UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor(es): Bach. Eduin Omar Chinchay García
Bach. Luis Brandy Saldaña Villegas

Asesor: Dr. José Luis Piedra Tineo

Línea de investigación: Ingeniería de transporte

JAÉN – PERÚ

2026

Chinchay García Eduin O. Y Saldaña Villegas Luis B.

ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉ...

Quick Submit

Quick Submit

Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3650320842

Fecha de entrega
15 sep 2026, 2:55 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
15 sep 2026, 3:02 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
HINCHAY_GARCIA_SALDAA_VILLEGAS_-_Luis_Brandy_Saldaa_Villegas.pdf

Tamaño del archivo
21.8 MB

318 páginas

28.014 palabras

163.413 caracteres

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dra. María Marleni Torres Cruz
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

4% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

3%	Fuentes de Internet
0%	Publicaciones
2%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.° de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dra. María Marleni Torres Cruz
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 08 de setiembre de 2026, siendo las 12:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:
Presidente: Dra. Zadith Nancy Garrido Campaña
Secretario: Dr. Christiaan Zayed Apaza Panca
Vocal: Mg. Carlos Alberto Núñez Rivas, para evaluar la Sustentación del Informe Final:
( ) Trabajo de Investigación
(**X**) Tesis
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:
"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025", presentado por los tesistas: ***Eduin Omar Chinchay García y Luis Brandy Saldaña Villegas,*** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.
Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:
(X) Aprobar ( ) Desaprobar (X) Unanimidad ( ) Mayoría
Con la siguiente mención:

a)	Excelente	18, 19, 20	( )
b)	Muy bueno	16, 17	(16)
c)	Bueno	14, 15	( )
d)	Regular	13	( )
e)	Desaprobado	12 ò menos	( )

Siendo las 12:40 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Dra. Zadith Nancy Garrido Campaña
Presidente

Dr. Christiaan Zayed Apaza Panca
Secretario

Mg. Carlos Alberto Núñez Rivas
Vocal

“AÑO DE LA ESPERANZA Y EL FORTALECIMIENTO DE LA DEMOCRACIA”

ANEXO N°06:

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO

DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)

Yo, Eduin Omar Chinchay García y Luis Brandy Saldaña Villegas, egresados de la carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI 75975233 y 73767434.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado:

   “**ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025**”.
   Asesorado por el Dr. José Luis Piedra Tineo.
   El mismo que presento bajo la modalidad de tesis para optar; el Título Profesional De Ingeniero Civil.

2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.

3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.

4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.

5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.

6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Jaén 21 de octubre de 2026



Bach. Eduin Omar Chinchay García



Bach. Luis Brandy, Saldaña Villegas

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN IX
ABSTRACT X
I. INTRODUCCIÓN 11
1.1. Descripción de la realidad problemática 11
1.2. Formulación del problema 13
1.3. Justificación 13
1.3.1. Justificación científica 14
1.3.2. Justificación económica y social 14
1.3.3. Justificación de la elección del Bambú 14
1.3.4. Justificación de la selección del bambú como material de estabilización 15
1.4. Hipótesis 15
1.5. Objetivos 15
1.5.1. Objetivo general 15
1.5.2. Objetivos específicos 15
1.6. Antecedentes de la investigación 15
1.6.1. Internacionales 15
1.6.2. Nacionales 17
1.6.3. Regional 19
1.6.4. Local 21
II. Material y métodos 24
2.1. Ubicación geográfica 24
2.2. Población, muestra y muestreo 24
2.2.1. Población 24
2.2.2. Muestra 24
2.2.3. Muestreo 24
2.3. Métodos, técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos 25
2.3.1. Método 25
2.3.2. Técnicas e instrumentos 26
2.3.3. Equipos y materiales 26
2.4. Control de calidad de los ensayos de laboratorio 27
2.4.1. Análisis granulométrico por tamizado (MTC E 107) 27
2.4.2. Contenido de humedad (MTC E 108) 27

2.4.3. Limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad (MTC E 110 – MTC E 111) 28
2.4.4. Ensayo Triaxial Consolidado Drenado (MTC E 131) 28
2.4.5. Gravedad específica (MTC E 113) 28
2.5. Determinación de parámetros geotécnicos 29
2.5.1. Clasificación del suelo 29
2.5.2. Determinación del peso unitario y peso unitario saturado. 29
2.5.3. Determinación de la cohesión y ángulo de fricción interna 30
2.5.4. Condición de Saturación 30
2.6. Delimitación de estudio 30
2.6.1. Delimitación espacial 30
2.6.2. Delimitación temporal 30
2.7. Limitaciones 30
2.8. Procedimiento de recolección de datos 31
2.8.1. Levantamiento topográfico 31
2.8.2. Realización de calicatas 32
2.8.3. Propiedades físicas y mecánicas del suelo de los taludes 35
2.8.4. Análisis de estabilidad del talud mediante el software 41
2.8.5. Diseño de la estabilidad del talud usando micropilotes de bambú y geomalla mediante software 42
III. RESULTADOS 44
3.1. Evaluación de la estabilización de los taludes mediante micropilotes de bambú y geomalla. 44
3.2. Levantamiento topográfico de los taludes de la carretera San Lorenzo – Jaén - Cajamarca. 44
3.2.1. Perfil del talud N° 01 (km 8+048 al km 8+100) 45
3.2.2. Perfil del talud N° 02 (km 09+355 al km 09+405) 46
3.2.3. Perfil del talud N° 03 (km 13+190 al 13+245) 48
3.3. Propiedades físicas y mecánicas del suelo de los taludes ubicados en la carretera San Lorenzo – Jaén - Cajamarca. 50
3.4. Análisis de la estabilidad del talud mediante el software para estabilidad de taludes, ubicado en el tramo de la carretera San Lorenzo – Jaén - Cajamarca. 52
3.4.1. Estabilidad del talud N° 01 (km 8+048 al km 8+100) 53
3.4.1.1. Comportamiento del talud N° 01 considerando análisis estático y sin nivel freático. 54

3.4.1.2. Comportamiento del talud N° 01 considerando un análisis estático y con nivel freátic. 55
3.4.1.3. Comportamiento del talud N° 01 considerando pseudoestático (sismo)..... 57
3.4.1.4. Comportamiento del talud N° 01 considerando nivel freático + sismo. 58
3.4.1.5. Comparación de resultados iniciales (Talud N° 01)..... 60
3.4.2. Estabilidad del talud N° 02 (km 09+355 al km 09+405)..... 61
3.4.2.1. Comportamiento del talud N° 02 considerando un análisis estático y sin nivel freático. 62
3.4.2.2. Comportamiento del talud N° 02 considerando un análisis estático y con nivel freático. 63
3.4.2.3. Comportamiento del talud N° 02 considerando pseudoestático (sismo)..... 65
3.4.2.4. Comportamiento del talud N° 02 considerando nivel freático + sismo. 66
3.4.2.5. Comparación de resultados iniciales (Talud N° 02)..... 68
3.4.3. Estabilidad del talud N° 03 (km 13+190 al 13+245) 69
3.4.3.1. Comportamiento del talud N° 03 considerando un análisis estático y sin nivel freático. 70
3.4.3.2. Comportamiento del talud N° 03 considerando un análisis estático y con nivel freático. 71
3.4.3.3. Comportamiento del talud N° 03 considerando pseudoestático (sismo)..... 73
3.4.3.4. Comportamiento del talud N° 03 considerando nivel freático + sismo. 73
3.4.3.5. Comparación de resultados iniciales (Talud N° 03)..... 75
3.5. Estabilidad del talud usando micropilotes de bambú y geomalla mediante software para estabilidad de taludes, ubicado en la carretera San Lorenzo – Jaén - Cajamarca. 76
3.5.1. Estabilidad del talud usando micropilotes de bambú 76
3.5.1.1. Estabilidad del talud N° 01 (km 8+048 al km 8+100) usando micropilotes de bambú 78
3.5.1.2. Estabilidad del talud N° 02 (km 09+355 al km 09+405) usando micropilotes de bambú 80
3.5.1.3. Estabilidad del talud N° 03 (km 13+190 al 13+245) usando micropilotes de bambú 82
3.5.1.4. Comparación del FS después de la estabilización con micropilotes de bambú84
3.5.2. Estabilidad del talud usando geomallas..... 85
3.5.2.1. Estabilidad del talud N° 01 (km 8+048 al km 8+100) usando geomallas 87
3.5.2.2. Estabilidad del talud N° 02 (km 09+355 al km 09+405) usando geomallas ... 88
3.5.2.3. Estabilidad del talud N° 03 (km 13+190 al 13+245) usando geomallas..... 90

3.5.2.4. Comparación del FS después de la estabilización mediante geomallas 92
IV. DISCUSIÓN 94
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 105
5.1. Conclusiones 105
5.2. Recomendaciones 107
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 109
AGRADECIMIENTO 116
DEDICATORIA 117
ANEXOS 118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Levantamiento topográfico de las secciones de los taludes 32

Figura 2 Realización de la calicata 01 – Talud N° 01..... 33

Figura 3 Realización de la calicata 02 – Talud N° 02..... 34

Figura 4 Realización de la calicata 03 – Talud N° 03..... 34

Figura 5 Toma de muestra de la calicata C-01 35

Figura 6 Toma de muestra de la calicata C-02 36

Figura 7 Toma de muestra de la calicata C-03 36

Figura 8 Ensayo de granulometría de la muestra de la C-01..... 37

Figura 9 Ensayo de granulometría de la muestra de la C-02..... 37

Figura 10 Ensayo de granulometría de la muestra de la C-03..... 38

Figura 11 Ensayo de límites de Atterberg de la muestra de la C-01, C-02 y C-03 38

Figura 12 Secado de muestra de los ensayos de límites de Atterberg de la muestra de la C-01, C-02 y C-03..... 39

Figura 13 Ensayo de triaxial de la calicata C-01 39

Figura 14 Ensayo de triaxial de la calicata C-02 40

Figura 15 Ensayo de triaxial de la calicata C-03 40

Figura 16 Modelado de la estabilidad de los taludes 42

Figura 17 Modelado de la estabilidad de los taludes con micropilotes de bambú 43

Figura 18 Modelado de la estabilidad de los taludes con geomallas 43

Figura 19 Carretera del C.P. San Lorenzo – CP. Vista Alegre de Chingama 44

Figura 20 Perfil longitudinal Talud N° 01 45

Figura 21 Perfil longitudinal Talud N° 02 47

Figura 22 Perfil longitudinal talud N° 03..... 49

Figura 23 Importación de los parámetros del suelo – talud N° 01 (GEO5_ slope stability) 54

Figura 24 Análisis de la estabilidad – Sin Nivel Freático – Talud N° 01 (GEO5_ slope stability)..... 55

Figura 25 Incorporación del Nivel Freático – Talud N° 01 (GEO5_ slope stability)... 56

Figura 26 Análisis de la estabilidad considerando nivel freático – Talud N° 01 (GEO5_ slope stability)..... 57

Figura 27 Análisis sísmico de la estabilidad – Talud N° 01 (GEO5_ slope stability).. 58

Figura 28 Análisis pseudoestático del talud bajo condición de nivel freático + sismico – Talud N° 01 (GEO5_ slope stability)..... 59

Figura 29 Superficies potenciales de falla y distribución del factor de seguridad del talud N° 01 60

Figura 30 Importación de los parámetros del suelo – talud N° 02 (GEO5_ slope stability) 62

Figura 31 Análisis de la estabilidad – Sin Nivel Freático – Talud N° 02 (GEO5_ slope stability)..... 63

Figura 32 Incorporación del Nivel Freático – Talud N° 02 (GEO5_ slope stability)... 64

Figura 33 Análisis de la estabilidad considerando nivel freático – Talud N° 02 (GEO5_ slope stability)..... 65

Figura 34 Análisis sísmico de la estabilidad – Talud N° 02 (GEO5_ slope stability).. 66

Figura 35 Análisis pseudoestático del talud bajo condición de nivel freático + sismo – Talud N° 02 (GEO5_ slope stability)..... 67

Figura 36 Superficies potenciales de falla y distribución del factor de seguridad del talud N° 02 68

Figura 37 Importación de los parámetros del suelo – talud N° 03 (GEO5_ slope stability) 70

Figura 38 Análisis de la estabilidad – Sin Nivel Freático – Talud N° 03 (GEO5_ slope stability)..... 71

Figura 39 Incorporación del Nivel Freático – Talud N° 03 (GEO5_ slope stability)... 72

Figura 40 Análisis de la estabilidad considerando nivel freático – Talud N° 03 (GEO5_ slope stability)..... 72

Figura 41 Análisis sísmico de la estabilidad – Talud N° 03 (GEO5_ slope stability).. 73

Figura 42 Análisis pseudoestático del talud bajo condición de nivel freático + sismo – Talud N° 03 (GEO5_ slope stability)..... 74

Figura 43 Superficies potenciales de falla y distribución del factor de seguridad del talud N° 03 75

Figura 44 Arreglos reales con sus equivalencias..... 78

Figura 45 Configuración para el diseño de la estabilidad con Micropilotes de Bambú – Talud N° 01 (GEO5_slope stability)..... 79

Figura 46 Diseño de la estabilidad con micropilotes de bambú – talud N° 01 (GEO5_slope stability)..... 80

Figura 47 Configuración para el diseño de la estabilidad con micropilotes de bambú – Talud N° 02 (GEO5_slope stability)..... 81

Figura 48 Diseño de la estabilidad con micropilotes de bambú – talud N° 02 (GEO5_slope stability)..... 82

Figura 49 Configuración para el diseño de la estabilidad con micropilotes de bambú – talud N° 03 (GEO5_slope stability)..... 83

Figura 50 Diseño de la estabilidad con micropilotes de bambú – talud N° 03 (GEO5_slope stability)..... 84

Figura 51 Configuración para el diseño de la estabilidad con geomalla – talud N° 01 (GEO5_slope stability)..... 87

Figura 52 Diseño de la estabilidad con geomalla– talud N° 01 (GEO5_slope stability) 88

Figura 53 Configuración para el diseño de la estabilidad con geomalla – talud N° 02 (GEO5_slope stability)..... 89

Figura 54 Diseño de la estabilidad con Geomalla– Talud N° 02 (GEO5_slope stability) 90

Figura 55 Configuración para el diseño de la estabilidad con geomalla – talud N° 03 (GEO5_slope stability)..... 91

Figura 56 Diseño de la estabilidad con Geomalla– Talud N° 03 (GEO 05_slope stability) 92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas UTM WGS84 de las calicatas 33

Tabla 2 Interfaz – Talud N° 01 46

Tabla 3 Interfaz – Talud N° 02 48

Tabla 4 Interfaz – Talud N° 03 50

Tabla 5 Propiedades físicas del suelo 51

Tabla 6 Clasificación según tipo de suelo (SUCS) 51

Tabla 7 Propiedades mecánicas del suelo 51

Tabla 8 Clasificación del factor de seguridad para la evaluación de taludes 52

Tabla 9 Comparación de factores de seguridad por condición de análisis (Talud N° 01) 61

Tabla 10 Comparación de factores de seguridad por condición de análisis (Talud N° 02) 69

Tabla 11 Comparación de factores de seguridad por condición de análisis (Talud N° 03) 76

Tabla 12 Propiedades mecánicas de diferentes especies de bambú 76

Tabla 13 Comparación del FS después de la estabilización con micropilotes de bambú 85

Tabla 14 Coeficientes de interacción suelo-geomalla 85

Tabla 15 Cargas de anclajes geotécnicos (Fuerza) 86

Tabla 16 Comparación del FS después de la estabilización mediante geomallas 93

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la efectividad del uso de micropilotes de bambú y geomalla para la estabilización de taludes en la carretera San Lorenzo–Jaén–Cajamarca, durante el año 2025. La metodología comprendió el levantamiento topográfico de la vía, la ejecución de calicatas en tres tramos críticos, la realización de ensayos de laboratorio para la caracterización de los suelos, el análisis de estabilidad de los taludes mediante el software GEO5 y, posteriormente, el diseño de un sistema de estabilización mediante micropilotes de bambú y geomalla. Los resultados mostraron que el talud N° 01, ubicado entre los km 8+048 y 8+100, presentó una altura efectiva de 12.36 m, una pendiente aproximada de 92 % y un suelo clasificado como SC; el talud N° 02, ubicado entre los km 09+355 y 09+405, presentó una altura de 10.38 m, una pendiente de 74 % y un suelo clasificado como SM; mientras que el talud N° 03, ubicado entre los km 13+190 y 13+245, presentó una altura de 24.13 m, una pendiente de 66 % y un suelo clasificado como CL. Los taludes evaluados resultaron inestables en su condición natural, al presentar factores de seguridad (FS) comprendidos entre 0.57 y 1.34, valores inferiores al mínimo requerido de FS ≥ 1.50. Con la incorporación de micropilotes de bambú y geomalla, los factores de seguridad se incrementaron hasta valores comprendidos entre 1.51 y 5.53, logrando transformar las condiciones inicialmente inestables en condiciones estables. Se concluye que el uso combinado de micropilotes de bambú y geomalla incrementó significativamente la estabilidad de los taludes evaluados, lo cual se evidenció en el aumento de los factores de seguridad al comparar las condiciones naturales con las condiciones reforzadas.

Palabras claves: Estabilización, Taludes, Micropilotes de Bambú y Geomallas.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effectiveness of using bamboo micropiles and geogrid for slope stabilization along the San Lorenzo–Jaén–Cajamarca Road during 2025. The methodology included a topographic survey of the roadway, the excavation of test pits in three critical sections, laboratory testing for soil characterization, slope stability analysis using GEO5 software, and the subsequent design of a stabilization system incorporating bamboo micropiles and geogrid. The results showed that Slope No. 01, located between km 8+048 and km 8+100, had an effective height of 12.36 m, an approximate slope of 92%, and soil classified as SC; Slope No. 02, located between km 09+355 and km 09+405, had a height of 10.38 m, a slope of 74%, and soil classified as SM; while Slope No. 03, located between km 13+190 and km 13+245, had a height of 24.13 m, a slope of 66%, and soil classified as CL. The evaluated slopes were found to be unstable under natural conditions, with safety factors (FS) ranging from 0.57 to 1.34, which were below the minimum required value of FS ≥ 1.50. After incorporating bamboo micropiles and geogrid, the safety factors increased to values ranging from 1.51 to 5.53, thereby transforming the initially unstable conditions into stable conditions. It was concluded that the combined use of bamboo micropiles and geogrid significantly increased the stability of the evaluated slopes, as evidenced by the improvement in safety factors when comparing the natural conditions with the reinforced conditions.

Keywords: Stabilization, Slopes, Bamboo Micropiles and Geogrids.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel internacional la inestabilidad de los taludes es uno de los problemas que afecta significativamente a la sociedad. En Colombia, se han registrado deslizamientos frecuentes en regiones montañosas, como los Andes, debido a la combinación de lluvias intensas y suelos con baja cohesión (Cepeda et al, 2009). En enero de 2024, las lluvias intensas provocaron deslizamientos en la vía que une Medellín con Quibdó, en el departamento de Chocó en Colombia, las lluvias intensas provocaron deslizamientos de taludes en la carretera sepultando vehículos y acabaron con la vida de al menos 33 personas (News Mundo, 2024). Siempre existe la posibilidad de que se produzcan los deslizamientos en taludes, y algunas de las razones de la ocurrencia de este fenómeno en particular están relacionadas con las actividades humanas, las condiciones climáticas, y ciertas características del suelo, debido a la gran cobertura geográfica (Highland y Bobrowsky, 2008).

En el Perú, los deslizamientos de taludes constituyen una problemática recurrente que genera preocupación debido a sus impactos en la infraestructura vial y la seguridad de la población, por lo que resulta fundamental comprender sus características y los factores que intervienen en su ocurrencia. En términos generales, los deslizamientos se caracterizan por el movimiento descendente de masas de suelo o roca, impulsado principalmente por la acción de la gravedad (Toro, 2014). Diversos factores influyen en este fenómeno, entre los cuales destacan los factores condicionantes, tales como los geológicos, geométricos, hidrogeológicos y geotécnicos; así como los factores desencadenantes, que pueden ser de origen natural o antrópico y que activan el proceso de falla (Yandry, 2020). Este tipo de procesos se manifiesta mediante el desplazamiento de materiales, el cual puede ocurrir de manera lenta (milímetros por año) o rápida (metros por día), dependiendo de las condiciones del terreno. Eventos como sismos, lluvias intensas, incremento del nivel freático, erosión y actividades humanas pueden desencadenar estos movimientos (Ayala y Requena, 2011). En este contexto, la comprensión de estos fenómenos y sus consecuencias permite plantear alternativas técnicas orientadas a mejorar la estabilidad de los taludes y reducir los riesgos asociados, contribuyendo así a la prevención de pérdidas humanas y económicas. De no abordarse adecuadamente esta problemática, se incrementa la probabilidad de ocurrencia de fallas que afectan la seguridad y funcionalidad de la infraestructura.

En la región Cajamarca las vías que dan conexión a los centros poblados con sus distritos, sufren de diversos problemas por el deslizamiento de taludes dado que su conectividad se ve interrumpida por los deslizamientos, posiblemente por falta de precauciones que no se consideraran, como los factores geológicos, los factores climáticos, etc. En el tramo analizado de la carretera Cajamarca – Chachapoyas, se evidenciaron condiciones críticas en los taludes, los cuales presentaron factores de seguridad comprendidos entre 0.757 y 0.807 en su estado natural, valores inferiores al mínimo requerido ($FS \geq 1.50$). Esta situación refleja un alto nivel de susceptibilidad a fallas, comprometiendo la estabilidad del terreno y representando un riesgo para la seguridad y continuidad de la infraestructura vial. Asimismo, se identificó que estos taludes presentan un comportamiento inestable, manifestado en la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos, lo que evidencia la necesidad de un análisis detallado del comportamiento geotécnico en este tipo de estructuras viales en la región (Tafur, 2019).

A nivel local, en tramos viales cercanos a la provincia de Jaén, se ha evidenciado la presencia de taludes con comportamiento inestable, caracterizados por la ocurrencia de derrumbes y deslizamientos a lo largo de la vía. Estas manifestaciones han sido observadas en sectores de la carretera Olmos – Jaén, donde se reporta la incidencia de fenómenos de geodinámica externa que afectan directamente la estabilidad de los taludes y la seguridad de la infraestructura vial (Nevado, 2020). Asimismo, en el distrito de Bellavista, el tramo comprendido entre el centro poblado San Lorenzo y el centro poblado Vista Alegre de Chingama presenta problemas recurrentes en el comportamiento de los taludes adyacentes a la vía. En dicho sector, se evidencian condiciones desfavorables que originan movimientos descendentes del suelo, reflejando una condición de inestabilidad que afecta la seguridad vial y la continuidad del tránsito.

La definición de estabilidad de taludes se refiere a la capacidad del terreno para mantener su condición de equilibrio frente a las fuerzas que pueden provocar su deslizamiento o mecanismos de falla (Duncan, Wright y Brandon, 2014). En el contexto peruano, la Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones establece los criterios del estudio geotécnico y determinación de los parámetros del suelo que se requieren para el análisis de la estabilidad, mientras que el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección Geotecnia del Ministerio de Transportes y Comunicaciones establece los lineamientos para la evaluación de la estabilidad de taludes en proyectos de infraestructura vial mediante el análisis del factor de seguridad. En este contexto

resulta indispensable para la elección del método de estabilización que garanticen un comportamiento estable del talud frente a condiciones como la presencia de nivel freático y la acción sísmica.

La principal causa de esta problemática radica en las condiciones geotécnicas y ambientales del lugar que provocan la inestabilidad de los taludes. A ello se suma la limitada implementación de alternativas de estabilidad técnicamente viables, como los micropilotes de bambú y la geomalla. Entre ellas, los micropilotes de bambú cuya aplicación en la estabilización de taludes aún no se encuentra ampliamente documentada debido a la inexistencia o el escaso empleo de estos sistemas de estabilización en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca, cuya aplicación permitirá controlar las fallas de los taludes.

Como efecto de estos factores tenemos la disminución del factor de seguridad (FS), aumentando la probabilidad de fallas y deslizamientos. Ante esta situación la “Estabilización de taludes" será evaluada mediante el análisis del factor de seguridad (FS) obtenido a través del modelado en GEO5, la estabilidad del talud se verá directamente afectada, ya que los taludes presentan condiciones de inestabilidad que favorecen la ocurrencia de deslizamientos y comprometen la seguridad de la infraestructura vial. Por ello, resulta necesario evaluar la influencia de los micropilotes de bambú y la geomalla en el incremento del factor de seguridad y en la mejora de la estabilidad de los taludes.

1.2. Formulación del problema

Finalmente se plantea la siguiente interrogante: ¿En qué medida el uso de micropilotes de bambú y geomalla contribuye a la estabilización del talud en la carretera – San Lorenzo – Jaén – Cajamarca?

1.3. Justificación

El aporte innovador del presente estudio consiste en evaluar los micropilotes de bambú como un método emergente y sostenibles para la estabilización de taludes, buscando demostrar su viabilidad técnica frente a métodos convencionales como lo es la geomalla, uno de los métodos de refuerzo más empleados en la ingeniería geotécnica. Mediante el modelado en el software GEO5, el estudio busca analizar el comportamiento de ambos métodos bajo las mismas condiciones desfavorables de estabilidad, contribuyendo a difundir el uso de los micropilotes de bambú como una solución con aplicada limitada en proyectos viales, pero con potencial para ser considerada en futuros proyectos de estabilidad de taludes en infraestructura

vial. Los resultados obtenidos serán un aporte como evidencia técnica sobre la viabilidad de los micropilotes de bambú como una alternativa de estabilidad de taludes y servirá como base para futuras investigaciones y aplicaciones en proyectos geotécnicos de características similares.

1.3.1. Justificación científica

Desde el punto de vista científico, es crucial para la ingeniería buscar nuevas metodologías para prevenir deslizamientos de taludes y garantizar la conectividad de las carreteras. Además, como actualmente en la región Cajamarca se está invirtiendo en la ampliación y construcción de carreteras, esto nos proporciona una oportunidad de investigar los factores que contribuyen a la inestabilidad de estos eventos y evaluar la efectividad de dos métodos para estabilizar taludes y contribuir con una propuesta que contribuya al desarrollo de la ingeniería geotécnica y a la gestión de riesgo geológico.

1.3.2. Justificación económica y social

La investigación se justifica económicamente y socialmente, ya que la estabilización de taludes en carreteras y áreas de acceso es esencial para mantener la continuidad de las operaciones comerciales y el flujo de bienes y servicios. Los daños causados por los desprendimientos de taludes resultan en el aumento de costos adicionales para reparaciones de infraestructura, pérdida de ingresos para empresas locales debido a la interrupción del transporte. Estos eventos también pueden aislar comunidades rurales al dificultar el acceso a servicios básicos como atención médica, educación y suministros esenciales.

1.3.3. Justificación de la elección del Bambú

La elección del bambú como material para la implementación de micropilotes en la estabilización de taludes se fundamenta en sus propiedades mecánicas, disponibilidad local y ventajas ambientales frente a materiales convencionales como el acero o el concreto. Desde el punto de vista técnico, el bambú presenta una alta relación resistencia–peso, lo que le permite trabajar eficientemente como elemento de refuerzo en suelos, contribuyendo al incremento de la resistencia al corte y al control de deformaciones en el talud. Asimismo, su flexibilidad y capacidad de absorción de energía le otorgan un comportamiento favorable frente a esfuerzos dinámicos y condiciones variables del terreno. En términos económicos, el bambú es un material de bajo costo y de fácil acceso en regiones como Jaén, lo que reduce significativamente los costos de transporte e implementación en comparación con soluciones tradicionales.

1.3.4. Justificación de la selección del bambú como material de estabilización

La selección del bambú **(***Guadua angustifolia***)** como material para el diseño de los micropilotes se fundamentó en criterios técnicos, económicos, ambientales y de disponibilidad regional. Desde el punto de vista mecánico, el bambú presenta una elevada relación resistencia/peso, con una resistencia a la tracción comparable a la del acero en términos específicos y una adecuada resistencia a compresión, características que permiten su utilización como elemento estructural en aplicaciones geotécnicas. Asimismo, su flexibilidad le permite absorber deformaciones sin perder su capacidad resistente a movimientos diferenciales.

1.4. Hipótesis

El uso de micropilotes de bambú y geomalla mejora significativamente la estabilización del talud en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Evaluar la estabilización de los taludes mediante micropilotes de bambú y geomalla en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca, 2025.

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento topográfico de los taludes de la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de los taludes ubicados en la carretera San Lorenzo – Jaén - Cajamarca.
- Analizar la estabilidad del talud mediante el software para estabilidad de taludes, ubicado en el tramo de la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca.
- Diseñar la estabilidad del talud usando micropilotes de bambú y geomalla mediante software para estabilidad de taludes, ubicado en la carretera San Lorenzo – Jaén - Cajamarca.

1.6. Antecedentes de la investigación

1.6.1. Internacionales

Johan y Danang (2023) en su investigación “Estudio comparativo de muro voladizo convencional y muro de tierra estabilizado mecánicamente para la remediación de fallas de

taludes", se plantearon como objetivo determinar la mejor solución para la remediación de fallas de taludes en el caso estudiado. La metodología empleada es de tipo aplicada, analítica-experimental mediante dos métodos de diseño uno para pared en voladizo y el otro para muros de tierra estabilizados mecánicamente, el análisis se realizó utilizando el software GEO5. De los resultados tenemos que los muros voladizos convencionales muestran una deficiencia en la estabilidad global del FS de 1.17, sin embargo, el FS para el muro de tierra estabilizado mecánicamente es de 1.40, que es mayor que el requerido mínimo 1.30, Por lo tanto, podemos decir que este ofrece ventajas con respecto a los muros voladizos convencionales.

Dema y Wangno (2022) en su investigación "Remediación y estabilización de talud en Reldri, Bután" se plantearon como objetivo el análisis de la estabilidad de taludes en Reldri Bután manualmente y utilizando el programa GEO5, la metodología empleada es de tipo aplicada, descriptiva y analítica consistió en utilizar métodos de estabilización de pendientes, para determinar el factor de seguridad. De los resultados resultó que el muro en voladizo es la mejor opción para estabilizar la pendiente con un factor de seguridad mayor que 1.5.

Aguirre et al. (2022) en su investigación "Propuesta para la estabilización del talud ubicado en el kilómetro 5 de la vía Ibagué – San Bernardo del Municipio de Ibagué - Tolima", se plantearon como objetivo, proponer una alternativa para la correcta estabilización de talud que se encuentra ubicado sobre el kilómetro 5 en el departamento de Tolima, Colombia. La metodología es de tipo proyectista y sistemática estructurada en cuatro etapas, las cuales se encuentran subdividas por actividades desde la determinación de las propiedades físicas y mecánicas hasta el diseño de estabilización. A partir de los resultados se propuso como método de estabilización un muro de contención en el pie del talud, seguido del mejoramiento del material y la conformación de tres bermas escalonadas desde la zona media hasta la corona, reduciendo así su pendiente. Asimismo, se planteó el uso de anclajes perpendiculares a la superficie del talud para incrementar su estabilidad y, finalmente, como sistema de drenaje superficial, la construcción de dos cunetas para evacuar adecuadamente las aguas superficiales.

Thakur et al. (2021) en el estudio "Análisis de estabilidad de pendiente de Kotropi deslizamiento de tierra y su remediación" se plantearon como objetivo proporcionar medidas correctivas para la estabilización de taludes con la técnica de pilotes antideslizantes en la región Kotropi, la metodología es de tipo aplicado y analítica para el análisis de pendiente usando distintos tipos de métodos mediante el software GEO5, Además, tiene un componente cuantitativo, ya que obtiene factores de seguridad (FS). De los resultados se obtuvieron para

los siguientes métodos: Bishop, Fellenius/Petterson, Spencer, Janbu, Morgenstern-Price, los siguiente FS respectivamente 1.42, 1.36, 1.42, 1.42 y 1.42.

Carrión et al. (2021) en su trabajo de investigación "Evaluación de la estabilidad de pendientes en un área urbana como base para planificación territorial: un estudio de caso" tuvieron como objetivo evaluar la estabilidad de taludes del cerro Las Cabras, Durán, Ecuador. La metodología empleada es de tipo aplicada y descriptiva ya que se basa en la evaluación práctica de susceptibilidad a deslizamientos y derrumbes, basada en la experiencia de varios investigadores. El análisis de estabilidad basado en 16 perfiles críticos muestra que tres de estos perfiles presentan valores de factor de seguridad menores a uno (0,86, 0,82 y 0,76, respectivamente), y dos perfiles presentan valores cercanos a uno (1,02 y 1,00). La caracterización y el análisis de susceptibilidad descritos sirven de base para la adopción de medidas de seguridad y ordenación territorial.

Medel (2020) en su trabajo de investigación "Estabilización de Taludes con Sistema de Anclaje" tuvo como objetivo principal implementar un plan de estabilidad para evitar problemas a la viabilidad y zonas urbanas en donde se ubican los taludes. Se empleó una metodología cuantitativa – no experimental ya que se usó diferentes métodos. Los resultados obtenidos mediante los métodos: método de deménegui, métodos tradicionales y métodos de elementos finitos sin considerar el uso de anclas fueron FS = 0.866, FS (promedio) = 0.824 y FS = 1.31 respectivamente. Con el uso de anclas se empleó el método de deménegui y el método de elementos finitos obteniéndose el siguiente resultado FS = 1.84 para ambos métodos.

1.6.2. Nacionales

Cataño (2024) en su trabajo de investigación "Micro pilotes de bambú para la estabilización provisional de subrasantes blandas saturadas en zonas tropicales – Satipo, Junín 2022". La metodología es cuantitativa, aplicada y experimental, utilizando observación directa y pruebas de deflectometría para evaluar la estabilización de suelos blandos mediante micropilotes de bambú en un tramo de 100 m de carretera en Satipo. Se concluye que los micropilotes de bambú estabilizan eficazmente las subrasantes blandas saturadas en zonas tropicales de forma temporal. La mejor respuesta estructural se obtuvo con 13 micropilotes de 4" de diámetro y 1.5 m de longitud por m², logrando un aumento del módulo de resiliencia en un 25% y reduciendo la deflexión en un 30%.

Rivera y Vicuña (2023) en su investigación “Análisis probabilístico aplicado a la estabilidad de los taludes de la costa verde en el distrito de Magdalena del Mar” tuvieron como objetivo principal evaluar la probabilidad de falla global del talud de la Costa Verde para el tramo comprendido en el distrito de Magdalena del Mar. La metodología fue de enfoque prospectivo, ya que requirió de recolección de datos que sean semejantes y representativos al estado actual. Los resultados del caso pseudo-estático muestran que los perfiles 2 y 7 son estables, con factores de seguridad (F.S.) mayores a 1.00 y probabilidades de falla de 48.70% y 46.73%, respectivamente. En contraste, los demás perfiles tienen F.S. menores a 1.00, lo que indica un mayor riesgo sísmico, con probabilidades de falla superiores al 54.80%.

Basualdo y Gallegos (2022) en su investigación “Análisis comparativo del uso de micropilotes de bambú y concreto para la estabilización de taludes” tuvieron como objetivo principal realizar una comparativa entre el empleó de micropilotes de bambú y la opción de micropilotes de concreto para mejorar la estabilidad de un talud. La metodología empleada es de tipo comparativa y analítica, utilizando el método Choosing by Advantages (CBA) para evaluar y comparar la efectividad de dos métodos de estabilización: bambú y concreto. Se definieron las propiedades del bambú y el suelo, la geometría de los taludes y se modelaron 2D los seis taludes con diferentes arreglos de micropilotes (simples, triples y cuádruples). Los resultados mostraron que los arreglos triples y cuádruples alcanzaron un factor de seguridad de 1.3. Aunque los micropilotes de bambú fueron menos efectivos, fueron la opción más económica.

Lavado et al. (2021) en su trabajo de investigación “Análisis de Estabilidad de un Talud Crítico de la Costa Verde en el Distrito de San Miguel” tuvieron como objetivo principal analizar bajo el método pseudoestático a una sección crítica de los acantilados de la Costa Verde en el distrito de San Miguel y establecer una propuesta de mejoramiento de estabilidad. Se empleó una metodología descriptiva, analítica y aplicada, basada en la revisión de antecedentes históricos, estudios geotécnicos y normativas, combinada con modelamiento numérico para el análisis de estabilidad de taludes en secciones críticas de los acantilados de la Costa Verde. Se concluye que los taludes de la Costa Verde presentan factores de seguridad cercanos a 1, indicando inminente deslizamiento ante sismos significativos. El material predominante es conglomerado con inter-estratos de arena de baja resistencia, afectado por erosión constante.

Alberca y Rondo (2020) en su investigación “Estabilización de taludes utilizando geomalla coextruída mono orientada en el tramo de la carretera Samme-Casmiche, Departamento la Libertad” se plantearon como objetivo general la estabilidad y mitigación de riesgos del lugar de estudio ya que presenta una problemática por la vulnerabilidad a deslizamientos, haciendo uso de una metodología tipo no experimental-transeccional, descriptiva de nivel simple. Se realizaron estudios de mecánica de suelos en dos taludes, obteniendo para el talud 01 un ángulo de fricción de 25° y una cohesión de 0.005, y para el talud N° 02, 26° y 0.008. Estos valores indicaron que ambos taludes son inestables. Se propuso el uso de geomalla coextruída mono orientada y se modelaron los taludes en el programa GEO5. Los resultados de los factores de seguridad fueron 1.62 para el talud 01 y 2.06 para el talud N° 02, lo que confirma la estabilidad de ambos taludes, dado que los FS son superiores a 1.5.

Carrión (2019) en su trabajo de investigación “Análisis y diseño de la estabilidad de talud en el sector Sausacocha – Pallar KM. 8+000 al 9+000 provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad”. El objetivo general es realizar un estudio integral de la zona, incluyendo mecánica de suelos, estudios topográficos y geotécnicos, para implementar soluciones al deslizamiento, identificar factores de estabilidad del talud, diseñar la estabilización y calcular el presupuesto. La metodología es mixta y aplicada, combinando teorías de mecánica de suelos con métodos no exactos y considerando factores geotécnicos y locales para diseñar soluciones prácticas y efectivas para la estabilización del talud. Además de encontrar el costo se determinó el factor de seguridad, se observó que la falla de estabilidad se presenta cuando la presión intersticial de los poros es alta debido a las lluvias, lo que reduce el factor de seguridad por debajo de 1.

1.6.3. Regional

Campos y Loyaga (2024) en su trabajo de investigación “Estabilización de taludes con geomallas: revisión de literatura”. Su objetivo principal fue analizar estas técnicas y sus impactos ambientales y económicos. La metodología consistió en revisar 21 estudios relevantes publicados entre 2019 y 2024, seleccionados de bases de datos como Scopus, Web of Science y EBSCOhost, cumpliendo normas éticas e ISO 690. Los resultados destacaron a Perú como el país con mayor contribución en este campo (42.86%), seguido por Colombia (14.29%) y EE. UU. (9.52%). Entre las técnicas evaluadas, sobresalieron las geomallas uniaxiales y biaxiales

por su rapidez en instalación, eficiencia estructural y contribución a la mitigación de la erosión, mejorando también la calidad ambiental.

