra las grandes urbes del territorio andino. Los valles interandinos más importantes son: el valle de Mantaro en Junín, el valle Callejón de Huaylas en Ancash, el valle de Urubamaba en el Cuzco, el valle de Huancabamba en Piura.

2.2. Geología

Mapa N°03 - Geología del Cuadrángulo de la región Huánuco - INGEMMET.



El cuadrángulo de Ambo (Hoja 21-k) forma parte de la Carta Geológica Nacional del Perú y ha sido estudiado y actualizado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET). Esta área se localiza en la parte central del país, abarcando los departamentos de Huánuco y Pasco, y presenta una extensión aproximada de 2,900 km². La región se caracteriza por una topografía variada que incluye desde depresiones hasta

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_sln@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

altas cumbres, como la Depresión de la Laguna Chinchaycocha y la Cordillera La Viuda, respectivamente.

La Geología actual del área de estudio es producto de millones de años de desarrollo y modificaciones a lo largo de diferentes procesos y la geodinámica externa como son los huaycos, deslizamientos, desprendimientos, asentamientos, y migraciones de arena por efecto tectónico – Neoproterozoico del Complejo Maraón y los depósitos Aluviales, sobre impuesto por los procesos de geodinámica, que han moldeado el rasgo morfoestructural de la región sierra central del Perú, donde se ubica el proyecto. Los estratos están claramente divididos y se debe a la desintegración, meteorización del Neoproterozoico del Grupo Ambo que se encontraba hace muchos millones de años geológicos en áreas cercanas. Así mismo, la erosión, los deslizamientos producidos por drenaje y acumulación de agua dando el desplazamiento de estas sobre grandes extensiones de la zona, dándole la configuración actual de su relieve.

La región es de gran importancia económica debido a sus recursos minerales, destacando:

- Yacimientos de metales preciosos y base: Como plata, plomo y zinc, presentes en las formaciones volcánicas y sedimentarias.
- Proyectos mineros: Como el Proyecto Quicay-Pacoyán, que ha sido transferido al sector privado.

La presencia de estos recursos ha impulsado la actividad minera en la zona, contribuyendo significativamente a la economía local y nacional.

2.2.1. Litoestratigrafía

Grupo Ambo: Contexto y Localización

El Grupo Ambo es una unidad estratigráfica del Carbonífero Inferior, específicamente del Missisipiano. Este grupo es fundamental para comprender la evolución geológica de la región y su potencial en estudios de ingeniería y minería.

Composición Litológica

La formación del Grupo Ambo en el área de San Rafael se caracteriza por una secuencia de rocas sedimentarias clásticas, predominantemente de ambiente continental. Las unidades litológicas incluyen:

- Areniscas cuarzosas: De grano fino a medio, con colores que varían entre gris y beige.
- Lutitas: Predominantemente grises, intercaladas con areniscas.
- Conglomerados: Con clastos subredondeados, indicando transporte fluvial.
- Pizarras: Delgadas, de color gris oscuro, intercaladas en la secuencia.

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 052-287145
E-mail : Labortec_sir@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Estos depósitos reflejan un ambiente fluvial deltaico, con variaciones en la energía del medio deposicional, desde canales activos hasta áreas de bajo flujo.

Estructura y Estratificación

La estratificación del Grupo Ambo en la zona de San Rafael muestra:

- Estratos de areniscas: Con espesor que varía entre 10 y 50 cm, dispuestos en capas horizontales o ligeramente inclinadas.
- Intercalaciones de pizarras: Delgadas, que actúan como niveles de separación entre las areniscas.
- Conglomerados: Ubicados en la base de la secuencia, indicando una transición hacia ambientes de mayor energía.

La disposición de estas unidades sugiere una dinámica fluvial activa, con variaciones en la energía del sistema deposicional a lo largo del tiempo.

Edad y Correlación Estratigráfica

La edad del Grupo Ambo en el distrito de San Rafael se ha determinado como Missisipiana Inferior (aproximadamente 345 millones de años). Esta asignación se basa en estudios paleontológicos y litológicos, que han permitido correlacionar las unidades con otras regiones del Perú Central. La secuencia del Grupo Ambo se encuentra:

- Por debajo: De la Formación Macno (Ordovícico).
- Por encima: Del Grupo Mitu (Pérmico superior – Triásico inferior).

Esta disposición estratigráfica indica una continuidad sedimentaria desde el Ordovícico hasta el Triásico, con una transición gradual entre los grupos.

Implicaciones para Estudios Geotécnicos y de Infraestructura

La comprensión detallada de la estratigrafía del Grupo Ambo en el distrito de San Rafael es crucial para:

- Evaluaciones geotécnicas: Para determinar la capacidad portante y la estabilidad del terreno en proyectos de construcción.
- Diseño de cimentaciones: Especialmente en áreas donde se presentan pendientes pronunciadas o terrenos inestables.
- Planificación territorial: Para identificar zonas aptas para el desarrollo urbano y agrícola.
- Gestión de recursos naturales: Para una explotación sostenible de los recursos minerales y hídricos.

LEYENDA DEL MAPA GEOLOGICO – INGEMMET	
SIMBOLOS	UNIDADES SEDIMENTARIAS VOLCANICAS METAMORFICAS
	REGION ANDINA CORDILLERA OCCIDENTAL Y ORIENTAL
Cm-a	GRUPO AMBO

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_srd@hotmail.com

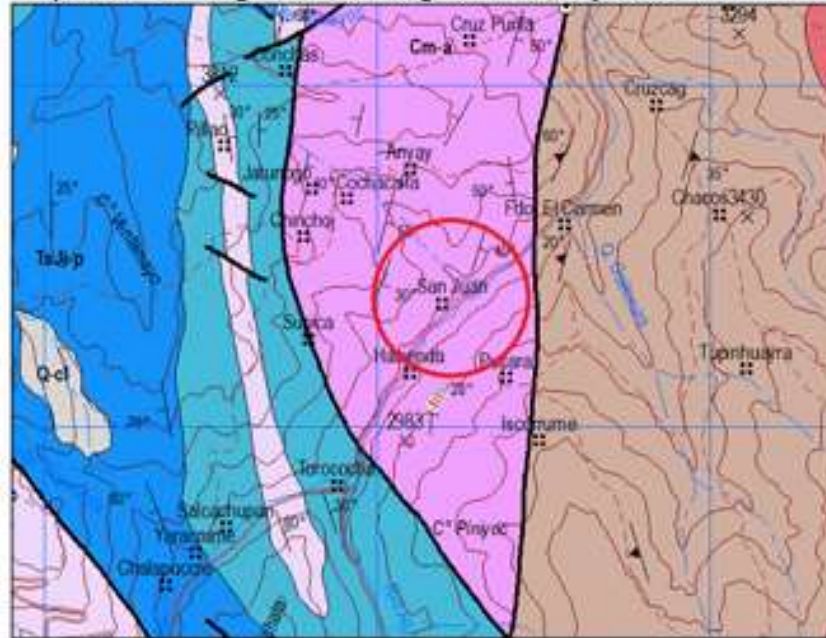


LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

*Leyenda del mapa geológico del cuadrángulo de Ambo, hoja 20-k, INGEMMET.

Mapa N°04 - Geología del Cuadrángulo Ambo, Hoja 20-k - INGEMMET.



2.3. Geodinámica Externa

Los riesgos geológicos como deslizamientos, derrumbes, desprendimiento de rocas, erosión de laderas, están relacionados a las fuertes pendientes, abundantes precipitaciones, mal uso de las tierras de cultivo y a la ocurrencia de sismos. En la zona de Estudio no se observan:

- **Erosión de laderas.** - Se entiende por erosión de laderas todos los procesos que ocasionan el desgaste y traslado de los materiales de superficie (suelo o roca). Ello se produce por el continuo ataque de agentes erosivos tales como: agua de lluvias, escurrimiento superficial, vientos, etc., que tienden a degradar la superficie natural del terreno. El terreno es producto del proceso de intemperización de estas montañas rocosas y al corte realizado en el área en estudio existente. Durante la etapa de exploración, No se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.
- **Derrumbes.** - Es la caída repentina de una porción de suelo y/o roca por pérdida de la resistencia al esfuerzo cortante, suele estar condicionado por la presencia de discontinuidades o grietas. Durante la etapa de exploración, No se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.
- **Huaycos.** - Son avenidas intempestivas de agua turbia y turbulenta, y/o flujos viscosos rápidos, cargados de barro, sólidos de diferentes tamaños provenientes de rocas y suelos aguas arriba de la quebrada, a consecuencia de una fuerte precipitación pluvial de corto

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_srl@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

periodo. Durante la etapa de exploración, No se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.

• **Deslizamientos.** - Es la ruptura o desplazamiento pendiente abajo y hacia fuera, de pequeñas a grandes masas de suelo, rocas o combinaciones de estos en un talud natural o artificial. Se caracteriza por presentar necesariamente un plano de deslizamiento o falla a lo largo del cual se produce el movimiento que puede ser lento o violento. Durante la etapa de exploración, NO se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.

• **Inundaciones.**- Una inundación es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de esta, por desbordamiento de ríos, ramblas, por lluvias torrenciales, deshielo, por subida de las mareas por encima del nivel habitual, por maremotos, etc. Las inundaciones fluviales son procesos naturales que se han producido periódicamente y que han sido la causa de la formación de las llanuras en los valles de los ríos, tierras fértiles, vegas y riberas, donde tradicionalmente se ha desarrollado la agricultura. Durante la etapa de exploración, NO se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.

2.4. Geodinámica Interna

De acuerdo con el análisis sismo tectónico se considera que en la tierra existen dos zonas muy importantes de actividad sísmica conocidas como Círculo Alpino Himalayo y el Círculo Circumpacífico. En esta última zona está localizado nuestro país, considerado como una región de alta actividad sísmica. El área que comprende el Proyecto no se mapeó presencia de estructuras geológicas importantes, tales como fallas geológicas activas o inactivas, discordancias, fracturas y grietas de gran potencia, sin embargo, se debe tener en cuenta la sismicidad de la zona.

2.5. SISMICIDAD

El área que comprende el Proyecto no se mapeó presencia de estructuras geológicas importantes, tales como fallas geológicas activas o inactivas, discordancias, fracturas y grietas de gran potencia, sin embargo, se debe tener en cuenta la sismicidad de la zona.

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 052-287145
E-mail : Labortec_eir@hotmail.com



MAPA N° 05 - ZONIFICACIÓN SÍSMICA



*Fuente - E-30

Según los Mapas de Zonificación Sísmicas y Mapa de Máximas Intensidades Sísmicas del Perú y de acuerdo con las Normas Sismo - Resistentes del Reglamento Nacional de Construcciones E - 050, el Distrito de San Rafael, Provincia de Ambo, Departamento de Huánuco se encuentra comprendida en la Zona 2 correspondiéndole una sismicidad media y de intensidad V a VI en la escala Mercalli Modificada con un suelo de cimentación tipo 2 (S₂), Suelos Intermedios.

Cuadro N° 03 - PARÁMETROS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE

FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

El factor de suelo depende de las características de los suelos que conforman el perfil estratigráfico. Teniendo en cuenta el terreno, clasificaremos a los suelos como tipo S₂, Suelos Intermedios correspondiéndole un valor de S₂ = 1,20.

Cuadro N° 04 - FACTOR DE SUELO "S"

ZONA \ SUELO	SUELO			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₁	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₂	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₃	0,80	1,00	1,20	1,40



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Z _i	0,80	1,00	1,60	2,00
----------------	------	------	------	------

De acuerdo con las Normas Peruanas de Diseño Sismo Resistente, La fuerza sísmica horizontal (V) que debe utilizarse para el diseño de una estructura debe calcularse con la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z * U * S * C}{R} * P$$

Dónde:

Z = Factor de zona

U = Factor de uso

S = Factor de suelo

C = Coeficiente sísmico

P = Peso de la edificación

R = Coeficiente de reducción

El coeficiente sísmico se debe calcular en función del periodo de vibración fundamental de la estructura (T), y del periodo predominante de vibración del perfil del suelo (TL(s)) = 2,0, recomendándose para este último un valor de TP(s) = 0,6 segundos.

Cuadro N° 05 – PERFIL DE SUELO - PERIODOS "T_p Y T_L"

	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

3. INVESTIGACIONES EN CAMPO

3.1. METODOLOGIA

La técnica empleada para el presente estudio está según la NPT 339.162:2018. Del reglamento nacional de construcción norma técnica de edificación e.050 suelos y cimentaciones, el profesional responsable deberá tomar las precauciones necesarias a fin de evitar accidentes.

Se excavaron dos (02) Calicatas o Pozos a cielo abierto, la cual se profundizo hasta un máximo de 2.80 mts.

Estos sondajes se ubicaron de tal forma que permitan establecer una información estratigráfica adecuada para adoptar los criterios de cimentación para la estructura, considerando la ubicación de las diferentes estructuras a construir (colegios, edificios, hospitales, etc.).

Se tomaron muestras disturbadas a lo largo de las excavaciones, en cantidad suficiente para su análisis.

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 052.287145
E-mail : Labortec_srf@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

De cada estrato de suelo identificado, se tomaron muestras representativas, las que convenientemente identificadas con doble tarjeta de registro fueron empaquetadas en bolsas de polietileno y trasladadas al laboratorio para efectuar los ensayos de sus características físicas, llevándose un registro correlativo de muestras, que permitió controlar la procedencia y ubicación de cada muestra.

3.2. REGISTRO DE CALICATAS.

Como parte de la evaluación geotécnica del suelo de subrasante existente a lo largo del área del proyecto, se llevó a cabo un programa de exploración de campo, mediante la excavación de calicatas a cielo abierto y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio.

3.3. MUESTREO DE SUELOS

El objetivo del muestreo de suelos es obtener información confiable sobre un suelo específico. Aunque las muestras se colectan para obtener información respecto al cuerpo de suelo más grande denominado "población", tales muestras podrán ser o no representativas de la misma, dependiendo de cómo hayan sido seleccionadas y colectadas. Todos los suelos son naturalmente variables: sus propiedades cambian, horizontalmente, de manera transversal al paisaje y, verticalmente, más abajo del perfil del suelo. Lo primero que hay que consignar en la obtención de una muestra es que ésta sea representativa del terreno.

Todo estudio geotécnico debe iniciarse con un reconocimiento detallado del terreno a cargo de personal experimentado. El objetivo de este reconocimiento es contar con antecedentes geotécnicos previos para programar la exploración. El programa de exploración que se elija debe tener suficiente flexibilidad para adaptarse a los imprevistos geotécnicos que se presenten. No existen un método de reconocimiento o exploración que sea de uso universal, para todos los tipos de suelos existentes y para todas las estructuras u obras que se estudian.

a) Calicatas

Las calicatas permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa. En suelos con grava, la calicata es el único medio de exploración que puede entregar información confiable, y es un medio muy efectivo para exploración y muestreo de suelos de fundación y materiales de construcción a un costo relativamente bajo.

Es necesario registrar la ubicación y elevación de cada pozo, los que son numerados según la ubicación. Si un pozo programado no se ejecuta, es preferible mantener el número del pozo en el registro como "no realizado" en vez de volver a usar el número en otro lugar, para eliminar confusiones. A cada calicata se le deberá realizar un registro adecuado que pasará a formar parte del informe respectivo.

b) Muestras alteradas

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eri@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Se obtienen en general de las paredes de los pozos y comprometen estratos determinados o bien la suma de algunos de ellos, como es el caso de la investigación de yacimientos. Estas muestras deben guardarse en bolsas impermeables y de resistencia adecuada. Cada bolsa debe identificarse clara e indeleblemente.

Muestras en bolsas: Las muestras en bolsas se toman con pala, barreta o cualquier otra herramienta de mano conveniente y se colocan en bolsas sin tratar de mantener al suelo en forma inalterada.

c) Muestras inalteradas.

Este tipo de muestra se recorta de las paredes de los pozos y compromete estratos bien definidos. Después de cortadas deben revestirse con una capa de parafina sólida aplicada con brocha. Es conveniente agregar alrededor de un 30% de cera virgen a la parafina sólida con el fin de que la capa protectora sea menos rígida.

Si la consistencia de la muestra es relativamente blanda, debe rodearse de grasa y recubrir una vez más con parafina sólida y cera. Una vez dado el tratamiento anterior, debe colocarse en cajas de madera con aserrín u otro producto que actúe como amortiguador de golpes. Las muestras sin perturbar deberán tomarse apenas excavadas las calicatas, en especial cuando se trate de suelos cuya estructura se ve afectada por los cambios de humedad. En todo caso, al tomar una muestra no perturbada, debe elegirse la pared de la calicata menos expuesta al sol y debe excavar el espesor superficial que haya sido afectado por los cambios de humedad. No deben escatimarse esfuerzos en el embalaje adecuado de las muestras, ya que el grado de perturbación que se le ocasione a una muestra no perturbada es irrecuperable y lleva a resultados erróneos.

En las calicatas, es posible realizar ensayos en sitio tales como las pruebas de carga con placas, CBR, permeabilidades, medidas de densidad, etc. Las pruebas de carga pueden realizarse contra el fondo de la perforación o las paredes de la misma. Cada vez que sea necesario realizar un ensayo en sitio en una calicata, la excavación deberá realizarse considerando este hecho, dado que este tipo de prueba obliga a tomar medidas especiales que determinan la forma de excavación.

Es así como la toma de densidades obliga a realizar éstas a medida que la excavación se realiza, o bien es necesario dejar bancos intermedios. El muestreo es tan importante como el ensayo y se deben tomar las precauciones para obtener muestras que exhiban la naturaleza real y condiciones de los suelos que se representan.

Salvo situaciones que exijan determinación de resistencia o consolidación, las muestras necesarias para diseño de superestructura de obras proyectadas. Dentro de los trabajos exploratorios se realiza una prospección visual manual, para obtener algunos parámetros en campo como son:

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_alf@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

- **Tamaño:** Los suelos gruesos son aquellos en que más de la mitad de las partículas son visibles. En esta estimación se excluyen las partículas gruesas mayores a 80 mm (3"); sin embargo, tal fracción debe ser estimada visualmente y el porcentaje indicado independientemente del material inferior a 80 mm. La fracción gruesa comprende los tamaños de gravas y arenas, y la fracción fina los limos y arcillas. En caso de suelos mixtos, la muestra se identificará sobre la base de la fracción predominante usando los siguientes adjetivos, según la proporción de la fracción menos representativa; indicios: 0-10%, poco: 10-20%, algo: 20-35%; y abundante: 35-50%.
- **Olor:** Las muestras recientes de suelos orgánicos tienen un olor distintivo que ayuda a su identificación. El olor puede hacerse manifiesto calentando una muestra húmeda.
- **Color:** Se debe indicar el color predominante.
- **Humedad:** En las muestras recientes deberá registrarse la humedad. Los materiales secos necesitan una cantidad considerable de agua para obtener un óptimo de compactación. Los materiales húmedos están cerca del contenido óptimo. Los mojados necesitan secarse para llegar al óptimo, y los saturados son los suelos ubicados bajo un nivel freático.
- **Estructura:** Si los materiales presentan capas alternadas de varios tipos o colores se denominará estratificado; si las capas o colores son delgados, inferior a 6 mm, será descrito como laminado; fisurado si presenta grietas definidas; lenticular si presenta inclusión de suelos de textura diferente.
- **Cementación:** Algunos suelos muestran definida evidencia de cementación en estado inalterado. Esto debe destacarse e indicar el grado de cementación, descrito como débil o fuerte. Verificando con ácido clorhídrico si es debida a carbonatos y su intensidad como ninguna, débil o fuerte.
- **Densificación:** La compacidad o densidad relativa de suelos sin cohesión puede ser descrita como suelta o densa, dependiendo de la dificultad que oponga a la penetración de una cuña de madera.

La consistencia de suelos cohesivos puede ser determinada en sitio o sobre muestras inalteradas de acuerdo con el criterio indicado.

Los valores de resistencia al corte están basados en correlaciones con penetrómetro de bolsillo usado frecuentemente para estimar la consistencia.

- **Clasificación:** Se debe indicar además la clasificación probable. Pueden usarse clasificaciones dobles cuando un suelo no pertenece claramente a uno de los grupos, pero tiene fuertes características de ambos grupos. Deben colocarse entre paréntesis para indicar que han sido estimadas.

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962587000
Fono : 052-287145
E-mail : Labortec_sir@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

- Nombre local: El uso de nombres típicos tales como caliche, maicillo, pumicita, cancagua, etc., además de su designación según el sistema de clasificación de suelo, ayuda a identificar sus condiciones naturales.

Todos los trabajos de campo fueron realizados, por el personal calificado del laboratorio de suelo LABORTEC E.I.R.L., a cargo del Técnico ELIO AUGUSTO SAAVEDRA CABRERA y se programaron de tal manera que toda el área de investigación fuera cubierta. Las características físicas y mecánicas del material extraído se pueden ver en los registros correspondientes de los perfiles estratigráficos de sondaje.

4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras seleccionadas como representativas fueron enviadas al Laboratorio Técnico especializado en Suelos, Concreto y Asfalto, para la realización de los ensayos estándar, para determinar el Angulo de fricción interna de los suelos y la cohesión del mismo, para el cálculo de la capacidad portante.

4.1. ENSAYOS ESTÁNDAR

Con las muestras de suelos tomadas en el campo se han efectuado los siguientes ensayos, con fines de identificación de suelos:

CUADRO N°06

- Análisis Granulométrico por tamizado	(NTP 339.128)
- Limite Líquido	(NTP 339.129)
- Limite Plástico	(NTP 339.129)
- Contenido de Humedad	(NTP339.127)
- Peso volumétrico	(NTP 339.139:1999)
- Densidad Natural	(Norma ASTM D1556)4.
- Clasificación SUCS.	(NTP 339.134)4.
- Ensayo de corte directo	(NTP 339.171:2002)
- Sales solubles en los suelos	(NTP 339.152:2002)

4.2. TRABAJOS EN LABORATORIO

Antes de su ingreso al laboratorio para el análisis respectivo, las muestras tienen que ser secadas, molidas, tamizadas, homogenizadas, cuarteadas y correctamente identificadas, según el objetivo que se persiga con ellas.

Antes de su ingreso al laboratorio para el análisis respectivo, las muestras tienen que ser secadas, molidas, tamizadas, homogenizadas, cuarteadas y correctamente identificadas, según el objetivo que se persiga con ellas.

4.2.1 Secado

Las muestras que se piensan almacenar durante algún tiempo antes de concluirlos análisis se deben secar previamente para evitar cambios químicos que se puedan producir al almacenarlas húmedas durante mucho tiempo Debido a las rápidas



LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

variaciones que se producen en las condiciones químicas del suelo durante la desecación, algunos análisis se recomiendan hacerlos usando muestras húmedas poco después de haber sido tomadas en el campo.

Los valores que pueden sufrir cambios durante el desecado son los que corresponden a pH. Muchas determinaciones no se afectan significativamente al ser secadas al aire con el fin de almacenarlos. Para el secado, las muestras se extienden en una superficie plana sobre bandejas o papel limpio, en un local bien ventilado. Se debe evitar el secado brusco utilizando altas temperaturas.

4.2.2 Identificación

Una vez homogenizadas las muestras se envasan adecuadamente en bolsas de plástico o papel, selladas adecuadamente y se identifican con toda la información necesaria para ser procesado en los ensayos básicos de clasificación de suelos.

4.2.3 Granulometría

La granulometría se define como la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra seca. Aprenderemos a utilizarla como un instrumento en la clasificación de los materiales, ya que la descripción por tamaño tiene especial interés en la selección de materiales para rellenos de carreteras y presas, los cuales requieren materiales con graduaciones determinadas.

IMAGEN N°03 – ENSAYO GRANULOMÉTRICO



Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eiri@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Distribución Granulométrica; Se denomina distribución granulométrica de un suelo a la división de este en diferentes fracciones, seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes; las partículas de cada fracción se caracterizan porque su tamaño se encuentra comprendido entre un valor máximo y un valor mínimo, en forma correlativa para las distintas fracciones de tal modo que el máximo de una fracción es el mínimo de la que le sigue correlativamente.