Fernández y Jara (2024) en su artículo académico “Taludes con geomallas en carreteras, una revisión literaria” tuvieron como objetivo analizar, a través de una revisión sistemática de la literatura científica, el uso de geomallas para estabilización de taludes en proyectos viales, evaluando su viabilidad técnica y eficiencia económica. El tipo de metodología es revisión sistemática ya que se realizó una revisión sistemática basada en 31 artículos científicos para asegurar la calidad y relevancia de la información. Las geomallas son una solución eficaz para la estabilización de taludes, ya que mejoran la estabilidad geotécnica y la eficiencia económica en carreteras. Su éxito depende de un diseño integral que considere aspectos geotécnicos, hidrológicos, topográficos y ambientales, además de una adecuada selección y correcta instalación del tipo de geomalla.

Barrantes y Huaman (2023) en su trabajo de investigación “Influencia del uso de geomalla biaxial B para la Estabilización de los suelos del camino vecinal de la localidad el Frutillo – Hualgayoc, Cajamarca – 2023”, tuvieron como objetivo determinar la influencia del uso de la Geomallas Biaxiales, respecto a la capacidad portante de los suelos. La investigación consiste en una metodología de diseño experimental, de enfoque cuantitativo con una orientación aplicada porque se procura solucionar un problema social. El uso de la geomalla biaxial BX3030 incrementó el CBR de los suelos del camino vecinal en 5.04%, 3.46% y 4.12% para las calicatas 1, 2 y 3 respectivamente, logrando valores de CBR con geomalla de 19.64%, 19.62% y 19.82% al 95% de MDS. El análisis Anova confirmó su influencia significativa (F experimental = 81.09 > F teórico = 7.71). Los suelos son arenoso-arcillosos, con compactación entre 81% y 83%, considerados subóptimos.

Acuña y Galvez (2023) en su estudio “Evaluación Geomecánica para la estabilidad de taludes en el tramo Km 1360+800 a Km 1362+200 de la carretera Hualgayoc – Bambamarca – Cajamarca, 2023” tuvieron como objetivo realizar la evaluación geomecánica para la estabilidad de taludes en el tramo km 1360+800 a km 1362+200 de la carretera Hualgayoc – Bambamarca – Cajamarca. La metodología de la investigación es aplicada, cuantitativa, descriptiva y de diseño no experimental, con observación en un momento específico sin manipulación de variables. La evaluación geomecánica del talud permitió obtener un JRC de 6 y resistencia del macizo de 183 MPa, clasificándolo como roca "buena" y parcialmente estable según los sistemas SMR y RMR. El análisis con software identificó posibles roturas

planares y en cuña, con factores de seguridad entre 0.43 (inestable) y 1.49 (estable) para diferentes tipos de falla. Para mejorar la estabilidad, se propusieron drenajes, pernos y un cambio de geometría, logrando factores de seguridad superiores a 1.32 en condiciones pseudoestáticos.

López y Sernaqué (2023) en su investigación "Análisis determinístico de la estabilidad de taludes de la carretera puente Cumbil, Cajamarca, Perú" se plantearon como objetivo principal, mejorar y conseguir niveles adecuados de transitabilidad en los tres tipos de redes viales: nacionales, departamentales y vecinales. Se empleó una metodología aplicada, ya que se emplea métodos de análisis probabilísticos y determinísticos, como también métodos de estabilización de taludes. Los resultados de análisis para talud superior en las secciones transversales tramo – 10+480, tramo – 11+750 y tramo – 14+040 se obtuvo factores de seguridad promedio 0.443, 0.437 y 0.441 respectivamente, para talud inferior 0.526, 0.662 y 0.421. Todos los valores del FS están por debajo de 1.25 el cual es el FS mínimo para cargas estáticas en condiciones sísmicas.

1.6.4. Local

Oblitas (2026) en su estudio "Efecto de las cargas estáticas, dinámicas y vehiculares en la estabilidad del talud Sector Diablo Pungo-Chota, 2023". Tuvo como fin estudiar la influencia de las cargas estáticas, dinámicas y vehiculares en la estabilidad del talud. La metodología fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada**,** nivel descriptivo **y** diseño no experimental. Los resultados evidenciaron tres secciones críticas de un talud con un área de 2.62 ha. Los factores de seguridad obtenidos en condiciones estáticas variaron entre **0**.717 y 0.829; en condiciones estáticas con carga vehicular entre 0.717 y 0.828; y en condiciones pseudoestáticas, con y sin carga vehicular, entre 0.559 y 0.653. Todos los valores fueron inferiores a los factores mínimos exigidos por la Norma CE.020 (FS = 1.50 para condiciones estáticas y FS = 1.25 para condiciones dinámicas). Además, la carga sísmica redujo el factor de seguridad en un promedio de 22 %. Se concluyó que el talud presenta condiciones de inestabilidad al registrar factores de seguridad inferiores a los valores mínimos establecidos por la normativa vigente. Asimismo, la carga vehicular tuvo una influencia mínima sobre la estabilidad global, mientras que la carga sísmica representó el factor más crítico al disminuir significativamente el factor de seguridad.

Cueva (2025) en su estudio "Estabilización del talud de corte mediante enmallados en las progresivas 28+ 170-28+ 270 carretera Bambamarca–Paccha". Tuvo como objetivo estabilizar un talud empleando enmallados en una carretera. La metodología fue de tipo

aplicada, con enfoque cuantitativo, nivel descriptivo-correlacional y diseño no experimental de corte transversal. Los resultados indicaron que los factores de seguridad iniciales fueron de 0.683 para la estación N.° 01, 0.610 para la estación N.° 02 y 0.547 para la estación N.° 03. El sistema de sostenimiento estuvo conformado por malla metálica y pernos de 2.00 m de longitud, espaciados cada 2.00 m y con una capacidad de 100 kN. Después de la estabilización, los factores de seguridad aumentaron a 1.125 en la estación N.° 01, 1.020 en la estación N.° 02 y 1.129 en la estación N.° 03. Concluyó que la implementación del sistema de sostenimiento mediante malla metálica y pernos de anclaje incrementó los factores de seguridad de los tres sectores evaluados, permitiendo superar el umbral mínimo de estabilidad.

Cruzado (2023) en su estudio de investigación "Análisis Geotécnico de laderas y taludes de los alrededores de la ciudad de la Encañada, provincia de Cajamarca" tuvo como objetivo realizar el análisis geotécnico de laderas y taludes de acuerdo a las características geomecánicas de los materiales además de las variables detonantes de precipitación y sismicidad que inciden directamente en la inestabilidad. La metodología tuvo enfoque científico-técnico con características de una metodología descriptiva y analítica. En los resultados de caracterización geomecánicas de suelos para la clasificación SUCS se obtuvo un CL, un ángulo de fricción de 24°, cohesión de 14.71 y peso específico de 18.15. En los resultados de cálculo de factor de seguridad de taludes y laderas de los alrededores del distrito de La Encañada son menores a 1 en condiciones de saturación y sismicidad que fueron analizados en base al comportamiento geoestructural, geomorfológico, geomecánico de los macizos rocosos.

Santa y Chegne (2023) en su trabajo de investigación "Evaluación Geomecánica – Geotécnica para el Diseño y Estabilidad de Taludes en la Cantera el Gavilan" tuvieron como objetivo de la investigación es abordar las áreas críticas que presentan dificultades en el tráfico vehicular, con el fin de prevenir desastres causados por deslizamientos y roturas de taludes. La metodología utilizada fue de tipo aplicado, enfocada en aplicar los conocimientos recién adquiridos dentro del marco de la investigación. La evaluación geomecánica en la cantera El Gavilán determinó un GSI de 48, RMR de 53 y SMR de 46, clasificando el macizo rocoso con calidad regular (IIIb). Los factores de seguridad fueron de 1.6 en condiciones estáticas y 1.1 en pseudoestáticas. Se identificaron fallas planas, en cuña y por vuelco, y se diseñó un talud con 7 bancos, ángulo de 60°, bermas de 3.5 m y rampas de 5 m, garantizando estabilidad mediante el modelo de bancos y reducción de pendientes.

Barboza (2021) en su investigación “Factor de seguridad para estabilidad de taludes usando métodos geotécnicos, con el software slide, en los tramos de la carretera Lacamaca y Sector San Agustín”, tuvieron como objetivo determinar y comparar el Factor de Seguridad en la estabilidad de taludes usando los métodos geotécnicos de Bishop Simplificado, Fellenius y Janbú aplicando el software Slide. Se utilizó una metodología descriptiva no experimental. Después de realizar la inspección, levantamiento topográfico y ensayos en tres calicatas, se procesaron los datos en el software Slide. El Factor de Seguridad más conservador se obtuvo utilizando el método de Bishop, con un valor superior en comparación con los otros métodos evaluados.

II. Material y métodos

2.1. Ubicación geográfica

- Departamento : Cajamarca
- Provincia : Jaén
- Distrito : Bellavista
- Localidad : CP. San Lorenzo.

El ámbito de la investigación comprende el CP. San Lorenzo, ubicado en el distrito de Bellavista, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, a aproximadamente 32 minutos de Jaén, haciendo un recorrido de 22.1 km.

2.2. Población, muestra y muestreo

2.2.1. Población

La población estuvo constituida por los taludes con presencia de riesgo de deslizamiento comprendidos en la carretera C.P. San Lorenzo – CP. Vista Alegre de Chingama. Se eligió esta zona porque en los últimos años en la carretera San Lorenzo han ocurrido deslizamientos de taludes, ocasionando la interrupción de paso vehicular, y afectando a viviendas.

2.2.2. Muestra

Para la muestra, realizando visita a campo de la carretera C.P. San Lorenzo – C.P. Vista Alegre de Chingama, se observó la presencia de deslizamientos de taludes, así mismo se determinó tomar como muestra con base crítica y objetiva a tres de ellos, porque representaron deslizamientos más críticos. Los taludes fueron los ubicados del km 8+048 al km 8+100, así mismo, del km 09+355 al km 09+405 y de km 13+190 al 13+245.

2.2.3. Muestreo

El muestreo fue no probabilístico, porque no se eligió todo el tramo de estudio, debido a que los taludes fueron seleccionados de manera deliberada considerando características técnicas asociadas a una mayor condición inestable o con problemas de deslizamiento.

2.3. Métodos, técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

2.3.1. Método

La investigación tuvo un diseño no experimental, debido a que se evaluó la estabilidad del talud sin manipular sus condiciones naturales. Posteriormente, se analizaron los métodos de estabilización mediante micropilotes de bambú y geomalla, manteniendo las mismas características geotécnicas y geométricas del talud. Esto permitió comparar, mediante el modelamiento en GEO5, los factores de seguridad obtenidos en la condición natural y en las condiciones reforzadas, así como determinar el comportamiento del talud frente a cada método de estabilización.

La investigación se desarrolló bajo el método inductivo, debido a que partió del análisis de un caso particular de inestabilidad de taludes ubicado en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca. A partir de la recolección de datos topográficos, la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo y el análisis de estabilidad mediante software especializado, se obtuvieron conclusiones específicas sobre el comportamiento del talud y la efectividad del sistema de estabilización propuesto mediante micropilotes de bambú y geomalla.

La investigación fue de tipo aplicada, ya que estuvo orientada a la solución de un problema real de inestabilidad de taludes que afectaba la seguridad y operatividad de la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca. Asimismo, se emplearon conocimientos técnicos y científicos de la ingeniería geotécnica para proponer y evaluar una alternativa de estabilización utilizando micropilotes de bambú y geomalla, con fines prácticos y de implementación en obras viales.

El enfoque de la investigación fue cuantitativo, puesto que se basó en la medición, análisis e interpretación de datos numéricos obtenidos a partir del levantamiento topográfico, ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo y la modelación del comportamiento del talud mediante software de estabilidad. Los resultados se expresaron mediante parámetros geotécnicos y factores de seguridad que permitieron evaluar objetivamente la estabilidad del talud.

El diseño de la investigación fue no experimental, de tipo aplicado y de corte comparativo, basado en simulación computacional. Se analizó el comportamiento del talud bajo dos escenarios: la condición inicial sin refuerzo y la condición modificada con la

implementación del sistema de estabilización mediante micropilotes de bambú y geomalla. No se realizó manipulación directa de variables en campo ni asignación aleatoria de las unidades de estudio; en su lugar, se emplearon modelos numéricos mediante software especializado (GEO5) para evaluar el efecto del sistema de estabilización sobre el factor de seguridad del talud.

El estudio presentó un carácter comparativo, ya que permitió contrastar los resultados obtenidos entre ambos escenarios, determinando la influencia del sistema de refuerzo en la estabilidad del talud.

2.3.2. Técnicas e instrumentos

Entre las técnicas empleadas fueron:

La Observación directa: Se empleó para identificar las condiciones geométricas, geológicas y superficiales de los taludes ubicados en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca, tales como la presencia de grietas, deslizamientos, erosión superficial y drenaje natural. Esta técnica permitió reconocer el estado actual del talud y seleccionar los tramos críticos para su análisis.

Instrumentos: La ficha de observación se utilizó para registrar de manera sistemática las características físico – mecánicas y condiciones del talud, tales como tipo de suelo, presencia de fallas superficiales, drenaje, vegetación y evidencias de inestabilidad.

2.3.3. Equipos y materiales

Los equipos y materiales que se usaron para los ensayos estándar y especiales, se tomaron en cuenta el manual de Ensayos de materiales (Sección N° 01 Suelos). Cada equipo y material a utilizar para ensayos estándar (análisis granulométrico por tamizado, contenido de humedad, límites de Atterberg) y ensayos especiales (ensayo triaxial y gravedad específica) se detalla en el Anexo 3, y levantamiento topográfico.

También se hizo uso del software de modelamiento y análisis de datos para realizar el diseño y la evaluación del talud haciendo uso de micropilotes de bambú y geomalla como estabilizadores.

2.4. Control de calidad de los ensayos de laboratorio

2.4.1. Análisis granulométrico por tamizado (MTC E 107)

Se verifico que las muestras fueran representativas de la zona de investigación y que no contuvieran materiales ajenos que puedan afectar los resultados. Antes de comenzar el proceso, las muestras fueron secadas hasta que su peso se estabilizara y luego se disgregaron con cuidado, evitando dañar las partículas naturales.

Además, se comprobó que la serie de tamices normalizados estuviera limpia y en buenas condiciones y correctamente ensamblada. La balanza utilizada cumplía con la precisión requerida por la norma MTC E 107. Durante el tamizado se cumplió el tiempo de agitación establecido y se verificó que, asegurando que la suma de las masas retenidas y las que pasaron representara una diferencia mínima respecto de la masa inicial de la muestra, dentro de los márgenes permitidos por la norma. Por ultimo los resultados obtenidos fueron analizados y validados antes de crear la curva granulométrica y determinar la distribución de los tamaños de las partículas del suelo.

2.4.2. Contenido de humedad (MTC E 108)

Las muestras tomadas fueron conservadas adecuadamente desde el momento de su extracción, evitando pérdidas o ganancias de humedad que pudieran alterar sus condiciones naturales. Asimismo, cada muestra fue correctamente identificada y almacenada en bolsas herméticas hasta llegar al laboratorio.

En laboratorio se verifico el correcto funcionamiento de la balanza electrónica y del horno de secado, asegurando la precisión y condiciones establecidas en la norma MTC E 108. Durante la ejecución del ensayo las muestras fueron pesadas antes y después del secado, manteniéndose en el horno durante el tiempo y la temperatura especificados por la norma, hasta alcanzar una masa constante.

Finalmente, los valores registrados fueron revisados para comprobar la coherencia, verificando que el contenido de humedad determinado representara adecuadamente las condiciones naturales del suelo y constituyera un parámetro confiable para evaluar la estabilidad de los taludes.

2.4.3. Limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad (MTC E 110 – MTC E 111)

Al tomar las muestras se verifico que estuvieran libres de impurezas y fueron acondicionadas conforme las especificaciones establecidas en las normas MTC E 110 Y MTC E 111, utilizando únicamente la fracción del suelo que pasa el tamiz N.º 40 (0,425 mm).

En el laboratorio primeramente se comprobó el funcionamiento adecuado de los equipos e instrumentos, como el aparato de Casagrande, la placa de vidrio, las herramientas de conformado y la balanza electrónica, asegurando que se encontraran en condiciones adecuadas. Durante el ensayo de límite liquido se verifico el cumplimiento del número de golpes establecidos y una correcta elaboración de la curva de fluidez, mientras que en el límite plástico se controló que los rollos de suelo alcanzaran el diámetro especificado antes de presentar agrietamiento.

Los resultados obtenidos fueron registrados y revisados para verificar la consistencia, calculándose el índice de plasticidad a partir de la diferencia LL – LP.

2.4.4. Ensayo Triaxial Consolidado Drenado (MTC E 131)

Como parte del control de calidad se verifico la correcta preparación y dimensiones de los especímenes, el adecuado montaje de la membrana y los dispositivos de drenaje, la calibración de los equipos de medición y la estabilidad de las presiones de confinamiento antes de iniciar la etapa de corte. Asimismo, se verifico la consistencia de los resultados obtenidos entre los especímenes ensayados y la adecuada representación de la envolvente de resistencia al corte.

2.4.5. Gravedad específica (MTC E 113)

Las muestras fueron preparadas conforme a la norma MTC E 113, revisando que estuvieran libres de impurezas y correctamente secadas. Asimismo, se verifico el estado y calibración de la balanza, el picnómetro y los demás equipos utilizados antes de iniciar el ensayo.

Durante la realización del ensayo se controló la eliminación de burbujas de aire. La estabilidad de la temperatura del agua y la correcta toma de las mediciones, finalmente los resultados fueron revisados y validados para verificar su consistencia, garantizando la confiabilidad de la gravedad especifica.

2.5. Determinación de parámetros geotécnicos

2.5.1. Clasificación del suelo

La clasificación del suelo se determinó con base en el análisis granulométrico y los límites de Atterberg, aplicando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) (Ver tablas 5 y 6).

2.5.2. Determinación del peso unitario y peso unitario saturado.

El peso unitario natural y peso unitario saturado se determinaron a partir de los resultados obtenidos en el estudio de mecánica de suelos. Se empleó la densidad seca y la densidad húmeda correspondientes para cada talud analizado, obteniéndose valores iniciales y finales (Ver Anexo III.1 del Informe Mecánica de Suelos).

A partir de los resultados individuales se calcularon valores promedio, los cuales fueron posteriormente convertidos a peso unitario mediante la relación entre densidad y peso unitario:

$$\gamma = \rho * g$$

Donde:

- γ = peso unitario (KN/m^3)
- ρ = densidad (kg/m^3)
- g = aceleración de la gravedad (9.81m/s^2)

El peso unitario saturado se determinó mediante la siguiente formula:

$$\gamma_{sat} = \frac{(G_s + e)\gamma_w}{1 + e}$$

Donde:

- γ_{sat} = peso unitario saturado (KN/m^3)
- G_s = gravedad específica de los sólidos
- e = relación de vacíos
- γ_w = Peso unitario del agua (9.81kN/m^3)

2.5.3. Determinación de la cohesión y ángulo de fricción interna

Estos parámetros efectivos se obtuvieron mediante el ensayo de compresión triaxial (Ver tabla 7).

Los valores de cohesión obtenidos se encuentran dentro de un rango de cohesión baja por lo que los ensayos fueron revisados teniendo en cuenta las características geotécnicas para que estos resultados representen las muestras de suelo evaluadas y realizar el análisis de estabilidad de manera conservadora, teniendo en cuenta las condiciones existentes de los taludes.

2.5.4. Condición de Saturación

El grado de saturación empleado se calculó promediando valores iniciales y finales obtenidos en el estudio de mecánica de suelos correspondientes para cada talud analizado (Ver Anexo III.1 del Informe Mecánica de Suelos).

2.6. Delimitación de estudio

2.6.1. Delimitación espacial

La investigación se desarrolló en tres taludes críticos ubicados en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca, comprendidos entre el C.P. San Lorenzo y el C.P. Vista Alegre de Chingama, en los kilómetros 8+048 – 8+100, 09+355 – 09+405 y 13+190 – 13+245, pertenecientes al distrito Bellavista, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

2.6.2. Delimitación temporal

El estudio se ejecutó durante el año 2025, período en el que se realizaron el reconocimiento de campo, el levantamiento topográfico, la exploración geotécnica, los ensayos de laboratorio, el análisis de estabilidad y el diseño de los sistemas de estabilización.

2.7. Limitaciones

- El estudio se desarrolló en tres taludes específicos de la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca, lo que limita la generalización de los resultados a otros contextos geológicos y geotécnicos con condiciones distintas.
- La investigación se basó en simulación numérica mediante software especializado (GEO5), por lo que los resultados dependen de los supuestos del modelo y de la calidad de los parámetros geotécnicos utilizados. No se realizó validación mediante

instrumentación en campo ni monitoreo a largo plazo del comportamiento real de los taludes.

- Los parámetros del suelo (cohesión, ángulo de fricción, peso unitario) fueron obtenidos a partir de un punto (calicata) por cada talud investigado, lo cual podría no reflejar completamente la variabilidad natural del macizo del suelo.
- La estabilidad se evalúa únicamente bajo escenarios definidos en la investigación (condición natural, con nivel freático y con acción sísmica), sin considerar erosión progresiva o degradación del material a largo plazo.
- El diseño de estabilización mediante micropilotes de bambú y geomalla se evaluó desde el punto de vista técnico-geotécnico, sin incluir un análisis detallado de costos, durabilidad del material (bambú) ni mantenimiento a largo plazo.
- La modelación asumió condiciones ideales de instalación y comportamiento de los sistemas de refuerzo, por lo que posibles variaciones constructivas en campo no fueron consideradas en el análisis.

2.8. Procedimiento de recolección de datos

2.8.1. Levantamiento topográfico

Se realizó un reconocimiento previo del tramo de la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca con la finalidad de identificar los taludes más representativos y críticos. Posteriormente, se ejecutó el levantamiento topográfico empleando equipos topográficos, registrando coordenadas, cotas y pendientes del terreno. La información obtenida permitió elaborar los perfiles longitudinales y transversales de los taludes, así como definir su geometría real, datos que sirvieron como base para el análisis y modelación de la estabilidad del talud mediante software especializado.

La figura 1 tiene parte del levantamiento topográfico de las secciones de los taludes.

Figura 1

Levantamiento topográfico de las secciones de los taludes



Nota. Elaboración propia.

2.8.2. Realización de calicatas

Se realizaron calicatas de 3 m profundidad establecida por el laboratorio, adoptada según las condiciones del terreno y el alcance del estudio, en cada talud para evaluar las propiedades físicas y mecánicas del suelo. De acuerdo con los lineamientos del *Manual de Carreteras del MTC* y la Norma E.050, la cantidad y ubicación de exploraciones geotécnicas pueden definirse en función de la variabilidad del suelo, la complejidad del terreno y la naturaleza del proyecto. En este caso, al tratarse de una vía rural y de un estudio enfocado en taludes específicos, se consideró pertinente realizar exploraciones puntuales en zonas críticas, las cuales permiten obtener información representativa para el análisis de estabilidad. En ese sentido, las calicatas ejecutadas proporcionaron parámetros geotécnicos suficientes para la modelación del comportamiento del talud y la evaluación del factor de seguridad, dentro del alcance y objetivos de la investigación.

En la tabla 1 se presentan las coordenadas de cada calicata realizada.

Tabla 1

Coordenadas UTM WGS84 de las calicatas

CUADRO DE COORDENADAS UTM WGS84			
CALICATA	**COTA**	**ESTE (X)**	**NORTE (Y)**
CAL 01	1443	735168.8	9386661.2
CAL 02	1465	735207.3	9386637.2
CAL 03	1575	731601.2	9386339.1

Nota. Elaboración propia.

La figura 2 muestra la calicata para estudio de mecánica de suelos del talud N° 01.

Figura 2

Realización de la calicata 01 – Talud N° 01



Nota. Elaboración propia.

La figura 3 muestra la calicata para estudio de mecánica de suelos para el talud N° 02.

Figura 3

Realización de la calicata 02 – Talud N° 02



Nota. Elaboración propia.

La figura 4 muestra la calicata para estudio de mecánica de suelos para el talud N° 03.

Figura 4

Realización de la calicata 03 – Talud N° 03



Nota. Elaboración propia.

2.8.3. Propiedades físicas y mecánicas del suelo de los taludes

Las propiedades físicas y mecánicas del suelo, se realizó la toma de muestras del material que conforma los taludes, mediante excavaciones superficiales en los puntos seleccionados. Las muestras fueron debidamente rotuladas y trasladadas al laboratorio. Luego se ejecutaron los ensayos de contenido de humedad, granulometría y límites de consistencia, siguiendo los procedimientos establecidos en las normas técnicas vigentes. Los resultados obtenidos permitieron clasificar el suelo y definir los parámetros necesarios para el análisis de estabilidad del talud.

La figura 5 muestra la toma de muestra representativa alterada e inalterada de la calicata 01.

Figura 5

Toma de muestra de la calicata C-01



Nota. Elaboración propia.

La figura 6 muestra la toma de muestra representativa alterada e inalterada de la calicata 02.

Figura 6

Toma de muestra de la calicata C-02



Nota. Elaboración propia.

La figura 7 muestra la toma de muestra representativa alterada e inalterada de la calicata 03.

Figura 7

Toma de muestra de la calicata C-03



Nota. Elaboración propia.

La figura 8 muestra el tamizaje del suelo de la calicata C-01 por las diversas mallas para su clasificación.

Figura 8

Ensayo de granulometría de la muestra de la C-01



Nota. Elaboración propia.

La figura 9 muestra el tamizaje del suelo de la calicata C-02 por las diversas mallas para su clasificación.

Figura 9

Ensayo de granulometría de la muestra de la C-02



Nota. Elaboración propia.

La figura 10 muestra el tamizaje del suelo de la calicata C-03 por las diversas mallas para su clasificación.

Figura 10

Ensayo de granulometría de la muestra de la C-03



Nota. Elaboración propia.

La figura 11 muestra la realización de limite líquido de la calicata C-01, C-02 y C03 en la copa de Casagrande.

Figura 11

Ensayo de límites de Atterberg de la muestra de la C-01, C-02 y C-03



Nota. Elaboración propia.

La figura 12 muestra el secado en horno de muestras del límite líquido y plástico de la calicata C-01, C-02 y C03 en la copa de Casagrande.

Figura 12

Secado de muestra de los ensayos de límites de Atterberg de la muestra de la C-01, C-02 y C-03



Nota. Elaboración propia.

La figura 13 muestra la realización del ensayo de triaxial del suelo de la C-01 para determinar de manera exacta parámetros resistentes del suelo, como la **c**ohesión y ángulo de fricción interna.

Figura 13

Ensayo de triaxial de la calicata C-01



Nota. Elaboración propia.

La figura 14 muestra la realización del ensayo de triaxial del suelo de la C-02 para determinar de manera exacta parámetros resistentes del suelo, como la **c**ohesión y ángulo de fricción interna.

Figura 14

Ensayo de triaxial de la calicata C-02



Nota. Elaboración propia.

La figura 15 muestra la realización del ensayo de triaxial del suelo de la C-03 para determinar de manera exacta parámetros resistentes del suelo, como la cohesión y ángulo de fricción interna.

Figura 15

Ensayo de triaxial de la calicata C-03



Nota. Elaboración propia.

2.8.4. Análisis de estabilidad del talud mediante el software

La estabilidad de taludes, según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC (2014), corresponde a la condición de equilibrio de un talud frente a las fuerzas que tienden a producir su deslizamiento, la cual se evalúa mediante el factor de seguridad (FS). Para taludes de carreteras se recomienda que el FS sea igual o mayor a 1.50 en condiciones estáticas, garantizando un margen adecuado de seguridad.

Para el análisis de la estabilidad del talud en su condición natural, se utilizó software especializado en estabilidad de taludes GEO5. En primer lugar, se ingresó la geometría del talud obtenida del levantamiento topográfico, así como los parámetros geotécnicos del suelo determinados en los ensayos de laboratorio. Posteriormente, se definieron las condiciones de análisis y el método de cálculo correspondiente, obteniéndose el factor de seguridad del talud sin ningún tipo de refuerzo. Este análisis permitió evaluar el nivel de estabilidad inicial y confirmar la necesidad de implementar un sistema de estabilización.

La validación del modelo numérico se realizó comprobando la coherencia entre los parámetros geotécnicos ingresados, geometría del talud, con los resultados obtenidos en el análisis de estabilidad de taludes modelo en el GEO5. Además, se aseguró que el modelo mostrara un comportamiento que se alineara con los criterios establecidos para el análisis de estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio limite, así como los valores del factor de seguridad (FS) sugeridos por documentación técnica y estudios previos. Los resultados obtenidos fueron comparados con investigaciones anteriores relacionadas con la estabilización de taludes utilizando métodos de refuerzo, confirmando la influencia esperada.

La figura 16 muestra el modelado de la estabilidad de los tres taludes en el software GEO5.

Figura 16

Modelado de la estabilidad de los taludes



Nota. Elaboración propia.

2.8.5. Diseño de la estabilidad del talud usando micropilotes de bambú y geomalla mediante software

Para el diseño del sistema de estabilización del talud, se modeló la incorporación de micropilotes de bambú y geomalla dentro del software de estabilidad de taludes. Se definieron las características geométricas y mecánicas del sistema de refuerzo, considerando la disposición, longitud y espaciamiento de los micropilotes, así como la ubicación de la geomalla. Posteriormente, se realizaron simulaciones del comportamiento del talud reforzado, obteniéndose un nuevo factor de seguridad. Los resultados permitieron comparar la condición inicial y la condición reforzada del talud, verificando la efectividad del uso de micropilotes de bambú y geomalla como alternativa de estabilización.

El diseño de micropilotes de bambú se estableció considerando su función como elementos de refuerzo interno del talud, orientados a incrementar la resistencia frente al mecanismo de falla identificado. La disposición de los micropilotes fue empleada en base características geotécnicas del talud. Las características del bambú dependieron del seleccionado en cuanto a su diámetro, la longitud se requirió que intercepte con la superficie critica, el espaciamiento mediante evaluación del GEO5 y el ángulo de inclinación favoreció a una mejor interacción suelo – refuerzo.

La figura 17 muestra el modelado de la estabilidad de los tres taludes con micropilotes de bambú en el software GEO5.

Figura 17

Modelado de la estabilidad de los taludes con micropilotes de bambú



Nota. Elaboración propia.

La figura 18 muestra el modelado de la estabilidad de los tres taludes con geomallas en el software GEO5.

Figura 18

Modelado de la estabilidad de los taludes con geomallas



Nota. Elaboración propia.

III. RESULTADOS

3.1. Evaluación de la estabilización de los taludes mediante micropilotes de bambú y geomalla.

Dentro de este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo de cada uno de los objetivos específicos teniendo como finalidad la evaluación de la estabilidad del talud mediante la aplicación de micropilotes de bambú como método emergente y la geomalla como método convencional. El análisis se realizó usando el software GEO5, considerando el perfil del talud y parámetros físicos y mecánicos del suelo, además de evaluarse la condición estática, se consideró un nivel freático y la simulación sísmica. Los resultados permiten comprar el desempeño de ambos métodos de estabilidad del talud a partir del factor de seguridad (FS) que nos permite determinar la mejora que se tiene al aplicarlos los métodos de estabilidad.

3.2. Levantamiento topográfico de los taludes de la carretera San Lorenzo – Jaén - Cajamarca.

En la figura 19 se tiene, el tramo de la carretera destinada para la investigación del proyecto es de 20 km aproximadamente y está ubicada entre el C.P. San Lorenzo – CP. Vista Alegre de Chingama, destinada a realizarse la estabilización de tres taludes en las zonas con mayor presencia de deslizamiento.

Figura 19

Carretera del C.P. San Lorenzo – CP. Vista Alegre de Chingama



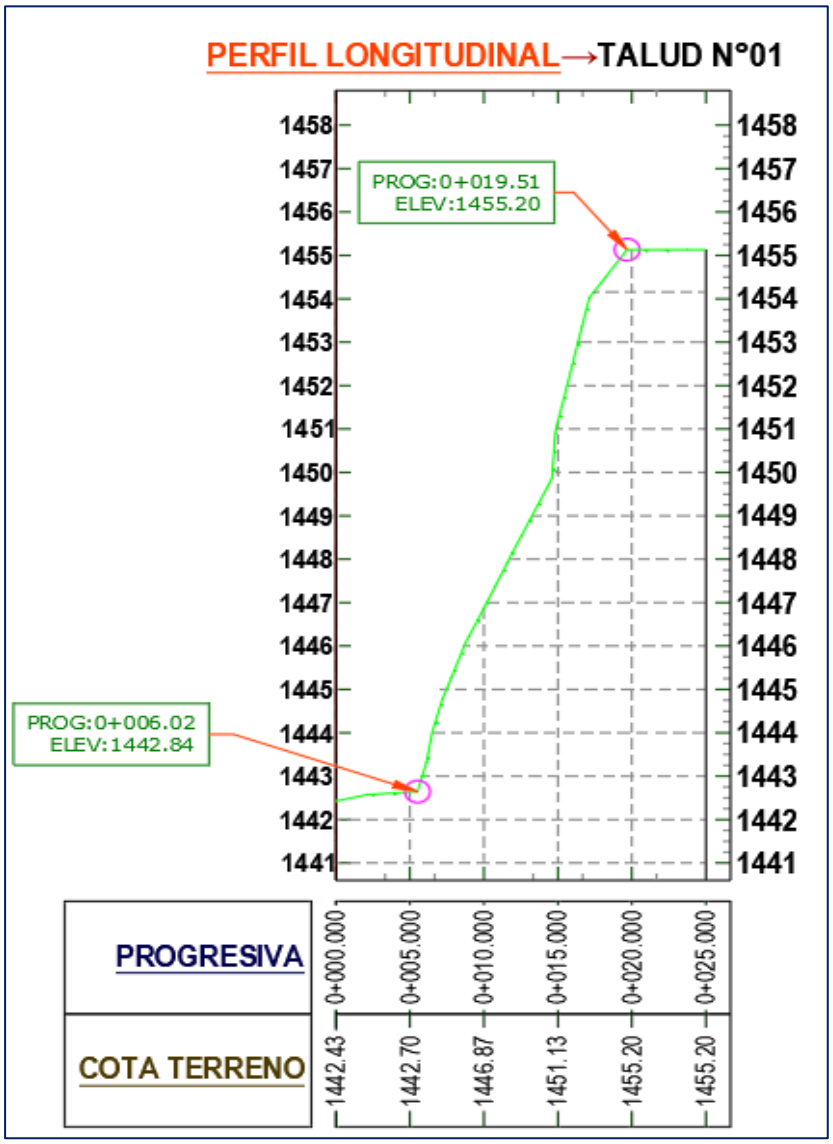
Nota. Google Earth (2025).

3.2.1. Perfil del talud N° 01 (km 8+048 al km 8+100)

En la figura 20, se tiene el perfil del talud N° 01 donde para la topografía se partió de las curvas de nivel y posteriormente se generó el perfil de la sección correspondiente. Este perfil proporciona las progresivas y las alturas reales del terreno en cada punto del corte donde se observa una geometría irregular ascendente alcanzando una cota máxima de 1455.20 msnm y una cota inicial de 1442.84 msnm, estas cotan representan la pendiente del talud N° 01.

Figura 20

Perfil longitudinal Talud N° 01



Nota. Elaboración propia.

En la tabla 2, se tiene la interfaz formada por puntos X–Z, se elaboró un cuadro registrando todas las progresivas del perfil junto con sus alturas respectivas. Para estandarizar

los datos, se tomó la cota más baja de la sección del Talud N° 01 considerándola como 0, y desde ese valor se recalcularon las demás alturas. La altura del talud comienza en el punto [6.02;0.41] y termina en [19.51;12.77].

Tabla 2

Interfaz – Talud N° 01

TALUD N° 01								
Progresiva (X)	0	5	6.02	10	15	19.51	20	25
Elevación (Z)	0	0.27	0.41	4.44	8.7	12.77	12.77	12.77

Nota. Elaboración propia.

El cálculo de la pendiente del talud sería:

$$P = \frac{12.77 - 0.41}{19.51 - 6.02} * 100 = \frac{12.36}{13.49} * 100 = 91.62\%$$

$$P = 92\%$$

La altura del talud sería:

$$H = 12.77 - 0.41 = 12.36\, m$$

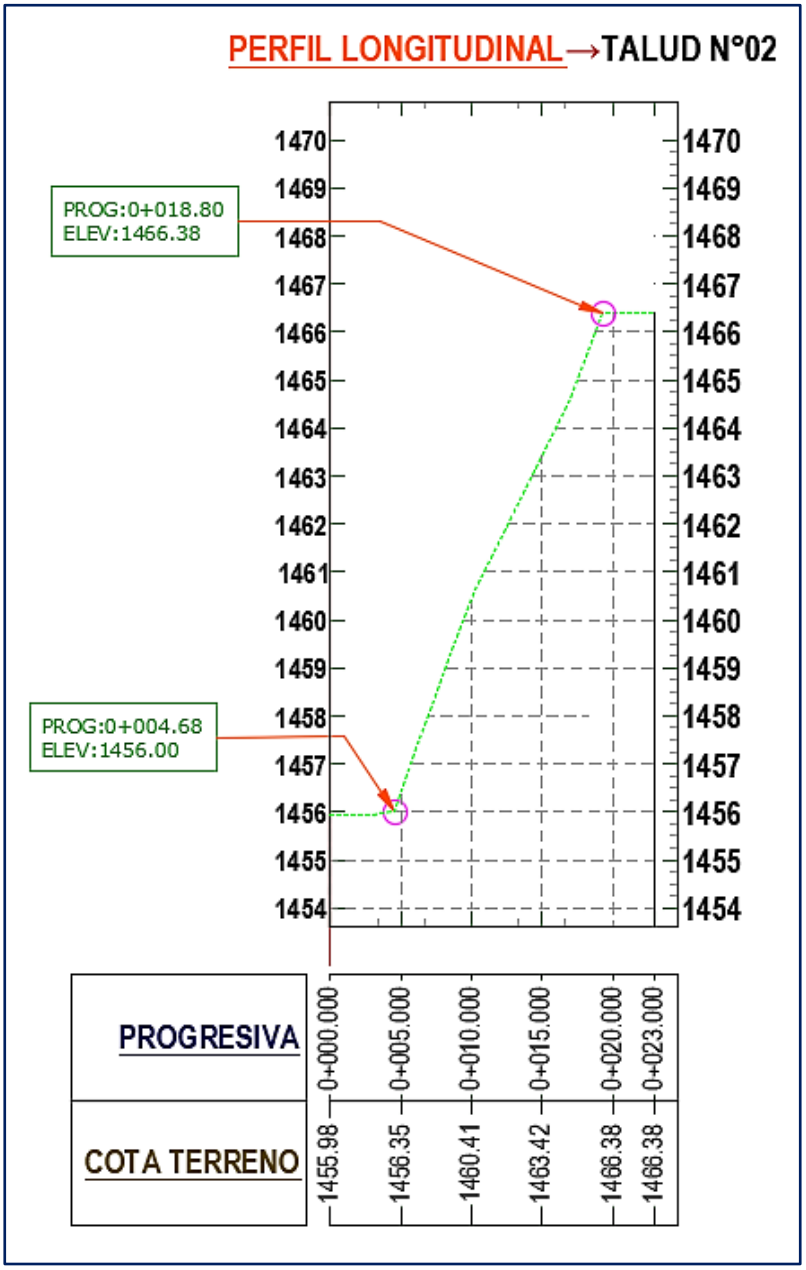
$$H = 12.36\, m$$

3.2.2. Perfil del talud N° 02 (km 09+355 al km 09+405)

En la figura 21, se tiene el talud donde a partir de la topografía se generó el perfil del talud N° 02. Este perfil proporciona las progresivas y las alturas reales del terreno en cada punto del corte donde se observa una geometría irregular ascendente alcanzando una cota máxima de 1466.38 msnm y una cota inicial de 1456.00 msnm, estas cotan representan la pendiente del talud N° 02.