4.2.4 Clasificación de Suelos

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) deriva de un sistema desarrollado por A. Casagrande para identificar y agrupar suelos en forma rápida en obras militares durante la guerra. Este sistema divide los suelos primero en dos grandes grupos, de granos gruesos y de granos finos.

Los primeros tienen más del 50 por ciento en peso de granos mayores que 0,08 mm; se representan por el símbolo G si más de la mitad, en peso, de las partículas gruesas son retenidas en tamiz 5 mm, y por el símbolo S si más de la mitad pasa por tamiz 5 mm. A la G o a la S se les agrega una segunda letra que describe la graduación: W, buena graduación con poco o ningún fino; P, graduación pobre, uniforme o discontinua con poco o ningún fino; M, que contiene limo o limo y arena; C, que contiene arcilla o arena y arcilla.

Los suelos finos, con más del 50 por ciento bajo tamiz 0,08 mm, se dividen en tres grupos, las arcillas (C), los limos (M) y limos o arcillas orgánicos (O). Estos símbolos están seguidos por una segunda letra que depende de la magnitud del límite líquido e indica la compresibilidad relativa: L, si el límite líquido es menor a 50 y H, si es mayor.

4.2.5 Contenido de Humedad

El proceso de la obtención del contenido de humedad de una muestra se hace en laboratorios, el equipo de trabajo consiste en un horno donde la temperatura pueda ser controlable. Una vez tomada la muestra del sólido en estado natural se introduce al horno. Ahí se calienta el espécimen a una temperatura de más de 100 grados Celsius, para producir la evaporación del agua y su escape a través de ventanillas. Se debe ser cuidadoso de no sobrepasar el límite, para no correr el riesgo de que el suelo quede cremado con la alteración del cociente de la determinación del contenido de humedad. El material debe permanecer un período de doce horas en el horno, por esta razón se acostumbra a iniciar el calentamiento de la muestra de suelo al final del día, para que así se deshidrate durante toda la noche. El objetivo del estudio es conocer y determinar el porcentaje de humedad de suelo.

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 952987000
Fono : 052-287145
E-mail : Labortec_eiri@hotmail.com



Es la proporción porcentual entre la fase líquida (agua) y la parte sólida del suelo (partículas minerales del suelo).

Se muestra en la siguiente expresión:

$$w(\%) = \frac{Ww * 100}{Ws}$$

Ww = Peso del agua en la muestra

Ws = Peso del suelo seco

4.2.6 Límites de Atterberg (LL, LP, IP)

- **Determinación del límite líquido, plástico e índice plástico.**

El objetivo del ensayo es determinar el límite líquido, plástico e índice plástico de una muestra de suelo.

Una vez realizado el análisis granulométrico el cual nos permite estudiar el tamaño de estas partículas y medir la importancia que tendrán según la fracción de suelo que representen (gruesos, gravas, arenas, limos y arcillas). Si bien un análisis granulométrico es suficiente para gravas y arenas, cuando se trata de arcillas y limos, turbas y margas se debe completar el estudio con ensayos que definan la plasticidad del material.

Límite Líquido LL: es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado líquido. En este estado la mezcla se comporta como un fluido viscoso y fluye bajo su propio peso. Por debajo de este contenido de humedad la mezcla se encuentra en estado plástico. Cualquier cambio en el contenido de humedad a cualquier lado de LL produce un cambio en el volumen del suelo.

Límite Plástico LP: es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado plástico. En este estado la mezcla se deforma a cualquier forma bajo ligera presión. Por debajo de este contenido de humedad la mezcla está en un estado semi sólido. Cualquier cambio en el contenido de humedad a cualquier lado de LP produce un cambio en el volumen del suelo.

Índice de Plasticidad IP: Atterberg definió el índice de plasticidad para describir el rango de contenido de humedad natural sobre el cual el suelo era plástico. El índice de plasticidad IP, es por tanto numéricamente igual a la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico:

$$IP = LL - LP$$



5. PERFILES ESTATIGRÁFICOS

De acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación de campo realizada en la zona, en base a la calicata, luego del estudio obtenido de los récords de las excavaciones, así como los ensayos de laboratorio, se puede establecer la siguiente descripción:

- Las calicatas y trincheras serán realizadas según la NTP 339.162:2018. del Reglamento Nacional De Construcción NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES, El Profesional Responsable deberá tomar las precauciones necesarias a fin de evitar accidentes.
- Se realizó una descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual – Manual según NTP 339.150:2018.

Calicata C-01

- De 0.00 a 0.28 m. – PT – Suelo disturbado / Material de relleno
- De 0.28 a 2.80 m. – ML – Limo arenoso.

Contenido de Humedad	(%)	10.37
Límite Líquido (LL)	(%)	19
Límite Plástico (LP)	(%)	16
Índice Plástico (IP)	(%)	3
Clasificación (S.U.C.S.)		ML
Clasificación (AASHTO)		A-4
Color		Marrón
Consistencia		Plástica
Índice de Grupo		5

Calicata C-02

- De 0.00 a 0.28 m. – PT – Suelo disturbado / Material de relleno.
- De 0.28 a 2.80 m. – CL – Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Contenido de Humedad	(%)	11.16
Límite Líquido (LL)	(%)	49
Límite Plástico (LP)	(%)	16
Índice Plástico (IP)	(%)	33
Clasificación (S.U.C.S.)		CL
Clasificación (AASHTO)		A-7-6
Color		Marrón
Consistencia		Plástica
Índice de Grupo		20

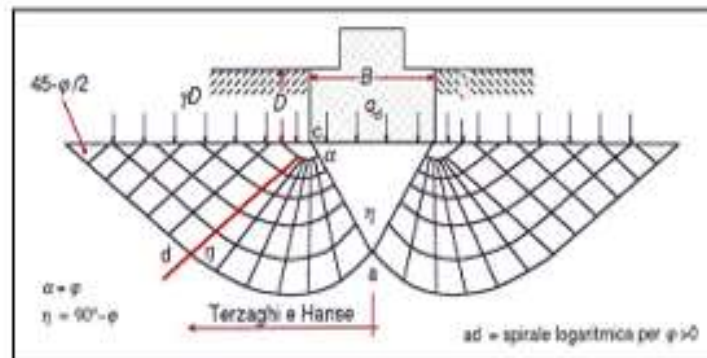


6. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

De acuerdo con la información proporcionada por el solicitante, del proyecto: “**SISTEMA DE GEOMALLAS ANCLADAS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENDIENTE DEL TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO– HUÁNUCO, 2024**”. Se va a emplear un sistema estructural conformado por zapatas cuadradas aisladas. El concepto estructural de las zapatas cuadradas aisladas; es un tipo de cimentación superficial, su función es anclar y transmitir las tensiones que genera una estructura al terreno sobre el que se encuentra.

$$q_h = 1.3 \cdot C \cdot N_c + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q + 0.4 \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N_\gamma$$

Figura N° 01



- | | | |
|-----------------|---|---|
| Df | = | Profundidad de desplante |
| \gamma_m | = | Peso específico volumétrico del suelo (cada estrato) |
| B | = | Ancho de cimentación |
| Nc, Nq, N\gamma | = | Factores de capacidad de carga que depende de la fricción (\phi). |
| F.S. | = | Factor de seguridad |

6.1. TIPO DE CIMENTACIÓN.

Dada la naturaleza del terreno a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas se recomienda utilizar una cimentación con zapatas cuadradas aisladas.

6.2. PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACIÓN.

Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos y las condiciones de ausencia nivel freático y las características de las estructuras, se recomienda cimentar a una profundidad:

$$D_f = 1.00 \text{ m. Del nivel de la cota } 0.00 \text{ m.}$$

6.3. CÁPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA.

Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo y se han propuesto dimensiones recomendables para cimentación.



6.3.1. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE C - 01

La capacidad de carga se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck, con los parámetros de Vesic. De acuerdo con las dimensiones las zapatas cuadradas empleadas en los sistemas de diseño, se ha considerado un ancho de cimentación de 1.00 m. para las zapatas cuadradas.

De acuerdo con lo verificado In Situ, confirmado en Laboratorio, se han obtenido los siguientes valores:

Ángulo de fricción interna: $\phi = 20.50^\circ$, y cohesión $c = 0.151 \text{ kg/cm}^2$

Del análisis de los resultados, de la revisión y verificación de los datos de campo y aplicando la experiencia del suscrito en este tipo de suelos, se ha seleccionado como representativa para los cálculos de la capacidad portante los resultados indicados y se ha considerado el criterio de falla local para los presentes cálculos.

Para los cálculos de la capacidad portante admisible del suelo de fundación, se consideraron las ecuaciones 01 y 02 de Terzaghi, para zapatas cuadradas y cimiento corrido respectivamente.

$$q_h = 1.3 \cdot C \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0.4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

$$q_h = C \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

- **Zapatas Cuadradas**

$$q_h = 1.3C \cdot N_c + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N_\gamma$$

De los ensayos de laboratorio se obtuvieron los siguientes parámetros:

o	Peso volumétrico seco	(γ)	=	1.894	ton/m ³
o	Ángulo de fricción interna	(ϕ)	=	20.5	°
o	Ángulo de fricción interna	(ϕ)	=	20.5	°
o	Cohesión	(c)	=	1.51	ton/m ²
o	Ancho de Zapata	(B)	=	1.00	m.
o	Profundidad de cimentación	(Df)	=	1.00	m.
o	Presencia de nivel freático		=	NO	
o	Considerando Falla Local.		=	NO	
o	Factor de seguridad	(Fs)	=	3.0	
o	Factores de carga adimensionales		:		
		Nc'	=	15.40	
		Nq'	=	6.7997	
		N γ '	=	3.94	

$$q_h = 1.3 \cdot 1.51 \cdot 15.4 + 1.894 \cdot 1.00 \cdot 6.80 + 0.40 \cdot 1.894 \cdot 1.00 \cdot 3.944$$

$$q_h = 30.23 + 12.88 + 2.99$$

$$q_h = 46.10 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = \frac{46.10}{3.0} \text{ ton/m}^2$$



$$q_h = 15.37 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 1.54 \text{ Kg/cm}^2$$

• **Cimiento Corrido**

Aplicando la fórmula 02 de Terzaghi, para cimiento corrido.

$$q_n = C * N_c + \gamma * D_f * N_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma$$

De los ensayos de laboratorio se obtuvieron los siguientes parámetros:

- Peso volumétrico seco (γ) = 1.894 ton/cm³
- Ángulo de fricción interna (ϕ) = 20.5 °
- Cohesión (c) = 1.51 ton/cm²
- Ancho de Zapata (B) = 1.00 m.
- Profundidad de cimentación (Df) = 1.00 m.
- Presencia de nivel freático = no
- Factor de seguridad (Fs) = 3.0
- Factores de carga adimensionals :

$$N_c' = 15.4$$

$$N_q' = 6.8$$

$$N_\gamma' = 3.944$$

$$q_h = 1.51 * 15.4 + 1.894 * 1.00 * 6.80 + 0.50 * 1.894 * 1.00 * 3.94$$

$$q_h = 23.26 + 12.879 + 3.735$$

$$q_h = 39.87 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = \frac{39.87}{3.0} \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 13.29 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 1.33 \text{ Kg/cm}^2$$

TABLA 03 – RESULTADOS DE CAPACIDAD DE CARGA C-01

Las siguientes tablas muestran los diferentes valores posibles a diferente ancho y profundidad de cimentación de los suelos en el cual se ejecutará el proyecto en estudio.

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (Kg/cm ²)					
PROFUNDIDAD (m)	PARA ZAPATA CUADRADA				
	ANCHO DE LA BASE (m)				
	0.80	0.85	0.90	1.00	1.20
0.80	1.43	1.44	1.44	1.45	1.47
0.85	1.45	1.46	1.46	1.47	1.49
0.90	1.47	1.48	1.48	1.49	1.51
1.00	1.52	1.52	1.53	1.54	1.56



CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (Kg/cm ²)					
PROFUNDIDAD (m)	CIMIENTO CORRIDO				
	ANCHO DE LA BASE (m)				
	0.80	0.85	0.90	1.00	1.20
0.80	1.22	1.22	1.23	1.24	1.27
0.85	1.24	1.25	1.25	1.28	1.29
0.90	1.26	1.27	1.27	1.29	1.31
1.00	1.30	1.31	1.32	1.33	1.35

6.3.2. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE C - 02

La capacidad de carga se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck, con los parámetros de Vesic. De acuerdo con las dimensiones las zapatas cuadradas empleadas en los sistemas de diseño, se ha considerado un ancho de cimentación de 1.00 m. para las zapatas cuadradas.

De acuerdo con lo verificado In Situ, confirmado en Laboratorio, se han obtenido los siguientes valores:

Ángulo de fricción interna: $\phi = 19.85^\circ$, y cohesión $c = 0.153 \text{ kg/cm}^2$

Del análisis de los resultados, de la revisión y verificación de los datos de campo y aplicando la experiencia del suscrito en este tipo de suelos, se ha seleccionado como representativa para los cálculos de la capacidad portante los resultados indicados y se ha considerado el criterio de falla local para los presentes cálculos.

Para los cálculos de la capacidad portante admisible del suelo de fundación, se consideraron las ecuaciones 01 y 02 de Terzaghi, para zapatas cuadradas y cimiento corrido respectivamente.

$$q_h = 1.3 \cdot C \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0.4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

$$q_h = C \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

• Zapatas Cuadradas

$$q_h = 1.3C \cdot N_c + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N_\gamma$$

De los ensayos de laboratorio se obtuvieron los siguientes parámetros:

o	Peso volumétrico seco	(γ)	=	1.805	ton/m ³
o	Ángulo de fricción interna	(ϕ)	=	19.8	ϕ'
o	Ángulo de fricción interna	(ϕ)	=	19.8	ϕ''
o	Cohesión	(c)	=	1.53	ton/m ²
o	Ancho de Zapata	(B)	=	1.00	m.
o	Profundidad de cimentación	(Df)	=	1.00	m.
o	Presencia de nivel freático		=	NO	
o	Considerando Falla Local		=	NO	
o	Factor de seguridad	(Fs)	=	3.0	
o	Factores de carga adimensionales		:		
		N _c '	=	14.70	
		N _q '	=	6.3164	
		N _γ '	=	3.46	



$$q_h = 1.3 * 1.53 * 14.7 + 1.805 * 1.00 * 6.32 + 0.40 * 1.805 * 1.00 * 3.464$$

$$q_h = 29.24 + 11.40 + 2.50$$

$$q_h = 43.15 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = \frac{43.15}{3.0} \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 14.38 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 1.44 \text{ Kg/cm}^2$$

• Cimiento Corrido

Aplicando la fórmula 02 de Terzaghi, para cimiento corrido.

$$q_h = C * N_c + \gamma * D_f * N_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma$$

De los ensayos de laboratorio se obtuvieron los siguientes parámetros:

- Peso volumétrico seco (γ) = 1.805 ton/cm³
 - Ángulo de fricción interna (ϕ) = 19.8 °
 - Cohesión (c) = 1.53 ton/cm²
 - Ancho de Zapata (B) = 1.00 m.
 - Profundidad de cimentación (Df) = 1.00 m.
 - Presencia de nivel freático = no
 - Factor de seguridad (Fs) = 3.0
 - Factores de carga adimensionales :
- N_c' = 14.7
N_q' = 6.316
N_γ' = 3.464

$$q_h = 1.53 * 14.7 + 1.805 * 1.00 * 6.32 + 0.50 * 1.805 * 1.00 * 3.46$$

$$q_h = 22.49 + 11.402 + 3.126$$

$$q_h = 37.02 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = \frac{37.02}{3.0} \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 12.34 \text{ ton/m}^2$$

$$q_h = 1.23 \text{ Kg/cm}^2$$

TABLA 04 – RESULTADOS DE CAPACIDAD DE CARGA C-01

Las siguientes tablas muestran los diferentes valores posibles a diferente ancho y profundidad de cimentación de los suelos en el cual se ejecutará el proyecto en estudio.



CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (Kg/cm ²)					
PROFUNDIDAD (m)	PARA ZAPATA CUADRADA				
	ANCHO DE LA BASE (m)				
	0.80	0.85	0.90	1.00	1.20
0.80	1.35	1.35	1.35	1.38	1.38
0.85	1.37	1.37	1.37	1.38	1.40
0.90	1.38	1.39	1.39	1.40	1.42
1.00	1.42	1.43	1.43	1.44	1.46

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (Kg/cm ²)					
PROFUNDIDAD (m)	CIMIENTO CORRIDO				
	ANCHO DE LA BASE (m)				
	0.80	0.85	0.90	1.00	1.20
0.80	1.14	1.14	1.15	1.16	1.18
0.85	1.16	1.16	1.17	1.18	1.20
0.90	1.18	1.18	1.19	1.20	1.22
1.00	1.21	1.22	1.22	1.23	1.25

6.4. CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS TOTALES

6.4.1. CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS TOTALES C-01

Tratándose de un suelo con arena bien graduada con grava, se calcula por la teoría elástica aplicada por LAMBE y WHITMAN (1969), para los tipos de cimentación analizadas y el esfuerzo neto transmite un asentamiento uniforme que se puede evaluar por: El asentamiento elástico de la cimentación superficial se estimó mediante la Teoría de la Elasticidad

$$S_e = q_o \cdot B \cdot (1 - \mu_s) \cdot I_f / E_s$$

Dónde:

Capacidad admisible de carga (ton/m ²)	=	46.10
Ancho de zapata (m)	=	1.00
Módulo de Elasticidad (ton/m ²)	=	2500
Relación de Poison	=	0.30
Factor de Forma L/B (cimentación flexible) (cm/m)	=	82.00
Factor de Forma L/B (cimentación rígida) (cm/m)	=	82.00
Asentamiento Permisible Flexible (cm)	=	1.38
Asentamiento Permisible Rígido (cm)	=	1.376

Reemplazando valores se obtiene:

$$S_e = 1.376 \text{ cm.}$$

Se adoptó el criterio de limitar el asentamiento de la cimentación a 1 pulgada (2.54cm) según Terzaghi y Peck (1967). Luego:

$$S_e (1.376 \text{ cm}) < 1" (2.54 \text{ cm})$$



Con los valores indicados, el asentamiento es menor a 2.54 cm, que es el asentamiento máximo tolerable para este tipo de cimentación. Recomendándose finalmente lo siguiente:

$$Q_{ad} = 1.54 \text{ Kg/cm}^2$$

De acuerdo con las características de los estratos del subsuelo en el área de estudio, no se esperan asentamientos, aunque se traten de suelos comprensibles y hay carencia de agua tanto superficial como subterránea.

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION

Tipo de Cimentación:

Zapatas cuadradas aisladas

Estrato de Apoyo de la Cimentación:

ML: Limo arenoso.

Parámetros de diseño:

Df	=	1.00 m.
Qadm.	=	1.54 Kg/cm ²
F.S.	=	3.0
Asent. Difer.	=	1.376 cm.

6.4.2. CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS TOTALES C-02

Tratándose de un suelo con arena bien graduada con grava, se calcula por la teoría elástica aplicada por LAMBE y WHITMAN (1969), para los tipos de cimentación analizadas y el esfuerzo neto transmite un asentamiento uniforme que se puede evaluar por: El asentamiento elástico de la cimentación superficial se estimó mediante la Teoría de la Elasticidad

$$S_e = q_o \cdot B \cdot (1 - \mu_s) \cdot I_f / E_s$$

Dónde:

Capacidad admisible de carga (ton/m ²)	=	43.15
Ancho de zapata (m)	=	1.00
Módulo de Elasticidad (ton/m ²)	=	2500
Relación de Poison	=	0.30
Factor de Forma L/B (cimentación flexible) (cm/m)	=	82.00
Factor de Forma L/B (cimentación rígida) (cm/m)	=	82.00
Asentamiento Permisible Flexible (cm)	=	1.29
Asentamiento Permisible Rígido (cm)	=	1.288

Remplazando valores se obtiene:



LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

$$S_u = 1.288 \text{ cm.}$$

Se adoptó el criterio de limitar el asentamiento de la cimentación a 1 pulgada (2.54cm) según Terzaghi y Peck (1967). Luego:

$$S_u (1.288 \text{ cm}) < 1" (2.54\text{cm})$$

Con los valores indicados, el asentamiento es menor a 2.54 cm, que es el asentamiento máximo tolerable para este tipo de cimentación. Recomendándose finalmente lo siguiente:

$$Q_{ad.} = 1.44 \text{ Kg/cm}^2$$

De acuerdo con las características de los estratos del subsuelo en el área de estudio, no se esperan asentamientos, aunque se traten de suelos comprensibles y hay carencia de agua tanto superficial como subterránea.

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION

Tipo de Cimentación:

Zapatas cuadradas aisladas

Estrato de Apoyo de la Cimentación:

CL: Arcilla arenosa de baja plasticidad

Parámetros de diseño:

Df	=	1.00 m.
Qadm.	=	1.44 Kg/cm ²
F.S.	=	3.0
Asent. Difer.	=	1.288 cm.

7. CALCULO DE COEFICIENTE DE BALASTO

Uno de los métodos de cálculo más utilizado para modernizar la interacción entre estructuras de cimentación y terreno es el que supone el suelo equivalente a un número infinito de resortes elásticos -muelles o bielas biarticuladas- cuya rigidez, denominada módulo o coeficiente de balasto (K_s), se corresponde con el cociente entre la presión de contacto (q) y el desplazamiento -en su caso asiento- (δ):

A partir de la determinación de parámetros característicos del suelo (módulo de deformación, tensión admisible, etc.) que se relacionan con el módulo de balasto mediante fórmulas dadas por varios autores.

Es conocida, por ejemplo, la fórmula de Vesic en función del módulo de deformación o elasticidad (E_s) y coeficiente de Poisson (ν_s) el terreno, que en su forma reducida tiene la siguiente expresión:

$$k_s = E_s / [B (1 - \nu_s^2)]$$

Dirección: Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular: 962587000
Fono: 052-287145
E-mail: Labortec_eirl@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Donde B es el ancho de la cimentación. 2.2 La fórmula de Klepikov:

Calicata 01

Capacidad admisible de carga (ton/m ²)	=	46.10
Ancho de zapata (m)	=	1.00
Módulo de Elasticidad (ton/m ²)	=	2500
Relación de Poisson	=	0.30
Modulo de Balato (Modulus of subgrade reaction)	=	2747

Calicata 02

Capacidad admisible de carga (ton/m ²)	=	43.15
Ancho de zapata (m)	=	1.00
Módulo de Elasticidad (ton/m ²)	=	2500
Relación de Poisson	=	0.30
Modulo de Balato (Modulus of subgrade reaction)	=	2747

8. AGRESIÓN DEL SUELO DE CIMENTACIÓN

De los resultados de las muestras obtenidas de la calicata para efectos de este informe se han seleccionado las muestras representativas de cada calicata en donde arroja los siguientes valores:

CALICATA 01

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNDADES
Sulfatos como ión SO ₄	0.06	0.0714	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0671	%
pH a 15.9°C	>4	7.1	

CALICATA 02

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNDADES
Sulfatos como ión SO ₄	0.06	0.0729	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0629	%
pH a 15.9°C	>4	7.1	

Los principales elementos químicos para evaluar son los sulfatos y cloruros por su acción química sobre el concreto y acero del cimiento respectivamente.