Figura 21

Perfil longitudinal Talud N° 02



Nota. Elaboración propia.

En la tabla 3, se tiene la interfaz formada por puntos X–Z, se elaboró un cuadro registrando todas las progresivas del perfil junto con sus alturas respectivas. Para estandarizar los datos, se tomó la cota más baja de la sección del talud N° 02 considerándola como 0, y desde ese valor se recalcularon las demás alturas. La altura del talud comienza en el punto [4.68;0.02] y termina en [18.80;10.40].

Tabla 3

Interfaz – Talud N° 02

TALUD N° 02								
Progresiva (X)	0	4.68	5	10	15	18.8	20	25
Elevación (Z)	0	0.02	0.37	4.43	7.44	10.4	10.4	10.4

Nota. Elaboración propia.

El cálculo de la pendiente del talud sería:

$$P = \frac{10.40 - 0.02}{18.80 - 4.68} * 100 = \frac{10.38}{14.12} * 100 = 73.51\%$$

$$P = 74\%$$

La altura del talud sería:

$$H = 10.40 - 0.02 = 10.38\, m$$

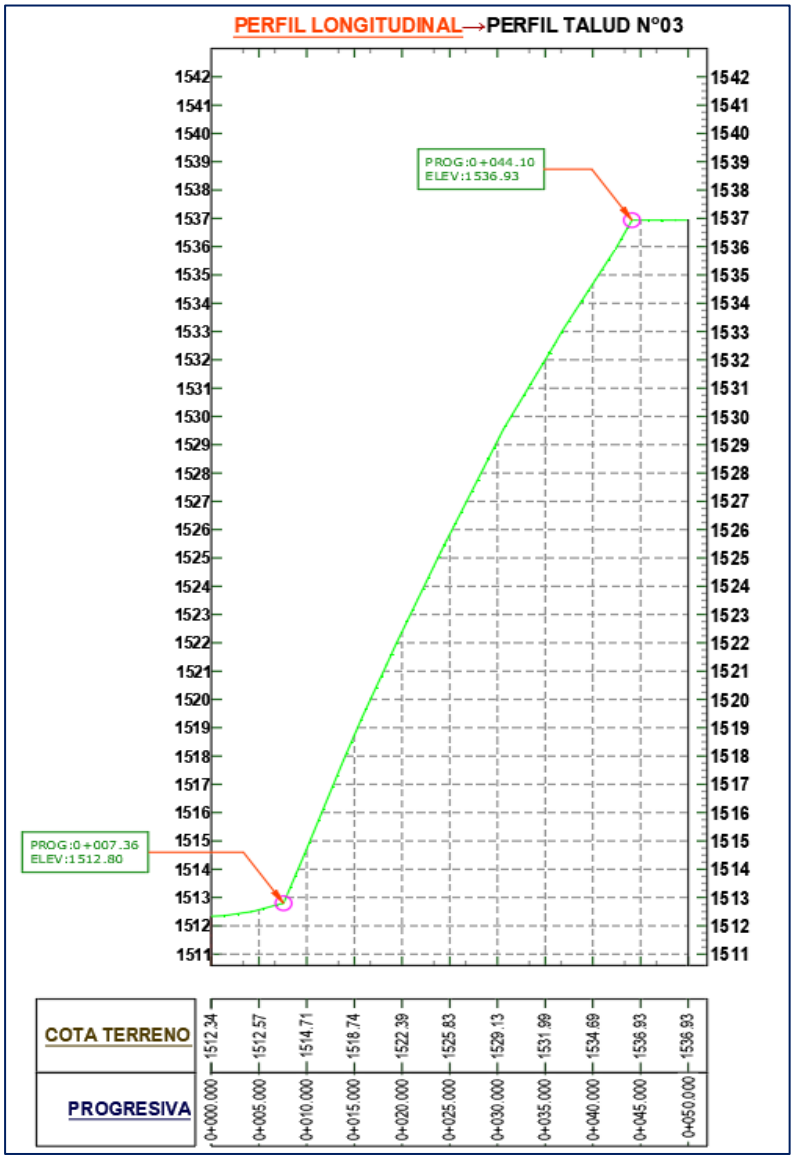
$$H = 10.38\, m$$

3.2.3. Perfil del talud N° 03 (km 13+190 al 13+245)

En la figura 22, se tiene el talud N° 03 donde a partir de la topografía se generó el perfil de la sección correspondiente. Este perfil proporciona las progresivas y las alturas reales del terreno en cada punto del corte donde se observa una geometría irregular ascendente alcanzando una cota máxima de 1536.93 msnm y una cota inicial de 1512.80 msnm, estas cotan representan la pendiente del talud N° 03.

Figura 22

Perfil longitudinal talud N° 03



Nota. Elaboración propia.

En la tabla 4, se tiene la interfaz formada por puntos X–Z, se elaboró un cuadro registrando todas las progresivas del perfil junto con sus alturas respectivas. Para estandarizar los datos, se tomó la cota más baja de la sección del talud N° 03 considerándola como 0, y desde ese valor se recalcularom las demás alturas. La altura del talud comienza en el punto [7.36;0.46] y termina en [44.10;24.59].

Tabla 4

Interfaz – Talud N° 03

TALUD N° 03													
Progresiva (X)	0	5	7.36	10	15	20	25	30	35	40	44.10	45	50
Elevación (Z)	0	0.23	0.46	2.37	6.4	10.05	13.49	16.79	19.65	22.35	24.59	24.59	24.59

Nota. Elaboración propia.

El cálculo de la pendiente del talud sería:

$$P = \frac{24.59 - 0.46}{44.10 - 7.36} * 100 = \frac{24.13}{36.74} * 100 = 65.67\%$$

$$P = 66\%$$

La altura del talud sería:

$$H = 24.59 - 0.46 = 24.13\, m$$

$$H = 24.13\, m$$

3.3. Propiedades físicas y mecánicas del suelo de los taludes ubicados en la carretera San Lorenzo – Jaén - Cajamarca.

Principalmente se identificó los perfiles estratigráficos para tener la representación gráfica vertical o en corte de las capas del suelo de los taludes. Ver en el anexo V del Informe de Mecánica de Suelos (Ver Anexo 4) se tienen los perfiles estratigráficos fundamentales para identificar estratos potencialmente críticos como también la ubicación del nivel freático.

En la tabla 5, se tienen las propiedades físicas de los taludes evaluados, donde la C-1 que abarca el 8+048 al km 8+100 son suelos SC, la C-2 que abarca del km 09+355 al km 09+405 son suelos SM y del km 13+190 al 13+245 que es la C-3 son suelos CL.

Tabla 5

Propiedades físicas del suelo

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Análisis granulométrico								Límites de Atterberg		Humedad (%)	Tipo de suelo (SUCS)
			Porcentaje que pasa por la malla (%)					Grava	Arena	Fino	Límite liquido	Índice plástico		
			3/4"	N°4	N°10	N°40	N°200							
C-1	M-1	0.20-3.00	99	94	80.2	66.4	20.8	5.9	73.4	20.8	28.81	12.2	12.15	SC
C-2	M-1	0.20-3.00	98	94	60.2	31.1	18.5	5.8	75.7	18.5	22.69	3.2	12.08	SM
C-3	M-1	0.20-3.00	100	99	98.9	88.6	74.8	0.9	24.3	74.8	29.15	13	12.72	CL

Nota. Informe de Mecánica de Suelos.

En la tabla 6, se tiene el tipo de suelo según la clasificación SUCS de cada calicata en cada talud correspondiente.

Tabla 6

Clasificación según tipo de suelo (SUCS)

Talud	Clasificación	Descripción
Talud N° 01 (C-1)	SC	Arena arcillosa
Talud N° 02 (C-2)	SM	Arena limosa
Talud N° 03 (C-3)	CL	Arcilla inorgánica de baja plasticidad

Nota. Elaboración propia a partir del Informe de Mecánica de Suelos.

En la tabla 7, se tiene las propiedades mecánicas de los tramos evaluados, como el ángulo de fricción y cohesión, referente los tramos km 8+048 al km 8+100, km 09+355 al km 09+405 y del km 13+190 al 13+245.

Tabla 7

Propiedades mecánicas del suelo

Calicata	Densidad (gr/cm3)	Parámetros efectivos		Parámetros totales	
		C'(kg/cm2)	Φ'°	C(kg/cm2)	Φ°
C-1	1.69	0.086	25	0.075	25.94
C-2	1.71	0.04	28	0.032	29.1
C-3	1.59	0.071	21	0.065	22.3

Nota. Informe de Mecánica de Suelos.

3.4. Análisis de la estabilidad del talud mediante el software para estabilidad de taludes, ubicado en el tramo de la carretera San Lorenzo – Jaén - Cajamarca.

California Department of Transportation (2021) señala que los valores objetivo típicos del factor de seguridad para taludes de corte en roca se encuentran entre 1,30 y 1,50. No obstante, la selección del valor aplicable depende del criterio profesional, la incertidumbre de los parámetros geotécnicos, el nivel de investigación y las consecuencias de una posible falla. Por su parte, la Norma Técnica CE.020 establece valores mínimos de 1,50 para solicitaciones estáticas y de 1,25 para solicitaciones sísmicas. En la presente investigación se adoptó un factor de seguridad mínimo de 1,50 como criterio conservador para evaluar la estabilidad de los taludes.

En la tabla 8, se tiene la clasificación de factor de seguridad según rango de valores que indican si el talud es estable o Inestable.

Tabla 8

Clasificación del factor de seguridad para la evaluación de taludes

Factor de seguridad	Interpretación técnica	Cumplimiento normativo
FS < 1,00	Talud inestable	No cumple
FS = 1,00	Talud en equilibrio límite	No cumple
1,00 < FS < 1,25	Margen de estabilidad insuficiente	No cumple en condición estática ni sísmica
1,25 ≤ FS < 1,50	Estabilidad admisible únicamente para la condición sísmica	Cumple el mínimo sísmico, pero no el mínimo estático
FS ≥ 1,50	Estabilidad aceptable para el diseño	Cumple en condiciones estáticas y sísmicas

Nota. Elaboración propia con base en los antecedentes técnicos revisados y los criterios establecidos por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2012) y el California Department of Transportation (2021). Para la evaluación de la estabilidad se adoptó FS ≥ 1,50 como criterio conservador de aceptación.

El software proporciona 05 métodos para analizar la estabilidad de taludes, entre los cuales tenemos: Bishop, Janbu, Spencer, Fellenius y Morgenstern-Price. Se aplicaron todos los métodos para asegurar un mayor margen de seguridad y cumplir con los criterios de estabilidad.

Estos métodos son comunes en ingeniería geotécnica para evaluar el factor de seguridad, empleando el método de equilibrio límite busca una superficie de falla que presenta el menor

factor de seguridad a través de un mecanismo de falla rotacional representada mediante superficies de falla circulares.

Además, se consideró el nivel freático y se comparó la condición estática con la condición sísmica mediante un análisis pseudoestático permitiendo obtener la condición crítica y así tener una evaluación más confiable y determinar la influencia de estos factores en la estabilidad de los taludes.

3.4.1. Estabilidad del talud N° 01 (km 8+048 al km 8+100)

Con los resultados de suelos se procedió a importar los parámetros correspondientes al suelo de la calicata C-1, en el software y se asignó a su respectivo talud para proceder a realizar el análisis de estabilidad.

TALUD N° 01 (C-1):

Clasificación: SC

Peso unitario: $16.57\ \frac{kN}{m^3}$

Peso unitario Saturado: $19.03\ \frac{kN}{m^3}$

Ángulo de fricción interna: $25°$

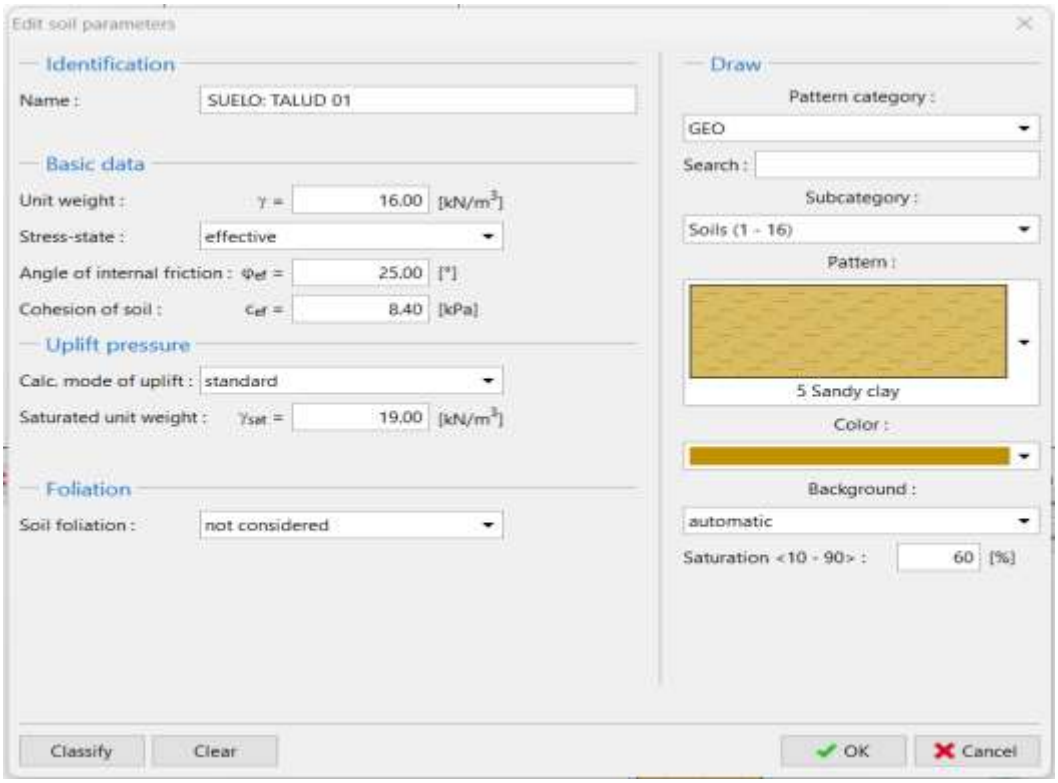
Cohesión del suelo: $8.43\ kPa$

Saturación: 60%

En la figura 23 se tiene, los parámetros de los suelos ingresados de la calicata 1, para verificar la estabilidad del talud N° 01.

Figura 23

Importación de los parámetros del suelo – talud N° 01 (GEO5_ slope stability)



Nota. Software GEO5 (2025).

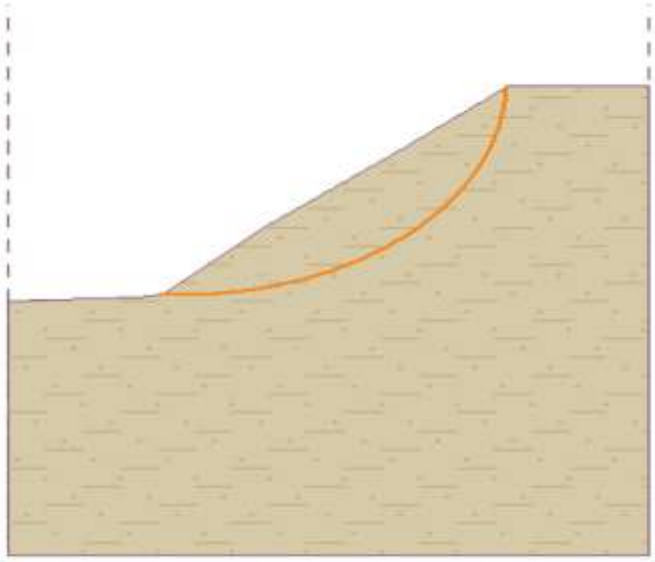
3.4.1.1. Comportamiento del talud N° 01 considerando análisis estático y sin nivel freático.

Una vez definida la geometría del talud e incorporados los parámetros físicos y mecánicos obtenidos del estudio geotécnico, se procedió a desarrollar el análisis de estabilidad mediante el software especializado, evaluando el comportamiento del talud considerando un análisis estático y sin nivel freático.

En la figura 24, el software evaluó la estabilidad del talud empleando los diversos métodos de equilibrio límite, obteniéndose factores de seguridad (FS). Todos los valores obtenidos son menores al factor de seguridad mínimo recomendado (FS ≥ 1.50) para taludes de carreteras, de acuerdo con criterios geotécnicos y normativas vigentes. Por tanto, el talud se clasifica como NO ACEPTABLE, presentando valores desde 1.07 a 1.21 lo que se interpreta como estabilidad crítica o riesgo moderado.

Figura 24

Análisis de la estabilidad – Sin Nivel Freático – Talud N° 01 (GEO5_ slope stability)



Nota. Software GEO5 (2025).

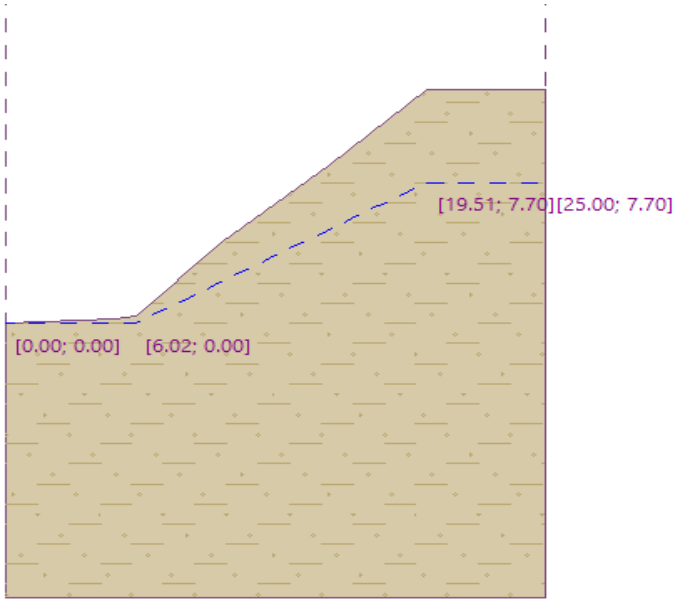
3.4.1.2. Comportamiento del talud N° 01 considerando un análisis estático y con nivel freático.

Se consideró la influencia del nivel freático durante la modelación geotécnica del talud para evaluar situaciones de estabilidad más críticas. Esto se hizo considerando los efectos relacionados con la infiltración de agua debida a las lluvias y a la humedad existente en el terreno. Para este análisis, se estableció un grado de saturación del 60%, cifra que se considera representativa para las condiciones del suelo analizado y su posible exposición a procesos de infiltración superficial. Además, la inclusión del nivel freático posibilita que se representen de forma indirecta los impactos vinculados con el drenaje natural y la erosión en superficie, elementos que pueden tener un impacto en la disminución de la resistencia del terreno y en la estabilidad constante del talud.

En la figura 25, para el análisis estático del talud en el software se está considerando la presencia de nivel freático, con la finalidad de evaluar la influencia de las condiciones de saturación sobre la estabilidad del terreno.

Figura 25

Incorporación del Nivel Freático – Talud N° 01 (GEO5_ slope stability)

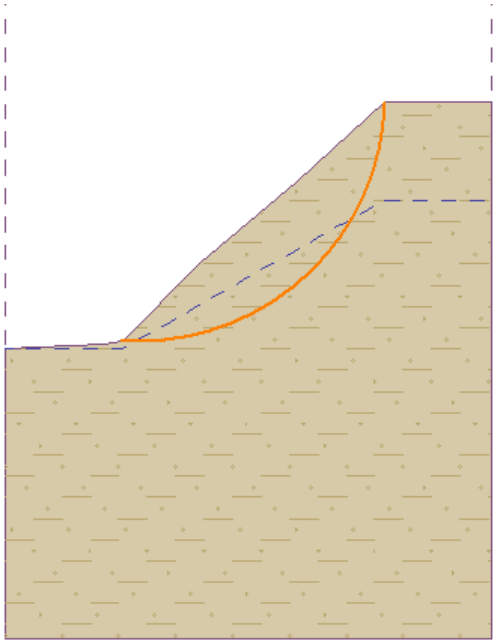


Nota. Software GEO5 (2025).

En la figura 26, el software evaluó la estabilidad del talud considerando nivel freático, obteniéndose valores de factor de seguridad (FS) entre 0.99 a 1.08. Todos los valores obtenidos son menores al factor de seguridad mínimo recomendado (FS ≥ 1.50) para taludes de carreteras. Por tanto, el talud se clasifica como NO ACEPTABLE, presentando condición de inestabilidad de alto riesgo a riesgo moderado.

Figura 26

Análisis de la estabilidad considerando nivel freático – Talud N° 01 (GEO5_ slope stability)



Slope stability verification (all methods)

Bishop :	FS = 0.99 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson :	FS = 0.93 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer :	FS = 1.01 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu :	FS = 0.99 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price :	FS = 1.08 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

Nota. Software GEO5 (2025).

3.4.1.3. Comportamiento del talud N° 01 considerando pseudoestático (sismo)

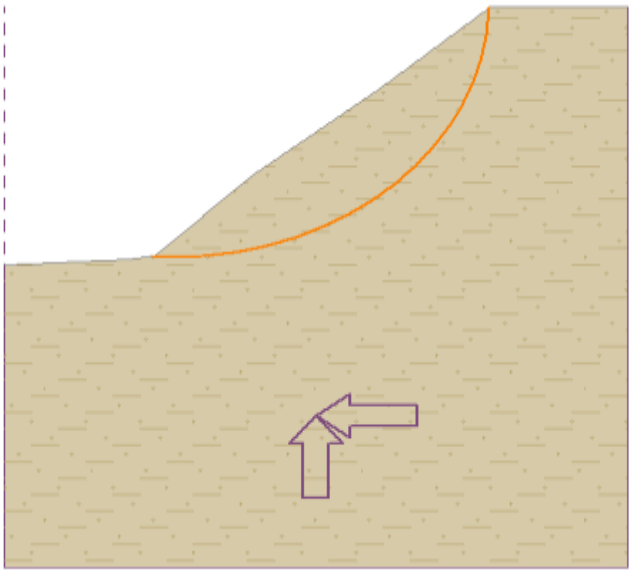
Con la finalidad de evaluar el comportamiento del talud ante solicitaciones dinámicas, se incorporó un análisis pseudoestático considerando la acción sísmica sobre el terreno. Para ello, se adoptaron coeficientes sísmicos de Kh = 0.10 y Kv = 0.05, valores empleados para representar las fuerzas inerciales horizontales y verticales inducidas por un evento sísmico dentro del modelamiento geotécnico. Según Morales, Bard y Palma (2022), en los estudios pseudoestáticos sobre la estabilidad de taludes, resulta habitual utilizar coeficientes sísmicos horizontales que no superen 0.15, además de considerar relaciones Kv/Kh de 0.5 o inferiores para modelar el efecto sísmico vertical en los análisis geotécnicos. Por ello, en esta investigación se optó por coeficientes de Kh = 0.10 y Kv = 0.05, valores que son considerados apropiados para la evaluación de la respuesta pseudoestática del talud bajo las condiciones sísmicas propias de la región de Cajamarca. Asimismo, el coeficiente vertical se estableció

como equivalente al 50% del coeficiente horizontal, un criterio empleado en estudios geotécnicos de estabilidad.

En la figura 27, se observa que el software realizó el análisis pseudoestático, obteniéndose valores de factor de seguridad desde 0.93 hasta 1,08. Todos los valores obtenidos son menores al factor de seguridad mínimo recomendado (FS ≥ 1.50) para taludes de carreteras. Por tanto, el talud se clasifica como NO ACEPTABLE, presentando condición de inestabilidad de alto riesgo a riesgo moderado.

Figura 27

Análisis sísmico de la estabilidad – Talud N° 01 (GEO5_ slope stability)



Nota. Software GEO5 (2025).

3.4.1.4. Comportamiento del talud N° 01 considerando nivel freático + sismo.

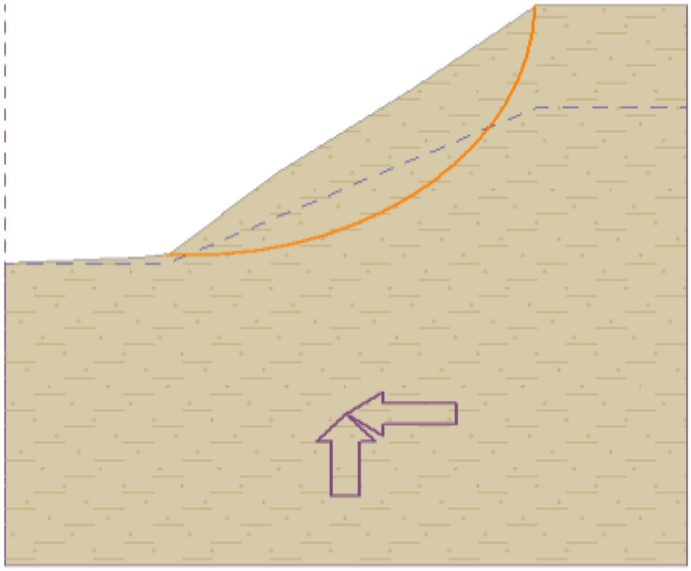
Para evaluar el peor escenario de estabilidad de taludes, se desarrolló un análisis combinado que consideró simultáneamente la presencia de agua subterránea y efectos sísmicos utilizando el método pseudoestático. Esta condición representa la condición crítica del terreno ya que incluye tanto los efectos de saturación del suelo como las fuerzas de inercia causadas por el evento sísmico. La inclusión conjunta de esfuerzos freáticos y sísmicos permite analizar el comportamiento del talud en condiciones extremas, teniendo en cuenta el aumento de la

presión de poro, la disminución de la resistencia efectiva del suelo y el aumento de las fuerzas desestabilizadoras. De esta forma, el objetivo del análisis es determinar la condición más crítica y posible reducción del factor de seguridad relacionada con escenarios de mayor vulnerabilidad geotécnica.

En la figura 28, se observa que los resultados obtenidos del análisis combinado de nivel de agua y esfuerzo sísmico muestran factores de seguridad entre 0,80 y 0,90, valores que indican una condición de inestabilidad de taludes en escenarios críticos. Esta reducción en el factor de seguridad refleja los efectos adversos de la saturación del suelo y las fuerzas sísmicas sobre la resistencia del terreno y el comportamiento geotécnico.

Figura 28

Análisis pseudoestático del talud bajo condición de nivel freático + sismico – Talud N° 01 (GEO5_ slope stability)



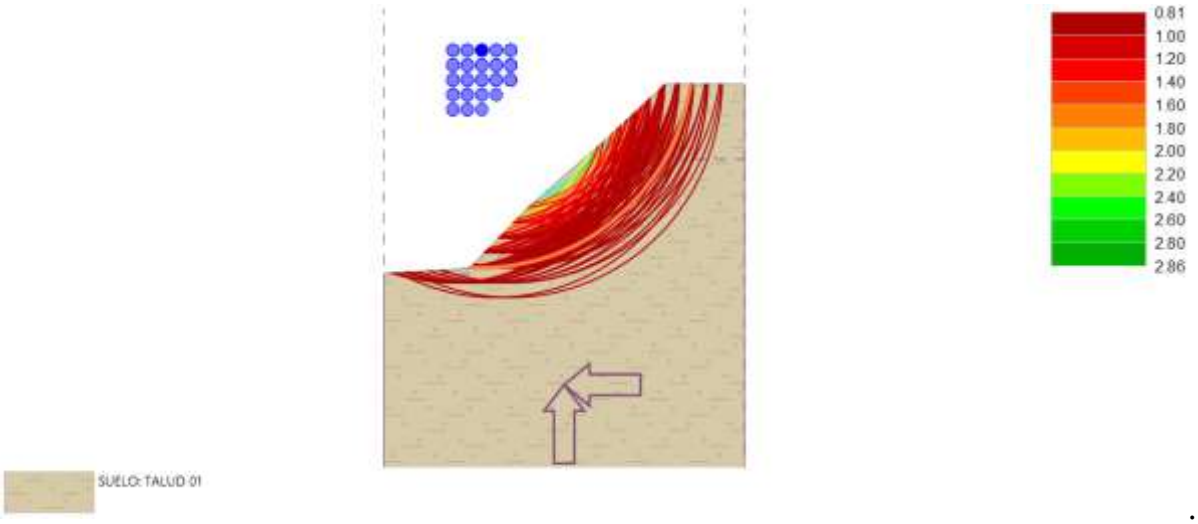
Nota. Software GEO5 (2025).

En la figura 29, se observa las superficies/círculos de falla obtenidos del análisis del talud N° 01, estas representaciones permiten visualizar la trayectoria potencial de deslizamiento para las múltiples superficies analizadas, identificándose la superficie crítica o

más desfavorable para determinar el factor mínimo. Permitiendo evaluar la estabilidad de los taludes antes y después de la aplicación de los métodos de estabilidad aplicados.

Figura 29

Superficies potenciales de falla y distribución del factor de seguridad del talud N° 01



Nota. Software GEO5 (2025).

3.4.1.5. Comparación de resultados iniciales (Talud N° 01)

En la tabla 9, los resultados muestran que la inclusión del nivel freático reduce el factor de seguridad entre 10% y 13% debido a un aumento en la presión de poro y una disminución en la resistividad efectiva del suelo. Esto muestra el efecto adverso de las condiciones de saturación sobre la estabilidad de los taludes. La inclusión de cargas sísmicas y del nivel del agua reduce el factor de seguridad entre aprox. 10% y 13%, lo que indica el efecto adverso de los efectos sísmicos sobre la estabilidad de los taludes. El análisis correspondiente a la condición combinada de saturación y carga sísmica mostró los factores de seguridad más bajos en comparación con los demás escenarios evaluados, el registro disminuye cerca del 23%-26% respecto a la condición estática. Este comportamiento refleja los efectos combinados de los aumentos de presión de poro y las fuerzas de inercia inducidos por terremotos, lo que lleva a una menor resistencia al corte y una mayor susceptibilidad a la inestabilidad de la pendiente.

Tabla 9

Comparación de factores de seguridad por condición de análisis (Talud N° 01)

Comparación del Análisis de Estabilidad (Talud N° 01)				
Método	**Análisis Estático**	**Con Nivel Freático**	**Análisis Sísmico (Pseudoestático)**	**Nivel Freático + Sísmico**
Bishop	1.14	0.99	1	0.85
Fellenius/Petterson	1.07	0.93	0.93	0.8
Spencer	1.16	1.01	1.02	0.88
Janbu	1.14	0.99	1	0.87
Morgenstern-Price	1.21	1.08	1.08	0.9

Nota. Elaboración propia

3.4.2. Estabilidad del talud N° 02 (km 09+355 al km 09+405)

Para el Talud N° 02 se desarrolló el análisis de estabilidad considerando las mismas condiciones de evaluación aplicadas en el Talud N° 01, incorporando la geometría del terreno, propiedades geotécnicas del suelo, presencia de nivel freático y solicitaciones sísmicas, con la finalidad de determinar el comportamiento y factor de seguridad del talud bajo distintos escenarios de análisis.

TALUD N° 02 (C-2):

Clasificación: SM

Peso unitario: 16.77 $\frac{kN}{m^3}$

Peso unitario Saturado: 19.14 $\frac{kN}{m^3}$

Ángulo de fricción interna: 28°

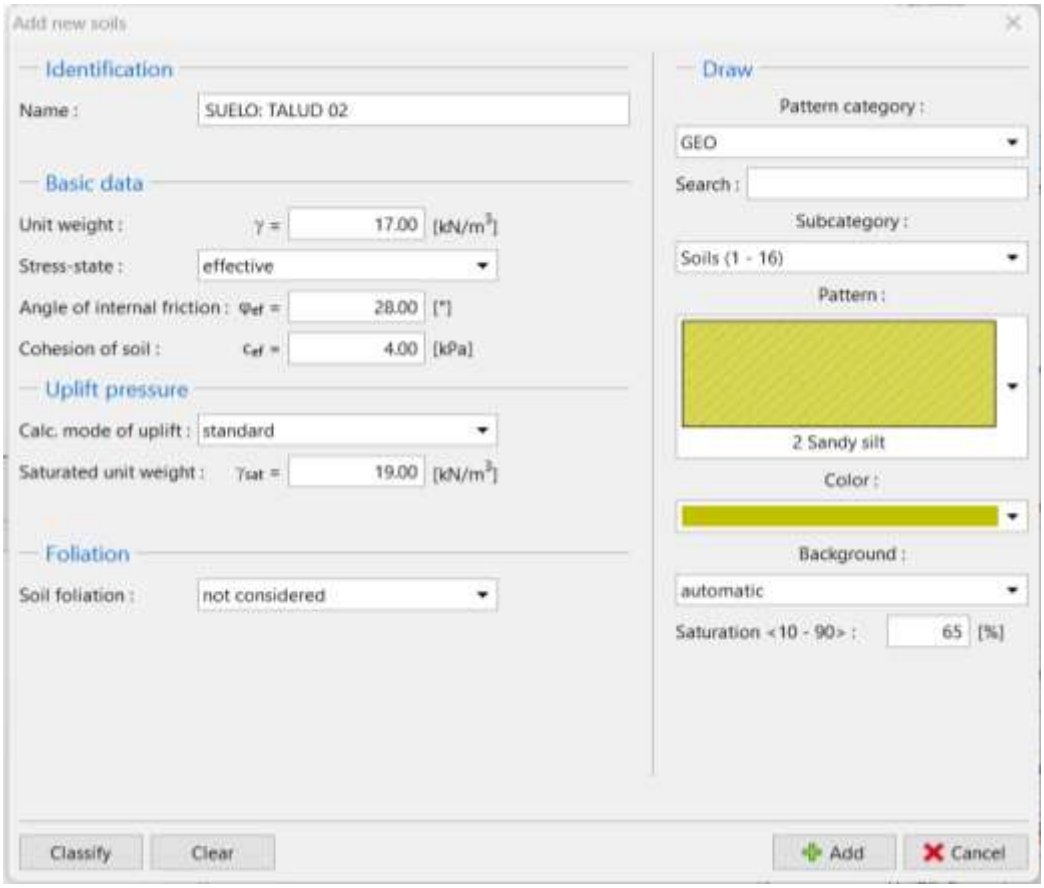
Cohesión del suelo: 3.92 kPa

Saturación: 65%

En la figura 30, se tienen los parámetros de los suelos ingresados de la calicata 2, para verificar la estabilidad el talud N° 2.

Figura 30

Importación de los parámetros del suelo – talud N° 02 (GEO5_ slope stability)



Nota. Software GEO5 (2025).

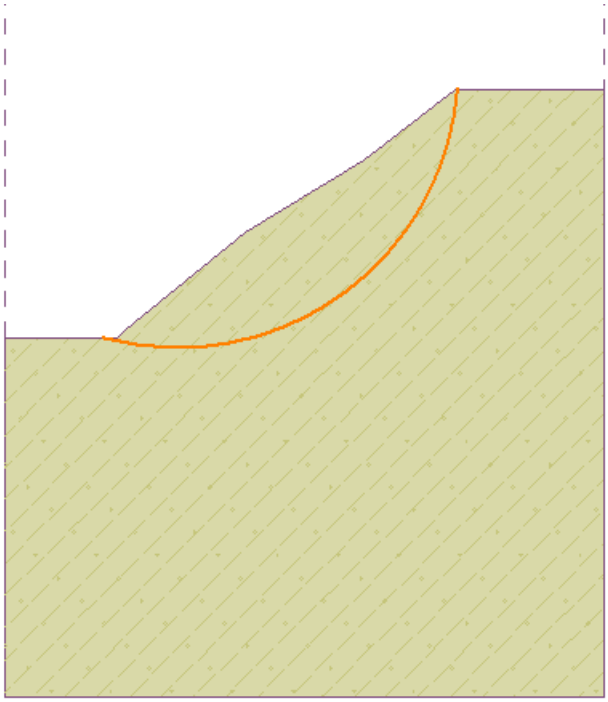
3.4.2.1. Comportamiento del talud N° 02 considerando un análisis estático y sin nivel freático.

Una vez definida la geometría del talud e incorporados los parámetros físicos y mecánicos obtenidos del estudio geotécnico, se procedió a desarrollar el análisis de estabilidad mediante el software especializado, evaluando el comportamiento del talud considerando un análisis estático y sin nivel freático.

En la figura 31, el software evaluó la estabilidad del talud empleando los diversos métodos de equilibrio límite, obteniéndose factores de seguridad (FS). Todos los valores obtenidos son menores al factor de seguridad mínimo recomendado (FS ≥ 1.50) para taludes de carreteras, de acuerdo con criterios geotécnicos y normativas vigentes. Por tanto, el talud se clasifica como NO ACEPTABLE, presentando valores desde 1,18 a 1.33 lo que se interpreta como estabilidad crítica o riesgo moderado.

Figura 31

Análisis de la estabilidad – Sin Nivel Freático – Talud N° 02 (GEO5_ slope stability)



Slope stability verification (all methods)

Bishop :	FS = 1.34 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson :	FS = 1.18 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer :	FS = 1.33 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu :	FS = 1.33 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price :	FS = 1.33 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

Nota. Software GEO5 (2025).

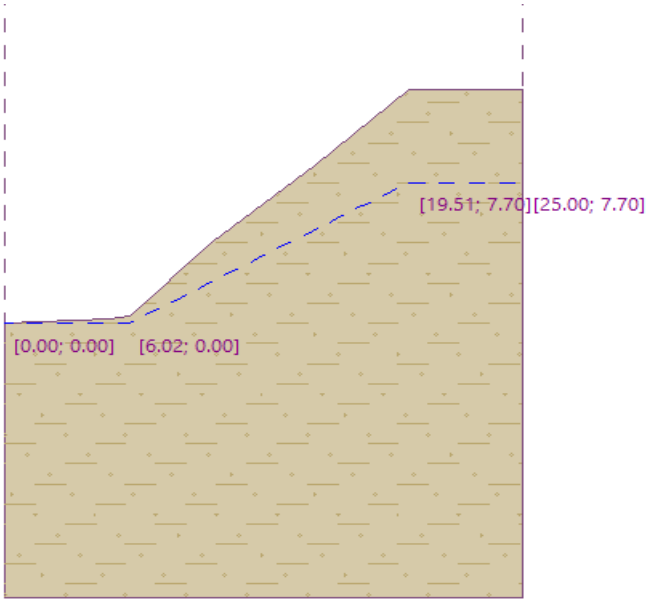
3.4.2.2. Comportamiento del talud N° 02 considerando un análisis estático y con nivel freático.

Para el presente análisis se incorporó la presencia de nivel freático considerando un grado de saturación del 65%, con la finalidad de representar la influencia de la humedad e infiltración de agua sobre el comportamiento geotécnico del talud N° 02. Esta condición permite evaluar la variación del factor de seguridad ante escenarios de saturación del suelo y posibles incrementos de presiones de poros dentro del terreno.