TABLA N°05 - ELEMENTOS QUIMICOS NOCIVOS PARA LA CIMENTACION

PRESENCIA EN EL SUELO DE:	P.P.M.	GRADO DE ALTERACION	OBSERVACIONES
*SULFATOS	0-1000 1000 - 2000 2000 - 20,000	LEVE MODERADO SEVERO	OCASIONA UN ATAQUE QUIMICO AL CONCRETO DE LA CIMENTACION

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 092-287145
E-mail : Labortec_eir@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

	>20,000	MUY SEVERO	
**CLORUROS	> 6,000	PERJUDICIAL	OCASIONA PROBLEMAS DE CORROSION DE ARMADURAS O ELEMENTOS METALICOS
**SALES SOLUBLES	> 15,000	PERJUDICIAL	OCASIONA PROBLEMAS DE PERDIDA DE RESISTENCIA MECANICA POR PROBLEMA DE LIXIVIACION

* Comité 318-83 ACI

** Experiencia existente

Observamos que la concentración de sales cloruros en la calicata, se encuentra por debajo de los valores permisibles, siendo el valor máximo obtenido igual a = 671 ppm que corresponde a la calicata C-01, menor que 6000ppm (valor permisible para cloruros), por lo que no ocasionará un ataque por corrosión del acero del concreto de la cimentación. De igual manera observamos concentraciones de sales sulfatos por debajo del valor permisible, siendo el valor máximo obtenido igual a = 729 ppm SO₄, que corresponde a la calicata C-02, menor que 1000 ppm SO₄ (valor permisible para sulfatos) por lo que va a ocasionar un ataque insignificante a leve al concreto de la cimentación.

9. AGUA EN EL SUELO

9.1. INTRODUCCIÓN

Después de haber analizado las propiedades más importantes y necesarias para una identificación y clasificación de los suelos, se sigue con el estudio de las propiedades mecánicas relacionadas con una de sus fases, la fase líquida, que generalmente se refiere al agua en sus diferentes formas o estados. Las aguas Freáticas, son entonces las aguas que encontramos cuando el suelo está saturado, y están por debajo de este nivel freático. Este nivel freático es muy variable, y encontramos que, en el verano, cuando el calor se hace más intenso, el nivel freático baja, por el proceso de evaporación que genera el calor en el verano. Así también encontramos que el nivel freático en el tiempo de lluvia, sube, y puede llegar hasta muy altos niveles, es decir a muy poca profundidad, el sitio donde empiezan las aguas freáticas, pudiendo ser un factor importante en la construcción.

9.2. RECONOCIMIENTO DE AGUAS FREÁTICAS

En el campo podemos conocer el nivel del agua freática abriendo un hueco en la tierra, de tal manera que podamos ver dentro del (50 x 50 centímetros), y esperar que el nivel del agua se estabilice.

De esta forma podemos después de una hora más o menos, que el nivel donde tenemos el agua será el nivel freático, para poder saber dónde se encuentra el nivel freático simplemente se toma la distancia de la superficie de la tierra, al punto donde el suelo está saturado, hallamos el Nivel Freático.

Dirección : Jr. Tarma Nº101 - Huánuco
Celular : 962987900
Fono : 052-287145
E-mail : Labortec_ein@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

El punto donde el suelo está saturado de agua se puede hallar por medio del ensayo de Contenido de Humedad, el cual nos permite saber, que porcentaje de agua hay en los vacíos del suelo, y cuando este porcentaje sea el 70% al 80%, querrá decir que este suelo está saturado, estando dentro de las aguas freáticas.

Durante la realización del presente informe se realizó una calicata con el fin de determinar la profundidad del nivel freático con respecto a la topografía del terreno y no se detectó la presencia de la misma hasta la profundidad máxima prospectada que fue de 2.80 m.

Cuadro N°07 – UBICACIÓN DE NIVEL FREATICO

UBICACIÓN	NIVEL FREATICO	PROFUNDIDAD
C-01	NO	-
C-02	NO	-

Los certificados de los ensayos de laboratorio se anexan.

10. PARÁMETROS DE EMPUJE LATERAL DE TIERRAS

Para definir el empuje de los suelos sobre las estructuras de retención, podemos decir en forma general, que en ellos se involucran todos los problemas que se le presentan al ingeniero para determinar las tensiones en la masa del suelo que actúan sobre una estructura. En este apunte daremos las nociones básicas para poder calcular los empujes laterales de los suelos contra las estructuras. Como primera medida debemos decir que el tipo de empuje depende, tanto de la naturaleza del suelo como del tipo de estructura, ya que se trata de un problema de interacción entre ambos. La mecánica de suelos se basa en varias teorías para calcular la distribución de tensiones que se producen en los suelos y sobre las estructuras de retención. Cronológicamente, Coulomb (1776) fue el primero que estudió la distribución de tensiones sobre muros.

Posteriormente, Rankine (1875) publicó sus experiencias, y por último y ya en el siglo XX se conoce la teoría de la cuña, debida a varios autores, pero especialmente a Terzaghi.

$$K_a = 1 - \text{sen } \phi$$

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

CALICATA C-01



LABORTEC

LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

COEFICIENTE DE REPOSO

CORTE DIRECTO CALICATA 01

$$\phi = 20.5$$

$$K_o = 0.070$$

COEFICIENTE DE PRESION ACTIVA

$$\phi = 20.5$$

$$K_a = 0.481$$

CALICATA C-02

COEFICIENTE DE REPOSO

CORTE DIRECTO CALICATA 02

$$\phi = 19.85$$

$$K_o = 0.070$$

COEFICIENTE DE PRESION ACTIVA

$$\phi = 19.85$$

$$K_a = 0.493$$

11. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE CALZADURAS O MURO DE CONTENCIÓN ARMADO

Un muro de contención es una estructura que tiene la finalidad de proporcionar estabilidad contra la rotura de macizos de tierra o roca. El buen diseño de un muro de contención es fundamental ya que brindara apoyo lateral permanente a taludes verticales o casi verticales del suelo. La estabilidad del muro de contención se debe a su peso al del material usado en su escarpio.

El cálculo de un muro de contención requiere tener claras las características del terreno que se quiere contener para así establecer el empuje que ofrece la tierra y la presión lateral del terreno, considerando las presiones que puede presentar la tierra cuando contiene agua. Una vez claro esto, se debe tener presente el tipo de muro de contención del que se desea tener el cálculo.

A partir de ello, se deben tener presente los tres criterios que influyen en el cálculo de un muro de contención:

Datos Generales: en este criterio se deben considerar: densidad del suelo, ángulo de fricción o ángulo de corte del suelo, resistencia del concreto a las fuerzas de compresión, fluencia del acero (en caso de requerir en el muro), resistencia del terreno a cargas axiales, altura del muro de contención libre, factor de seguridad a deslizamiento y factor de seguridad a volteo.

Cálculo de Esfuerzos: entre los cálculos de esfuerzo se encuentran el factor del suelo a comportamiento triangular, espesor de la pantalla del muro de contención y peralte efectivo del trabajo del fierro del muro.

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962687000
Fono : 052-287145
E-mail : Labortec_sirt@hotmail.com

Verificación de estabilidad y resistencia a través de los siguientes parámetros: a) verificación de deslizamiento: donde la fuerza horizontal de empuje del terreno nunca supere la fuerza de retención.

Esto puede ocurrir cuando hay fricción entre el suelo y la cimentación siendo proporcional al peso del muro. Una relación $F_r/F_h > 1.3$ (coeficiente de seguridad para deslizamiento) es considerada normal; b) verificación de volteo: el momento de fuerza de volteo del muro debe ser inferior al momento de fuerza que estabiliza el muro. Para ello, la relación idónea debería ser: $M_e/M_v > 1.5$, valor del coeficiente de seguridad para volteo; c) verificación de la capacidad de sustentación: se relaciona a la carga total que actúa sobre la cimentación del muro, que sea mucho menor a la capacidad portante. Es decir, que la máxima tensión que sea producida por el muro sea menor a la tensión en el terreno. $T_p/T_a > 1.0$ (coeficiente de seguridad para la sustentación) y d) verificación de la estabilidad global: en este parámetro, todos los aspectos respecto al muro de contención deben tener un buen coeficiente de seguridad global.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El terreno en estudios se encuentra ubicado en el Centro Poblado de Cochacalla, distrito de San Rafael, provincia de Ambo, departamento de Huánuco, Su capital es el pueblo de San Rafael ubicado a 2,694 msnm.
- La muestra de la Calicata 01 corresponden a una clasificación de suelos SUCS: **ML**: (Limo arenoso), de la Calicata 02 corresponden a una clasificación de suelos SUCS: **CL**: (Arcilla arenosa de baja plasticidad)
Los certificados de los ensayos de laboratorio se anexan.
- Los valores obtenidos para la capacidad de carga admisible para el diseño de la cimentación:
 - De la C-01 Recomendamos como valor único de diseño $q_{ad} = 1.54 \text{ Kg/cm}^2$
 - De la C-02 Recomendamos como valor único de diseño $q_{ad} = 1.44 \text{ Kg/cm}^2$
- Con estos valores, no se espera problemas por asentamientos, ya que están por debajo de lo permisible.
- Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos y las condiciones de ausencia nivel freático y las características de las estructuras, se recomienda cimentar a una profundidad: **Df = 1.00 m.** del nivel 0.00m.
- Deberá garantizarse que las Zapatas cuadrada de cimentación queden apoyados sobre materiales adecuados para la capacidad especificada y particularmente sobre los estratos recomendados.
- Se realizó una descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual – Manual según NTP 339.150:2018.



LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

- Las Excavaciones se realizaron de manera manual utilizando (picos, palas y barretas) de manera de poder encontrar terreno firme.
- Los asentamientos producidos debido a la sollicitación de las cargas actuantes serán absorbidos por la cimentación propuesta.
- En el área de estudio se determinó que no hay presencia de nivel freático, no siendo perjudicial para las estructuras, si la cimentación y las zapatas son implementadas con un **Df** no mayor a 1.00 m por todo lo expuesto se concluye usar el cemento tipo I para las estructuras que conformaran la cimentación.
- Si en el periodo de diseños se hacen cambios o si durante la construcción se encuentran diferencias con las condiciones del subsuelo establecidas en este informe, se debe comunicar a un especialista en mecánica de suelos para evaluar las recomendaciones de este informe.
- Se recomienda realizar un control de calidad de todos los materiales e utilizarse en la construcción de los cimientos, en especial a los agregados (piedra y arena).
- Se recomienda no cimentar sobre rellenos no controlados, para los falsos pisos se debe retirar el material de relleno a una profundidad de 40 cm, los cuales deberán ser reemplazado por material granular debidamente seleccionado y compactados antes de iniciar la construcción de la cimentación.
- El Material Seleccionado con el que se debe construir el Relleno Controlado deberá ser compactado de la siguiente manera:
 - a) Si tiene más de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad mayor o igual del 90% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141:1999, en todo su espesor.
 - b) Si tiene igual o menos de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad no menor del 95% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141:1999, en todo su espesor.
- En todos los casos deberán realizarse controles de compactación en todas las capas compactadas, a razón necesariamente, de un control por cada 250 m² con un mínimo de tres controles por capa. En áreas pequeñas (igual o menores a 25 m²) se aceptará un ensayo como mínimo. En cualquier caso, el espesor máximo a controlar será de 0,30 m de espesor. Seguir las recomendaciones.
- Según los mapas de zonificación sísmica y mapas de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo con las normas sismo-resistentes del Reglamento Nacional de Edificaciones, el Distrito de San Rafael, Provincia de Ambo, Región Huánuco, se encuentra comprendida en la zona 2.

Parámetro de Suelo T_p (seg.)	0.60 seg.
Parámetro de Suelo T_L (seg.)	2.0 seg.

Dirección : Jr. Tarma Nº101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 052-287145
E-mail : Labortec_srf@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Perfil de suelos	Tipo 2 - Suelos Intermedios
Factor de Suelo - S2	1,20
Factor de Zona - 2	0,25

Los resultados de este estudio se aplican exclusivamente al proyecto: **“SISTEMA DE GEOMALLAS ANCLADAS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENDIENTE DEL TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO– HUÁNUCO, 2024”**, no se pueden utilizar en otros sectores o para otros fines.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Norma E-050, Suelos y Cimentaciones
- Norma E-030, Diseño Sismo resistente
- Alva Hurtado J.E., Meneses J. Y Guzmán V. V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú.
- Juárez Badillo – Rico Rodríguez: Mecánica de Suelos, Tomos I, II.
- Karl Terzaghi / Ralph B. Peck: Mecánica de Suelos en la ingeniería Práctica. Segunda Edición 1973.
- T William Lambe Robert V. Whitman. Primera Edición 1972.
- Roberto Michelena / Mecánica de Suelos Aplicada. Primera Edición 1991.
- Reglamento Nacional de Construcciones CAPECO Quinta Edición 1987.
- RNC Normas de Diseño Sismo Resistente
- Cimentación de Concreto Armado en Edificaciones – ACI American Concrete Institute. Segunda Edición 1993.
- Supervisión de Obras de Concreto – ACI American Institute. Tercera Edición 1995.
- Recomendaciones para el proceso de Puesta en Obras de Estructuras de Concreto. Ing. Enrique Riva López /CONCYTEC 1988.
- Geotécnica para Ingenieros, Principios Básicos Alberto, J. Martínez Vargas /CONCYTEC 1990.