En la figura 32, para este análisis se incluyó la presencia de agua subterránea, considerando un grado de saturación del 65%, con el fin de representar el efecto de la humedad y la infiltración de agua sobre el comportamiento geotécnico del talud N° 02. Esta condición permite evaluar el cambio del factor de seguridad en escenarios de saturación del suelo y el posible aumento de la presión de poro en el terreno.

Figura 32

Incorporación del Nivel Freático – Talud N° 02 (GEO5_ slope stability)

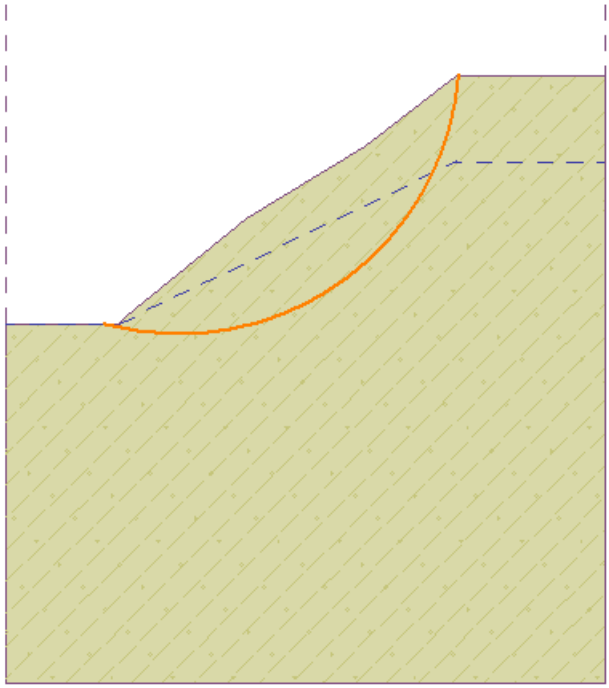


Nota. Software GEO5 (2025).

En la figura 33, los resultados del análisis, teniendo en cuenta el nivel freático, muestran factores de seguridad de 0,90 a 1,02, que indican una disminución de la estabilidad del talud bajo la influencia de la saturación del suelo y un aumento de la presión de poro. Estos valores representan una condición crítica o moderadamente inestable ante la presencia de humedad del suelo.

Figura 33

Análisis de la estabilidad considerando nivel freático – Talud N° 02 (GEO5_ slope stability)



Slope stability verification (all methods)

Bishop :	FS = 1.02 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson :	FS = 0.90 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer :	FS = 1.02 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu :	FS = 1.02 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price :	FS = 1.02 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

Nota. Software GEO5 (2025).

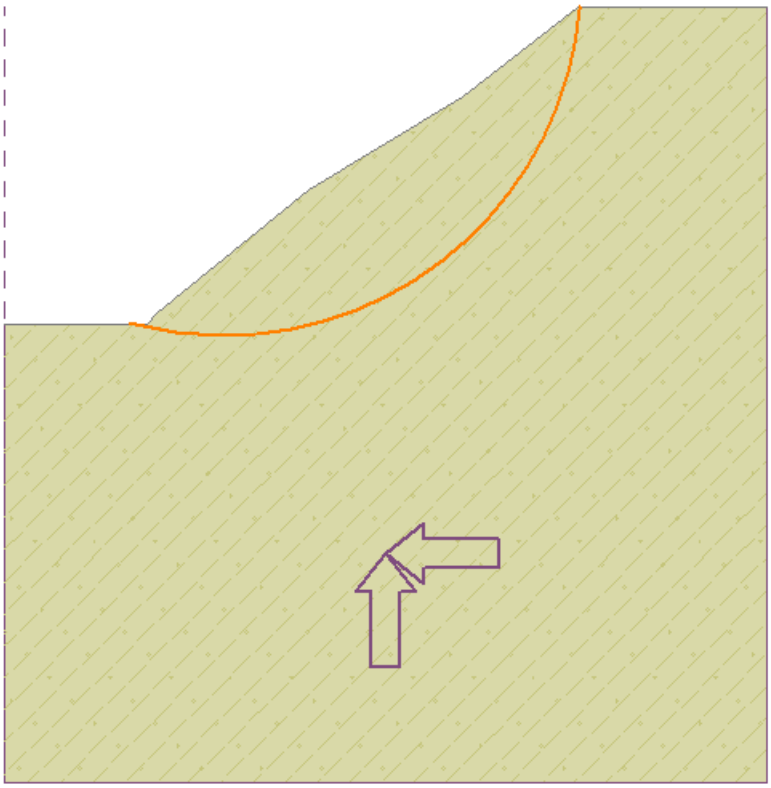
3.4.2.3.Comportamiento del talud N° 02 considerando pseudoestático (sismo)

A continuación, se incluyó un análisis sísmico pseudoestático en el modelado del talud N° 02 con el objetivo de evaluar el impacto de las fuerzas de inercia provocadas por un evento sísmico sobre la estabilidad del terreno.

En la figura 34, se tienen los resultados del análisis, teniendo en cuenta la influencia de las fuerzas sísmicas, muestran factores de seguridad de 0,99 a 1,13. Estos valores muestran un estado de estabilidad limitada donde la presencia de agua en el suelo reduce la resistencia al corte y aumenta la presión de poro. Aunque en algunos casos se alcanzan valores ligeramente superiores a la unidad, la pendiente mantiene el comportamiento cercano al estado crítico, por lo que aún existe inestabilidad en condiciones adversas. Por tanto, el talud se clasifica como NO ACEPTABLE.

Figura 34

Análisis sísmico de la estabilidad – Talud N° 02 (GEO5_ slope stability)



Slope stability verification (all methods)

Bishop :	FS = 1.13 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson :	FS = 0.99 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer :	FS = 1.13 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu :	FS = 1.13 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price :	FS = 1.13 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

Nota. Software GEO5 (2025).

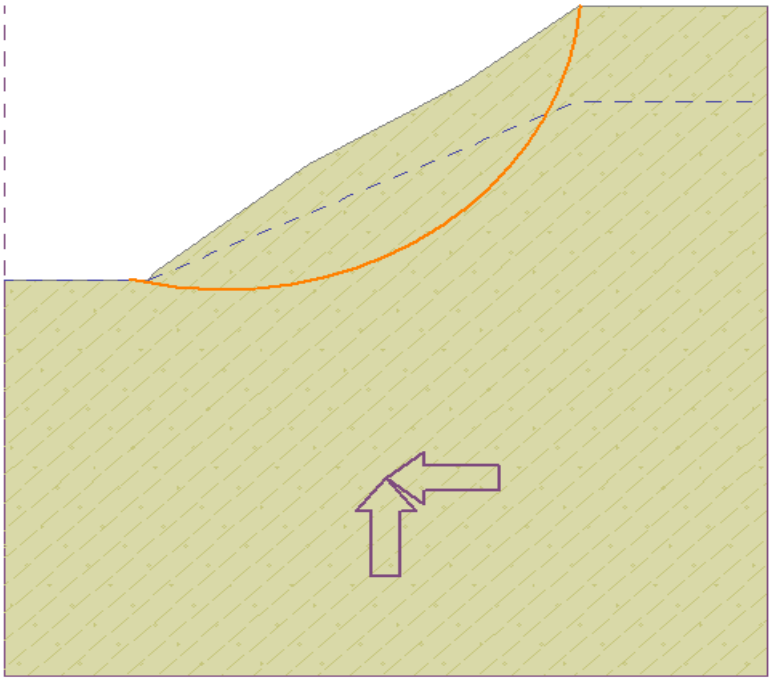
3.4.2.4.Comportamiento del talud N° 02 considerando nivel freático + sismo.

Se desarrolló un análisis combinado considerando la presencia de nivel freático y acción sísmica pseudoestático para evaluar el comportamiento del talud N° 02 en condiciones críticas y escenarios de mayor vulnerabilidad geotécnica.

En la figura 35, se presenta los resultados obtenidos del análisis combinado del nivel freático y sísmico muestran factores de seguridad entre 0,73 y 0,85, lo que indica una condición crítica de estabilidad del talud. Estos valores representan los efectos combinados de la saturación del suelo y las fuerzas sísmicas, lo que resulta en una reducción significativa de la resistencia del suelo y una mayor susceptibilidad a sufrir daños.

Figura 35

Análisis pseudoestático del talud bajo condición de nivel freático + sismo – Talud N° 02 (GEO5_ slope stability)



Slope stability verification (all methods)

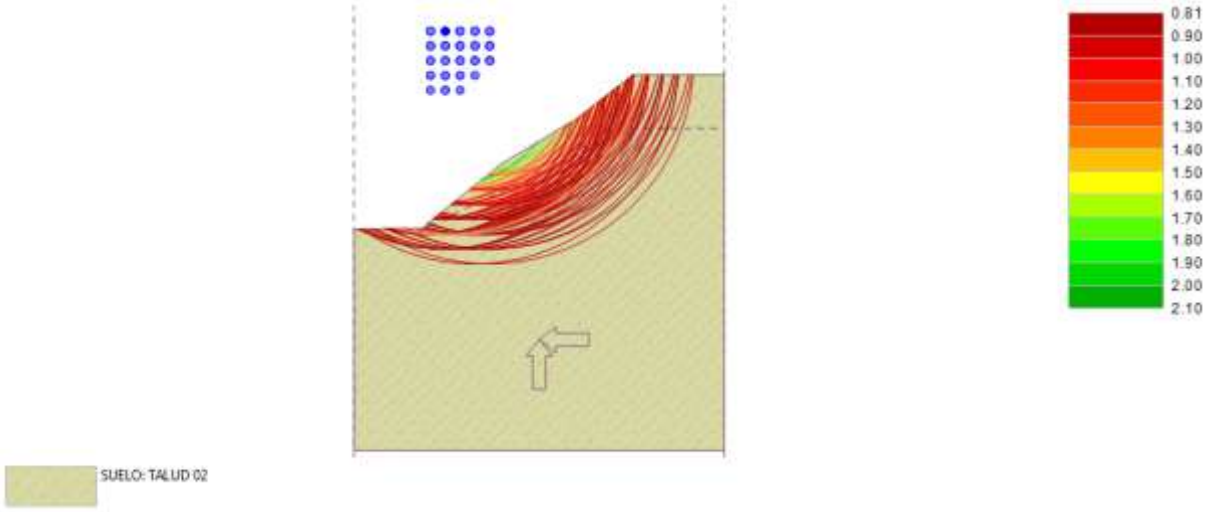
Bishop :	FS = 0.84 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson :	FS = 0.73 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer :	FS = 0.86 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu :	FS = 0.85 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price :	FS = 0.85 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

Nota. Software GEO5 (2025).

En la figura 36, se observa las superficies/círculos de falla obtenidos del análisis del talud N° 02, estas representaciones permiten visualizar la trayectoria potencial de deslizamiento para las múltiples superficies analizadas, identificándose la superficie crítica o más desfavorable para determinar el factor mínimo. Permitiendo evaluar la estabilidad de los taludes antes y después de la aplicación de los métodos de estabilidad aplicados.

Figura 36

Superficies potenciales de falla y distribución del factor de seguridad del talud N° 02



Nota. Software GEO5 (2025).

3.4.2.5.Comparación de resultados iniciales (Talud N° 02)

En la tabla 10, los resultados obtenidos muestran que la inclusión del nivel freático provocó una disminución en el factor de seguridad del talud entre 23% y 24% en comparación con la condición estática. Esta reducción está asociada con un aumento en la presión de poro y una disminución en la resistencia efectiva del suelo, lo que afecta negativamente la estabilidad del talud. De manera similar, el análisis pseudoestático mostró una disminución en el factor de seguridad entre 14% y 16% en comparación con la condición estática. Este comportamiento refleja los efectos de las fuerzas de inercia debidas a los efectos sísmicos, que aumentan las condiciones de inestabilidad de los taludes. La condición del nivel total de agua y la carga sísmica mostraron los factores de seguridad más bajos entre todos los escenarios evaluados, el factor de seguridad disminuye aproximadamente entre 35 % y 38 % en comparación con el análisis estático. Este comportamiento muestra el efecto combinado de la saturación del suelo y las cargas sísmicas, provocando una reducción significativa de la resistencia al corte y un aumento del daño de los taludes.

Tabla 10

Comparación de factores de seguridad por condición de análisis (Talud N° 02)

Comparación del Análisis de Estabilidad (Talud N° 02)				
Método	**Análisis Estático**	**Con Nivel Freático**	**Análisis Sísmico (Pseudoestático)**	**Nivel Freático + Sísmico**
Bishop	1.34	1.02	1.13	0.84
Fellenius/Petterson	1.18	0.9	0.99	0.73
Spencer	1.33	1.02	1.13	0.86
Janbu	1.33	1.02	1.13	0.85
Morgenstern-Price	1.33	1.02	1.13	0.85

Nota. Elaboración propia.

3.4.3. Estabilidad del talud N° 03 (km 13+190 al 13+245)

Para el talud N° 03 se incorporaron los parámetros físicos y mecánicos del suelo obtenidos de la investigación geotécnica utilizando el mismo procedimiento de modelación utilizado para los taludes anteriores.

TALUD N° 03 (C-3):

Clasificación: CL

Peso unitario: $15.59\ \frac{kN}{m^3}$

Peso unitario Saturado: $18.44\ \frac{kN}{m^3}$

Ángulo de fricción interna: $21°$

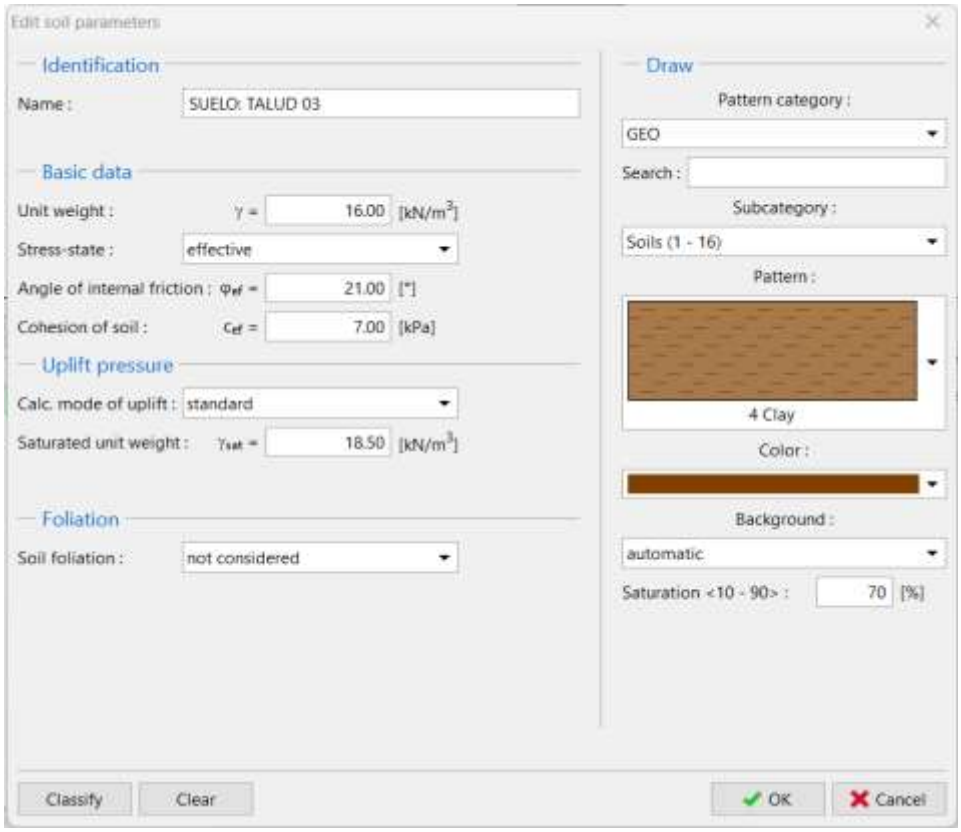
Cohesión del suelo: $6.96\ kPa$

Saturación: 70%

En la figura 37, se tiene, los parámetros de los suelos ingresados de la calicata 3, para verificar la estabilidad del talud N° 03.

Figura 37

Importación de los parámetros del suelo – talud N° 03 (GEO5_ slope stability)



Nota. Software GEO5 (2025).

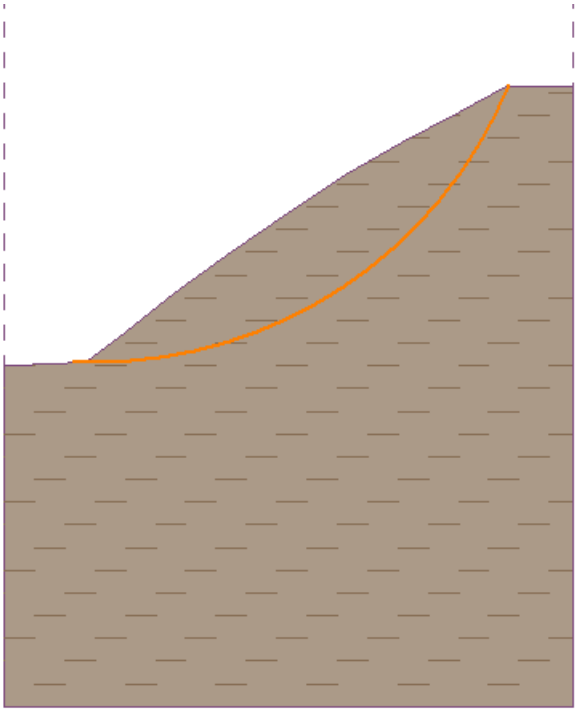
3.4.3.1. Comportamiento del talud N° 03 considerando un análisis estático y sin nivel freático.

A continuación, se presenta el análisis estático del talud N° 03, teniendo en cuenta las condiciones naturales del terreno y los parámetros geotécnicos incluidos en la modelación.

En la figura 38, el software evaluó la estabilidad del talud empleando los diversos métodos de equilibrio límite, obteniéndose factores de seguridad (FS). Todos los valores obtenidos son menores al factor de seguridad mínimo recomendado (FS ≥ 1.50) para taludes de carreteras, de acuerdo con criterios geotécnicos y normativas vigentes. Por tanto, el talud se clasifica como NO ACEPTABLE, presentando valores desde 0.84 a 0.90 lo que se interpreta como estabilidad crítica.

Figura 38

Análisis de la estabilidad – Sin Nivel Freático – Talud N° 03 (GEO5_ slope stability)



Slope stability verification (all methods)

Bishop :	FS = 0.90 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson :	FS = 0.84 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer :	FS = 0.89 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu :	FS = 0.89 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price :	FS = 0.89 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

Nota. Software GEO5 (2025).

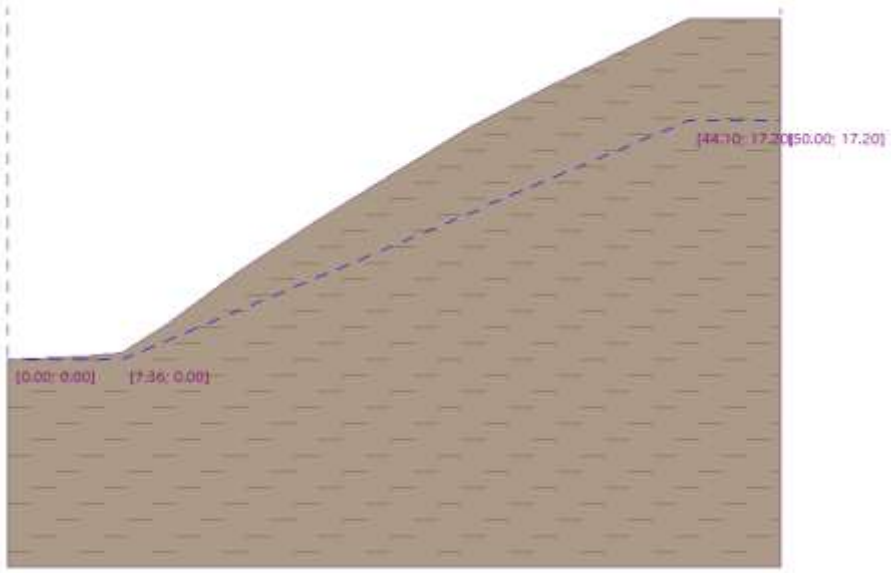
3.4.3.2. Comportamiento del talud N° 03 considerando un análisis estático y con nivel freático.

Para el talud N° 03 se incluyó la presencia de agua subterránea, considerando un grado de saturación del 70%, con el fin de evaluar la influencia de las condiciones de humedad en la estabilidad del terreno.

En la figura 39, se presenta el análisis de estabilidad del talud N° 03 considerando la presencia de nivel freático y las condiciones de saturación incorporadas en el modelamiento geotécnico.

Figura 39

Incorporación del Nivel Freático – Talud N° 03 (GEO5_ slope stability)



Nota. Software GEO5 (2025).

En la figura 40, se tiene los resultados del análisis con el nivel freático muestran factores de seguridad de 0,70 a 0,74, lo que indica una condición crítica de inestabilidad de taludes.

Figura 40

Análisis de la estabilidad considerando nivel freático – Talud N° 03 (GEO5_ slope stability)



Nota. Software GEO5 (2025).

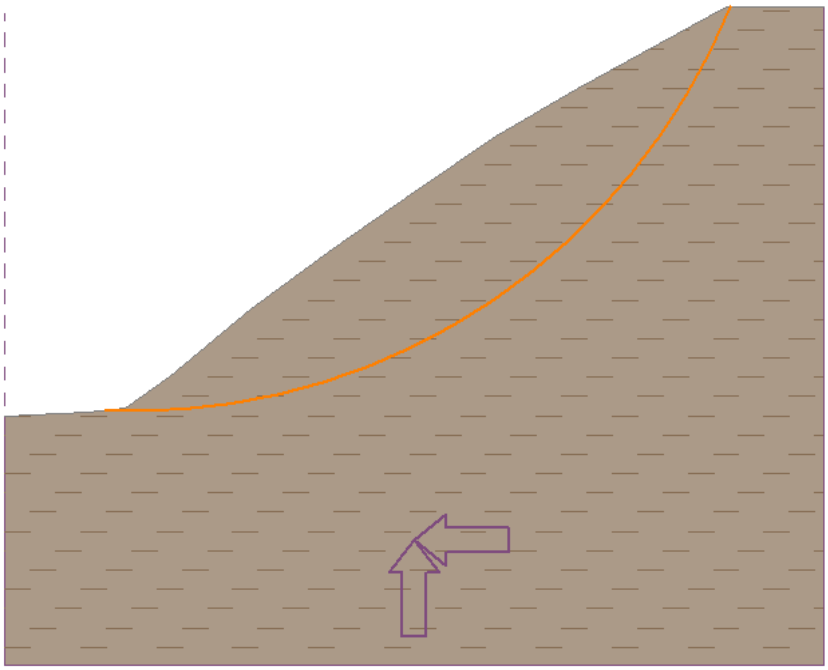
3.4.3.3.Comportamiento del talud N° 03 considerando pseudoestático (sismo)

El análisis sísmico del talud N° 03 se realizó considerando cargas dinámicas por evento sísmico y modelando parámetros geotécnicos para evaluar su comportamiento en condiciones extremas.

En la figura 41, se tiene los resultados del análisis sísmico del talud N° 03, que muestran factores de seguridad entre 0,70 y 0,75, que según la clasificación corresponden a alto riesgo de talud e inestabilidad bajo condiciones de carga sísmica.

Figura 41

Análisis sísmico de la estabilidad – Talud N° 03 (GEO5_ slope stability)



Slope stability verification (all methods)

Bishop :	FS = 0.75 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson :	FS = 0.70 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer :	FS = 0.75 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu :	FS = 0.75 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price :	FS = 0.75 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

Nota. Software GEO5 (2025).

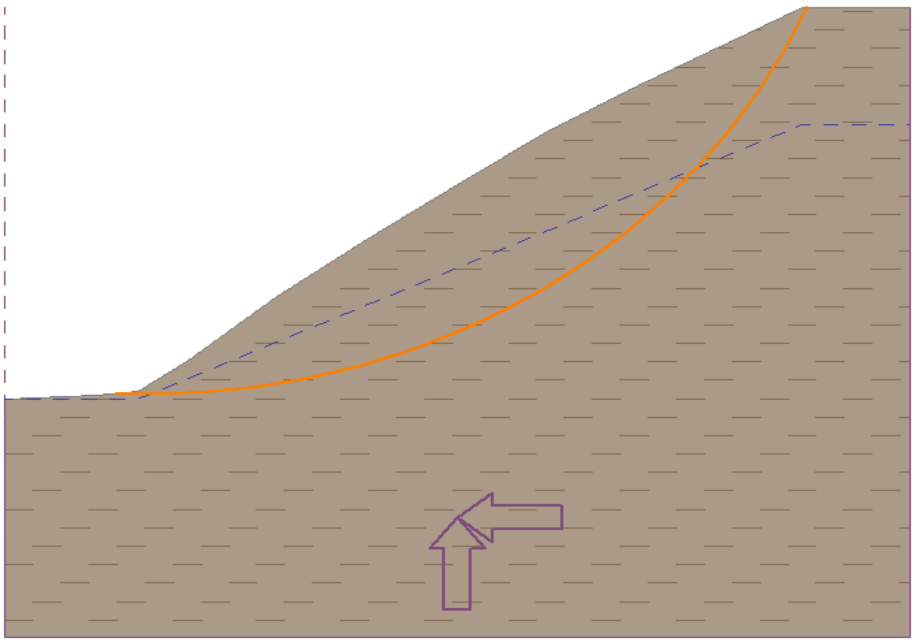
3.4.3.4.Comportamiento del talud N° 03 considerando nivel freático + sismo.

Se desarrolló el análisis sísmico del talud N° 03 se realizó con inclusiones de agua subterránea al 70% de saturación.

En la figura 42, se tiene los resultados del análisis de la combinación del nivel freático y sísmico, teniendo como resultado factores de seguridad entre 0,57 y 0,77, que según la clasificación corresponden a un alto riesgo de pendiente e inestabilidad.

Figura 42

Análisis pseudoestático del talud bajo condición de nivel freático + sismo – Talud N° 03 (GEO5_ slope stability)



Slope stability verification (all methods)

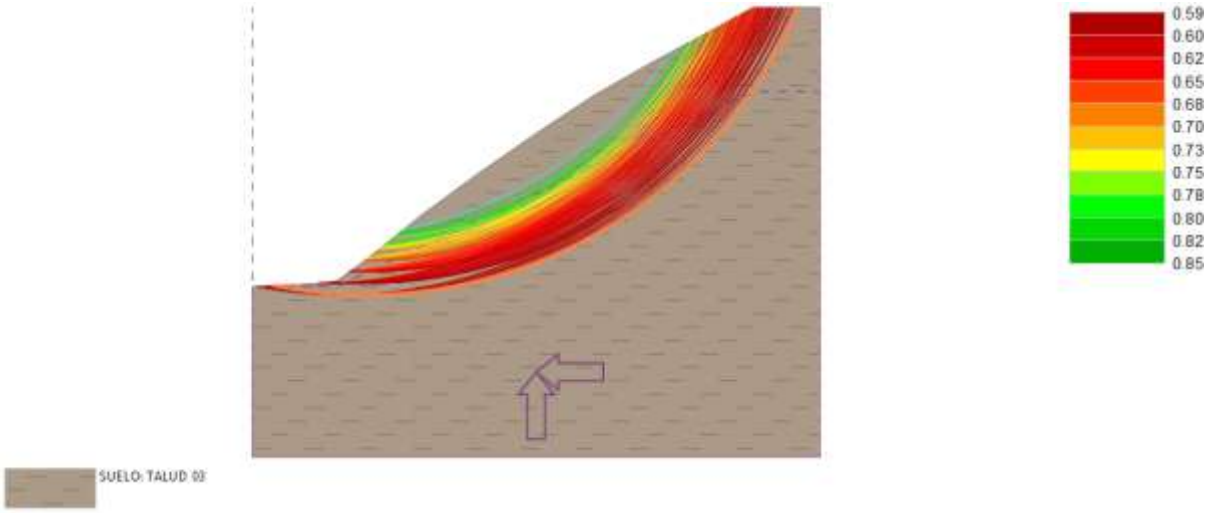
Bishop :	FS = 0.61 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson :	FS = 0.57 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer :	FS = 0.61 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu :	FS = 0.77 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price :	FS = 0.61 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

Nota. Software GEO5 (2025).

En la figura 43, se observa las superficies/círculos de falla obtenidos del análisis del talud N° 03, estas representaciones permiten visualizar la trayectoria potencial de deslizamiento para las múltiples superficies analizadas, identificándose la superficie crítica o más desfavorable para determinar el factor mínimo. Permitiendo evaluar la estabilidad de los taludes antes y después de la aplicación de los métodos de estabilidad aplicados.

Figura 43

Superficies potenciales de falla y distribución del factor de seguridad del talud N° 03



Nota. Software GEO5 (2025).

3.4.3.5.Comparación de resultados iniciales (Talud N° 03)

En la tabla 11, los resultados del análisis muestran que la inclusión de agua subterránea provocó una reducción del factor de seguridad de aprox. 17% y 18% en comparación con la condición estática. Esta disminución está asociada a un aumento de la presión de poro y una disminución de la resistencia efectiva del suelo, lo que afecta negativamente a la estabilidad del talud. Además, el análisis pseudoestático mostró que el factor de seguridad disminuye cerca de un 15-17% en comparación con el escenario estático. La reducción lograda refleja el efecto de las fuerzas sísmicas sobre el comportamiento mecánico del talud, aumentando las condiciones de inestabilidad. La condición combinada del nivel del agua y el impacto sísmico presentó el escenario de análisis más crítico, registrando reducciones estimadas del 13% al 32% en comparación con la condición estática. Este comportamiento muestra el efecto combinado de la saturación del suelo y las cargas sísmicas, lo que reduce significativamente la resistencia al corte y aumenta la susceptibilidad a la falla del talud.

Tabla 11

Comparación de factores de seguridad por condición de análisis (Talud N° 03)

Comparación del Análisis de Estabilidad (Talud N° 03)				
Método	**Análisis Estático**	**Con Nivel Freático**	**Análisis Sísmico (Pseudoestático)**	**Nivel Freático + Sísmico**
Bishop	0.9	0.74	0.75	0.61
Fellenius/Petterson	0.84	0.7	0.7	0.57
Spencer	0.89	0.74	0.75	0.61
Janbu	0.89	0.74	0.75	0.77
Morgenstern-Price	0.89	0.74	0.75	0.61

Nota. Elaboración propia

3.5. Estabilidad del talud usando micropilotes de bambú y geomalla mediante software para estabilidad de taludes, ubicado en la carretera San Lorenzo – Jaén - Cajamarca.

3.5.1. Estabilidad del talud usando micropilotes de bambú

En la tabla 12, se tienen las propiedades mecánicas de diferentes especies de bambú; donde de estas especies solo dos son recomendables por su ubicación geográfica en el Perú: Gandua Angustifolia, que es muy común en la selva norte (Cajamarca), es la más usada en el país con diámetros entre 8 – 15 cm. Y Bambusa Vulgarim que es de resistencia media con diámetros entre 6-12, es buena alternativa si no hay Gandua.

Tabla 12

Propiedades mecánicas de diferentes especies de bambú

Bamboo species	**Tensile strength (MPa)**	**Compression strength (MPa)**
Gandua angustifolia	235-356	37-45
Bambusa balcooa	195-210	41-49
Dendrocalamus strictus	140-170	38-47
Bambusa vulgaris	90-120	30-40
Phyllostachys edulis	80-160	30-50
Gigantochloa apus	50-70	17-19

Nota. Datos tomados de Patel et al. (2023).

Fuqaha et al. (2025) refieren que los pilotes de bambú tratados pueden alcanzar capacidades de carga de aproximadamente 75 kN en suelos arcillosos blandos, manteniendo la

resistencia incluso después de una exposición ambiental prolongada. Este valor normalmente corresponde a un diámetro típico reportado en estudios, de entre 90-100 mm. Tomamos 100 mm para obtener un valor conservador.

A partir de esta información convertimos 75 kN a esfuerzo equivalente: D = 0.10 m

Esfuerzo axial equivalente:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{75}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{75}{\frac{\pi(0.1)^2}{4}} = 9.55 \text{ MPa}$$

Estimamos valores conservadores para los demás diámetros:

D = 0.08 m → $P = 9.55 * 0.00503 \text{ m}^2 = 48 \text{ kN}$

D = 0.09 m → $P = 9.55 * 0.00636 \text{ m}^2 = 60.7 \text{ kN}$

D = 0.10 m → $P = 9.55 * 0.00785 \text{ m}^2 = 75 \text{ kN}$ *(valor conservador)*

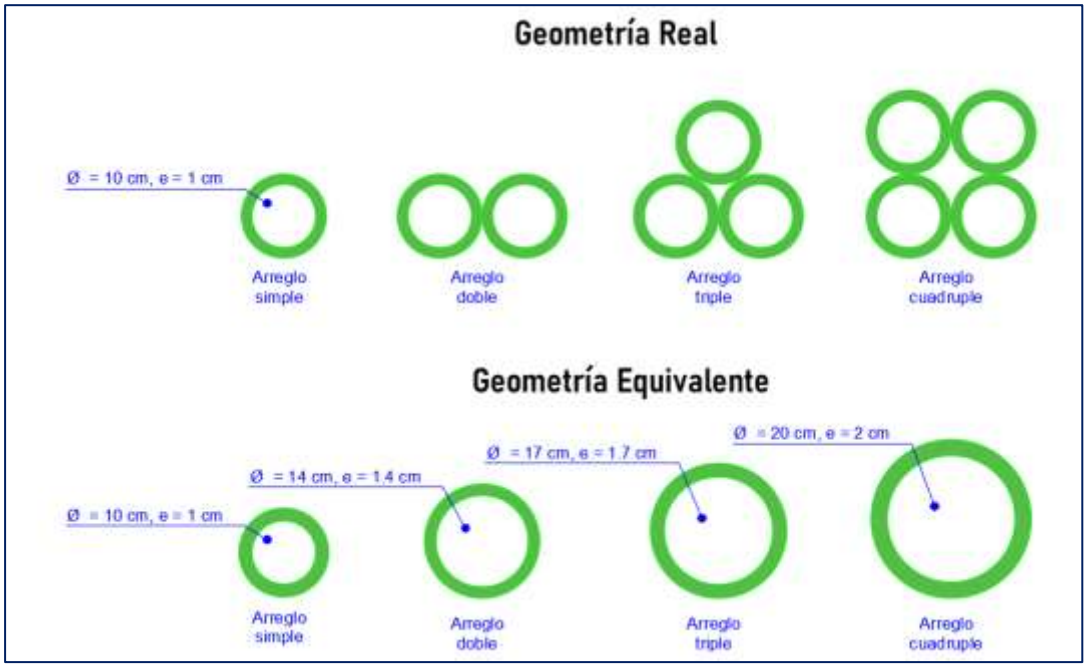
D = 0.12 m → $P = 9.55 * 0.0113 \text{ m}^2 = 108 \text{ kN}$

Basualdo Urbano y Gallegos Pérez (2022) analizaron micropilotes de Guadua angustifolia conformados por uno a cuatro culmos de 10 cm de diámetro y 1 cm de espesor, los cuales fueron representados en el modelo numérico mediante secciones circulares huecas de área equivalente, con diámetros de 10,0; 14,2; 17,3 y 20,0 cm. En esta investigación se adoptó dicha equivalencia para definir los parámetros geométricos ingresados en GEO5 y evaluar su influencia en el factor de seguridad; sin embargo, debe considerarse como una simplificación numérica que requiere validación experimental para confirmar el trabajo conjunto y la capacidad resistente de los culmos agrupados.

En la figura 44, se tiene algunos arreglos reales con sus equivalencias respectivas para usar como datos en el software GEO5.

Figura 44

Arreglos reales con sus equivalencias



Nota. Basualdo y Gallegos (2022).

Estimamos valores para estos nuevos diámetros.

$D = 0.10\ m \quad \rightarrow \quad \mathrm{P} = 9.55 * 0.00785\ \mathrm{m}^2 = 75\ \mathrm{kN}$

$D = 0.14\ m \quad \rightarrow \quad \mathrm{P} = 9.55 * 0.0154\ \mathrm{m}^2 = 147\ \mathrm{kN}$

$D = 0.17\ m \quad \rightarrow \quad \mathrm{P} = 9.55 * 0.0227\ \mathrm{m}^2 = 216\ \mathrm{kN}$

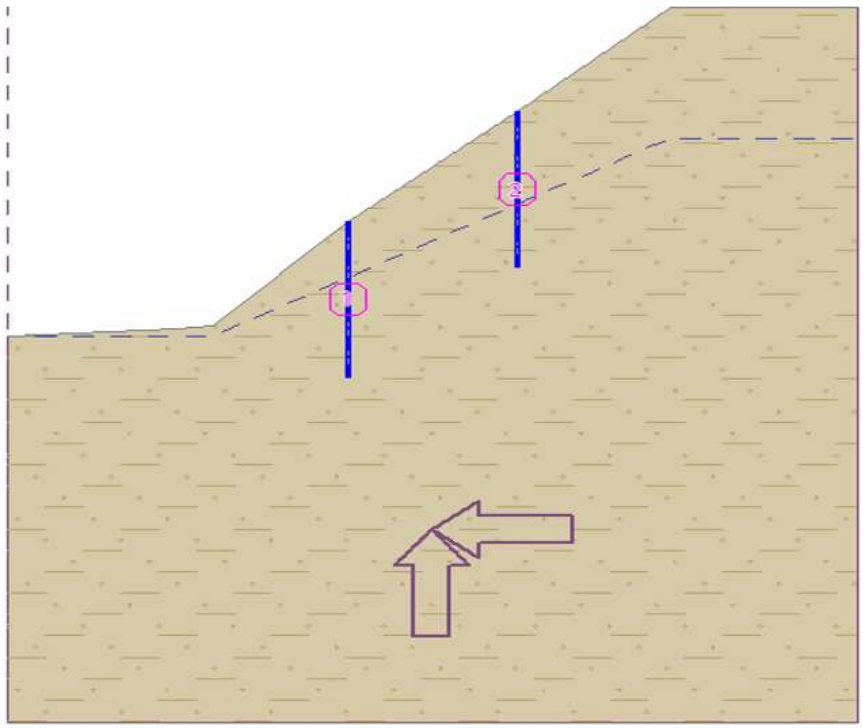
$D = 0.20\ m \quad \rightarrow \quad \mathrm{P} = 9.55 * 0.0314\ \mathrm{m}^2 = 299\ \mathrm{kN}$

3.5.1.1.Estabilidad del talud N° 01 (km 8+048 al km 8+100) usando micropilotes de bambú

En la figura 45, se presentan los parámetros de configuración de diseño de los micropilotes de bambú, incluyendo su ubicación, geometría y capacidad portante, utilizados para la estabilización del talud. Se han considerado dos micropilotes ubicados en las coordenadas X=10, Z=4.44 y X=15, Z=8.7, con longitudes de 6 m y un espaciamiento de 50 cm. El primer micropilote presenta un diámetro de 10 cm con una capacidad de carga de 75 kN, mientras que el segundo tiene un diámetro de 12 cm con una capacidad de 108 kN, valores que dependen directamente del diámetro del bambú y sus propiedades resistentes previamente definidas.

Figura 45

Configuración para el diseño de la estabilidad con Micropilotes de Bambú – Talud N° 01 (GEO5_slope stability)



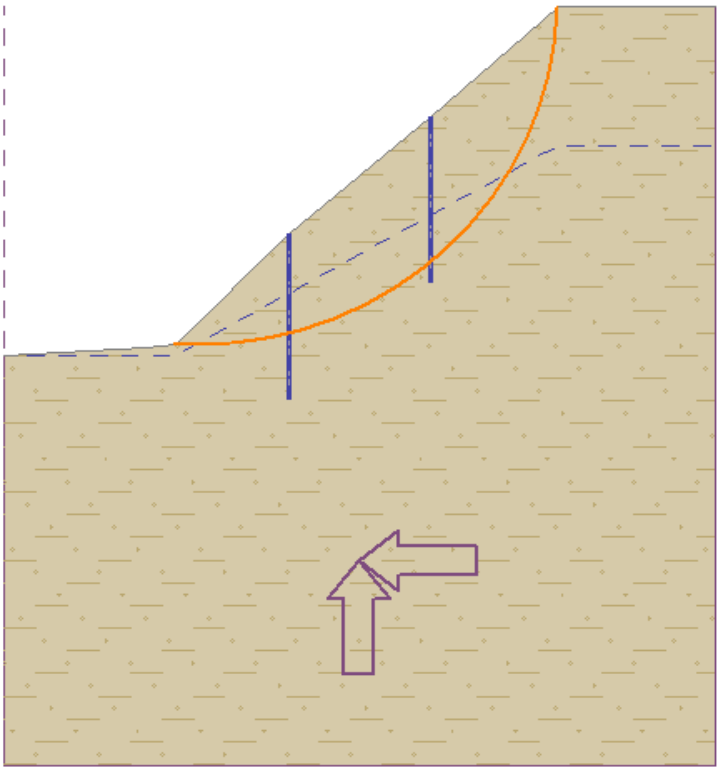
No.	Anti-Slide pile	Point		Length	Pile spacing	Cross-section	Pile bearing capacity			
	new	x [m]	z [m]	l [m]	b [m]	[m]	Distribution along the pile	Max. bearing capacity V_u [kN]	Gradient K [–]	Passive force direction
1	Yes	10.00	4.44	6.00	0.50	d = 0.10	constant	75.00		perpendicular to pile
2	Yes	15.00	8.70	6.00	0.50	d = 0.12	constant	108.00		perpendicular to pile

Nota. Software GEO5 (2025).

La Figura 46, muestra el análisis con micropilotes de bambú presentan factores de seguridad entre 1.61 y 2.97, lo que según la clasificación corresponde a una condición de estabilidad estable, evidenciando una mejora significativa en la estabilidad del talud con la incorporación del sistema de refuerzo.

Figura 46

Diseño de la estabilidad con micropilotes de bambú – talud N° 01 (GEO5_slope stability)



Slope stability verification (all methods)

Bishop :	FS = 1.65 > 1.50	ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson :	FS = 1.61 > 1.50	ACCEPTABLE
Spencer :	FS = 2.96 > 1.50	ACCEPTABLE
Janbu :	FS = 2.97 > 1.50	ACCEPTABLE
Morgenstern-Price :	FS = 2.97 > 1.50	ACCEPTABLE

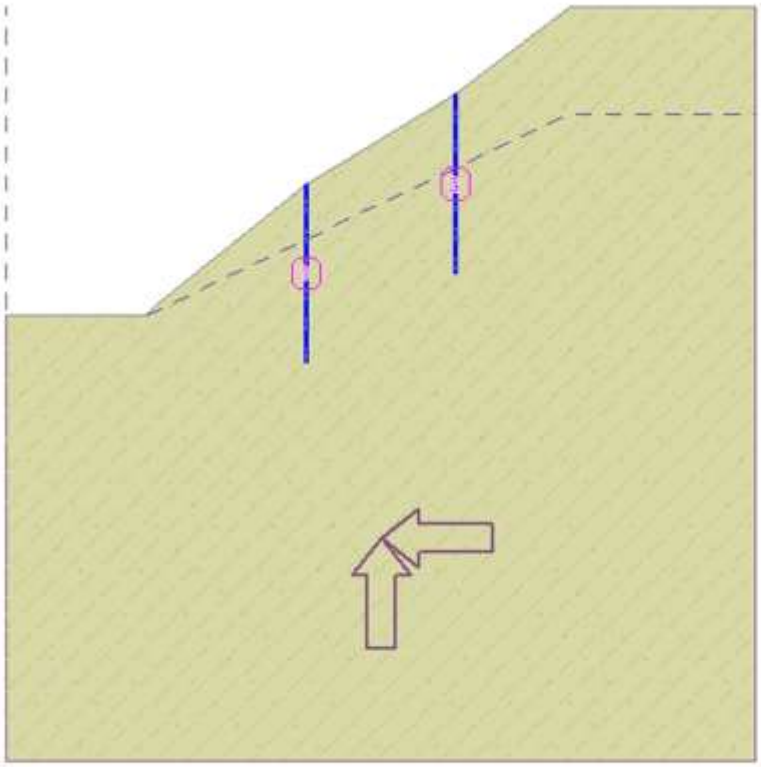
Nota. Software GEO5 (2025).

3.5.1.2. Estabilidad del talud N° 02 (km 09+355 al km 09+405) usando micropilotes de bambú

En la figura 47, se presentan los parámetros de configuración de diseño de los micropilotes de bambú, incluyendo su ubicación, geometría y capacidad portante, utilizados para la estabilización del talud. Se han considerado dos micropilotes ubicados en las coordenadas X=10, Z=4.43 y X=15, Z=7.44, con longitudes de 6 m y un espaciamiento de 50 cm. El primer micropilote presenta un diámetro de 10 cm con una capacidad de carga de 75 kN, mientras que el segundo tiene un diámetro de 12 cm con una capacidad de 108 kN, valores que dependen directamente del diámetro del bambú y sus propiedades resistentes previamente definidas.

Figura 47

Configuración para el diseño de la estabilidad con micropilotes de bambú – Talud N° 02 (GEO5_slope stability)



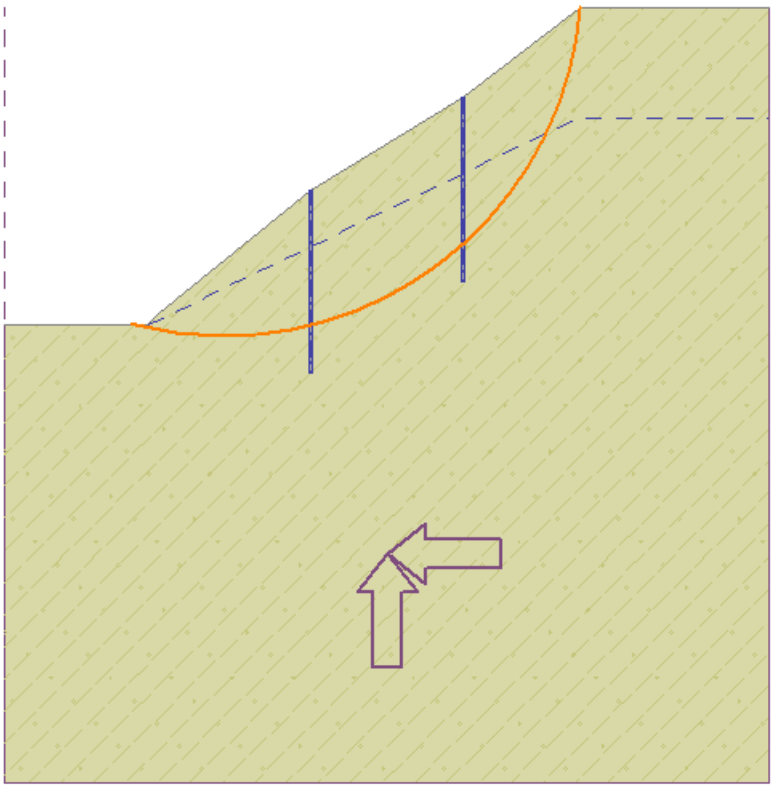
No.	Anti-Slide pile	Point		Length	Pile spacing	Cross-section	Pile bearing capacity			
	new	x [m]	z [m]	l [m]	b [m]	[m]	Distribution along the pile	Max. bearing capacity V_u [kN]	Gradient K [-]	Passive force direction
1	Yes	10.00	4.43	6.00	0.50	d = 0.10	constant	75.00		perpendicular to pile
2	Yes	15.00	7.44	6.00	0.50	d = 0.12	constant	108.00		perpendicular to pile

Nota. Software GEO5 (2025).

La Figura 48, se tiene el análisis con micropilotes de bambú presentan factores de seguridad entre 1.60 y 3.09, lo que según la clasificación corresponde a una condición de estabilidad estable, evidenciando una mejora significativa en la estabilidad del talud con la incorporación del sistema de refuerzo.

Figura 48

Diseño de la estabilidad con micropilotes de bambú – talud N° 02 (GEO5_slope stability)



Slope stability verification (all methods)

Bishop :	FS = 1.64 > 1.50	ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson :	FS = 1.60 > 1.50	ACCEPTABLE
Spencer :	FS = 3.07 > 1.50	ACCEPTABLE
Janbu :	FS = 3.09 > 1.50	ACCEPTABLE
Morgenstern-Price :	FS = 3.09 > 1.50	ACCEPTABLE

Nota. Software GEO5 (2025).

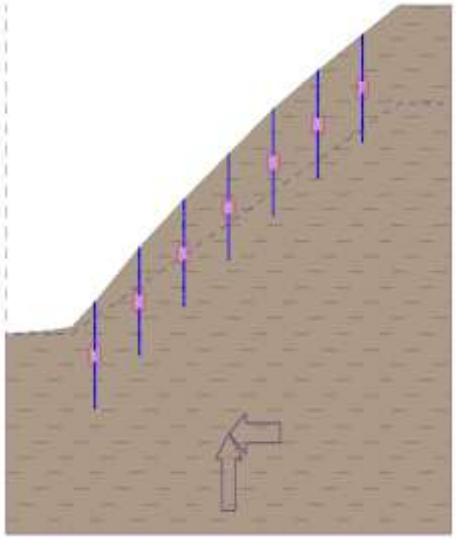
3.5.1.3.Estabilidad del talud N° 03 (km 13+190 al 13+245) usando micropilotes de bambú

En la figura 49, se presentan los parámetros de configuración de diseño de los micropilotes de bambú, incluyendo su ubicación, geometría y capacidad portante, utilizados para la estabilización del talud. Se han considerado 7 micropilotes que superan diámetros del bambú por lo que se recurre a arreglos reales para emplear las equivalencias antes definidas, estos están ubicados en las coordenadas X=10, Z=2.37, X=15, Z=6.40, X=20, Z=10.05, X=25, Z=13.49, X=30, Z=16.79, 35, Z=19.65 y X=40, Z=22.35, con longitudes de 8 m y un espaciamiento de 30 cm. Desde el primer arreglo de micropilote hasta el sexto presentan un diámetro de 14 cm con una capacidad de carga de 147 kN, mientras que el séptimo arreglo

tiene un diámetro de 17 cm con una capacidad de 216 kN, valores que dependen directamente del diámetro del bambú y sus propiedades resistentes previamente definidas.

Figura 49

Configuración para el diseño de la estabilidad con micropilotes de bambú – talud N° 03 (GEO5_slope stability)



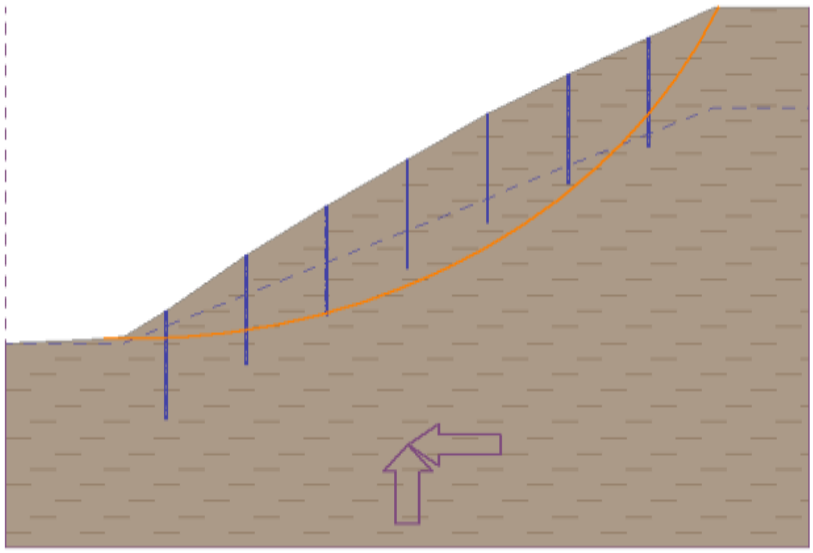
No.	Anti-Slide pile new	Point x [m]	Point z [m]	Length l [m]	Pile spacing b [m]	Cross-section [m]	Pile bearing capacity: Distribution along the pile	Pile bearing capacity: Max. bearing capacity V_R [kN]	Pile bearing capacity: Gradient K [-]	Pile bearing capacity: Passive force direction
1	Yes	10.00	2.37	8.00	0.30	d = 0.14	constant	147.00		perpendicular to pile
2	Yes	15.00	6.40	8.00	0.30	d = 0.14	constant	147.00		perpendicular to pile
3	Yes	20.00	10.05	8.00	0.30	d = 0.14	constant	147.00		perpendicular to pile
4	Yes	25.00	13.49	8.00	0.30	d = 0.14	constant	147.00		perpendicular to pile
5	Yes	30.00	16.79	8.00	0.30	d = 0.14	constant	147.00		perpendicular to pile
6	Yes	35.00	19.65	8.00	0.30	d = 0.14	constant	147.00		perpendicular to pile
7	Yes	40.00	22.35	8.00	0.30	d = 0.17	constant	216.00		perpendicular to pile

Nota. Software GEO5 (2025).

La Figura 50, muestra el análisis con micropilotes de bambú presentan factores de seguridad entre 1.57 y 5.53, lo que según la clasificación corresponde a una condición de estabilidad estable, evidenciando una mejora significativa en la estabilidad del talud con la incorporación del sistema de refuerzo.

Figura 50

Diseño de la estabilidad con micropilotes de bambú – talud N° 03 (GEO5_slope stability)



Slope stability verification (all methods)

Bishop :	FS = 1.59 > 1.50	ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson :	FS = 1.57 > 1.50	ACCEPTABLE
Spencer :	FS = 5.53 > 1.50	ACCEPTABLE
Janbu :	FS = 5.52 > 1.50	ACCEPTABLE
Morgenstern-Price :	FS = 5.52 > 1.50	ACCEPTABLE

Nota. Software GEO5 (2025).

3.5.1.4.Comparación del FS después de la estabilización con micropilotes de bambú

En la tabla 13, se compara los FS obtenidos mediante el análisis de estabilidad de los taludes en su condición más crítica y después de la aplicación de micropilotes de bambú. En su condición más crítica, los valores iniciales fueron inferiores a FS ≥ 1.5 (Condición Estable), variando entre 0.57 y 0.90, luego de la incorporación de micropilotes de bambú, los factores de seguridad se incrementaron significativamente, alcanzado valores entre 1.57 y 165, considerando el método de Bishop y Fellenius/Peteterson por proporcionar valores más conservadores. Todos los valores obtenidos superaron el valor mínimo requerido de FS ≥ 1.5, considerado como criterio de estabilidad.

Tabla 13

Comparación del FS después de la estabilización con micropilotes de bambú

Comparación del Análisis de Estabilidad con Micropilotes de Bambú						
Método	**Talud N° 01**		**Talud N° 02**		**Talud N° 03**	
	Condición Crítica	**Micro-pilotes de bambú**	**Condición Crítica**	**Micro-pilotes de bambú**	**Condición Crítica**	**Micro-pilotes de bambú**
Bishop	0.85	1.65	0.84	1.64	0.61	1.59
Fellenius/ Petterson	0.8	1.61	0.73	1.6	0.57	1.57
Spencer	0.88	2.96	0.86	3.07	0.61	5.53
Janbu	0.87	2.97	0.85	3.09	0.77	5.52
Morgenstern-Price	0.9	2.97	0.85	3.09	0.61	5.52

Nota. Elaboración propia.

3.5.2.

3.5.3. Estabilidad del talud usando geomallas

La propuesta de estabilización considera el empleo de una geomalla uniaxial complementada con anclajes, conformando un sistema de refuerzo que permite movilizar esfuerzos de tracción, limitar las deformaciones y mejorar la transferencia de cargas entre el suelo y el elemento geosintético. En el modelamiento realizado mediante GEO5, la interacción suelo-geomalla se representó mediante el coeficiente adimensional α, definido como la relación entre la resistencia a la corte movilizada en la interfaz y la resistencia al corte del suelo sin refuerzo. Este parámetro depende de las propiedades del suelo y de las características de la geomalla (Stacho et al., 2020).

Considerando la clasificación SUCS obtenida en el estudio de mecánica de suelos y los parámetros empleados en el modelamiento, se adoptaron coeficientes específicos para cada talud, conforme se presenta en la Tabla 14.

Tabla 14

Coeficientes de interacción suelo-geomalla

Talud	Calicata	SUCS	Descripción del suelo	Coeficiente α
Talud Nº 01	C-1	SC	Arena arcillosa	0,75
Talud Nº 02	C-2	SM	Arena limosa	0,70
Talud Nº 03	C-3	CL	Arcilla inorgánica de baja plasticidad	0,65

Nota. Elaboración propia con base en la clasificación SUCS del Informe de Mecánica de Suelos y en los parámetros de entrada adoptados en el modelamiento realizado mediante GEO5.

Además, se realizó la incorporación de anclajes al sistema de refuerzo con geomalla. Estos anclajes permiten transferir la carga a zonas más estables del suelo, mejorando la resistencia del sistema y limitando posibles desplazamientos de taludes. En el modelado se tuvieron en cuenta las cargas de trabajo de los anclajes según los requisitos de diseño y las condiciones geotécnicas del terreno. Los parámetros y cargas de los anclajes geotécnicos se muestran en la siguiente tabla.

En la tabla 15, tenemos la clasificación según las cargas de los anclajes geotécnicos y su aplicación en campo, estos valores servirán se referencia para emplear en el GEO5.

Tabla 15

Cargas de anclajes geotécnicos (Fuerza)

Clasificación	Rango de carga del anclaje (kN)	Aplicación referencial
Baja capacidad	100 – 300	Taludes bajos y refuerzo ligero
Media capacidad	300 – 600	Estabilización de taludes y muros anclajes
Alta capacidad	600 – 1000	Taludes de gran altura y estructuras especiales
Muy alta capacidad	> 1000	Obras geotécnicas especiales

Nota. Datos tomados de FHWA (2015).

Kavya et al. (2024) evaluaron numéricamente taludes reforzados con clavos de suelo dispuestos en inclinaciones comprendidas entre 0° y 30°, y determinaron que el factor de seguridad aumentaba conforme se incrementaba dicha inclinación. Considerando esta tendencia como referencia técnica para la configuración del modelo, en la presente investigación se adoptó una inclinación de 30° para los anclajes, con la finalidad de favorecer la transferencia de esfuerzos hacia la zona estable del talud.

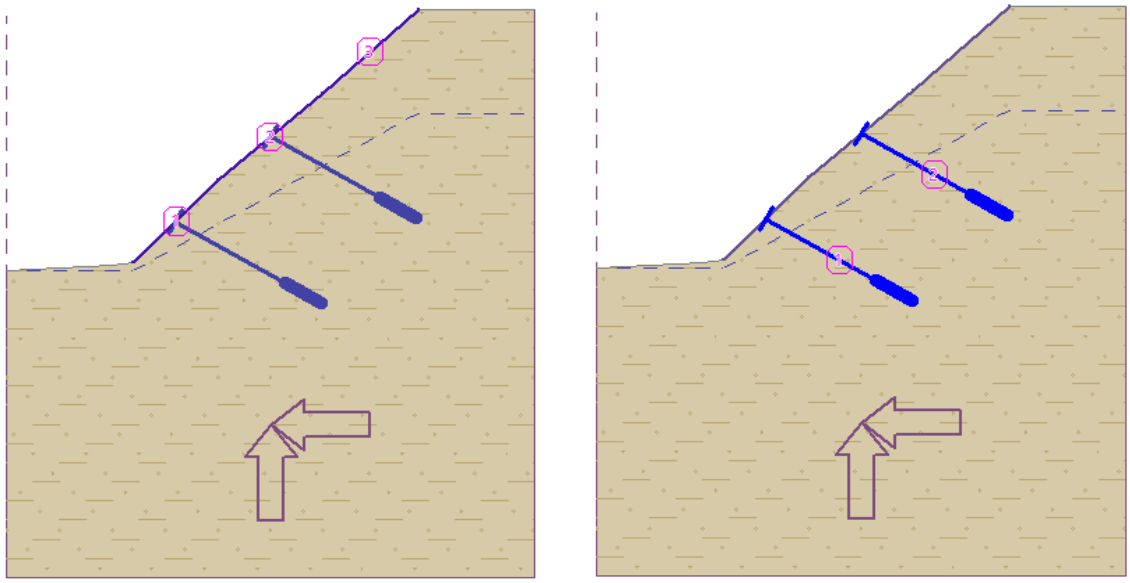
Es por ello que para la orientación de los anclajes el cual es un parámetro crítico para la estabilidad de taludes reforzados, se emplearan ángulos de 30° ya que pueden producir un comportamiento óptimo al mejorar la interacción entre el elemento de refuerzo y el suelo circundante.

3.5.3.1.Estabilidad del talud N° 01 (km 8+048 al km 8+100) usando geomallas

La figura 51, se presentan los parámetros de configuración de diseño de la geomalla con anclajes, incluyendo su ubicación, geometría, resistencia del geosintético y Carga del anclaje. Para el talud N° 01 se ha considerado una geomalla uniaxial con una resistencia de 120 kN/m, con un coeficiente de interacción suelo – geomalla de C = 0.75 valor tomado según la tabla de cargas de anclajes geotécnicos. Además, se ha utilizado 2 anclajes estos están ubicados en las coordenadas X=8.00, Z=2.41, X=12.50, Z=6.57, con longitudes de 6 m, 2 m de bulbo, con una inclinación de 30°, espaciamiento de 1 m y una carga de anclaje de 400 kN.

Figura 51

Configuración para el diseño de la estabilidad con geomalla – talud N° 01 (GEO5_slope stability)



No.	Reinforcement	Point to the left		Point to the right		Length	Tensile strength	Pull out resistance	End of
	new	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]	L [m]	R_t [kN/m]		reinf.
1	Yes	6.02	0.41	10.00	4.44	5.66	120.00	C = 0.75	Fixed
2	Yes	10.00	4.44	15.00	8.70	6.57	120.00	C = 0.75	Fixed
3	Yes	15.00	8.70	19.51	12.77	6.07	120.00	C = 0.75	Fixed

No.	Anchor		Origin		Free length	Root length	Slope	Anchor spacing	Force
	new	post-stressed	x [m]	z [m]	l [m]	l_k [m]	α [°]	b [m]	F [kN]
1	Yes		8.00	2.41	6.00	2.00	30.00	1.50	400.00
2	Yes		12.50	6.57	6.00	2.00	30.00	1.50	400.00

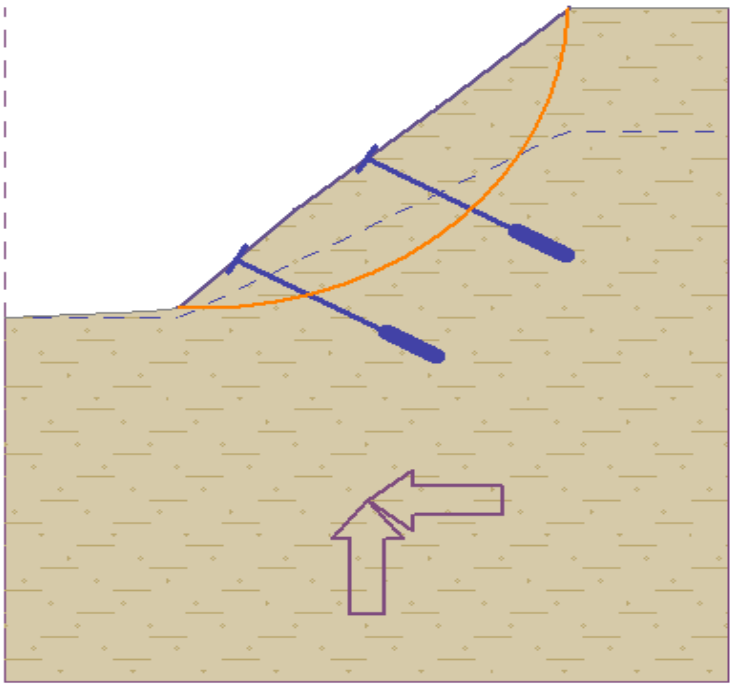
Nota. Software GEO5 (2025).

La figura 52, muestra el análisis con geomalla y anclajes para el talud N° 01 presentan factores de seguridad entre 1.58 y 2.69, lo que según la clasificación corresponde a una condición de estabilidad estable, evidenciando una mejora en la estabilidad del talud con la

incorporación del sistema de refuerzo. Además, se requiere emplear anclajes con una capacidad de 400kN, los cuales están clasificados dentro de la categoría de capacidad media, los cuales comprenden un rango de 300 – 600 kN de capacidad de carga.

Figura 52

Diseño de la estabilidad con geomalla– talud N° 01 (GEO5_slope stability)



Slope stability verification (all methods)

Bishop :	FS = 1.67 > 1.50	ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson :	FS = 1.58 > 1.50	ACCEPTABLE
Spencer :	FS = 2.69 > 1.50	ACCEPTABLE
Janbu :	FS = 2.69 > 1.50	ACCEPTABLE
Morgenstern-Price :	FS = 2.69 > 1.50	ACCEPTABLE

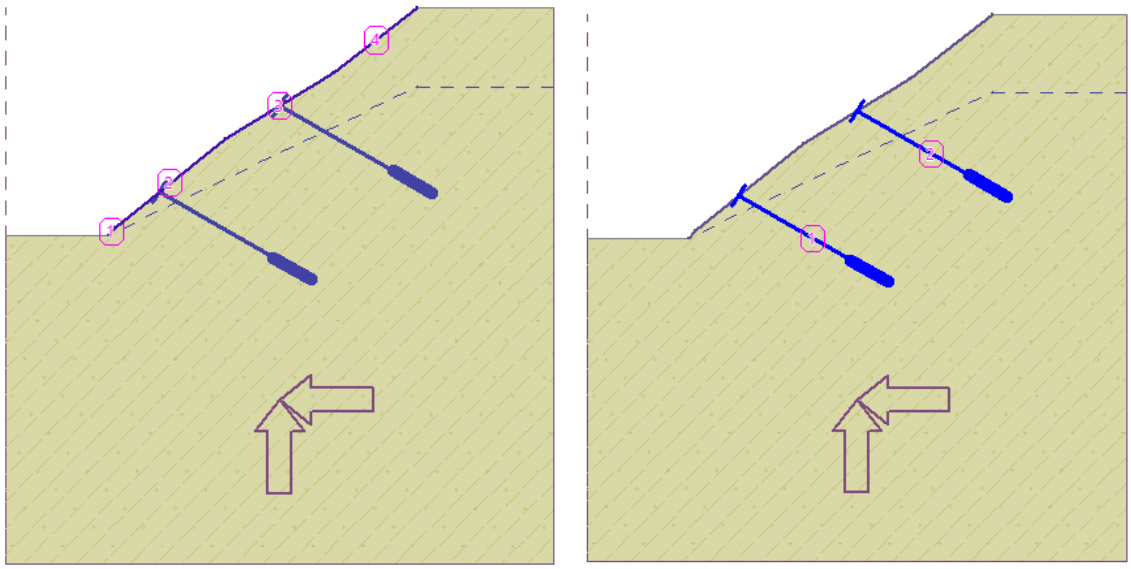
Nota. Software GEO5 (2025).

3.5.3.2.Estabilidad del talud N° 02 (km 09+355 al km 09+405) usando geomallas

La Figura 53, se presentan los parámetros de configuración de diseño de la geomalla con anclajes, incluyendo su ubicación, geometría, resistencia del geosintético y carga del anclaje. Para el talud N° 02 se ha considerado una geomalla uniaxial con una resistencia de 120 kN/m, con un coeficiente de interacción suelo – geomalla de C = 0.70 valor tomado según la tabla de cargas de anclajes geotécnicos. Además, se ha utilizado 2 anclajes estos están ubicados en las coordenadas X=7.00, Z=1.99, X=12.50, Z=5.94, con longitudes de 6 m, 2 m de bulbo, con una inclinación de 30°, espaciamiento de 1.5 m y una carga de anclaje de 400 kN.

Figura 53

Configuración para el diseño de la estabilidad con geomalla – talud N° 02 (GEO5_slope stability)



No.	Reinforcement	Point to the left		Point to the right		Length	Tensile strength	Pull out resistance	End of
	new	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]	L [m]	R_t [kN/m]		reinf.
1	Yes	4.68	0.02	5.00	0.37	0.47	120.00	C = 0.70	Fixed
2	Yes	5.00	0.37	10.00	4.43	6.44	120.00	C = 0.70	Fixed
3	Yes	10.00	4.43	15.00	7.44	5.84	120.00	C = 0.70	Fixed
4	Yes	15.00	7.44	18.80	10.40	4.82	120.00	C = 0.70	Fixed

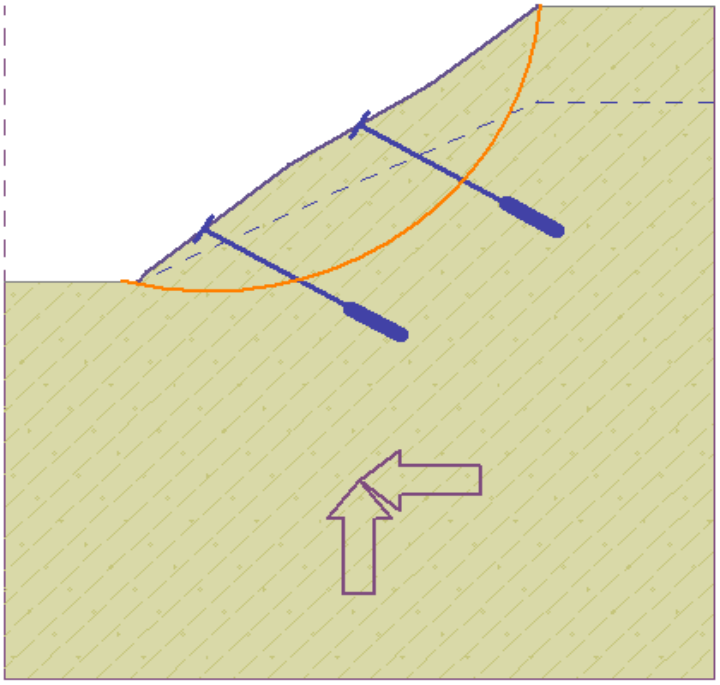
No.	Anchor		Origin		Free length	Root length	Slope	Anchor spacing	Force
	new	post-stressed	x [m]	z [m]	l [m]	l_k [m]	α [°]	b [m]	F [kN]
1	Yes		7.00	1.99	6.00	2.00	30.00	1.50	400.00
2	Yes		12.50	5.94	6.00	2.00	30.00	1.50	400.00

Nota. Software GEO5 (2025).

La figura 54, muestra el análisis con geomalla y anclajes para el talud N° 02 presentan factores de seguridad entre 1.57 y 2.80, lo que según la clasificación corresponde a una condición de estabilidad estable, evidenciando una mejora en la estabilidad del talud con la incorporación del sistema de refuerzo. Además, se requiere emplear anclajes con una capacidad de 400kN, al igual que en el talud N° 01.

Figura 54

Diseño de la estabilidad con Geomalla– Talud N° 02 (GEO5_slope stability)



Slope stability verification (all methods)

Bishop :	FS = 1.68 > 1.50	ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson :	FS = 1.57 > 1.50	ACCEPTABLE
Spencer :	FS = 2.80 > 1.50	ACCEPTABLE
Janbu :	FS = 2.80 > 1.50	ACCEPTABLE
Morgenstern-Price :	FS = 2.80 > 1.50	ACCEPTABLE

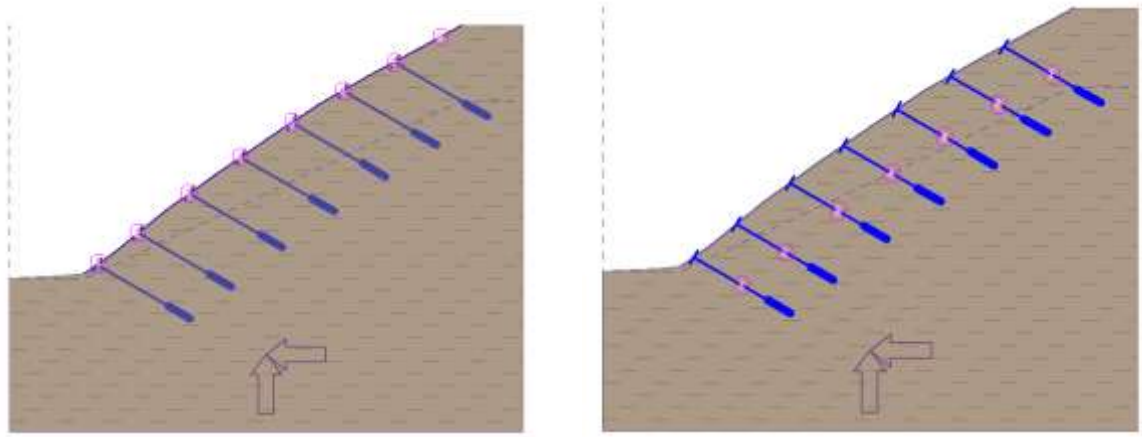
Nota. Software GEO5 (2025).

3.5.3.3.Estabilidad del talud N° 03 (km 13+190 al 13+245) usando geomallas

La Figura 55, se presentan los parámetros de configuración de diseño de la geomalla con anclajes, incluyendo su ubicación, geometría, resistencia del geosintético y Carga del anclaje. Para el talud N° 03 se ha considerado una geomalla uniaxial con una resistencia de 120 kN/m, con un coeficiente de interacción suelo – geomalla de C = 0.65. Además, se ha utilizado 7 anclajes estos están ubicados en las coordenadas X = 8.50, Z = 1.28, X = 12.50, Z = 4.38, X = 17.50, Z = 8.23, X = 22.50, Z = 11.77, X = 27.50, Z = 15.14, X = 32.50, Z = 18.22, X = 37.50, Z = 21.00, con longitudes de 8 m, 2.5 m de bulbo, con una inclinación de 30°, espaciamiento de 1 m y una carga de anclaje de 500 kN.

Figura 55

Configuración para el diseño de la estabilidad con geomalla – talud N° 03 (GEO5_slope stability)



No.	Reinforcement	Point to the left		Point to the right		Length	Tensile strength	Pull out resistance	End of
	new	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]	L [m]	R_t [kN/m]		reinf.
1	Yes	7.36	0.46	10.00	2.37	3.26	120.00	C = 0.65	Fixed
2	Yes	10.00	2.37	15.00	6.40	6.42	120.00	C = 0.65	Fixed
3	Yes	15.00	6.40	20.00	10.05	6.19	120.00	C = 0.65	Fixed
4	Yes	20.00	10.05	25.00	13.49	6.07	120.00	C = 0.65	Fixed
5	Yes	25.00	13.49	30.00	16.79	5.99	120.00	C = 0.65	Fixed
6	Yes	30.00	16.79	35.00	19.65	5.76	120.00	C = 0.65	Fixed
7	Yes	35.00	19.65	40.00	22.35	5.68	120.00	C = 0.65	Fixed
8	Yes	40.00	22.35	44.10	24.59	4.67	120.00	C = 0.65	Fixed

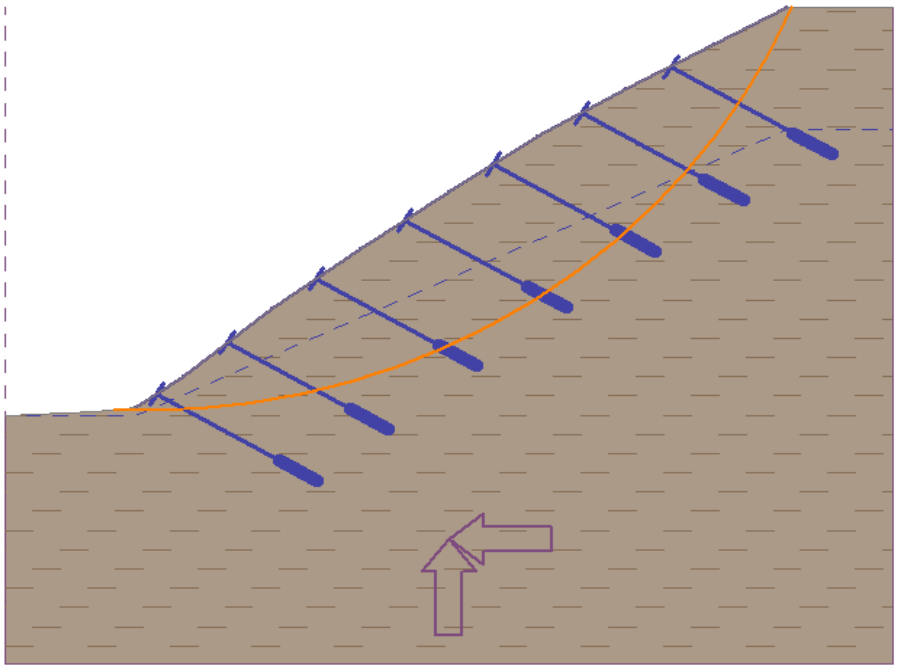
No.	Anchor		Origin		Free length	Root length	Slope	Anchor spacing	Force
	new	post-stressed	x [m]	z [m]	l [m]	l_k [m]	α [°]	b [m]	F [kN]
1	Yes		8.50	1.28	8.00	2.50	30.00	1.00	500.00
2	Yes		12.50	4.38	8.00	2.50	30.00	1.00	500.00
3	Yes		17.50	8.23	8.00	2.50	30.00	1.00	500.00
4	Yes		22.50	11.77	8.00	2.50	30.00	1.00	500.00
5	Yes		27.50	15.14	8.00	2.50	30.00	1.00	500.00
6	Yes		32.50	18.22	8.00	2.50	30.00	1.00	500.00
7	Yes		37.50	21.00	8.00	2.50	30.00	1.00	500.00

Nota. Software GEO5 (2025).

La figura 56, muestra los resultados del análisis con geomalla y anclajes presentan factores de seguridad entre 1.51 y 2.98, lo que según la clasificación corresponde a una condición de estabilidad estable, evidenciando una mejora significativa en la estabilidad del talud con la incorporación del sistema de refuerzo. Además, recalcar que se requiere anclajes de capacidad media lo cuales están en el rango de 300 – 600 kN de capacidad de carga.