Dirección : Jr. Tarma Nº181 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eri@hotmail.com



LABORTEC

LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ANEXOS

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 082-287145
E-mail : Labortec_srd@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA Y ESTRATIGRAFÍA

Dirección: : Jr. Tarma Nº101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 052-287145
E-mail : Labortec_eir@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA Y ESTRATIGRAFÍA C-01

Dirección : Jr. Tarma N°1111 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 052-287145
E-mail : Labortec_sirt@hotmail.com



CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC EIRL
Análisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) / Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) / Clasificación AASHTO NTP 339.135 (2014)

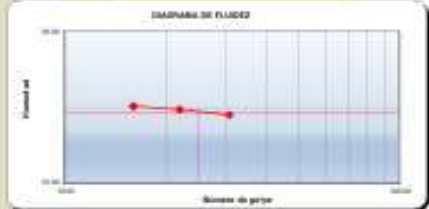
N° de Servicio: LAB-0051-2024

SOLICITANTE : BACH. ARRETA RODRIGUEZ DEISSY MILAGROS
PROYECTO : SISTEMA DE GEOMALLAS ANCLADAS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENDIENTE DEL TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO- HUÁNUCO
UBICACION : TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO- HUÁNUCO **FECHA:** AGOSTO DEL 2024

Sondeo : C-01 **Tipo de Material:** Limo arenoso
Muestra : M-2 **Condición de la muestra:** HUMEDA
Profundidad : 0.00 - 2.80 m. **Código de informe y ensayo :** LAB180425055
Fecha de muestreo: AGOSTO DEL 2024

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		
Denominación ASTM	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa
2 pulg	50.000	100.0
1 1/2 pulg	37.500	100.0
1 pulg	25.000	100.0
3/4 pulg	19.000	100.0
3/8 pulg	9.500	100.0
No. 4	4.750	97.1
No. 10	2.000	85.9
No. 20	0.850	81.5
No. 40	0.425	75.5
No. 60	0.250	69.3
No. 140	0.106	59.9
No. 200	0.075	58.4

RESULTADOS DEL ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido:	19
Límite Plástico:	16
Índice Plástico:	3



Distribución Granulométrica		
% Grava	Grava Gruesa	0.0 %
	Grava Fina	2.9 %
% Arena	AC%	8.2 %
	AM%	13.4 %
	AP%	17.1 %
% Finos		58.4 %
Tamaño Máximo de la Grava (pulg)	3/8	
Forma del suelo grueso	Redondeada	
Porcentaje retenido en la 3 pulg	0	
Método de lavado Malla No. 200 Según NTP 400.018 (2016)	A	
Coefficiente de Curvatura	---	
Coefficiente de Uniformidad	---	

Método de ensayo	Multipunto
Preparación de la muestra	Húmeda
Porcentaje retenido aproximado en tamiz No. 40	24.5
Ranurador utilizado en el Límite Líquido	Plano
Equipo de Rolado en el Límite Plástico	Manual

Clasificación (S.U.C.S.)	
ML	Limo arenoso
Clasificación (AASHTO)	
A-4	Índice de Grupo: 5
Descripción (AASHTO): REG-MALO	



Observaciones

Tipo de Preparación para ensayo Clasificación: Via Húmeda

La muestra ha sido identificada y embalgada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.
 Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe de ensayo sin la autorización escrita de Labortec EIRL.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente a Labortec.
 El informe de ensayo es un documento "de interés público", su adopción o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar, por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.



CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC EIRL
 Análisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) / Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) /

REGISTRO DE SONDAJE

PROYECTO : SISTEMA DE GEOMALLAS ANCLADAS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENDIENTE DEL TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO- HUÁNUCO, 2024

UBICACIÓN : TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO- HUÁNUCO

SOLICITANTE : BACH. ARRIETA RODRIGUEZ DEISSY MILAGROS

CALICATA N° : C-01 **TÉCNICO** : LABORTEC E.I.R.L

PROF. (m) : 0.00 - 2.80 m. **NIVEL FREÁTICO** : No se halló **FECHA** : AGOSTO DEL 2024

PROF. (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	SUCS	SIMBOLOGÍA
0.00				
0.14	M-1	Suelo Disturbado / Material De Relleno	PT	
0.28				
0.42				
0.56				
0.70				
0.84				
0.98				
1.12				
1.26				
1.40	M-2	Limo arenoso	ML	
1.54				
1.68				
1.82				
1.96				
2.10				
2.24				
2.38				
2.52				
2.66				
2.80				



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA Y ESTRATIGRAFÍA C-02

Dirección : J. Tarma N°101 - Huánuco
Celular : 982987000
Fono : 082-257145
E-mail : Labortec_wrt@hotmail.com



CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC EIRL
Análisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) / Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) / Clasificación AASHTO NTP 339.135 (2014)

N° de Servicio: LAB-00093-2025

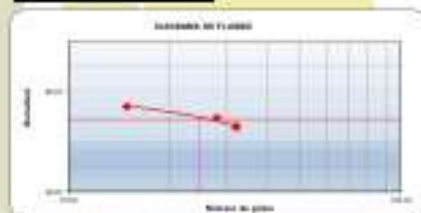
SOLICITANTE: BASH ARRETA RODRIGUEZ DEISSY MELAGROS
PROYECTO: SISTEMA DE GOMILLAS ANCLADAS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENDIENTE DEL TRAMO KM 353+100-KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO
UBICACIÓN: TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO-HUANUCO **FECHA:** AGOSTO DEL 2024

Soledad: C-02 **Tipo de Material:** Arcilla arenosa de baja plasticidad
Muestra: M-2 **Condición de la muestra:** HUMEDA
Profundidad: 0.00- 3.00 m. **Código de informe y ensayo:** LAB10425925
Fecha de muestra: AGOSTO DEL 2024

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO			
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA	TAMICES		Porcentaje que pasa
	Denominación ASTM	Abertura (mm)	
	3 pulg	75.000	100.0
	2 pulg	50.000	100.0
	1 1/2 pulg	37.500	100.0
	1 pulg	25.000	100.0
	3/4 pulg	19.000	100.0
	3/8 pulg	9.500	100.0
	No. 4	4.750	100.0
	No. 10	2.000	95.1
	No. 20	0.850	90.7
	No. 40	0.425	85.8
	No. 60	0.250	75.9
	No. 100	0.150	66.0
	No. 200	0.075	50.2

RESULTADOS DEL ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido: 49
Límite Plástico: 16
Índice Plástico: 33



Distribución Granulométrica		
% Grava	Grava Gruesa	0.0 %
	Grava Fina	0.0 %
% Arena	AGS	3.9 %
	AMS	93.3 %
	AF%	29.4 %
% Fines		50.2 %
Tamaño Máximo de la Grava (pulg)		FALSO
Forma del suelo plano		Redondeada
Porcentaje retenido en la 3 pulg		0
Método de lavado Malla No. 200		A
Según NTP 620.510 (2018)		---
Coeficiente de Curvatura		---
Coeficiente de Uniformidad		---

Método de ensayo	Múltiple
Preparación de la muestra	Húmeda
Porcentaje retenido aproximado en tamiz No. 40	14.4
Ranador utilizado en el Límite Líquido	Plano
Equipo de Rotación en el Límite Plástico	Manual

Clasificación (S.U.C.S.)	
CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad
Clasificación (AASHTO)	
A-7-6	Índice de Grupo: 33
Descripción (AASHTO): MALD	



Observaciones:

Tipo de Preparación para ensayo Clasificación: Via Húmeda

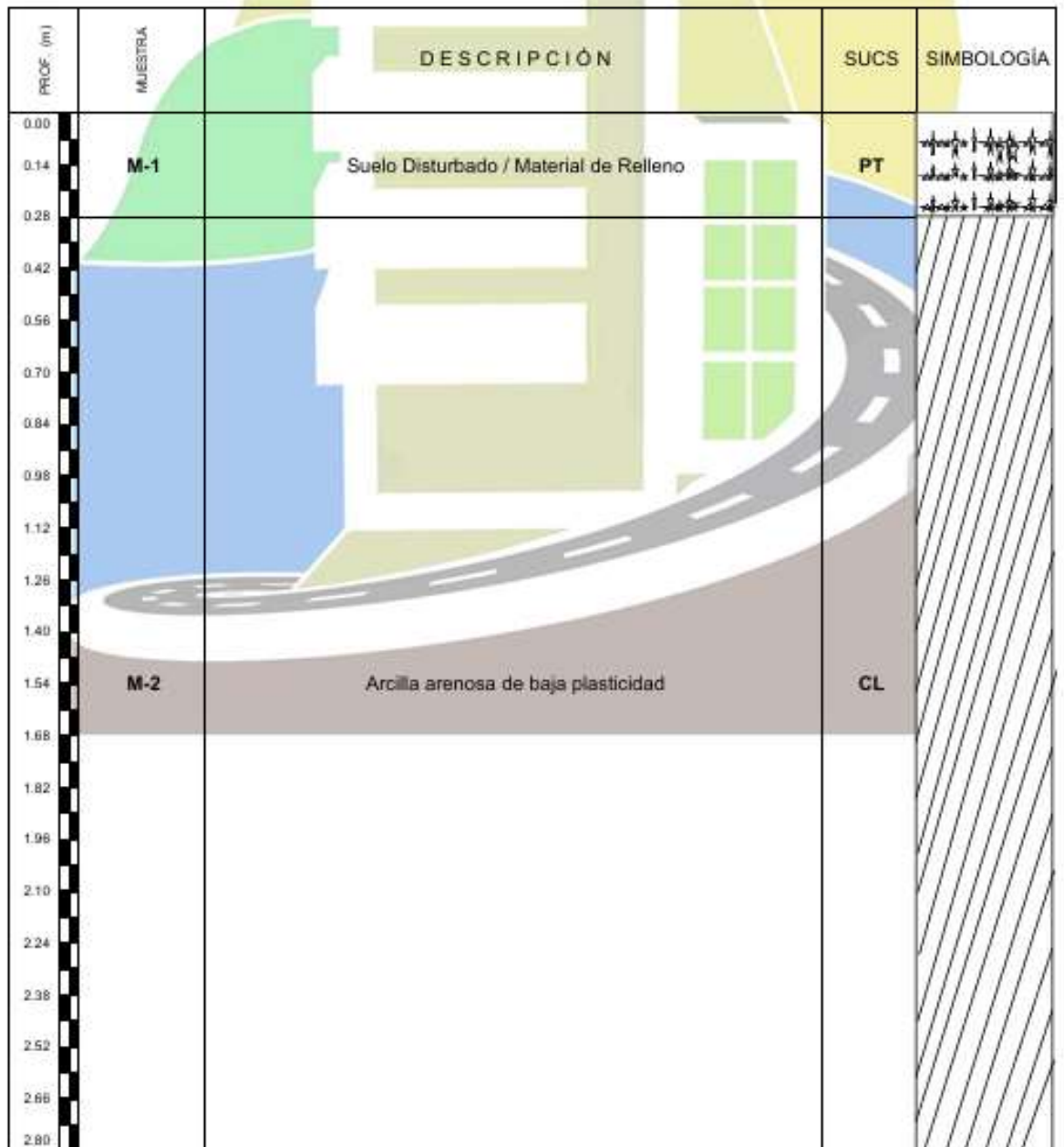
La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.
 Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe de ensayo sin la autorización escrita de Labor Tec EIRL.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que se produce. Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio.
 El informe de ensayo es un documento "oficial de trámite público", su reproducción o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regala por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de la señalada, dicho uso puede ser legítimo por sus efectos vis infrascripta a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.



CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC E.I.R.L
 Análisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) /
 Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) /

REGISTRO DE SONDAJE

PROYECTO	: SISTEMA DE GEOMALLAS ANCLADAS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENDIENTE DEL TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO- HUÁNUCO, 2024		
UBICACIÓN	: TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO- HUÁNUCO		
SOLICITANTE	: BACH. ARRIETA RODRIGUEZ DEISSY MILAGROS		
CALICATA N°	: C-02	TÉCNICO	: LABORTEC E.I.R.L
PROF. (m)	: 0.00 - 2.80 m.	NIVEL FREÁTICO	: No se halló
		FECHA	: AGOSTO DEL 2024





LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

Dirección : Jr. Tarma Nº101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-267145
E-mail : Labortec_enf@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CORTE DIRECTO C-01

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Hualnuco.
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labordec_sif@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO PERUANO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)

Título: SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos
bajo condiciones consolidadas drenadas (ASTM D-3080) V-1

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

PROYECTO : SISTEMA DE GEOMALLAS ANCLADAS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENSIENTE
DEL TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO- HUÁNUCO, 2024

UBICACIÓN : LOCALIDAD DE MUSAURA DEL DISTRITO DE SAN FRANCISCO - PROVINCIA DE AMBIO-
DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO

SOLICITADO : BACH. ARRIETA RODRIGUEZ DEISSY MILAGROS

MUESTRA : C-01

EJECUTADO : LABORTEC E.I.R.L.

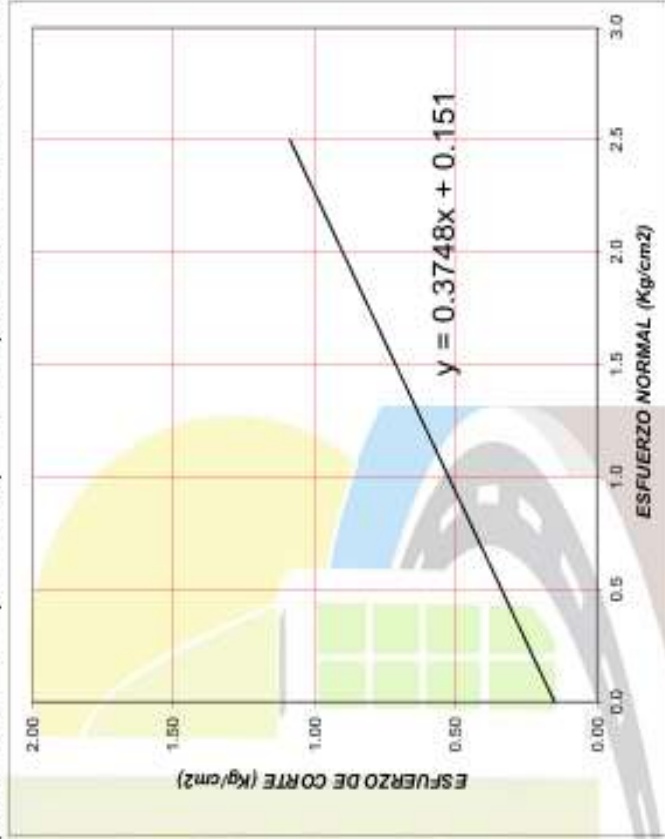
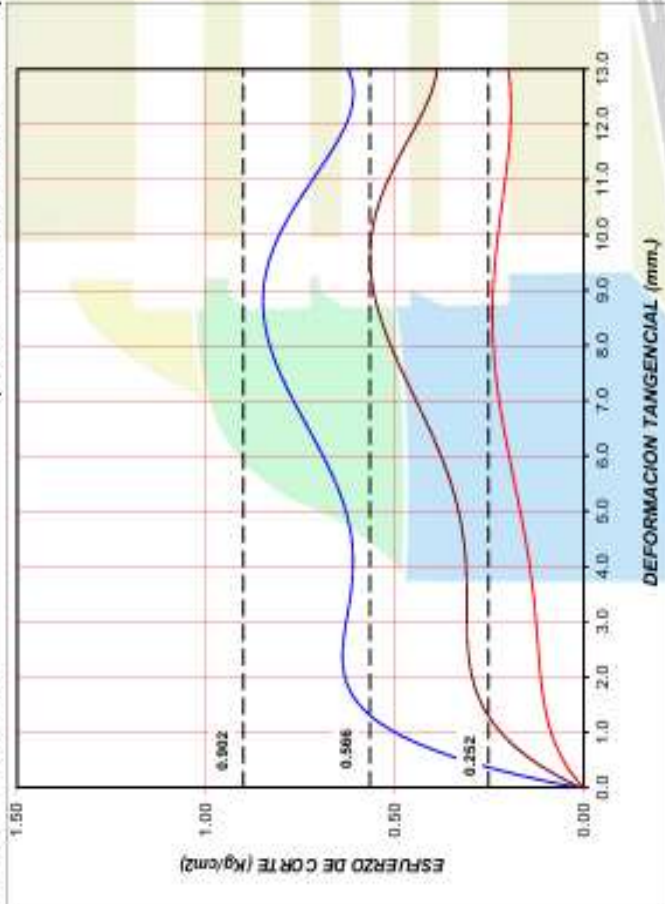
PROF (m) : 0.00 2.80 m.

FECHA : AGOSTO DEL 2024

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPÉCIMENES

MUESTRA N°	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	CONT. HUM. (%)	DENS. SECA (g/cm ³)	ESFUERZO NORMAL (Kg/cm ²)
01	6.0	28.27	10.4	1.720	0.5
02	6.0	28.27	10.4	1.720	1.0
03	6.0	28.27	10.4	1.720	2.0

CLASIF. SUCS : ML LL : 19 IP : 3 % MENOR QUE MALLA N° 200 : 58.4



RESULTADOS DE ENSAYOS	
COHESIÓN (Kg/cm ²)	0.151
ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	20.5



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CORTE DIRECTO C-02

Dirección: J. Tarma N°101 - Huánuco
Celular: 982967000
Fono: 002-287145
E-mail: Labortec_giro@hotmail.com



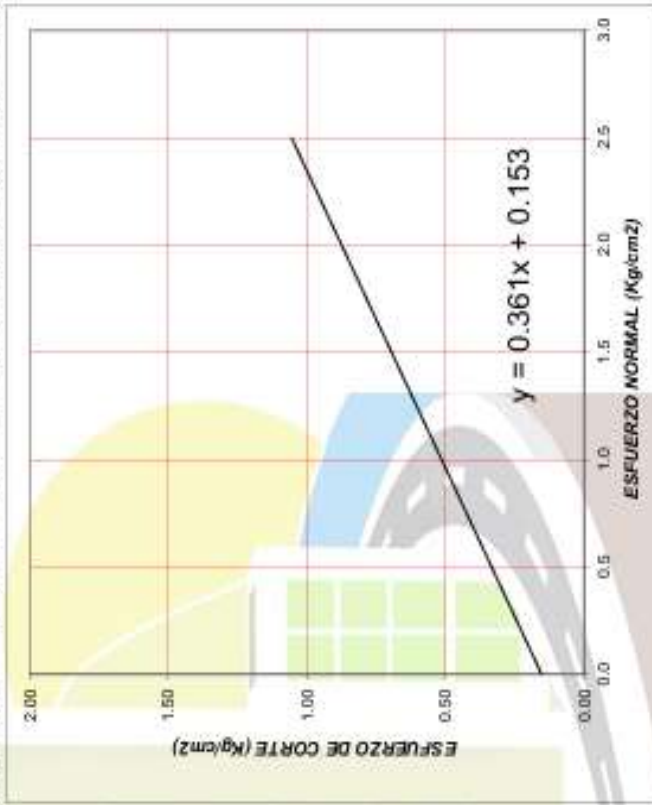
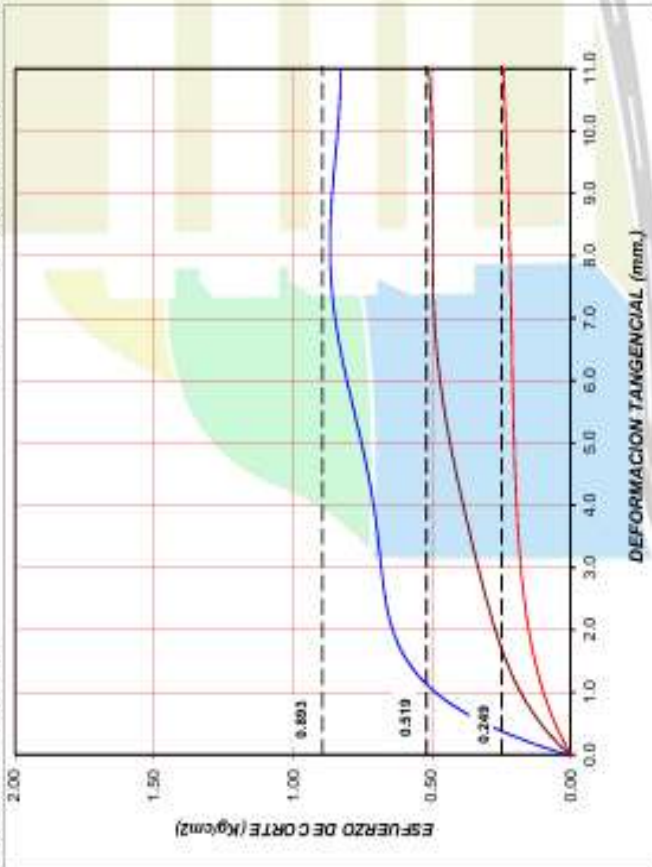
NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)

Título: SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas (ASTM D-3080) V-1

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES						
MUESTRA N°	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	CONT. HUM. (%)	DENS. SECA (gr/cm ³)	ESFUERZO NORMAL (Kg/cm ²)	
01	6.0	28.27	11.2	1.842	0.5	
02	6.0	28.27	11.2	1.842	1.0	
03	6.0	28.27	10.2	1.858	2.0	
CLASIF. SUCS:	CL	L.I. : 49	LP : 33	% MENOR QUE MALLA N° 200 : 58.2		

PROYECTO :	SISTEMA DE GEOMALLAS ANCLADAS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENDIENTE DEL TRAMO KM 353+100- KM 353+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO- HUÁNUCO 2024
UBICACIÓN :	TRAMO KM 353+ 100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO- HUÁNUCO
SOLICITADO :	BACH. ARBETA RODRIGUEZ DEISSY MELAGROS
MUESTRA :	ELIO AGUSTO SAAVEDRA CABRERA
EJECUTADO :	LABORTEC E.I.R.L.
FECHA :	AGOSTO DEL 2024
PROF (m) :	0.00 - 2.80 m.



RESULTADOS DE ENSAYOS		
COHESIÓN (Kg/cm ²)	0.153	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)
		19.85



LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO DE SALES Y SULFATOS

Dirección : Jr. Tarma Nº101 - Huancayo
Celular : 982957000
Fono : 082-287145
E-mail : labortec_srl@hotmail.com



LABORTEC
LABORATORIO DE ANÁLISIS Y CONTROL
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SALES Y SULFATOS C-01

Dirección : Jr. Tarma N°101 - Huancayo
Celular : 982957900
Fijo : 052-287145
E-mail : labotec_wrt@hotmail.com



CONTENIDO DE SULFATOS EXPRESADOS COMO IÓN SO₄ Y CONTENIDO DE CLORUROS EXPRESADOS COMO IÓN Cl-(NORMA NTP 400.042, AASHTO T 290, AASHTO T 291)

PROYECTO : "SISTEMA DE GEOMALLAS ANCLADAS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENDIENTE DEL TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO- HUÁNUCO, 2024"

SOLICITANTE : BACH. ARRIETA RODRIGUEZ DEISSY MILAGROS

RESPONSABLE : LABORTEC E.I.R.L. **FECHA** : AGOSTO DEL 2024

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-01
MUESTRA : M-02
PROF. : 0.00 - 2.80 m.