Figura 56

Diseño de la estabilidad con Geomalla– Talud N° 03 (GEO 05_slope stability)



Slope stability verification (all methods)

Bishop :	FS = 1.56 > 1.50	ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson :	FS = 1.51 > 1.50	ACCEPTABLE
Spencer :	FS = 2.98 > 1.50	ACCEPTABLE
Janbu :	FS = 2.98 > 1.50	ACCEPTABLE
Morgenstern-Price :	FS = 2.98 > 1.50	ACCEPTABLE

Nota. Software GEO5 (2025).

3.5.3.4.Comparación del FS después de la estabilización mediante geomallas

La tabla 16, se compara los FS obtenidos mediante el análisis de estabilidad de los taludes en su condición más crítica y después de la aplicación de geomallas. En su condición más crítica, los valores iniciales fueron inferiores a FS ≥ 1.5 (Condición Estable), variando entre 0.57 y 0.90, luego de la incorporación de micropilotes de bambú, los factores de seguridad se incrementaron significativamente, alcanzado valores entre 1.51 y 168, considerando el método de Bishop y Fellenius/Peteterson por proporcionar valores más conservadores. Todos los valores obtenidos superaron el valor mínimo requerido de FS ≥ 1.5, considerado como criterio de estabilidad.

Tabla 16

Comparación del FS después de la estabilización mediante geomallas

Comparación del Análisis de Estabilidad Mediante Geomallas						
Método	**Talud N° 01**		**Talud N° 02**		**Talud N° 03**	
	Condición Crítica	**Con Geomalla**	**Condición Crítica**	**Con Geomalla**	**Condición Crítica**	**Con Geomalla**
Bishop	0.85	1.67	0.84	1.68	0.61	1.56
Fellenius/ Petterson	0.8	1.58	0.73	1.57	0.57	1.51
Spencer	0.88	2.69	0.86	2.8	0.61	2.98
Janbu	0.87	2.69	0.85	2.8	0.77	2.98
Morgenstern-Price	0.9	2.69	0.85	2.8	0.61	2.98

Nota. Elaboración propia

IV. DISCUSIÓN

Al evaluar la estabilización de taludes mediante el uso de Micropilotes de Bambú y Geomalla en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca, se tuvo que la incorporación de sistemas de estabilización mediante micropilotes de bambú y geomalla demostró ser una alternativa eficaz para mejorar la estabilidad de los taludes. Los resultados del modelamiento geotécnico evidenciaron un incremento significativo del factor de seguridad en los tres taludes analizados, alcanzando valores superiores al mínimo requerido para taludes viales. En este sentido, los micropilotes de bambú mostraron mayor efectividad en el control de fallas profundas, mientras que la geomalla contribuyó al confinamiento del suelo y al control de fallas superficiales, mejorando la estabilidad global del talud. En conjunto, estos resultados confirman que la aplicación de ambos sistemas de refuerzo permite mejorar significativamente la estabilidad de los taludes, cumpliendo con los criterios de seguridad geotécnica y contribuyendo a la protección de la infraestructura vial. Estos resultados coinciden con lo reportado por Llauce et al (2021), quienes demostraron que el uso de geomallas de bambú incrementó la capacidad portante del suelo en aproximadamente un 20 %, resaltando el potencial del bambú como material de refuerzo geotécnico sostenible. Asimismo, son consistentes con el estudio de Samal et al. (2023), quienes encontraron que el empleo de refuerzos de bambú incrementó el factor de seguridad en alrededor del 80 % y redujo considerablemente los desplazamientos del talud, confirmando su eficacia en la estabilización de laderas. Finalmente, los resultados también concuerdan con lo señalado por Jaibin et al. (2025), quienes concluyeron que las geomallas de bambú incrementan la resistencia al corte del suelo y mejoran significativamente su estabilidad, consolidándose como una alternativa sostenible frente a materiales sintéticos. En conjunto, estas investigaciones respaldan los resultados obtenidos en la presente tesis y confirman que el uso combinado de micropilotes de bambú y geomalla constituye una solución técnica eficiente y ambientalmente sostenible para la estabilización de taludes en infraestructura vial.

El levantamiento topográfico realizado en el tramo San Lorenzo – Jaén – Cajamarca permitió caracterizar geométricamente tres taludes ubicados en sectores críticos con alta recurrencia de deslizamientos, constituyendo la base para el análisis de estabilidad. El tramo evaluado comprende aproximadamente 20 km entre el C.P. San Lorenzo y el C.P. Vista Alegre de Chingama, donde se identificaron pendientes pronunciadas y alturas considerables que incrementan la susceptibilidad a fallas. El talud N° 01 (km 8+048 – 8+100) presenta una altura de 12.36 m y una pendiente aproximada de 91.62%, configurando una condición geométrica

altamente desfavorable debido al incremento de esfuerzos cortantes. El talud N° 02 (km 09+355 – 09+405) tiene una altura de 10.38 m y una pendiente de 73.510%, lo que representa un riesgo moderado a alto, especialmente ante factores externos como lluvias y vibraciones vehiculares. El talud N° 03 (km 13+190 – 13+245) alcanza una altura de 24.13 m y una pendiente de 65.67%, donde la considerable altura incrementa el peso del macizo y favorece posibles fallas rotacionales. En conjunto, los resultados evidencian que los tres taludes presentan condiciones geométricas críticas que justifican la implementación de medidas de estabilización. Asimismo, los perfiles obtenidos permitieron una adecuada modelación en el software de estabilidad, reduciendo la incertidumbre en el diseño de soluciones de refuerzo. Estos hallazgos guardan relación con lo señalado por Rivera y Vicuña (2023), quienes, en su análisis probabilístico de los taludes de la Costa Verde en Magdalena del Mar, identificaron inclinaciones comprendidas entre 50° y 90°, clasificándolas como pendientes altas con elevado potencial de inestabilidad. En ambos estudios se confirma que la geometría del talud constituye un factor determinante en la estabilidad. En el caso de la Costa Verde, además de la pendiente pronunciada, los taludes deben soportar cargas adicionales en la corona (edificaciones, pavimentos y parques), así como solicitaciones sísmicas debido al contexto tectónico del Perú. De manera similar, aunque en un contexto rural, los taludes de la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca están expuestos a factores externos como precipitaciones intensas, erosión y vibraciones vehiculares, que pueden actuar como desencadenantes de fallas en pendientes geométricamente desfavorables. Carrión (2019) en el análisis y diseño de estabilidad de talud en el sector Sausacocha – Pallar (KM 8+000 al 9+000), donde también se identificaron configuraciones geométricas críticas que condicionan el comportamiento geotécnico del macizo. En su estudio, el talud evaluado presenta una altura aproximada de 130 m, un desarrollo vertical considerable y una relación geométrica H:L de 3:2, lo que evidencia una configuración de gran escala con importante influencia del peso propio del material. Asimismo, el área de estudio supera los 16,500 m², indicando un talud de dimensiones mucho mayores que los evaluados en la presente investigación. Aunque las alturas de los taludes en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca (12.33 m, 10.38 m y 24.13 m) son menores en comparación, comparten la característica de presentar pendientes pronunciadas que incrementan los esfuerzos cortantes y reducen el factor de seguridad en condición natural. Una diferencia importante radica en la escala y magnitud geométrica. Mientras Carrión (2019) analiza un talud de gran desarrollo vertical, donde la estabilidad está fuertemente condicionada por el peso del macizo y posibles mecanismos de falla profunda de gran volumen, en la presente investigación los taludes presentan menor altura, pero combinan pendientes elevadas con suelos de

resistencia moderada a baja, lo que genera inestabilidad incluso en alturas relativamente menores. Esto demuestra que no solo la altura absoluta del talud es determinante, sino también la relación pendiente–material–condiciones ambientales. Asimismo, en ambos estudios el levantamiento topográfico detallado constituye la base fundamental para la modelación en software especializado y la identificación de superficies críticas de falla. Tanto en el sector Sausacocha como en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca, la correcta definición geométrica permitió reducir la incertidumbre en el análisis de estabilidad y sustentar técnicamente el diseño de soluciones de estabilización. También los resultados son consistentes con lo reportado por Kumart et al. (2025), quienes señalan que la caracterización topográfica detallada y el análisis de la geometría de los taludes son fundamentales para identificar sectores con mayor susceptibilidad a deslizamientos y para desarrollar estrategias de estabilización seguras en infraestructura vial.

De las propiedades físicas y mecánicas del suelo, a partir de los ensayos de laboratorio realizados en las calicatas C-1, C-2 y C-3, se evidenció la presencia de suelos con características variables. En el talud N° 01 (C-1), ubicado entre los km 8+048 y 8+100, el suelo fue clasificado como SC (arena arcillosa) según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). Este tipo de suelo presenta una combinación de fracción arenosa predominante con contenido apreciable de finos plásticos, lo cual se refleja en un límite líquido de 20.8% y un índice plástico de 12.2%. Estas características indican un suelo con plasticidad baja a media, susceptible a variaciones de resistencia en presencia de humedad. Si bien el ángulo de fricción efectivo obtenido (25°) proporciona cierta resistencia al corte, la cohesión moderada registrada sugiere que, bajo condiciones de saturación, el comportamiento del suelo puede tornarse inestable, especialmente en taludes de elevada pendiente como los identificados en este tramo. Por otro lado, el talud N° 02 (C-2), localizado entre los km 09+355 y 09+405, presenta un suelo clasificado como SM (arena limosa). La granulometría indica un menor contenido de finos plásticos, lo cual se confirma con un índice plástico de 3.2%, evidenciando un suelo de baja plasticidad. El ángulo de fricción efectivo de 28° refleja un comportamiento más friccional, lo que teóricamente favorece la estabilidad. Sin embargo, la cohesión efectiva baja (0.04 kg/cm²) reduce la resistencia al corte cuando el suelo se encuentra sometido a cargas adicionales o infiltración de agua, lo que explica la presencia de zonas inestables en este tramo pese a contar con pendientes menores que el talud N° 01. En el caso del talud N° 03 (C-3), correspondiente

al tramo entre los km 13+190 y 13+245, el suelo fue clasificado como CL (arcilla de baja plasticidad). Este tipo de suelo presenta un mayor contenido de finos, reflejado en un límite líquido de 29.1% y un índice plástico de 13%, lo que indica una mayor susceptibilidad a cambios volumétricos y pérdida de resistencia al incrementar la humedad. El ángulo de fricción efectivo de 21°, el menor de los tres taludes evaluados, sumado a la significativa altura del talud, representa una condición crítica para la estabilidad, ya que las arcillas tienden a desarrollar superficies de falla bien definidas bajo esfuerzos prolongados y condiciones de saturación. Asimismo, los resultados de capacidad admisible y asentamientos muestran que el talud N° 03 presenta los valores más bajos de capacidad portante, en comparación con los taludes N° 01 y 02, lo que confirma su mayor vulnerabilidad frente a cargas y refuerza la necesidad de medidas de estabilización. En todos los casos, los asentamientos calculados se mantienen dentro de límites aceptables; sin embargo, la distorsión angular adoptada (1/500) y los valores de rigidez del suelo (Ks) evidencian que, sin refuerzo, los taludes podrían experimentar deformaciones progresivas que desencadenen fallas superficiales o profundas. En conjunto, los resultados obtenidos permiten afirmar que las propiedades físicas y mecánicas de los suelos evaluados influyen de manera determinante en la estabilidad de los taludes de la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca. La presencia de suelos arenosos con finos (SC y SM) y arcillosos de baja plasticidad (CL), combinados con condiciones geométricas desfavorables y posibles incrementos de humedad, justifican técnicamente la necesidad de implementar sistemas de estabilización. Según Carrión et al. (2021) en su estudio sobre evaluación de estabilidad de pendientes en un área urbana. En dicho trabajo, las propiedades físico-mecánicas de las rocas evaluadas en estaciones geomecánicas (GS02, GS04, GS08, GS10, GS13, GS14, GS15 y GS16) evidencian valores de resistencia a la compresión entre 270 y 685 kg/cm², cohesiones entre 105 y 150 kg/cm² y ángulos de fricción entre 32° y 43°, lo que corresponde a materiales competentes con comportamiento predominantemente friccional y buena capacidad portante. En contraste, los suelos evaluados en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca presentan parámetros resistentes considerablemente menores, con ángulos de fricción efectivos entre 21° y 28° y cohesiones significativamente bajas (especialmente en el suelo SM), lo que evidencia una menor resistencia al corte frente a condiciones de carga y saturación. Mientras que Carrión et al. analizan pendientes conformadas mayoritariamente por materiales rocosos con alta resistencia mecánica, el presente estudio aborda taludes constituidos por suelos granulares con finos y arcillas de baja plasticidad, materiales intrínsecamente más vulnerables a la infiltración y a la reducción de resistencia efectiva. Por otro lado, también los resultados encontrados coinciden con lo señalado por Abd (2024), quien

concluye que la resistencia al corte del suelo, representada principalmente por la cohesión y el ángulo de fricción, constituye uno de los factores más determinantes en la estabilidad de los taludes, especialmente en proyectos viales. López y Sernaqué (2023) en su estudio análisis determinístico de estabilidad de taludes en la carretera Puente Cumbil, Cajamarca. Los ensayos de laboratorio identificaron principalmente suelos tipo GM (gravas limosas), ML (limos de baja plasticidad) y CL (arcillas de baja plasticidad), con pesos unitarios compactados entre 12.43 y 16.22 kN/m³ y ángulos de fricción que alcanzan valores de hasta 30.7° en los materiales más competentes. Estos parámetros muestran una variabilidad geotécnica similar a la observada en la presente investigación, donde también se identifican suelos granulares con finos y arcillas de baja plasticidad. Una coincidencia importante entre ambos estudios es que los suelos tipo CL presentan mayor susceptibilidad a la pérdida de resistencia bajo condiciones de saturación, debido a su contenido de finos y comportamiento plástico. En el caso del talud N° 03 del presente estudio, el ángulo de fricción efectivo de 21° y la considerable altura del talud generan condiciones críticas de estabilidad, lo cual es consistente con lo observado por López y Sernaqué (2023), quienes señalan que los suelos con menor fricción y mayor contenido de finos presentan menores márgenes de seguridad frente a solicitaciones externas. Asimismo, ambos trabajos evidencian que la variabilidad del peso unitario y la clasificación SUCS influyen directamente en la capacidad portante y en los mecanismos de falla potenciales. Mientras que en el estudio de Puente Cumbil predominan materiales granulares tipo GM con comportamiento más friccional, en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca la combinación de arenas con finos (SC y SM) y arcillas (CL) genera una mayor sensibilidad frente a incrementos de humedad, lo que reduce la resistencia efectiva y favorece fallas rotacionales. En consecuencia, tanto la presente investigación como la desarrollada por López y Sernaqué (2023) confirman que la caracterización geotécnica detallada mediante ensayos de laboratorio es fundamental para el análisis determinístico de estabilidad. La clasificación SUCS, los parámetros de resistencia al corte y el peso unitario constituyen variables críticas que condicionan el comportamiento del talud y justifican la implementación de medidas de estabilización en tramos con condiciones geométricas y geológicas desfavorables.

El análisis de estabilidad de los taludes realizado mediante software especializado GEO5 evidenciaron que los tres taludes evaluados presentan condiciones de estabilidad deficientes bajo los diferentes escenarios analizados, ya que en todos los casos los factores de seguridad (FS) resultaron inferiores al valor mínimo recomendado de 1.50 para taludes de carreteras. En el Talud N° 01, los factores de seguridad oscilaron entre 1.07 y 1.21 para la

condición estática, disminuyendo hasta valores entre 0.80 y 0.90 cuando se consideró simultáneamente el nivel freático y la acción sísmica. De manera similar, el talud N° 02 presentó factores de seguridad entre 1.18 y 1.34 en condición estática y entre 0.73 y 0.86 bajo condiciones combinadas de saturación y sismo. Por su parte, el talud N° 03 mostró el comportamiento más crítico, registrando factores de seguridad entre 0.84 y 0.90 en condición estática y valores mínimos entre 0.57 y 0.77 cuando se incorporó la influencia del nivel freático y la acción sísmica. Estos resultados demuestran que ninguno de los taludes cumple con los criterios mínimos de estabilidad exigidos para infraestructura vial, evidenciando la necesidad de implementar medidas de estabilización. Respecto a la influencia del agua subterránea, los resultados muestran reducciones de aproximadamente 10 % a 24 % en los factores de seguridad de los taludes evaluados. Este comportamiento es consistente con los principios planteados por Terzaghi y Peck (1996), quienes indican que el incremento de la presión intersticial reduce la resistencia al corte del suelo y favorece la ocurrencia de deslizamientos. Particularmente, el talud N° 03 presentó la mayor afectación debido a que está conformado por un suelo tipo CL con un ángulo de fricción interna de 21°, inferior al registrado en los demás taludes, condición que incrementa su vulnerabilidad frente a procesos de saturación. En relación con el análisis pseudoestático, la inclusión de cargas sísmicas también provocó disminuciones considerables del factor de seguridad en todos los taludes evaluados. Este comportamiento se explica por el incremento de fuerzas inerciales que actúan sobre la masa potencialmente inestable, aumentando las fuerzas desestabilizadoras y reduciendo el margen de seguridad del sistema. Los resultados obtenidos son coherentes con lo reportado por Morales et al. (2022), quienes señalan que la acción sísmica genera una reducción significativa de la estabilidad de taludes, especialmente en zonas montañosas con pendientes pronunciadas y materiales de baja resistencia al corte. Asimismo, se observó que la condición más crítica corresponde al escenario combinado de nivel freático y análisis sísmico, donde los factores de seguridad alcanzaron sus valores mínimos en los tres taludes estudiados. Este comportamiento evidencia el efecto sinérgico entre la saturación del suelo y las cargas dinámicas, ya que la presencia simultánea de ambos factores reduce considerablemente la resistencia al corte y aumenta las probabilidades de falla. Los resultados obtenidos muestran reducciones de hasta 38 % respecto a la condición estática, lo que confirma que la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca presenta sectores con alta susceptibilidad a procesos de inestabilidad geotécnica, especialmente durante temporadas de lluvia o ante eventos sísmicos. Finalmente, el análisis comparativo permitió identificar que el talud N° 03 constituye el sector más vulnerable de la carretera, debido a que presentó los menores factores de seguridad en todos los escenarios evaluados.

Esta situación se encuentra relacionada con las características geotécnicas del suelo, particularmente su menor ángulo de fricción interna y las condiciones geométricas del talud. En el estudio de Lavado et al. (2021), los resultados muestran que, en escenario estático, los factores de seguridad alcanzan valores de 1.34 (superficie no circular) y 1.29 (superficie circular), los cuales, si bien son superiores a la unidad, no cumplen con el criterio mínimo de 1.50 para taludes con implicancias de riesgo. Bajo condición pseudoestática, los factores de seguridad se reducen a valores cercanos a 1.00 y 1.03, evidenciando una disminución significativa de la estabilidad frente a solicitaciones sísmicas. Estos resultados demuestran la alta sensibilidad de los taludes ante cargas dinámicas, especialmente en zonas costeras con influencia sísmica. De manera similar, en la presente investigación se obtuvieron factores de seguridad inferiores a 1.0 en los taludes N° 01 y 03 en condición natural, y valores entre 1.11 y 1.19 en el talud N° 02, todos por debajo del criterio de diseño adoptado. Esta coincidencia evidencia que, tanto en contextos urbanos como rurales, los taludes con geometrías pronunciadas y materiales de resistencia moderada a baja presentan un comportamiento crítico cuando no cuentan con sistemas de estabilización adecuados. Una diferencia relevante radica en el contexto geológico y de solicitación. Mientras Lavado et al. (2021) analizan un talud rocoso costero influenciado por solicitaciones sísmicas y erosivas, el presente estudio evalúa taludes constituidos principalmente por suelos granulares con finos y arcillas de baja plasticidad, donde la inestabilidad está más asociada a la baja resistencia al corte y a la geometría desfavorable. No obstante, en ambos casos se confirma que el análisis mediante métodos de equilibrio límite y la comparación entre escenarios estáticos y pseudoestáticos resulta fundamental para identificar condiciones críticas. En consecuencia, los resultados de ambas investigaciones coinciden en demostrar que factores de seguridad cercanos o inferiores a 1.30 representan condiciones no aceptables para infraestructura vial, y que la implementación de medidas de estabilización estructural es indispensable para garantizar la seguridad y funcionalidad de los taludes.

El modelamiento geotécnico tanto los micropilotes de bambú como las geomallas con anclajes constituyen alternativas técnicamente viables para la estabilización de los taludes evaluados, debido a que en todos los casos se logró incrementar el factor de seguridad por encima del valor mínimo recomendado de 1.50 para taludes de carreteras. Antes de la intervención, los tres taludes presentaban condiciones de estabilidad crítica, con factores de seguridad inferiores a los valores exigidos para obras viales; sin embargo, la incorporación de los sistemas de refuerzo permitió alcanzar condiciones estables y aceptables desde el punto de

vista geotécnico. En el caso de los micropilotes de bambú, los resultados mostraron factores de seguridad entre 1.61 y 2.97 para el talud N° 01, entre 1.60 y 3.09 para el talud N° 02 y entre 1.57 y 5.53 para el talud N° 03, evidenciando incrementos significativos respecto a la condición inicial de los taludes. Estos resultados demuestran que los micropilotes de bambú actúan como elementos resistentes capaces de interceptar las superficies potenciales de falla y transferir parte de los esfuerzos hacia estratos más estables del terreno, aumentando la resistencia al corte del sistema suelo-refuerzo. Este comportamiento coincide con lo señalado por Fuqaha et al. (2025), quienes reportan que los pilotes de bambú tratados pueden desarrollar capacidades de carga cercanas a 75 kN y mantener un adecuado comportamiento estructural en suelos de baja capacidad portante, constituyéndose como una alternativa sostenible para aplicaciones geotécnicas. Asimismo, se observó que el talud N° 03 requirió una mayor cantidad de elementos de refuerzo en comparación con los demás sectores evaluados, incorporándose siete micropilotes de bambú con capacidades entre 147 kN y 216 kN, debido a que este talud presentó los menores factores de seguridad durante el análisis inicial. Este comportamiento demuestra que la magnitud de la intervención está directamente relacionada con el grado de inestabilidad inicial del talud y con las características geotécnicas del suelo. A pesar de presentar la condición más desfavorable, la implementación de micropilotes permitió elevar el factor de seguridad por encima de 1.50, confirmando la efectividad del sistema de estabilización propuesto. Respecto al uso de geomallas reforzadas con anclajes geotécnicos, los resultados también evidenciaron una mejora significativa en la estabilidad de los taludes. Los factores de seguridad obtenidos variaron entre 1.58 y 2.69 para el talud N° 01, entre 1.57 y 2.80 para el talud N° 02 y entre 1.51 y 2.98 para el talud N° 03. Estos resultados indican que la geomalla contribuye a incrementar la resistencia interna del suelo mediante el efecto de confinamiento y distribución de esfuerzos, mientras que los anclajes permiten transmitir las cargas hacia zonas más competentes del terreno, reduciendo la posibilidad de desplazamientos y fallas superficiales. El desempeño observado coincide con lo reportado por Zhang et al. (2020), quienes señalan que la interacción suelo-geomalla mejora significativamente la capacidad resistente del terreno, especialmente en taludes constituidos por materiales finos y de baja resistencia. Por otro lado, el diseño de geomallas requirió el empleo de anclajes de capacidad media, con cargas de trabajo de 400 kN para los taludes N° 01 y 02, y de 500 kN para el talud N° 03, todos instalados con una inclinación de 30°. Los anclajes empleados en los tres taludes fueron dispuestos con una inclinación de 30°. Esta configuración guarda concordancia con la tendencia reportada por Kavya et al. (2024), quienes observaron un incremento del factor de seguridad al aumentar la inclinación de los clavos de suelo hasta 30°,

correspondiente al máximo ángulo evaluado en su modelamiento. Al comparar ambas alternativas de estabilización, se observa que los micropilotes de bambú alcanzaron factores de seguridad máximos superiores a los obtenidos con geomallas, especialmente en el talud N° 03, donde se logró un factor de seguridad de hasta 5.53 frente a 2.98 alcanzado con geomalla y anclajes. Este comportamiento indica que los micropilotes proporcionan una mayor capacidad de resistencia frente a superficies profundas de falla, debido a que generan un efecto estructural directo dentro de la masa de suelo. Sin embargo, ambas soluciones lograron superar el criterio mínimo de diseño (FS ≥ 1.50), por lo que pueden considerarse técnicamente adecuadas para la estabilización de los taludes estudiados. Estos hallazgos guardan relación con lo reportado por Cataño (2024), quien evaluó el comportamiento estructural de micropilotes de bambú en la estabilización provisional de subrasantes blandas saturadas en zonas tropicales. En el estudio de Cataño (2024), la efectividad del sistema se midió a través de la reducción de deflexiones, obteniéndose mejoras que variaron entre 8.76% y 88.98%, dependiendo del diámetro, longitud y densidad de micropilotes por metro cuadrado. Los mejores resultados estructurales se alcanzaron con trece (13) micropilotes de 4” de diámetro y 1.5 m de longitud, lo que demuestra que la eficiencia del sistema depende directamente de su configuración geométrica y profundidad de anclaje. De manera similar, en la presente investigación se comprobó que el incremento del diámetro y la capacidad portante de los micropilotes generó mayores factores de seguridad, especialmente en el talud N° 03, donde el uso de micropilotes de 12 cm de diámetro y mayor capacidad permitió alcanzar valores de FS superiores a 1.75 e incluso mayores a 5.0 en algunos métodos de análisis. Esto confirma, al igual que en Cataño (2024), que el desempeño del refuerzo está estrechamente relacionado con la interacción suelo–micropilote y la adecuada disposición del sistema dentro del macizo. No obstante, existe una diferencia metodológica relevante entre ambos estudios. Mientras Cataño (2024) evaluó el comportamiento frente a cargas verticales mediante reducción de deflexión en subrasantes saturadas (enfoque estructural-superficial y de carácter temporal), la presente investigación analiza la estabilidad global de taludes mediante métodos de equilibrio límite (enfoque geotécnico profundo y de carácter permanente). En este sentido, los micropilotes no solo reducen deformaciones, sino que interceptan directamente superficies críticas de falla, aumentando la resistencia al corte del sistema suelo-refuerzo y mejorando el comportamiento global del talud. En consecuencia, ambos estudios coinciden en que los micropilotes de bambú constituyen una solución técnicamente viable y eficiente; sin embargo, el presente trabajo amplía la evidencia científica al demostrar su efectividad no solo en la mejora del desempeño estructural superficial, sino también en el incremento significativo del factor de seguridad en

sistemas de falla profunda en taludes viales. Asimismo, Alberca y Rondo (2020) en su estudio sobre estabilización de taludes mediante geomalla coextruida mono orientada en la carretera Samne–Casmiche. Luego de la incorporación de geomalla y anclajes, el factor de seguridad del segundo talud se incrementó hasta 2.06, clasificándolo como estable y aceptable. Este resultado confirma que el aporte tensional de la geomalla, correctamente anclada e interceptando la superficie crítica de falla, mejora sustancialmente la estabilidad global del talud. De manera similar, en la presente investigación la modelación de la geomalla como sistema de anclajes equivalentes, con fuerzas de refuerzo entre 200 kN y 500 kN, permitió elevar los factores de seguridad a valores superiores a 2.0, evidenciando un comportamiento altamente satisfactorio. Una coincidencia técnica importante entre ambos estudios es que la geomalla actúa principalmente como un sistema de refuerzo superficial e interno, proporcionando confinamiento del suelo, redistribución de esfuerzos y control de deformaciones, especialmente en mecanismos de falla superficial y mixta. En ambos casos, el incremento del FS confirma que la adecuada disposición, longitud y capacidad resistente del refuerzo son determinantes para el desempeño del sistema. No obstante, una diferencia relevante radica en el enfoque integral del presente estudio, donde además de la geomalla se evaluó el desempeño de micropilotes de bambú como sistema de refuerzo profundo. Mientras que Alberca y Rondo (2020) demostraron la eficacia de la geomalla como solución estructural para estabilizar el talud, la presente investigación amplía la evidencia al comparar su comportamiento con un sistema alternativo profundo, evidenciando que los micropilotes resultan particularmente eficaces para controlar fallas profundas, mientras que la geomalla optimiza el control superficial y mixto. En consecuencia, ambos estudios coinciden en que la geomalla constituye una solución técnicamente viable y eficaz para estabilización de taludes viales, logrando factores de seguridad superiores al mínimo exigido. Asimismo, los resultados de la presente investigación refuerzan la viabilidad de su uso combinado con sistemas de refuerzo profundo, permitiendo alcanzar mayores márgenes de seguridad y mejorar la confiabilidad estructural en taludes con condiciones geométricas críticas.

De la hipótesis planteada, que si el uso de micropilotes de bambú y geomalla en la estabilización del talud de la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca, es significativo. Los resultados permiten afirmar que el uso de micropilotes de bambú y geomallas constituye una alternativa eficiente para mejorar la estabilidad de taludes en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca. Además de alcanzar factores de seguridad aceptables, estas soluciones presentan ventajas asociadas a la sostenibilidad y disponibilidad de materiales, particularmente en el caso

del bambú Guadua angustifolia, especie ampliamente distribuida en la región norte del Perú. Por ello, la implementación de estas técnicas representa una opción técnicamente viable para reducir la susceptibilidad a deslizamientos y garantizar la seguridad de la infraestructura vial en zonas geotécnicamente inestables. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Llauce et al. (2021), quienes evidenciaron que el bambú utilizado como elemento de refuerzo incrementa la capacidad portante del suelo y mejora su comportamiento mecánico. Asimismo, concuerdan con Samal et al. (2023), quienes determinaron que los sistemas de refuerzo con bambú incrementan el factor de seguridad y reducen los desplazamientos en taludes inestables. De igual manera, los resultados son consistentes con Jaibin et al. (2025), quienes concluyeron que las geomallas de bambú mejoran la resistencia al corte y la estabilidad global del suelo, consolidándose como una alternativa sostenible para obras geotécnicas.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los taludes en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca presentaron factores de seguridad inferiores al mínimo recomendado (FS ≥ 1.50), evidenciando condiciones de inestabilidad que se agravan por la presencia de nivel freático y cargas sísmicas. Sin embargo, el diseño de estabilización mediante micropilotes de bambú y geomalla permitió incrementar significativamente los factores de seguridad, alcanzando valores aceptables para garantizar la estabilidad de los taludes. Entre ambas alternativas, los micropilotes de bambú mostraron un mejor desempeño, constituyéndose en una solución técnica viable para mejorar la seguridad y estabilidad de la infraestructura vial.
- El levantamiento topográfico realizado en los taludes de la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca permitió conocer con mayor precisión las características geométricas del terreno. Los resultados muestran que el talud N° 01 presenta una pendiente de 91.62 % y una altura de 12.36 m; el talud N° 02, una pendiente de 73.51 % y una altura de 10.38 m; y el talud N° 03, una pendiente de 65.67 % y una altura de 24.13 m. Estas características evidencian pendientes pronunciadas y alturas considerables que condicionan la estabilidad de los sectores evaluados y favorecen la presencia de esfuerzos cortantes y posibles deslizamientos. Por ello, la información obtenida mediante el levantamiento topográfico constituye una base fundamental para el análisis de estabilidad y el planteamiento de las medidas de estabilización, debido a que permite representar las condiciones reales de los taludes y considerar su geometría en el diseño de las soluciones propuestas.
- La determinación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de los taludes ubicados en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca permitió identificar para la calicata C-1, C-2 y C-3 la presencia de suelos clasificados como SC, SM y CL respectivamente, cuyas cohesiones fueron de 0.086, 0.04 y 0.071 kg/cm2, con respectivos ángulos de fricción de 25, 28 y 21°; los cuales presentan comportamientos geotécnicos diferenciados frente a las cargas y a la acción del agua. Los resultados de los ensayos granulométricos, límites de Atterberg y parámetros de resistencia al corte evidencian que los suelos arenosos con finos y los suelos arcillosos de baja plasticidad son susceptibles a la pérdida de resistencia, especialmente bajo condiciones de incremento de humedad. Asimismo, los valores obtenidos de ángulo de fricción, cohesión y capacidad admisible confirman que las características físicas del suelo

influyen de manera determinante en la estabilidad de los taludes, justificando la necesidad de implementar sistemas de estabilización adecuados para reducir el riesgo de deslizamientos.

- El análisis de estabilidad del talud permitió determinar que los tres taludes evaluados en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca presentan condiciones de estabilidad deficientes en su estado natural, al registrar factores de seguridad inferiores al valor mínimo recomendado de 1.50 para taludes carreteros. El talud N° 01 presentó factores de seguridad entre 1.07 y 1.21 en condición estática, disminuyendo hasta valores de 0.80 a 0.90 bajo la acción combinada del nivel freático y sismo; el talud N° 02 registró factores de seguridad entre 1.18 y 1.34 en condición estática y entre 0.73 y 0.86 en la condición más crítica; mientras que el talud N° 03 evidenció el comportamiento más desfavorable, con factores de seguridad entre 0.84 y 0.90 en condición estática y entre 0.57 y 0.77 bajo condiciones de saturación y carga sísmica. Asimismo, se comprobó que la presencia del nivel freático y las solicitaciones sísmicas reducen significativamente la estabilidad de los taludes debido al incremento de la presión de poros y de las fuerzas desestabilizadoras. En consecuencia, los tres taludes fueron clasificados como no aceptables desde el punto de vista geotécnico, evidenciándose la necesidad de implementar medidas de estabilización para garantizar la seguridad y funcionalidad de la infraestructura vial.
- El diseño de la estabilidad de los taludes mediante el uso de micropilotes de bambú y geomalla, realizado con apoyo de software especializado, demostró que ambas alternativas son técnicamente efectivas para mejorar la estabilidad de los sectores críticos ubicados en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca. Los resultados obtenidos evidenciaron que la incorporación de micropilotes de bambú permitió incrementar los factores de seguridad hasta valores comprendidos entre 1.61 y 2.97 para el talud 01, 1.60 y 3.09 para el talud N° 02 y en el último talud se obtuvo entre 1.57 y 5.53, mientras que el sistema de geomalla reforzada con anclajes alcanzó factores de seguridad entre 1.58 y 2.69 para el talud 01, 1.57 y 2.80 para el talud N° 02 y en el último talud se obtuvo entre 1.51 y 2.98, superando en todos los casos el valor mínimo recomendado de 1.50 para taludes carreteros. Asimismo, se determinó que los micropilotes de bambú proporcionaron mayores incrementos en el factor de seguridad, especialmente en el Talud N° 03, debido a su capacidad para interceptar superficies potenciales de falla y transferir esfuerzos hacia zonas más estables del terreno. Por su parte, la geomalla complementada con anclajes mejoró la resistencia interna del suelo

y redujo la susceptibilidad a desplazamientos, constituyéndose también como una alternativa viable de estabilización. En consecuencia, ambas soluciones permiten alcanzar condiciones adecuadas de estabilidad geotécnica; sin embargo, los micropilotes de bambú mostraron un desempeño superior en términos de incremento del factor de seguridad, representando la alternativa más eficiente para la estabilización de los taludes evaluados.

- Se acepta la hipótesis general, demostrando que estos sistemas de estabilización constituyen una solución técnica eficaz para mejorar la estabilidad y el comportamiento geotécnico de los taludes en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca.

5.2. Recomendaciones

- En los taludes evaluados en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca, se debe completar estas medidas, con sistemas adecuados de drenaje superficial y subterráneo, con la finalidad de reducir la infiltración de agua y minimizar los efectos del nivel freático sobre la estabilidad de los taludes. Además, se sugiere desarrollar futuras investigaciones que evalúen el comportamiento de estos sistemas de estabilización mediante monitoreo en campo y análisis de desempeño a largo plazo, considerando factores ambientales, sísmicos y de durabilidad de los materiales empleados.
- Que los perfiles topográficos obtenidos sean empleados como insumo principal en los modelos numéricos de análisis de estabilidad de taludes, asegurando que la geometría real del terreno sea correctamente representada en el software especializado. Asimismo, se sugiere complementar el levantamiento topográfico con controles periódicos en campo, especialmente después de eventos de lluvia intensa, a fin de identificar posibles variaciones geométricas del talud que puedan afectar su estabilidad. Esta información permitirá optimizar el diseño de los sistemas de estabilización propuestos y reducir el riesgo de deslizamientos en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca.
- Que las propiedades físicas y mecánicas del suelo determinadas en laboratorio sean incorporadas directamente en los análisis de estabilidad y en el diseño de las soluciones de reforzamiento de los taludes, considerando escenarios desfavorables como el incremento de la humedad y la saturación del suelo. Asimismo, se sugiere complementar los estudios realizados con ensayos adicionales de permeabilidad y control de nivel freático, a fin de evaluar con mayor precisión el comportamiento del

suelo frente a la infiltración de agua, optimizando así el diseño de los sistemas de estabilización mediante micropilotes de bambú y geomalla.

- Para los taludes evaluados, se implementen sistemas de estabilización que permitan incrementar el factor de seguridad hasta valores iguales o superiores a 1.50, considerando tanto las condiciones geométricas como las propiedades mecánicas del suelo. Asimismo, se sugiere que los análisis de estabilidad se complementen con evaluaciones bajo escenarios desfavorables, tales como suelos saturados y presencia de cargas adicionales, a fin de garantizar un diseño conservador. La información obtenida del software de estabilidad debe ser empleada como base técnica para el diseño de soluciones de reforzamiento mediante micropilotes de bambú y geomalla, contribuyendo a la reducción del riesgo de deslizamientos en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca.
- En proyectos de estabilización de taludes viales con características geotécnicas y geométricas similares, se considere el uso de micropilotes de bambú y geomallas como alternativas de refuerzo, evaluando su aplicación individual o combinada según el tipo de mecanismo de falla identificado. Asimismo, se sugiere que el diseño de estos sistemas sea optimizado mediante análisis numéricos que contemplen diferentes configuraciones de espaciamiento, longitud y capacidad de carga, así como escenarios desfavorables de saturación del suelo. Finalmente, se recomienda complementar el diseño con un adecuado sistema de drenaje superficial y subterráneo, a fin de maximizar la efectividad del refuerzo y garantizar la estabilidad a largo plazo de los taludes en la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca.
- Se recomienda que futuras investigaciones evalúen y comparen el comportamiento de otros sistemas de estabilización naturales y artificiales, tales como fibras vegetales, geoceldas, gaviones, muros de suelo reforzado, bioingeniería de taludes o geosintéticos de mayor resistencia, con la finalidad de determinar alternativas más eficientes, sostenibles y económicamente viables para el mejoramiento de la estabilidad de taludes en zonas con características geotécnicas similares a las de la carretera San Lorenzo – Jaén – Cajamarca.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abd, H. Z., Sahar, A. K., Abdulhussein, S. K., & Hassan, F. S. (2024). Stability of gypseous soils slopes stabilized with cutback asphalt and lime using the finite element method. *Magazine of Civil Engineering*, *17*(8), 13207. https://cyberleninka.ru/article/n/stability-of-gypseous-soils-slopes-stabilized-with-cutback-asphalt-and-lime-using-the-finite-element-method

Acuña Bueno, J. I., & Galvez Lopez, L. M. (2023). *Evaluación geomecánica para la* estabilidad *de taludes en el tramo km 1360+800 a km 1362+200 de la carretera Hualgayoc – Bambamarca – Cajamarca, 2023* [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/35734

Agrawal, H., & Das, A. A. (2023). Study bamboo as a structural element for efficiency and sensitivity in building and interior elements. *Int. J. Multidiscip. Res*, *5*, 2582-2160. https://pdfs.semanticscholar.org/0141/4aed7254f74a94911fdb760f6d12373b6c96.pdf

Aguirre Castellanos, D. F., Calderón Olaya, A. G., & Gómez Guzmán, O. F. (2022). *Propuesta para la estabilización del talud ubicado en el kilómetro 5 de la vía Ibagué – San Bernardo del municipio de Ibagué -Tolima* [Tesis de Pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional UCC. https://hdl.handle.net/20.500.12494/45958

Agrawal, H., & Das, A. (2023). Study bamboo as structural element for efficiency and sensitivity in building & interior elements. *International Journal for Multidisciplinary Research (IJFMR)*, *5*(3). https://pdfs.semanticscholar.org/0141/4aed7254f74a94911fdb760f6d12373b6c96.pdf

Alberca Abad, C. P., & Rondo Saavedra, C. M. (2020). *Estabilización de taludes utilizando geomalla coextruída mono-orientada en el tramo de la carretera Samne-Casmiche, Departamento la Libertad* [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/43281

Barboza Mejia, A. M. (2021). *Factor de Seguridad para Estabilidad de Taludes usando Métodos Geotécnicos, Con El Software Slide, en los Tramos de la Carretera Lacamaca*

y Sector San Agustín - Hualgayoc-Cajamarca [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. https://hdl.handle.net/11537/28349

Barrantes Gallardo, N.J., Huaman Novoa, L. (2023) *Influencia del uso de Geomalla Biaxial Bx3030 para la estabilización en los suelos del camino vecinal de la localidad El Frutillo – Hualgayoc, Cajamarca - 2023* [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/35246

Basualdo Urbano, A. P., & Gallegos Perez, J. N. (2022). *Análisis comparativo del uso de micropilotes de bambú y concreto para la estabilización de taludes* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/184583

California Department of Transportation. (2021). *Rock cut slopes* (Caltrans Geotechnical Manual). https://dot.ca.gov/-/media/dot-media/programs/engineering/documents/geotechnical-services/202103-gm-rockcutslopes-a11y.pdf

Campos Ojeda, J. H., & Loyaga Murillo, A. R. (2024). *Estabilización de taludes con geomallas: Revisión de literatura* [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/147661

Carrión Aguilar, C. H. (2019). *Análisis y diseño de la estabilidad de talud en el sector Sausacocha - Pallar km. 8+000 al 9+000 provincia de Sánchez Carrión, departamento de la Libertad* [Tesis de Pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio Dspace. https://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/1788

Carrión, P., Briones, J., Morante, F., Stay, D., Blanco, R., & Berrezueta, E. (2021). Evaluación de la estabilidad de taludes en un área urbana como base para la planificación territorial: un estudio de caso. *Applied Sciences*, *22*(1), 1-22. https://doi.org/10.3390/app11115013

Cataño Caja, C. S. (2024). *Micropilotes de bambú para la estabilización provisional de subrasantes blandas saturados en zonas tropicales – Satipo, Junín 2022* [Tesis de

Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/11174

Cruzado Barboza, E. M. (2023). *Análisis geotécnico de laderas y taludes de los alrededores de la ciudad de la Encañada Provincia de Cajamarca - Departamento de Cajamarca* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5851

Cueva Rodriguez, T. (2025). *Estabilización del talud de corte mediante enmallados en las progresivas 28+ 170-28+ 270 carretera Bambamarca–Paccha, Cajamarca–2025* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/8975

Chen, G., Tian, H., Du, Z., Zhang, J., Guo, Y., & Wang, J. (2024). *Study on the interface reinforcement effect of bamboo grid in filled loes embankment in a high and steep gully. Buildings, 14(11), 3423. https://www.mdpi.com/2075-5309/14/11/3423*

Ducan, J. M., Wright, S. G., & Brandon, T. L. (2014). *Soil strength and slope stability* (2nd ed.). John Wiley & Sons. https://istasazeh-co.com/wp-content/uploads/2021/11/Soil-Strength-and-Slope-Stability-1.pdf}

Edilgrid. (2026). *geomalla de polipropileno para refuerzo y estabilización*. Geosintex. https://www.geosintex.com/prodotto/edilgrid/

Fernandez Panduro, J. P., Jara Sanchez, E. H. (2024). *Estabilización de talud con geomallas biaxiales en la carretera Collambay - Sinsicap, provincia de Trujillo, departamento La Libertad - 2024* [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/146638

Federal Highway Administration. (2015). *Geotechnical Engineering Circular No. 7: Soil Nail Walls – Reference Manual (FHWA – NHI – 14 – 007).* U.S. Department of Transportation. https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/40556

Fuqaha, S., Zaki, A., & Nugroho, G. (2025). *Bamboo in construction: Mapping global trends, strategic clusters, and future research pathways*. *Research on Engineering Structures & Materials*, *11*(5), 2581-2604. https://dx.doi.org/10.17515/resm2025-825ma0418rs

Jaibin, J. W., Apandi, N. M., Mustafa, M. S. S., Nagarajah, R., & Abuala, A. I. A. (2025). Bamboo as a Geogrid Material for Enhanced Slope Stabilization. *Sustainable Environmental Insight*, *2*(1), 1-11. https://tecnoscientifica.com/journal/sein/article/view/637

Johan Paing, H. W., & Danang Setiya, R. (2023). Estudio comparativo de muro voladizo convencional y muro de tierra estabilizado mecánicamente para la remediación de fallas de taludes. *Journal of Civil Engineering*, *38*(3), 160-167. https://doi.org/10.12962/j20861206.v38i3.19457

Kavya, L. R., Kumar, A., & Nanda, R. P. (2024). *Effect of soil nails inclination on stability of soil slopes.* Journal of GeoEngineering, 19(3), 102–111. http://dx.doi.org/10.6310/jog.202409_19(3).2

Kumar, A., Rai, S. K., Khan, I., Prashanth, M., Dhar, S., & Verma, O. (2025). Slope stability and surface displacement analysis of the Kuther Landslide in the Dehar Watershed, Himachal Himalaya, Northern India. *Discover Geoscience*, *3*(1), 1. https://link.springer.com/article/10.1007/s44288-024-00107-0

Lavado Mejía, M. B., Alcántara León, R. F., Garagorri Linares, D. A., Lizárraga Callata, W. E., & Ramos Dedios, J. Á. (2022). *Análisis de estabilidad de un talud crítico de la costa verde en el distrito de San Miguel* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. http://hdl.handle.net/20.500.12404/21552

Llauce, A., Durán Ramírez, G., & Fernández Díaz, C. M. (2021). Improvement of gravelly silty sand reinforced with biaxial bamboo geogrid. In *Materials Science Forum*, *1033*, 183-189. https://www.scientific.net/MSF.1033.183

López Dávila, A. K., & Sernaqué Romero, Y. T. (2023). *Análisis determinístico de la estabilidad de taludes de la carretera Puente Cumbil, Cajamarca, Perú* [Tesis de Pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA. https://pirhua.udep.edu.pe/item/b16973cb-f71c-4290-81dd-e88a831e3d84

Medel Barrera, A. (2020). *Estabilidad de taludes con sistema de anclaje* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional de la UNAM. https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000802819

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Geotecnia.* Ministerio de Transportes y Comunicaciones. https://www.gob.pe/mtc

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica E.050: Suelos y Cimentaciones.* Reglamento Nacional de Edificaciones. https://www.gob.pe/vivienda

Morales, C., Bard, A., & Palma, C. (2022). The impact of considering the vertical seismic coefficient kv on the pseudostatic slope stability analysis of downstream tailings sand dams. *Obras y Proyectos*, (32), 25-33. https://revistas.ucsc.cl/index.php/oyp/article/view/1753

Nevado, Q. (2020). *Diseño de taludes con fines de estabilidad para la carretera Olmos – Jaén, tramo km 10 al km 15* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional Universidad César Vallejo. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_eb0954eaba488364ce049729861db0dc

Oblitas Huamán, E. H. (2026). *Efecto de las cargas estáticas, dinámicas y vehiculares en la estabilidad del talud Sector Diablo Pungo-Chota, 2023* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Chota]. Repositorio institucional Universidad Autónoma de Chota. https://repositorio.unach.edu.pe/items/6305efd7-2c36-46f7-a42f-1e851ada0c49

Patel, H. R., Mathakia, R., Mangroliya, U. C., & Mandaliya, V. B. (2023). *Bamboo: A sustainable and versatile material for the future. International Journal for Multidisciplinary Research, 5(3). https://www.ijfmr.com/papers/2023/3/3894.pdf*

Putera, A. M. A., Juliana, I., Cahya, M. E., Yelvi, Y., Agung, P., Adinegara, A. W., Hasan, M. F. R., & Faizal, R. (2025). *Sustainable application of bamboo piles for slope stability and seepage control in soft soils. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1574/1/012025*

Rivera Chanca, G. A., & Vicuña Ríos, L. D. (2024). *Análisis probabilístico aplicado a la estabilidad de los taludes de la costa verde en el distrito de Magdalena del Mar* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio//handle/20.500.12404/26894

Santa Maria Infante, M. A., & Chegne Muñoz, J. L. (2023). *Evaluación Geomecánica - Geotécnica para el diseño y estabilización de taludes en la cantera El Gavilan - Cajamarca 2023* [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/35515

Samal, R., Sahoo, S., & Badavath, N. (2023). Static stability analysis of bamboo grid-reinforced slopes. *Engineering Proceedings*, *56*(1), 112. https://www.mdpi.com/2673-4591/56/1/112

Samal, R., Sahoo, S., & Badavath, N. (2023), *A simple analytical model for bamboo reinforced slopes using modified Bishop method. Frontiers in Built Environment, 9. https://www.frontiersin.org/journals/built-environment/articles/10.3389/fbuil.2023.1080318/full*

Samal, R., Sahoo, S., & Badavath, N. (2024), Static and seismic stability investigation of a bamboo grid reinforced slope with different stepped reinforcing arrangements. Engineering Research Express, 6(1). https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2631-8695/ad32b1

Stacho, J., Sulovská, M., & Slávik, I. (2020). *Determining the shear strength properties of a soil-geogrid interface using a large-scale direct shear test apparatus, Periodica Polytechnica Civil Engineering, 64(4), 989-998. https://pp.bme.hu/ci/article/view/15766*

Thakur, S., Thakur, N., Thakur, A., & Parihar, N. S. (2021). *Análisis de Estabilidad de Pendiente de Kotropi Deslizamiento de Tierra y su Remediación* [Tesis de Pregrado, Universidad de Tecnología de la Información de Jaypee]. Repositorio JUIT. http://ir.juit.ac.in:8080/jspui/jspui/handle/123456789/6494

Tafur, J. (2019). *Estabilización del talud en el tramo km 318+000 al km 318+300 de la carretera Cajamarca – Chachapoyas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio

Rodríguez de Mendoza]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/CNI/article/view/604

Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil mechanics in engineering practice*. John wiley & sons. https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=XjH6DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR19&dq=soil+mechanics+in+engineering+practice&ots=aiOtQ5Od3E&sig=tOxsDiEcv_zJ55CLU1pCZL-CVJg

Wang Dema, S., & Wangmo, N. (2022). *Remediación y Estabilización de Talud en Reldri, Bután* [Tesis de Pregrado, Universidad de Tecnología de la Información de Jaypee]. Repositorio JUIT. http://ir.juit.ac.in:8080/jspui/jspui/handle/123456789/3754

Zhang, X., Huang, L., Hou, Y., Wang, B., Xue, B., & Shi, M. (2020). Study on the Stability of the Geogrids-Reinforced Earth Slope under the Coupling Effect of Rainfall and Earthquake. *Mathematical Problems in Engineering*, *2020*(1), 5182537. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1155/2020/5182537

Zhang, Y., Wang, X., Zhang, Z., et al. (2024). *Mechanical characteristics and application of CFRP cable anchor support structures in coastal area. Ocean Engineering. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0029801824007984?via%3Dihub*

Zhang, J., Wei, Y., Zhu, Y., Zhang, D., & Zhang, B. (2025). Stability analysis of three-dimensional slope reinforced by natural fiber include wheat straw and bamboo. Scientific Reports. https://www.nature.com/articles/s41598-025-89086-x

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiarnos y protegernos en cada etapa de nuestra vida, por brindarnos la fortaleza, la salud y la perseverancia necesarias para culminar este proyecto tan anhelado, que representa un importante logro académico y personal.

A nuestros padres y hermana, por su apoyo incondicional, comprensión y palabras de aliento durante todo el proceso de formación profesional, siendo un pilar fundamental para alcanzar la meta de convertirnos en ingenieros civiles.

Br. Eduin Omar Chinchay García

Br. Luis Brandy Saldaña Villegas

DEDICATORIA

Este estudio está dedicado a Dios, quien siempre ha sido nuestra guía y protector en cada etapa de nuestra vida, y a quien agradecemos por brindarnos la salud, la fortaleza y la perseverancia necesarias para alcanzar este objetivo académico.

Asimismo, dedicamos este trabajo a nuestros padres y hermanos, quienes, con su amor, apoyo incondicional y constante motivación nos han acompañado en todo momento, permitiéndonos culminar con éxito este anhelado logro profesional.

Br. Eduin Omar Chinchay García

Br. Luis Brandy Saldaña Villegas

ANEXOS

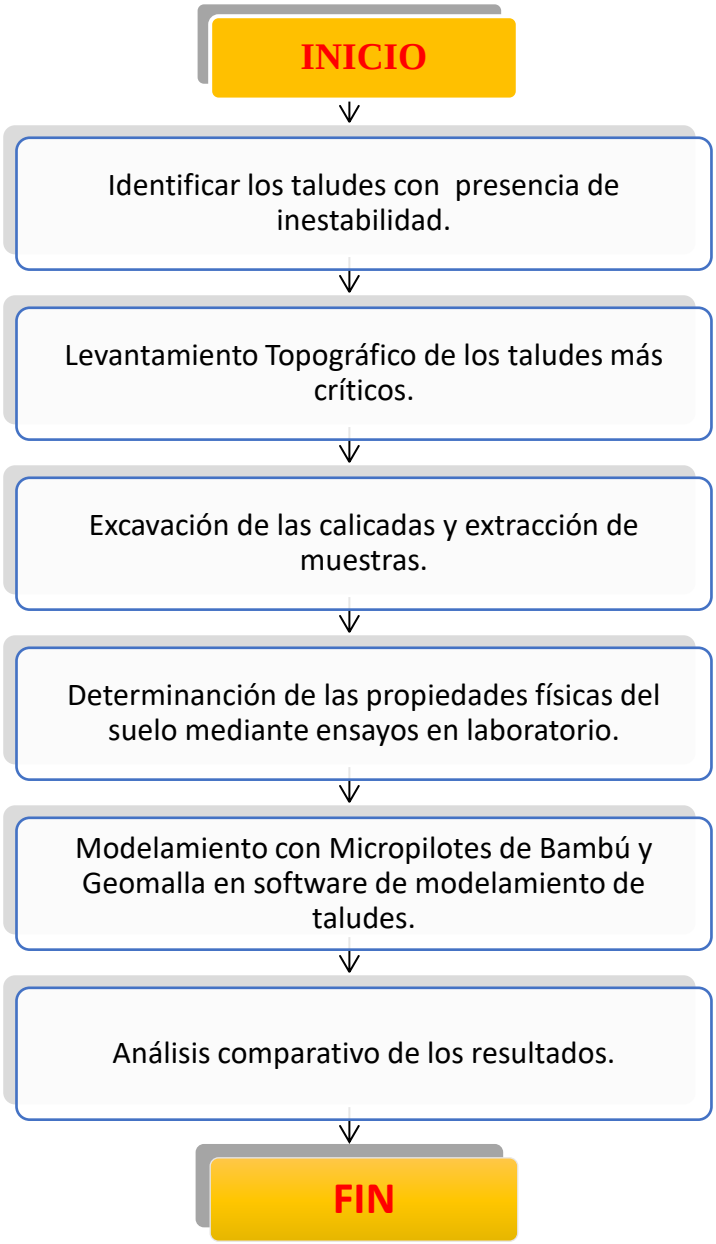
Anexo 1

Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicadores	Unidad de medida	Técnica de recolección de datos	Instrumento de recolección de datos
Variable dependiente: Estabilización del talud	Levantamiento Topográfico.	Topografía del terreno.	Cuantitativa de medición.	Observación directa.	Estación Total
	Estudio de las propiedades físicas del suelo.	Análisis granulométrico y Limites de Atterberg del suelo.			Ensayo de laboratorio para la determinación de los parámetros In-situ.
		Cohesión			
		Angulo de fricción interna del suelo.			
Variable independiente: Métodos de estabilización de taludes	Diseño y análisis de la estabilidad del talud con Micropilotes de Bambú en el software de modelamiento de taludes.	Factor de seguridad (FS).	Cuantitativa de estabilidad.		Software de modelamiento y análisis de taludes. (GEO 05).
	Diseño y análisis de la estabilidad del talud con geomalla en el software de modelamiento de taludes.				

Anexo 2

Flujograma



Anexo 3

Equipos y materiales

	Ensayos	Equipos	Materiales	Muestra requerida
Ensayos Estándar	Análisis granulométrico por tamizado (MTC E 107)	Dos balanzas,	Tamices, Envases, cepillo y brocha	Muestra alterada
	Contenido de humedad (MTC E 108)	Horno de secado y Balanzas.	Recipientes, Cuchillos, Espátulas, Cucharas, Lona para el cuarteo, Divisores de muestras.	Muestra alterada (debe conservar la humedad natural)
	Limite líquido (MTC E 110)	Casa Grande, Acanalador, Calibrador, Balanza, Estufa.	Espátula	Muestra alterada
	Limite plástico e Índice de plasticidad (MTC E 111)	Balanza, Horno, Espátula de hoja flexible	Tamiz N° 40	Muestra alterada
Ensayos Especiales	Ensayo triaxial consolidado drenado MTC (131)	Dispositivo de carga axial, dispositivo para medir la carga axial, indicador de deformación, equipo para tallar las probetas, aparato de presión de poros, estufa para secamiento, balanzas, cámara de compresión triaxial y misceláneos.	-	Muestra inalterada

	Gravedad especifica (MTC 113)	Picnómetro, balanza, Horno de secado, El matraz taponado mecánicamente determina el volumen.	Termómetro, Embudo, Tamiz – N° 4.	Muestra alterada
	Levantamiento Topográfico	Estación total	-	

Anexo 4

ENSAYOS DE LABORATORIO

"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"		Fecha: SETIEMBRE - 2025
CODIGO DE ESTUDIO Nº289 - 2025		
"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR" - INDECOPI		PORTADA

INFORME DE EMS DEL PROYECTO DE TESIS DENOMINADO:

"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"



DISTRITO: JAÉN

PROVINCIA: JAÉN

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: SETIEMBRE - 2025

CODIGO: 289 - 2025

BUSCA EL EMS: LINK O CODIGO QR

http://grupophura.com/index.php/t
estudio-de-suelos

GRUPO PHURA

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA PR, CUENTA CON CERTIFICACIÓN INDECOPI N° 00126358, CON RESOLUCIÓN N°022776 – 2020/DSD – INDECOPI.

CERTIFICADO N°: - 0422Q315222
Para verificar este certificado, visite www.otabuglobal.com

SEGÚN DECRETO LEGISLATIVO QUE APRUEBA DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS A LA DECISIÓN 486 DE LA COMISIÓN DE LA COMUNIDAD DE SIGNOS DESTINTIVOS QUE ESTABLECE EL RÉGIMEN COMÚN SOBRE PROPIEDAD INDUSTRIAL, SE ESTABLECE QUE SU REPRODUCCIÓN ES RESERVADA Y DE SER COMPROBADO DE UTILIZAR LOGO Y EMPRESA SIN AUTORIZACIÓN SERA PENALIZADO CON 50 UIT LO CUAL EQUIBALE A 220 MIL SOLES.

- CONSULTA TU ESTUDIO DE SUELOS AQUÍ: LINK O CODIGO QR
  http://grupophura.com/index.php/busca-tu-estudio-de-suelos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados – LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR - GRUPO PHURA

DEL ÚNICO PROFESIONAL RESPONSABLE EN FIRMAR ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS

NORMA E.050: SUELOS Y CIMENTACIONES

Según el (ARTICULO 3), en el ítem (g) dice lo siguiente:

G)- En los casos en que es obligatorio efectuar un EMS, de acuerdo en lo indicado en esta sección, el informe del EMS correspondiente deberá ser firmado por un profesional responsable.

SEGÚN GLOSARIO DE LA MISMA NORMA NOS DICE:
PROFESIONAL RESPONSABLE:
Ingeniero civil, registrado en el colegio de ingenieros del Perú.

POR LO QUE SE CONCLUYE QUE EL ÚNICO PROFESIONAL ACREDITADO, CERTIFICADO Y ABALADO PARA FIRMAR UN ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS ES EL INGENIERO CIVIL DEBIDAMENTE COLEGIADO.

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

NORMA G.030: DERECHOS Y RESPONSABILIDADES SUB-CAPÍTULO IV DEL INGENIERO CIVIL.

Articulo 18.- El ingeniero civil es responsable del diseño estructural de una edificación que comprende los cálculos, las dimensiones de los componentes estructurales y de las especificaciones técnicas del proyecto estructural, así como las consideraciones de diseño sísmico resistente.
Asimismo, es responsable de la correspondencia de su proyecto de estructuras con el estudio de suelos del predio materia de ejecución del proyecto. Este estudio, a su vez, es de responsabilidad del ingeniero civil que lo suscribe.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71865051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados – LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR - GRUPO PHURA

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 4
1.1 Generalidades 4
1.2 Plan de Trabajo 4
1.3 Objetivos del estudio 4
1.4 Características del proyecto 4
1.5 Base Legal 5
2 TRABAJOS DE CAMPO 5
2.1 Determinación de número de puntos de exploración 5
2.2 Muestreo Disturbado 6
2.3 Registro de Excavación 6
2.4 Preservación y Transporte de Suelos 6
3 TRABAJOS DE LABORATORIO 6
3.1 Ensayos Estándar 6
3.2 Ensayos Especiales 7
4 PROFUNDIDAD "P" MÍNIMA DE EXPLORACIÓN 7
5 RESULTADOS DE LAS MUESTRAS 7
5.1 Resultados de los ensayos estándar 7
5.2 Resultados de los ensayos especiales 7
5.3 Resultados de los Ensayos especiales 8
6 DESCRIPCIÓN DE LOS PERFILES DE LOS SUELOS 9
7 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA NAPA FREÁTICA 9
8 FACTOR DE ESPONJAMIENTO 9
9 SISMICIDAD 9
10 ANÁLISIS DE CIMENTACION DE OBRAS 12
10.1 Tipos de Falla 12
10.1.1 Fallas por corte General 13
10.1.2 Falla por Punzonamiento 13
10.1.3 Falla por Corte Local 14
10.2 Determinación de la Capacidad de Carga 14
10.3 Factor de Seguridad 15
10.4 La ecuación General de la Capacidad de Carga 15
10.5 Resultados y Análisis de la Capacidad de Carga 15
11 ANALISIS PARA EL DISEÑO Y OBRAS DE SOSTENIMIENTO 16

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71865051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

12 DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO 16
13 COEFICIENTE DE BALASTO 17
13.1 CALCULO DEL COEFICIENTE DE BALASTO 18
14 ANALISIS DE PROBLEMAS ESPECIALES EN LA CIMENTACION 19
14.1 Análisis de suelos potencialmente colapsables 19
14.2 Evaluación de Potencial de Expansión de los Suelos (EP) 20
14.3 Licuación de Suelos 22
15 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 23
16 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 25
17 ANEXOS 25

GRÁFICO

Grafico N°01: Mapa de Zona Sísmica 10
Gráfico N°02: Criterio del Potencial de Colapso 20
Gráfico N°03: Clasificación de Cambio de Potencial de Volumen 20

CUADROS

Cuadro N°01: Cuadro de registros de los puntos de exploración 6
Cuadro N°02: Cuadro de resultados de los ensayos estándar 7
Cuadro N°03: Cuadro de Análisis Químico 7
Cuadro N°04: Cuadro de parametros de Resistencia 8
Cuadro N°05: Cuadro de resultados de la Capacidad Admisible de cimentación 15
Cuadro N°06: Cuadro de resultados del Asentamiento para cimentación cuadrada 16
Cuadro N°07: Cuadro de resultados del Coeficiente de Balasto para una cimentación cuadrada 18
Cuadro N°8: Cuadro de resultados de Suelos Colapsables 19
Cuadro N°9: Cuadro de resultados de Suelos Expansivos 21
Cuadro N°10: Cuadro de resultados de Licuación de Suelo 22

GRUPO PHURA
Laboratorio de Suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

TABLAS

Tabla N°1: Requisitos Para Concreto Expuestas a Soluciones de Sulfatos 8
Tabla N°2: Factores de esponjamiento según NTP 9
Tabla N°3: Factores de Zona "Z" 10
Tabla N°4: Factor de Suelo "S" 12
Tabla N°5: Periodos *TPy TL* 12
Tabla N°6: Actividad de las arcillas 21
Tabla N°7: Grado de expansión 21
Tabla N°8: Relación entre la fracción de arcilla y LL 22

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

INFORME TÉCNICO DE MECANICA DE SUELOS

PARA EL PROYECTO DE TESIS DENOMINADO: "ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

El presente informe Técnico tiene por finalidad dar a conocer los resultados de las investigaciones del suelo con fines de cimentación donde se ejecutará el proyecto **"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025 ".** Por medio de trabajos de campo a través de pozos de exploración o calicatas a cielo abierto, ensayos de laboratorio estándar y especiales a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del subsuelo, sus propiedades de resistencia, deformación y labores de gabinete en base a los cuales se define el perfil estratigráfico, tipo, conclusión y recomendaciones generales para la cimentación de las estructuras.

1.2 Plan de Trabajo

El programa de trabajo realizado ha consistido en:

- Reconocimiento del terreno.
- Ejecución de Perforaciones.
- Toma de Muestras de campo, preservación y transporte a Laboratorio.
- Ejecución de Ensayos de Laboratorio Estándar.
- Evaluación de los Trabajos de Campo y Laboratorio.
- Perfiles Estratigráficos.
- Análisis de Sales Agresivas al Concreto.
- Conclusiones y Recomendaciones.

1.3 Objetivos del estudio

- Brindar recomendaciones técnicas para obras civiles, especialmente en fundaciones, considerando los problemas comunes en ingeniería.
- Mostrar perfiles estratigráficos y datos de campo obtenidos en perforaciones.
- Describir los estratos del suelo según los ensayos de laboratorio.
- Estimar la capacidad portante del suelo y definir el tipo de cimentación más adecuado con base en los resultados obtenidos.

1.4 Características del proyecto

Con base en los resultados de los ensayos estándar y especiales, se clasificará cada estrato identificado durante la exploración utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y por el sistema de clasificación de suelos AASHTO. A partir de ello, se determinará la capacidad portante última y admisible del suelo, lo que permitirá definir las dimensiones adecuadas de la cimentación y la profundidad de desplante recomendada.

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TÉCNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71865051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

1.5 Base Legal

En el presente estudio está en concordancia con las siguientes normativas:

- E.050 Suelos y cimentaciones (resolución ministerial N°406-2018-Vivienda)
- E.060 Concreto armado
- E.030 Diseño sismo resistente
- NTP 339.134 Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería SUCS
- NTP 339.127 Método para determinar el contenido de humedad de un suelo
- NTP 339.128 Método de ensayo para el análisis granulométrico
- NTP 339.129 Método de ensayo para determinar el límite líquido, limite plástico
- NTP 339.139 Determinación de peso volumétrico del suelo cohesivo
- NTP 339.150 Descripción e identificación de suelo Procedimiento Visual manual
- NTP 339.152 Método de ensayo normalizado para determinar el contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea.
- NTP 339.154 Método normalizado de ensayo para propiedades de consolidación unidimensional de suelo.
- NTP 339.163 Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos.
- NTP 339.166 Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado no drenado para suelos cohesivos.
- NTP 339.169 Método de ensayo para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea.
- NTP 339.170 Método de ensayo normalizado para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos.
- NTP 339.177 Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y aguas subterráneas.
- Norma de Edificación
- AASHTO T 180 Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada.
- AASHTO T 193 Método estándar de ensayo para determinar la Relación Soporte de California (CBR) de materiales de pavimento.

2 TRABAJOS DE CAMPO

2.1 Determinación de número de puntos de exploración

La prospección geotécnica se realizó siguiendo las recomendaciones del Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) del Perú, el cual establece la ejecución de un número mínimo de calicatas o sondeos tendientes a caracterizar adecuadamente las condiciones del subsuelo en proyectos viales; considerando un mínimo de cinco exploraciones por cada hectárea de área de influencia, distribuidas uniformemente y densificadas según sea necesario en

función de la variabilidad de suelos. La ubicación de las tres calicatas se diseñó para cubrir de manera representativa los tres taludes objeto de estudio, considerando la variabilidad geotécnica observada. Adicionalmente, criterios de guías internacionales, como los del Eurocódigo EN 1997-2, respaldan que la densidad de puntos de exploración en estructuras lineales debe ser suficiente para definir con precisión los perfiles de suelo y establecer parámetros confiables para el análisis de estabilidad de taludes.

Cuadro N°01: Cuadro de registros de los puntos de exploración

Calicata N°	Descripción	Prof. (m)
C-01	TALUD	3.00
C-02		3.00
C-03		3.00

Fuente: *Grupo Phura S.R.L*

2.2 Muestreo Disturbado

Se tomaron muestras disturbadas de cada uno de los tipos de suelos encontrados (Mab), en cantidad suficiente como para realizar los ensayos de descripción e identificación de suelos, siguiendo los procedimientos de la Norma A.S.T.M. D 2488.

2.3 Registro de Excavación

Paralelamente al muestreo se realizó el registro de las calicatas, anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como espesor, color, olor, condición de humedad, angulosidad, forma, consistencia o compacidad, cementación, reacción al HCl, estructura, tamaño máximo de partículas, etc.; de acuerdo a la Norma A.S.T.M. D 2488.

2.4 Preservación y Transporte de Suelos

Por último, se realizaron las prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos, con destino hacia el laboratorio de la Empresa, para los posteriores ensayos, teniendo en cuenta la Norma A.S.T.M. D 4220.

3 TRABAJOS DE LABORATORIO

Los trabajos en laboratorio incluyeron ensayos estándar y especiales los cuales se detallan en las siguientes actividades:

3.1 Ensayos Estándar

Se realizaron los siguientes ensayos por el sistema SUCS y por el sistema AASHTO:

- 03 ensayos de Análisis Granulométrico.
- 03 ensayos de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad.
- 03 ensayos de Contenido de humedad.
- 03 ensayos de Densidad Natural.

3.2 Ensayos Especiales

- 03 ensayos de sales agresivas a los suelos extraídos.
- 03 ensayos de Triaxial Consolidado no Drenado (CU).

4 PROFUNDIDAD "P" MÍNIMA DE EXPLORACIÓN

La profundidad de exploración seleccionada para las calicatas fue de 3 metros, considerando que dicha profundidad cubre la zona activa del talud donde se producen los mecanismos de falla y deformación más relevantes para la estabilidad del terreno. Este criterio está alineado con los principios del Manual de Carreteras del MTC, que recomienda que la investigación geotécnica se extienda hasta una profundidad que permita caracterizar adecuadamente los suelos que influyen en el comportamiento estructural y en la estabilidad de elementos viales. Asimismo, guías internacionales como el Eurocódigo 7 respaldan la necesidad de investigar hasta la profundidad en la que las propiedades del suelo sean representativas para el análisis y diseño de las medidas de mejoramiento propuestas.

5 RESULTADOS DE LAS MUESTRAS

5.1 Resultados de los ensayos estándar

Las muestras analizadas en laboratorio han sido clasificadas conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), aplicando los criterios establecidos en la norma ASTM D 2487.

Cuadro N°02: Cuadro de resultados de los ensayos estándar

ENSAYOS EN LABORATORIO - RESUMEN DE PERFORACIONES														
CALICATA N°	MUESTRA (m)	PROF. (m)	TIPO DE SUELO	ANALISIS GRANULOMÉTRICO					CONTENIDO					
				PORCENTAJE QUE PASA POR LA MALLA (%)					GRAVA	ARENA	FINO	LIMITE LIQUIDO	INDICE PLÁSTICO	HUMEDAD (%)
			SUCS	3/4"	N° 4	N°10	N° 40	N° 200						
C-01	M -1	0.20 – 3.00	SC	99.00	94.00	80.20	66.40	20.80	5.90	73.40	20.80	28.81	12.20	12.15
C-02	M -1	0.20 – 3.00	SM	98.00	94.00	60.20	31.10	18.50	5.80	75.70	18.50	22.69	3.20	12.08
C-03	M -1	0.20 - 3.00	CL	100	99.00	95.90	88.60	74.80	0.90	24.30	74.80	29.15	13.00	12.72

Fuente: *Grupo Phura S.R.L*

5.2 Resultados de los ensayos especiales

a) Agresión del suelo en la Cimentación

El resultado del Análisis Físico Químico efectuado con muestras representativas del estrato que conforma el subsuelo de fundación presenta los siguientes valores:

Cuadro N°03: Cuadro de Análisis Químico

DESCRIPCIÓN	EXPLORACIÓN	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	pH	SULFATOS (SO4) EN EL AGUA (ppm)	Cl^{-1} (ppm)
TALUD	C-01	M - 1	0.20 – 3.00	7.18	69.70	93.64
	C-02	M - 2	0.20 – 3.00	7.09	73.64	92.68
	C-03	M - 3	0.20 – 3.00	7.26	70.19	93.02

Fuente: *Grupo Phura S.R.L*

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

Tabla N°1: Requisitos Para Concreto Expuestas a Soluciones de Sulfatos

REQUISITOS PARA CONCRETO EXPUESTO A SOLUCIONES DE SULFATOS

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO_4) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO_4) en el agua, ppm	Tipo de Cemento	Relación máxima agua - material cementante (en peso) para concretos de peso normal*	$f'c$ mínimo (MPa) para concretos de peso normal y ligero*
Insignificante	$0,0 \leq SO_4 < 0,1$	$0 \leq SO_4 < 150$	—	—	—
Moderada**	$0,1 \leq SO_4 < 0,2$	$150 \leq SO_4 < 1500$	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0,50	28
Severa	$0,2 \leq SO_4 < 2,0$	$1500 \leq SO_4 < 10000$	V	0,45	31
Muy severa	$2,0 < SO_4$	$10000 < SO_4$	Tipo V más puzolana***	0,45	31

Dichos valores se encuentran por debajo de los límites mínimos permisibles de agresividad al concreto, en lo que respecta a sulfatos, debiéndose utilizar por consiguiente Cemento Pórtland Tipo I o Tipo I Co, en la preparación del concreto de la cimentación (proporción de sulfatos menor de 150 p.p.m).

5.3 Resultados de los Ensayos especiales

a) Ensayo Triaxial Consolidado no drenado (CU)
El ensayo CU consiste en someter una muestra de suelo a tres etapas: saturación, consolidación y corte. Primero, la muestra se satura con agua para garantizar condiciones de saturación total. Luego, se aplica una presión de confinamiento isotrópica permitiendo el drenaje hasta alcanzar la consolidación. Finalmente, se incrementa la carga axial sin drenaje, generándose presiones de poro internas que son registradas. Este procedimiento permite determinar la resistencia al corte no drenado y obtener parámetros efectivos (c', φ') y parámetros totales (c', φ') del suelo.

Cuadro N°04: Cuadro de parametros de Resistencia

Descripción	Calicata N°	γ (gr/cm3)	Df (m)	Suelo de Soporte	Parámetros Efectivos		Parámetros Totales	
					C' kg/cm^2	Φ'°	C kg/cm^2	Φ°
TALUD	C-01	1.69	1.40	SC	0.086	25.00	0.075	25.94
	C-02	1.69	1.40	SM	0.040	28.00	0.032	29.10
	C-03	1.69	1.40	CL	0.071	21.00	0.065	22.30

Fuente: *Grupo Phura S.R.L*

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71665051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

6 DESCRIPCIÓN DE LOS PERFILES DE LOS SUELOS

Con base en la información recopilada durante los trabajos de campo y los ensayos de laboratorio, se establece la siguiente conformación estratigráfica del suelo, el cual se presenta en el anexo V.

7 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA NAPA FREÁTICA

Es importante conocer la posición freática, para poder estimar los efectos posibles que las aguas puedan ocasionar a la estructura. Este fenómeno es muy frecuente, cuando el agua se encuentra muy próxima a la superficie, que por efecto de la capilaridad la presión hidrostática o un aumento por fuertes precipitaciones, tiendan ascender hasta la estructura del nivel, ocasionándole daños cuantiosos, especialmente cuando el estado arcilloso tiene tendencia a grandes cambios de volumen.
La verificación del nivel freático en la zona en estudio, se realizó al momento de ejecutar las prospecciones de campo. En dicha evaluación **no se presenció nivel de Napa Freática.**

8 FACTOR DE ESPONJAMIENTO

El factor de esponjamiento es un parámetro indispensable en el análisis de movimiento de tierras, ya que representa el incremento volumétrico que experimenta un suelo al ser excavado y perder su estructura natural compacta, producto de la incorporación de aire entre sus partículas. Este valor es particularmente relevante en la planificación de actividades de excavación, transporte y disposición del material.

Tabla N°2: Factores de esponjamiento según NTP

TIPO DE SUELO	FACTOR DE ESPONJAMIENTO ($f.e$)
ROCA DURA (VOLADA)	1.50 – 2.00
ROCA MEDIANA (VOLADA)	1.40 – 1.80
ROCA BLANDA (VOLADA)	1.25 – 1.40
GRAVA COMPACTA	1.35
GRAVA SUELTA	1.10
ARENA COMPACTA	1.25 – 1.35
ARENA MEDIA DURA	1.15 – 1.25
ARENA BLANDA	1.05 – 1.15
LIMOS, RECIEN DEPOSITADOS	1.00 – 1.10
ARCILLAS MUY DURAS	1.10 – 1.40
ARCILLAS MEDIANAS A DURAS	1.15 – 1.25
ARCILLAS BLANDAS	1.00 – 1.10
MEZCLA DE ARENA/GRAVA/ARCILLA	1.15 – 1.35

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

9 SISMICIDAD

De acuerdo a la Norma Técnica E-030 Diseño Sismo Resistente y E-050 Suelos y Cimentación del Reglamento Nacional de Edificaciones.
El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la zonificación propuesta, se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71665051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

Grafico N°01: Mapa de Zona Sísmica



Los parámetros del suelo natural, para el diseño sismo-resistente son las siguientes:

A) FACTOR DE ZONA (Z)

Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en el suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de aceleración de la gravedad. Para la zona 2, donde se encuentra la zona de estudio le corresponde un valor Z=0.25.

Tabla N°3: Factores de Zona "Z"

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistencia, 2019.

B) PERFIL DE SUELO

Los tipos de perfiles de suelos son cinco:

a. Perfil Tipo S_0: Roca Dura

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte $\bar{V}_S$ mayor que 1500 m/s. Las mediciones deberán corresponder al sitio del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de $\bar{V}_S$.

b. Perfil Tipo S_1: Roca o Suelos Muy Rígidos

A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte $\bar{V}_S$, entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

GRUPO PHURA Laboratorio de Suelos y Pavimentos

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada $\bar{S}_u$ mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).
- Arena muy densa o grava arenosa densa, con $\bar{N}_{60}$ mayor que 50.
- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada $\bar{S}_u$, mayor que 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

c. Perfil Tipo S_2: Suelos Intermedios

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte $\bar{V}_S$, entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT $\bar{N}_{60}$, entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada $\bar{S}_u$, entre 50 kPa (0,5 kg/cm²) y 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

d. Perfil Tipo S_3: Suelos Blandos

Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte $\bar{V}_S$, menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT $\bar{N}_{60}$ menor que 15.
- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada $\bar{S}_u$, entre 25 kPa (0,25 kg/cm²) y 50 kPa (0,5 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.
- Cualquier perfil que no correspondan al tipo S_4 y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad P_I, mayor que 20, contenido de humedad mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada $\bar{S}_u$ menor que 25 kPa.

e. Perfil Tipo S_4 Condiciones Excepcionales

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio. Sólo será necesario considerar un perfil tipo S_4 cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine.

GRUPO PHURA Laboratorio de suelos y Pavimentos

El perfil del suelo presente en el área de estudio se clasifica como **PERFIL TIPO S3: SUELOS BLANDOS.**

C) PARAMETROS DE SITIO (S, T_P y T_L)

- **FACTOR DE SUELO**

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71865051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

Tabla N°4: Factor de Suelo "S"

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO / ZONA	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z_3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z_2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z_1	0,80	1,00	1,60	2,00

Debido a que el área donde se ejecutara el proyecto corresponde a la Z2, y nuestro perfil de suelo es de tipo S3, por lo tanto, el factor de suelo para el diseño es de **1.40.**

- **PERIODOS**

Tabla N°5: Periodos T_P y T_L

Tabla N° 4 PERÍODOS "T_P" Y "T_L"				
	Perfil de suelo			
	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

Periodo Tp (S) = 1.0
Periodo Tl (S) =1.6

D) FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < T_P \qquad C = 2.5$$
$$T_P < T < T_L \qquad C = 2.5 * (T_P / T)$$
$$T > T_L \qquad C = 2.5$$

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) con un valor de C = 2.50.

10 ANÁLISIS DE CIMENTACION DE OBRAS

10.1 Tipos de Falla

Las fallas por capacidad de carga o carga de hundimiento se manifiestan debido a la rotura por corte del suelo en la cimentación. Existen tres tipos: Falla por corte General, Falla por punzonamiento y Falla por corte Local.

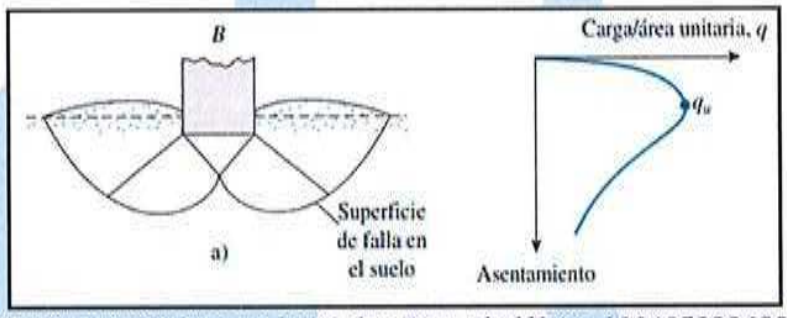
GRUPO PHURA
Laboratorio de Suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71665051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

10.1.1 Fallas por corte General

Una falla por corte general involucra una rotura del suelo adyacente. Ay una falla continua por corte del suelo desde la base del cimiento hasta la superficie del terreno.

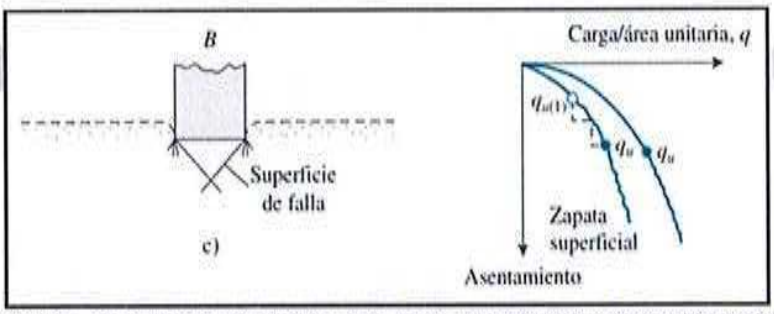
Si a un suelo denso o cohesivo firme que soporta una cimentación corrida de ancho (B), se le comienza a incrementar carga de forma gradual ocurrirá un aumento de asentamiento llegando al punto que la carga por unidad del área es igual a la carga ultima; entonces se producirá una falla repentina en el suelo, siendo esta la llamada la falla por corte general. Frecuente mente se presenta en arenas densas y arcillas rígidas.
Su principal característica es una superficie de falla continua que comienza en el borde de la cimentación y llega a la superficie del terreno, es una falla frágil y súbita. Llegando al punto de ser catastrófica y si la estructura no permite la rotación de las zapatas puede ocurrir con cierta inclinación visible de la cimentación, lo que provoca hinchamiento del suelo a los lados.



Fuente: ing-cimentaciones-braja-das-7ma-edpdfdrive-220405223629.pdf

10.1.2 Falla por Punzonamiento

Este tipo de falla se presenta en suelos bastante sueltos, a diferencia de una falla por corte general este no se extiende. La cimentación provoca la compresión inmediata del suelo en un movimiento vertical, el suelo presenta falla por corte alrededor de la cimentación y los movimientos del suelo junto con la cimentación no son muy visibles por lo que el equilibrio vertical y horizontal de la misma se mantiene.



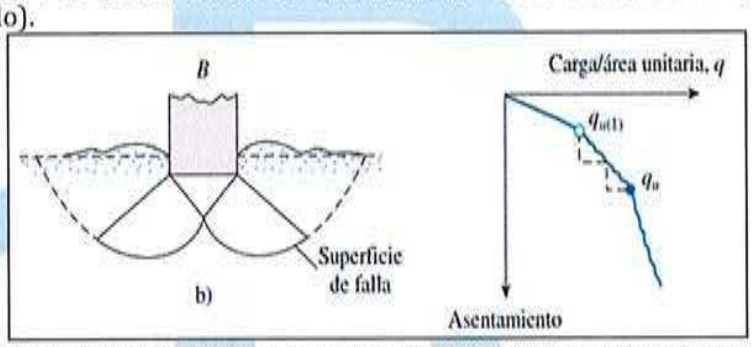
Fuente: ing-cimentaciones-braja-das-7ma-edpdfdrive-220405223629.pdf

En la gráfica carga – asentamiento no tiene un cambio dramático, y para corte por punzonamiento la capacidad portante normalmente define como el primer punto no lineal en la Curva – Asentamiento (Circulo Abierto).w

10.1.3 Falla por Corte Local

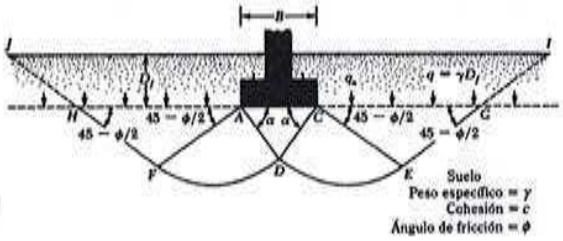
La falla por corte local involucra una rotura del suelo sólo a inmediaciones del cimiento, pero la elevación (desplazamiento) no es significante como en el corte general. La falla por corte local puede ser considerada una fase transicional entre la falla de corte general y la falla por punzonamiento.

Debido a su natural transicional, la capacidad portante puede ser definido como el primer punto no lineal en la curva carga – Asentamiento (circulo abierto) o al punto donde el asentamiento crece rápidamente (círculo cerrado).



Fuente: ing-cimentaciones-braja-das-7ma-edpdfdrive-220405223629.pdf

10.2 Determinación de la Capacidad de Carga



Para la determinación de la capacidad de carga, Terzaghi expresó la capacidad de carga ultima en la forma:

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma \qquad (cimentacion\ corrida)$$

Y para estimar en cimentaciones cuadradas o circulares, la ecuación puede modificarse a;

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71865051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

Donde:
$c = cohesión\ del\ suelo$
$\gamma = peso\ específicio\ del\ suelo$
$q = \gamma D_f$
$N_c, N_q, N_\gamma = factores\ de\ capacidad\ de\ carga\ adimensionales$
$B = ancho\ de\ la\ cimentación$

10.3 Factor de Seguridad

Para el cálculo de la capacidad admisible de cimentaciones superficiales requiere aplicar un factor de seguridad (FS) a la capacidad de carga ultima, es decir;

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

10.4 La ecuación General de la Capacidad de Carga

Las ecuaciones de capacidad de carga ultima presentadas anteriormente, son únicamente para cimentaciones continuas, cuadradas y circulares. Estas no son aplicables en el caso de cimentaciones rectangulares (0<B/L<1). Además, la carga sobre la cimentación puede estar inclinada, para ello Meyerhof (1963) sugirió la siguiente forma de ecuación general de capacidad:

$$q_u = cN_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma F_{\gamma s}F_{\gamma d}F_{\gamma i}$$

Donde:
$F_{cs}, F_{qd}, F_{\gamma i} = factores\ de\ forma$
$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d} = factores\ de\ profundidad$
$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i} = factores\ de\ inclinacion\ de\ la\ carga$
$N_c, N_q, N_\gamma = factores\ de\ capacidad\ de\ carga$

10.5 Resultados y Análisis de la Capacidad de Carga

Para la determinación de la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo, se empleará la ecuación propuesta por Meyerhof.

Cuadro N°05: Cuadro de resultados de la Capacidad Admisible de cimentación

CIMENTACION CUADRADA										
TIPO DE ESTRUCTURA	CALICATA	MUESTRA	SUELO SOPORTE	ÁNGULO FRICCIÓN (°)	COHESIÓN (Kg/cm2)	γ (gr/cm3)	Df (m)	B (m) DIAMETRO (m)	L (m)	Qadm (Kg/cm2)
TALUD	C-1	M-1	SC	25.00	0.086	1.69	1.00	1.50	1.50	1.11
								2.50	2.50	1.12
							1.20	1.50	1.50	1.24
								2.50	2.50	1.25
							1.40	1.50	1.50	1.38
								2.50	2.50	1.39
	C-2	M-1	SM	28.00	0.040	1.69	1.00	1.50	1.50	1.16

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

							1.20	2.50	2.50	1.22
								1.50	1.50	1.33
							1.40	2.50	2.50	1.39
								1.50	1.50	1.50
								2.50	2.50	1.55
	C-3	M-1	CL	21.00	0.071	1.69	1.00	1.50	1.50	0.74
								2.50	2.50	0.75
							1.20	1.50	1.50	0.84
								2.50	2.50	0.84
							1.40	1.50	1.50	0.93
								2.50	2.50	0.93

11 ANALISIS PARA EL DISEÑO Y OBRAS DE SOSTENIMIENTO

En el presente estudio no se consideró el diseño de estructuras de sostenimiento, tales como muros de gravedad o muros de contención, otros, por lo que no fue necesario llevar a cabo el análisis correspondiente.

12 DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO

Se determinará el asentamiento en suelos cohesivos empleando las relaciones de la teoría de la elasticidad:

$$S_i = \frac{q\,B\,(1-\mu^2)}{E_s}\,If$$

Donde:

q=presión neta aplicada sobre la cimentación
Es= Modulo de elasticidad del suelo
B= Ancho de la cimentación
u= relación de Poisson del suelo
If= factor de profundidad

Para su análisis se comprobará, en el estado limite (esfuerzo vertical aplicado igual a la capacidad de carga) el valor del asentamiento, entonces será:

Cuadro N°06: Cuadro de resultados del Asentamiento para cimentación cuadrada

CIMENTACIÓN CUADRADA												
TIPO DE ESTRUCTURA	CALICATA	MUESTRA	SUELO SOPORTE	Parámetros		γ (gr/cm3)	Df (m)	B (m)	L (m)	Asentamiento		Distorsión Angular α
				Es (kg/cm2)	μ			DIAMETRO (m)		q_o Kg/cm2	St (cm)	
TALUD	C-1	M-1	SC	320.00	0.23	1.69	1.00	1.50	1.50	1.11	0.46	1/500
								2.50	2.50	1.12	0.77	1/500
							1.20	1.50	1.50	1.24	0.51	1/500
								2.50	2.50	1.25	0.86	1/500
							1.40	1.50	1.50	1.38	0.57	1/500
								2.50	2.50	1.39	0.95	1/500
	C-2	M-1	SM	320.00	0.23	1.69	1.00	1.50	1.50	1.16	0.48	1/500
								2.50	2.50	1.22	0.84	1/500
							1.20	1.50	1.50	1.33	0.55	1/500
								2.50	2.50	1.39	0.95	1/500

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

							1.40	1.50	1.50	1.50	0.62	1/500
								2.50	2.50	1.55	1.07	1/500
	C-3	M-1	CL	320.00	0.23	1.69	1.00	1.50	1.50	0.74	0.31	1/500
								2.50	2.50	0.75	0.51	1/500
							1.20	1.50	1.50	0.84	0.35	1/500
								2.50	2.50	0.84	0.58	1/500
							1.40	1.50	1.50	0.93	0.39	1/500
								2.50	2.50	0.93	0.64	1/500

13 COEFICIENTE DE BALASTO

El coeficiente de balasto se define como el cociente entre la presión vertical aplicada en un determinado punto (q) y el asiento (s) que dicho punto experimenta.

$$Ks=q/s$$

Por lo tanto, **el módulo de balasto nos permite calcular la interacción entre la cimentación de nuestro edificio y el terreno existente**, y depende de esos dos factores, terreno y tipo de cimentación diseñada. Podríamos imaginarnos gráficamente este módulo como una base de infinitos muelles con una rigidez K situados bajo la cimentación de nuestro edificio.

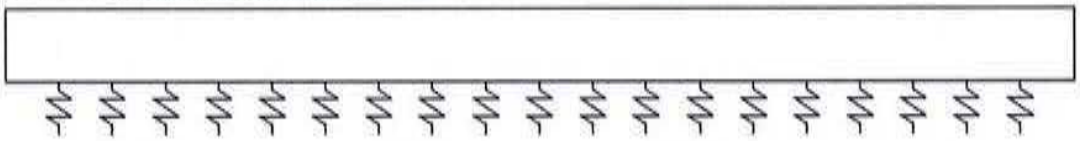


Ilustración 1: Rigidez derivada del módulo de balasto para cálculo en viga corrida de cimentación.

La rigidez K varía en función del tamaño y geometría de la cimentación, dado que, en función del tamaño de una zapata, el terreno movilizado puede tener mayor o menor profundidad. Se podría decir, como resumen, que el módulo de balasto es una propiedad del terreno ante un cimiento determinado.

Terzaghi, en la 1ª Conferencia de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones (Harvard, 1936) enunció la importancia del bulbo de presiones y su relación con el cálculo de asientos. Recomendó tomar como Profundidad Significativa (PS) la que define la isobara de 0,2 Q para zapatas cuadradas y circulares, siendo Q la carga trasmitida por la zapata al terreno.

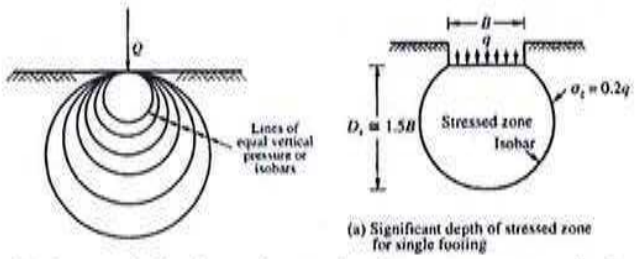


Ilustración 2:Isobaras y bulbo de presiones estimado para zapatas cuadradas (PS).

GRUPO PHURA
Laboratorio de Suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71665051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

Habría que puntualizar que la rigidez K del terreno no sería la misma en todos los puntos bajo una viga corrida, dado que sería algo mayor en los extremos (en estas zonas se movilizaría menos volumen de terreno, generando deformadas inferiores a las del resto de los puntos centrales).
Siguiendo el mismo razonamiento, en una losa, la rigidez K variaría para cada uno de los puntos. Sin embargo, lo simplificamos y calculamos el asiento con un único módulo para toda la pieza, tengamos viga corrida, zapata o losa de cimentación. Ese módulo nos permitirá conocer el asiento global del conjunto calculado, pero no el de cada uno de sus puntos.

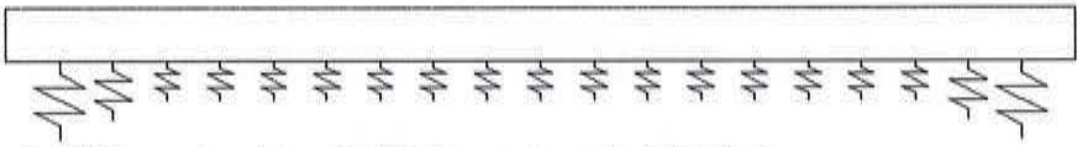


Ilustración 3:Rigideces reales en interacción del terreno con viga corrida de cimentación.

13.1 CALCULO DEL COEFICIENTE DE BALASTO

Para el cálculo del Coeficiente de Balasto, se elaboró con la siguiente Ecuación que resume los trabajos del profesor Terzaghi y otros cinco ingenieros reconocidos (en diferentes épocas), extraído de la tesis de maestría "Interacción Suelo-Estructuras: Semi-espacio de Winkler", TALUD Politécnica de Cataluña, Barcelona-España. 1993 (Autor Nelson Morrison).

$$K_s = -0.004 * q^6 + 0.0665 * q^5 - 0.4385 * q^4 + 1.4519 * q^3 - 2.4274 * q^2 + 3.6965 * q - 0.1341$$

Donde:
$K_s = Coeficiente\ de\ Balasto\ (kg/cm\text{^}3)$
$q = Capacidad\ Adimisible\ del\ Suelo\ (kg/cm\text{^}2)$

Cuadro N°07: Cuadro de resultados del Coeficiente de Balasto para una cimentación cuadrada

CIMENTACIÓN CUADRADA					
TIPO DE ESTRUCTURA	CALICATA	MUESTRA	SUELO SOPORTE	Qadm (Kg/cm2)	Ks (Kg/cm3)
TALUD	C-1	M-1	SC	1.11	2.40
				1.12	2.42
				1.24	2.63
				1.25	2.65
				1.38	2.87
				1.39	2.89
	C-2	M-1	SM	1.16	2.49
				1.22	2.59
				1.33	2.79
				1.39	2.89
				1.50	3.09
				1.55	3.18
	C-3	M-1	CL	0.74	1.74
				0.75	1.76
				0.84	1.93

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

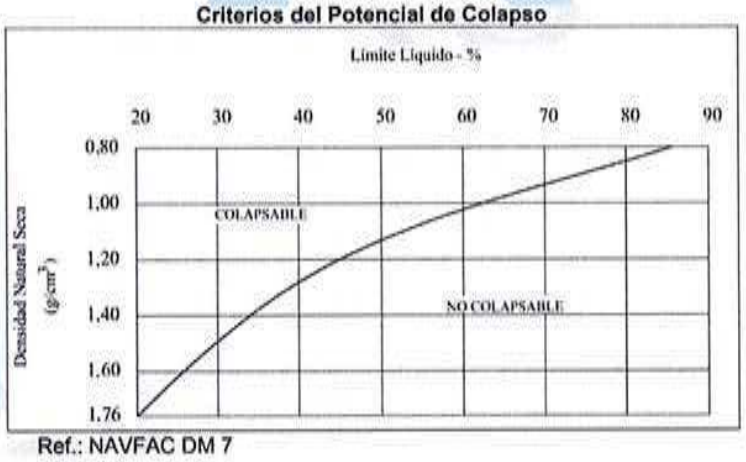
				0.84	1.93
				0.93	2.09
				0.93	2.09

Fuente: *Grupo Phura S.R.L*

14 ANALISIS DE PROBLEMAS ESPECIALES EN LA CIMENTACION

14.1 Análisis de suelos potencialmente colapsables

Para evaluar el potencial de colapso del suelo en estudio, se consideran inicialmente los valores del límite líquido, la densidad húmeda natural y el contenido de humedad. Estos dos últimos parámetros permiten calcular previamente la densidad seca natural del suelo. Una vez obtenidos estos datos, se utiliza la gráfica correspondiente para analizar, por cada calicata, si el suelo presenta o no características colapsables:



Ref.: NAVFAC DM 7

Los datos a utilizar son, las muestras de las exploraciones del ensayo.

Cuadro N°8: Cuadro de resultados de Suelos Colapsables

SUELOS COLAPSABLES								
DESCRIPCIÓN	CALICATA N°	MUESTRA	RESULTADO DE ENSAYO					
			LL (%)	LP (%)	IP (%)	W (%)	Densidad Humedad (g/cm3)	Densidad Natural Seca (g/cm3)
TALUD	C-01	M -1	28.81	16.61	12.20	12.15	1.69	1.51
	C-02	M -1	22.69	19.49	3.20	12.08	1.69	1.51
	C-03	M -1	29.15	16.15	13.00	12.72	1.69	1.50

Fuente: *Grupo Phura S.R.L*

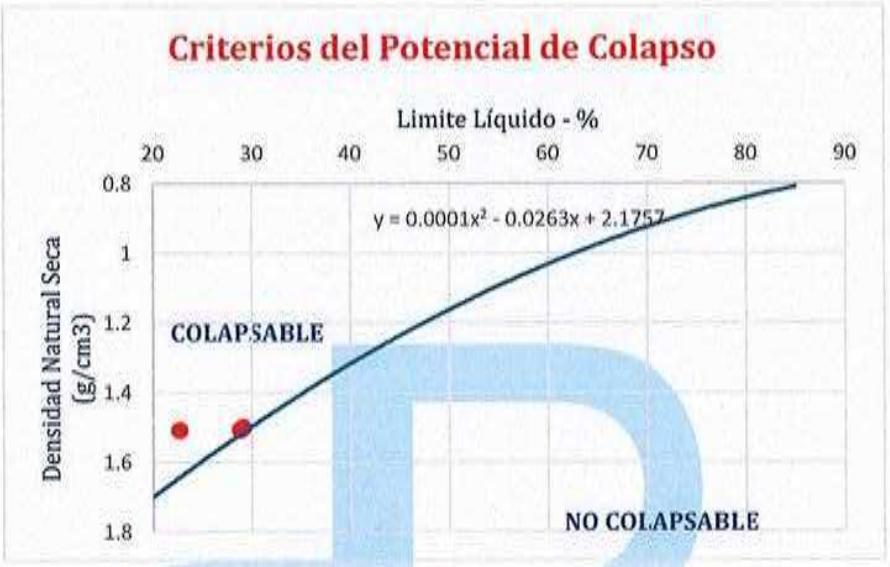
Luego, al ubicar cada calicata en la gráfica de Criterio del Potencial de Colapso:

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

Gráfico N°02: Criterio del Potencial de Colapso



14.2 Evaluación de Potencial de Expansión de los Suelos (EP)

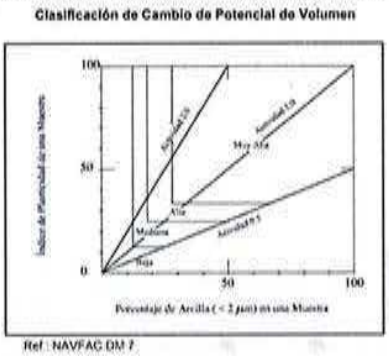
Para determinar el potencial de expansión de los suelos analizados, se aplicará el criterio de actividad (A) establecido en la norma E.050, complementando este análisis mediante la comparación con un nomograma y la tabla propuesta por Skempton (1953). Además, se considerará el método desarrollado por Nayak y Christensen, el cual permite estimar el porcentaje de hinchamiento potencial (Sp %). Finalmente, se realizará una evaluación comparativa utilizando una tabla de clasificación específica.

A. En el primer método usamos la relación siguiente

$$Actividad\ (A) = \frac{IP}{\%arcillas}$$

Luego se evalúa la expansión mediante el siguiente nomograma:

Gráfico N°03: Clasificación de Cambio de Potencial de Volumen



GRUPO PHURA
Laboratorio de Suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71865051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

Asimismo, se emplea la siguiente tabla:

Tabla N°6: Actividad de las arcillas

ACTIVIDAD DE LAS ARCILLAS (Skempton, 1953)	
ACTIVIDAD	**CATEGORÍA DE SUELO**
<0.75	INACTIVO
0.75 – 1.25	NORMAL
>1.25	ACTIVO

B. Por otro lado, el método de Nayak y Chirstensen que emplea la siguiente relación:

$$S_p = (2.29.10^{-2}).(IP)^{1.45}.\frac{C}{W_i} + 6.38$$

Donde:
$S_p = \%\ de\ hinchamiento\ posible$
$IP = Índice\ de\ plasticidad$
$C = Contenido\ de\ arcilla\ en\ \%$
Finalmente se clasifica usando la siguiente tabla:

Tabla N°7: Grado de expansión

Grado de Expansión	LL %	IP%	τ nat (Ton/pie2)
Elevado	>60	>35	>4
Marginal	50 -60	25 - 35	1.5 - 4
Bajo	<50	<25	<1.5

Empleamos los resultados obtenidos de laboratorio se presentan en la siguiente tabla:

Cuadro N°9: Cuadro de resultados de Suelos Expansivos

SUELOS EXPANSIVOS								
DESCRIPCIÓN	**MUESTRA**	**RESULTADO DE ENSAYO**					**Actividad (A)**	**Valoración**
		LL (%)	**LP (%)**	**IP (%)**	**W (%)**	**Fracción arcilla (%)**		
TALUD	M -1	28.81	16.61	12.20	12.15	20.80	0.59	INACTIVO
	M -1	22.69	19.49	3.20	12.08	18.50	0.17	INACTIVO
	M -1	29.15	16.15	13.00	12.72	74.80	0.17	INACTIVO

Fuente: *Grupo Phura S.R.L*

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

14.3 Licuación de Suelos

Para evaluar este fenómeno en el suelo de cimentación emplearemos dos criterios: Andrews – Martin, Wang. Además de las consideraciones presentadas en el artículo 38 de la norma E0.50.

El criterio Andrews – Martin, que aplica a suelos con presencia de finos. Basta comparar las propiedades del suelo con el cuadro siguiente:

Tabla N°8: Relación entre la fracción de arcilla y LL

	Limite Liquido <32	Limite Liquido ≥32
Fracción de arcilla <10 %	Susceptible	Puede ser susceptible (Requiere información adicional)
Fracción de arcilla ≥ 10%	Puede ser susceptible (Requiere información adicional)	No Susceptible

Por otro lado, Wang proponen cuatro criterios, que si todos son cumplidos por el suelo en estudio significará que este el susceptible al fenómeno de licuación: Fracción de arcilla es menor o igual a 15%, Límite líquido menor o igual a 35%, Contenido de humedad natural mayor o igual a 0.9 veces de límite líquido y Índice de liquidez menor o igual a 0.75.

Además, de acuerdo con la normativa peruana un criterio indispensable para que suelos sean susceptibles a este fenómeno deben presentar simultáneamente las siguientes características:

Estar constituido por arena, arena limosa, arena arcillosa, limo arenoso no plástico o grava empacada en una matriz constituida por alguno de los materiales anteriores.

Cuadro N°10: Cuadro de resultados de Licuación de Suelo

LICUACIÓN DE SUELOS									
DESCRIPCIÓN	MUESTRA	RESULTADO DE ENSAYO						PRESENCIA DE NAPA FREÁTICA	Valoración
		LL (%)	LP (%)	IP (%)	W (%)	0.9*LL	FRACCIÓN ARCILLA (%)		
TALUD	M -1	28.81	16.61	12.20	12.15	25.93	20.80	No	PUEDE SER SUCEPTIBLE
	M -1	22.69	19.49	3.20	12.08	20.42	18.50	No	PUEDE SER SUCEPTIBLE
	M -1	29.15	16.15	13.00	12.72	26.24	74.80	No	PUEDE SER SUCEPTIBLE

Fuente: *Grupo Phura S.R.L*

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

15 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Correlacionando la investigación de campo realizada con los resultados de los ensayos de laboratorio y según el análisis efectuado en el transcurso del informe, establecemos las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- A partir de los trabajos de exploración geotécnica realizados mediante tres calicatas, se identificaron suelos clasificados como **arena arcillosa (SC)**, **arena limosa (SM)** y **arcilla inorgánica (CL)**, los cuales presentan **condiciones desfavorables para la estabilidad natural del talud**, especialmente bajo la influencia de variaciones de humedad y precipitaciones.

- El suelo identificado en la **Calicata 01 (SC)** presenta una combinación de fracción arenosa con matriz arcillosa, lo que le confiere cierta cohesión; sin embargo, la presencia de arcilla incrementa su **sensibilidad al agua**, provocando reducción de la resistencia al corte cuando se encuentra saturado, lo cual contribuye a la **inestabilidad del talud.**

- En la Calicata 02 (SM) se encontró un suelo de arena limosa, caracterizado por su baja cohesión y compactación suelta a media, que presenta facilidad para el desmoronamiento y pérdida de resistencia en condiciones húmedas, favoreciendo procesos de erosión y deslizamientos superficiales.

- El suelo correspondiente a la **Calicata 03 (CL)** está conformado por **arcilla inorgánica de plasticidad media**, con **baja capacidad de drenaje** y elevada susceptibilidad a cambios volumétricos, lo que genera disminución significativa de la resistencia al corte y aumenta la probabilidad de deslizamientos, especialmente durante periodos de lluvias.

- La presencia de estos tipos de suelos en los taludes, todos con **comportamiento mecánico inestable**, confirma que los taludes evaluados presentan **condiciones geotécnicas críticas**, siendo susceptible a fallas superficiales y deformaciones progresivas, por lo que **no garantiza estabilidad en su estado natural.**

- La profundidad de exploración de 3.0 m permitió identificar adecuadamente la **zona activa en los taludes**, donde se concentran los principales mecanismos de falla, siendo representativa para el análisis de estabilidad y el diseño de las medidas de estabilización propuestas en la presente investigación.

- No se presenció napa freática.

- Al evaluar las propiedades de los suelos de fundación (Limite Liquido, Índice Plástico, contenido de humedad, Fracción de arcillas, entre otros), se concluye que estos son:
  - Poseen un rango bajo de Potencial de expansión
  - Poseen un bajo riesgo de licuación
  - Son suelos colapsables.

GRUPO PHURA
Laboratorio de Suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71865051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

Análisis Químico

- El resultado del Análisis Físico Químico efectuado con las muestras representativas de los estratos, Dichos valores se encuentran por debajo de los límites mínimos permisibles de agresividad al suelo y concreto, en lo que respecta a sulfatos y sales solubles totales, debiéndose utilizar por consiguiente Cemento Portland Tipo I.

Ensayo Triaxial

Se presenta el resumen de resultados del ensayo Triaxial

Descripción	Calicata N°	Suelo de Soporte	Parámetros Efectivos		Parámetros Totales	
			C' kg/cm^2	Φ'°	C kg/cm^2	Φ°
TALUD	C-01	SC	0.086	25.00	0.075	25.94
	C-02	SM	0.040	28.00	0.032	29.10
	C-03	CL	0.071	21.00	0.065	22.30

Recomendaciones

- Se recomienda la **implementación de un sistema de estabilización del talud**, dado que los suelos identificados (SC, SM y CL) presentan **baja resistencia al corte y alta sensibilidad a la humedad**, condiciones que favorecen la ocurrencia de deslizamientos.
- Para mejorar el comportamiento en los taludes, se considera técnicamente viable el uso de **micropilotes de bambú**, los cuales permiten incrementar la resistencia al corte del suelo, controlar deformaciones y mejorar la estabilidad global, especialmente en suelos de baja cohesión y arcillosos.
- Se recomienda complementar el sistema de micropilotes de bambú y geomalla con el fin de reforzar el suelo superficial, redistribuir esfuerzos y reducir deformaciones, aumentando así el factor de seguridad del talud.
- Es fundamental la **implementación de sistemas de drenaje superficial y subterráneo**, con el objetivo de reducir la infiltración de agua en los suelos, minimizar el incremento de presiones de poros y evitar la pérdida de resistencia del terreno.
- Durante la ejecución de las obras de estabilización, se recomienda realizar **control técnico y monitoreo permanente**, especialmente en épocas de lluvia, a fin de verificar el comportamiento del talud y la efectividad de las medidas adoptadas.

GRUPO PHURA Laboratorio de Suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

16 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Braja, M. (2011). Fundamento de Ingeniería de Cimentaciones [7° Ed.]. Cimentaciones superficiales: capacidad de carga última, Cimentaciones superficiales: capacidad de carga y asentamiento permisible. México: CENCAGE Learning.

Norma E.050 (2019). Suelo y Cimentaciones. Perú: Diario El Peruano.

17 ANEXOS

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71865051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

ANEXO I

CAPACIDAD PORTANTE

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados – LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR - GRUPO PHURA

	"LABOR CHIEF DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PH"	Código	GP-SP-289
	CAPACIDAD PORTANTE	Versión	03
		Fecha	SETIEMBRE - 2025

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"

Tesistas: EST. EDUIN GIMAR CHUCHAV GARCÍA
EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS

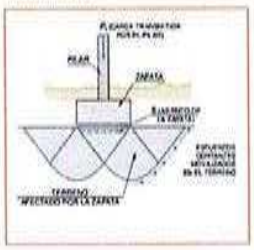
Ubicación de Proyecto: CASERIO SANTA TERESITA, DISTRITO JAÉN, JAÉN, CAJAMARCA

Descripción: TALUD
Sondaje / Calicata: C-01
N° de Muestra: M-I

A.- DATOS GENERALES

Cota de Superficie (m): 0.00
Fecha: SETIEMBRE - 2025

Ángulo de Fricción Interna (φ)	25.0	°
Cohesión (c)	0.85	tnf/m2
Tipo de falla por corte	Local	
Ángulo de Fricción Interna corregido (φ_c)	17.3	grados
Cohesión corregida (c_c)	0.56	tnf/m2
Peso específico del suelo sobre CIM	1.79	tnf/m3
Peso específico del suelo bajo CIM	1.79	tnf/m3
Esfuerzo Efectivo del suelo (q)	.....	tnf/m2
Relación Ancho / Largo (B/L)	1.00	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	1.00	m
Incremento de base (Δb)	0.50	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	0.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	0.80	m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga (i)	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S.asume 3.0)	3.00	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	SC	
Cimentación sugerida	Zapata Cuadrada	



B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

Nc = 12.539 $N_c = (N_q - 1)\cot\varphi$
Nq = 4.899 $N_q = e^{\pi \tan\varphi}\cdot\tan^2(45+\varphi/2)$
Nγ = 2.423 $N_\gamma = 2(N_q+1)\tan\varphi$

D.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

Ka = 0.542
Kp = 1.844
Ko = 0.703

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

E.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida: Zapata Cuadrada

COTA RELATIVA	DESPLANTE Df (m)	ANCHO B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	L	L redondeado	FACTOR DE FORMA Sc	Sγ	Sq	FACTOR DE INCLINACIÓN ic	iq	iγ	FACTOR DE PROFUNDIDAD Fqd	Fcd	Fγd	qu (tnf/m2)	Qadm (tnf/m2)	Qadm (kg/cm2)	Detalle
-0.00	0.80	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.578	1.320	1	28.80	9.60	0.98	Zapata Cuadrada
-0.00	0.80	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.593	1.213	1	28.53	9.51	0.97	
-0.00	0.80	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.600	1.160	1	28.72	9.57	0.98	
-0.00	0.80	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.604	1.126	1	29.10	9.70	0.99	
-0.00	0.80	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.607	1.107	1	29.57	9.85	1.00	
-0.00	0.80	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.609	1.091	1	30.09	10.03	1.02	
-1.00	1.00	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.567	1.400	1	33.08	11.03	1.12	
-1.00	1.00	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.585	1.267	1	32.63	10.88	1.11	
-1.00	1.00	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.594	1.200	1	32.73	10.91	1.11	
-1.00	1.00	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.600	1.160	1	33.05	11.02	1.12	
-1.00	1.00	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.603	1.133	1	33.48	11.16	1.14	
-1.00	1.00	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.606	1.114	1	33.98	11.33	1.15	
-1.20	1.20	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.569	1.350	1	32.09	10.70	1.09	
-1.20	1.20	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.578	1.320	1	36.70	12.23	1.24	
-1.20	1.20	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.589	1.240	1	36.71	12.24	1.24	
-1.20	1.20	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.595	1.192	1	36.98	12.33	1.25	
-1.20	1.20	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.600	1.160	1	37.38	12.46	1.27	
-1.20	1.20	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.603	1.137	1	37.85	12.62	1.28	
-1.40	1.40	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.292	1.380	1	35.67	11.89	1.21	
-1.40	1.40	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.571	1.373	1	40.73	13.58	1.38	
-1.40	1.40	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.583	1.280	1	40.67	13.56	1.38	
-1.40	1.40	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.591	1.224	1	40.89	13.63	1.39	
-1.40	1.40	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.596	1.187	1	41.26	13.75	1.40	
-1.40	1.40	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.600	1.160	1	41.71	13.90	1.42	
-1.60	1.60	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.283	1.360	1	38.34	12.78	1.30	
-1.60	1.60	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.299	1.389	1	39.50	13.17	1.34	
-1.60	1.60	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.313	1.407	1	40.59	13.53	1.38	
-1.60	1.60	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.325	1.423	1	41.63	13.88	1.41	
-1.60	1.60	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.336	1.437	1	42.61	14.20	1.45	
-1.60	1.60	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.346	1.450	1	43.56	14.52	1.48	
-1.80	1.80	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.283	1.368	1	41.29	13.76	1.40	
-1.80	1.80	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.299	1.389	1	42.49	14.16	1.44	
-1.80	1.80	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.313	1.407	1	43.61	14.54	1.48	
-1.80	1.80	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.325	1.423	1	44.67	14.89	1.52	
-1.80	1.80	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.336	1.437	1	45.68	15.23	1.55	
-1.80	1.80	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.346	1.450	1	46.65	15.55	1.59	
-2.00	2.00	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.283	1.368	1	44.24	14.75	1.50	
-2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.299	1.389	1	45.47	15.16	1.54	
-2.00	2.00	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.313	1.407	1	46.63	15.54	1.58	
-2.00	2.00	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.325	1.423	1	47.72	15.91	1.62	
-2.00	2.00	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.336	1.437	1	48.75	16.25	1.66	
-2.00	2.00	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.346	1.450	1	49.74	16.58	1.69	
-2.20	2.20	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.283	1.368	1	47.18	15.73	1.60	
-2.20	2.20	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.299	1.389	1	48.46	16.15	1.65	
-2.20	2.20	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.313	1.407	1	49.65	16.55	1.69	
-2.20	2.20	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.325	1.423	1	50.76	16.92	1.73	
-2.20	2.20	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.336	1.437	1	51.83	17.28	1.76	
-2.20	2.20	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.346	1.450	1	52.84	17.61	1.80	
-2.40	2.40	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.283	1.368	1	50.13	16.71