Muestra 02

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO ₄	0.06	0.0714	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0671	%
pH a 15.9°C	>4	7.1	

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO ₄	0.06		
Cloruros como ión Cl	0.10		
pH a 15.9°C	>4		

(*) Límites máximos permisibles de concentración de sustancias según ETC-CBVT-2008 MTC



LABORTEC
LABORATORIO TECNICO ESPECIALIZADO
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SALES Y SULFATOS C-02

Dirección: : Jr. Tarma #1101 - Huancayo
Celular : 982887000
Fono : 082-287145
E-mail : Laboftec_gat@hotmail.com



CONTENIDO DE SULFATOS EXPRESADOS COMO IÓN SO₄ Y CONTENIDO DE CLORUROS EXPRESADOS COMO IÓN cl-(NORMA NTP 400.042, AASHTO T 290, AASHTO T 291)

PROYECTO : "SISTEMA DE GEOMALLAS ANCLADAS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LA PENDIENTE DEL TRAMO KM 353+100- KM 355+300 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO- HUÁNUCO, 2024"
SOLICITANTE : BACH. ARRIETA RODRIGUEZ DEISSY MILAGROS
RESPONSABLE : LABORTEC E.I.R.L. **FECHA** : AGOSTO DEL 2024

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-02
MUESTRA : M-02
PROF. : 0.00 - 2.80 m.

Muestra 02

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO ₄	0.06	0.0729	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0629	%
pH a 15.9°C	>4	7.1	

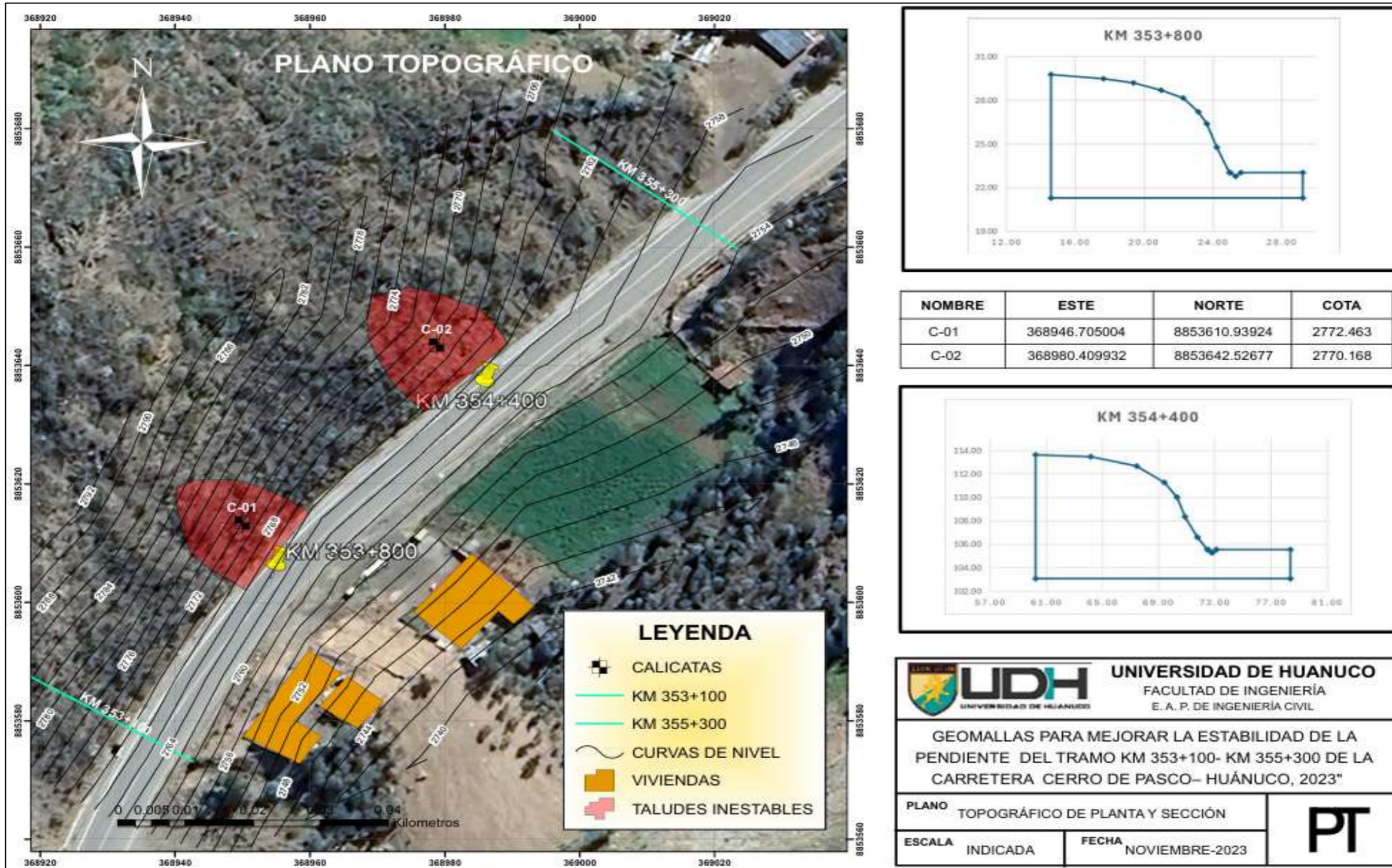
REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNIDADES
Sulfatos como ión SO ₄	0.06		
Cloruros como ión Cl	0.10		
pH a 15.9°C	>4		

(*) Límites máximos permisibles de concentración de sustancias según ETC-CBVT-2008 MTC

ANEXO 8 PLANO TOPOGRÁFICO

Figura 40

Plano topográfico de lugar de estudio



**ANEXO 9
CALIBRACION DE INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO**



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO
N° LC -071



*Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-0141-2024**

Página 1 de 5

<p>1. Expediente 0626</p> <p>2. Solicitante GECONTEC EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA</p> <p>3. Dirección JR. TARMA NRO. 101 CENT.C.U.HUANUCO (ESQUINA CON JR. PROVINCIA) HUANUCO - HUANUCO</p> <p>4. Instrumento calibrado BALANZA ELECTRONICA</p> <p>Marca UWE</p> <p>Modelo No indica</p> <p>N° de serie V5565</p> <p>Identificación No indica</p> <p>Procedencia Taiwan</p> <p>Capacidad máxima: 1500 g / 3000 g / 7500 g</p> <p>División de escala (d) 0,1 g / 0,2 g / 0,5 g</p> <p>Div. de verificación (e) 0,1 g / 0,2 g / 0,5 g</p> <p>Capacidad mínima 2 g</p> <p>Clase de exactitud II</p> <p>5. Fecha de calibración 2023-04-20</p>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
--	--

Fecha de Emisión

2024-05-02



Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0141-2024

Página 2 de 5

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPI.

7. Lugar de calibración

Instalaciones de GECONTEC EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA ubicado en Jr. Tarma Nro. 101 Cent. C.U. Huanuco (Esquina con Jr. Provincia) Huanuco - Huanuco - Huanuco

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26,7 °C	26,8 °C
Humedad relativa	61 %	62 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
ELICROM	Juego de pesas de 1 mg a 1 kg de clase F1	CCP-0870-002-23
ELICROM	Juego de pesas de 1 kg a 5 kg de clase F1	CCP-0870-001-23

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 7500 g la balanza indicaba 7496,5 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud han sido determinados por el fabricante.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 0,5 g
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C⁻¹ según el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPI.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la deriva de la balanza no será considerada.
- El laboratorio de CALIBRATEC S.A.C. no se hace responsable de los datos suministrados por el cliente.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LFP - 141 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Presión

Página 1 de 3

1. Orden de trabajo	OT 0207-25	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORTEC E.I.R.L.	
3. Dirección	Jr. Tarma Nro. 101, Huánuco - Huánuco - HUÁNUCO	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Instrumento de Medición	PROBADOR DE HUMEDAD (SPEEDY)	
Alcance de indicación	0 % a 22 %	
División de Escala / Resolución	0.2 %	
Marca	SOLOTEST	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	10490 (*)	
Procedencia	BRASIL	
Identificación	NO INDICA	
Tipo	ANÁLOGICO	
Capacidad de prueba	6 g	
5. Fecha de Calibración	2023-03-20	

Fecha de Emisión

2025-03-28

Responsable de laboratorio



Sello



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LFP - 141 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Presión

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración ha sido realizada por el método de comparación directa entre las indicaciones de lectura del instrumento de presión y el manómetro patrón tomando como referencia el método descrito en el documento DM-INACAL PC-004: 2019 "Procedimiento de calibración de instrumentos de medición de presión relativa con clase de exactitud igual o mayor a 0,05% f.s." Tercera Edición.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
Jr. Tarma Nro. 101, Huánuco - Huánuco - HUÁNUCO

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22,5 °C	22,5 °C
Humedad Relativa	59 %	63 %

9. Patrones de Referencia

Se utilizaron patrones trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Presión de la Dirección de Metrología DM-INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones trazables a los patrones de referencia de DM - INACAL CNM-CC-720-399/2018	Manómetro de indicación digital con clase de exactitud 0,05% FS	<u>INACAL - DM</u> <u>LFP-210-2023</u>

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- La calibración se realizó con el kit de calibración proporcionado por el proveedor.
- El ensayo comparativo se realizó con 6 g de muestra.
- (*) Número de serie indicado en una etiqueta adherido en el instrumento.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LFP - 141 - 2025***Área de Metrología
Laboratorio de Presión*

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición**Ensayo comparativo con muestra**

Humedad de Ensayo (%)	Indicación del Equipo (%)	Error (%)
5,0	4,4	-0,6
10,0	10,4	0,4
15,0	14,4	-0,6

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0141-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 5

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	26,8 °C	26,8 °C	Humedad	62,0 %	62,0 %

Carga L g	Carga creciente				Carga decreciente				EMP g
	I g	ΔL g	E g	Ec g	I g	ΔL g	E g	Ec g	
E ₀ 1,00	1,0	0,06	-0,01						
2,00	2,0	0,07	-0,02	-0,01	2,1	0,07	0,08	0,09	0,1
100,00	100,0	0,09	-0,04	-0,03	100,1	0,06	0,09	0,10	0,1
500,00	500,0	0,09	-0,04	-0,03	500,1	0,08	0,07	0,08	0,1
1 000,00	1 000,0	0,09	-0,04	-0,03	1 000,1	0,08	0,07	0,08	0,2
1 400,00	1 400,0	0,09	-0,04	-0,03	1 400,2	0,14	0,11	0,12	0,2
1 800,00	1 800,0	0,14	-0,04	-0,03	1 800,2	0,16	0,14	0,15	0,4
2 100,00	2 100,0	0,16	-0,06	-0,05	2 100,2	0,14	0,16	0,17	0,4
2 400,00	2 400,0	0,14	-0,04	-0,03	2 400,2	0,16	0,14	0,15	0,4
2 700,00	2 700,0	0,14	-0,04	-0,03	2 700,2	0,16	0,14	0,15	0,4
2 900,00	2 900,0	0,16	-0,06	-0,05	2 900,0	0,30	-0,20	-0,19	0,4
4 000,00	4 000,0	0,35	-0,10	-0,09	4 000,5	0,35	0,40	0,41	1,0
5 000,00	5 000,0	0,40	-0,15	-0,14	5 000,5	0,35	0,40	0,41	1,0
6 000,00	6 000,5	0,35	0,40	0,41	6 000,5	0,40	0,35	0,36	1,0
7 000,00	7 000,5	0,40	0,36	0,37	7 000,5	0,45	0,31	0,32	1,0
7 500,00	7 500,5	0,45	0,30	0,31	7 500,5	0,45	0,30	0,31	1,0

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza

I: Lectura de indicación de la balanza

E: Error encontrado

EMP: Error máximo permitido

E₀: Error en cero

Ec: Error corregido

ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

Primer rango de pesaje parcial (de 0 g hasta 1500 g con d = 0,1 g)

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,004 \text{ g}^2 + 0,0000000023 \cdot R^2}$$

Segundo rango de pesaje parcial (mayor de 1500 g hasta 3000 g con d = 0,2 g)

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,012 \text{ g}^2 + 0,0000000021 \cdot R^2}$$

Tercer rango de pesaje parcial (mayor de 3000 g hasta 7500 g con d = 0,5 g)

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,051 \text{ g}^2 + 0,0000000021 \cdot R^2}$$

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0141-2024

Página 5 de 5

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,0000240 * R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC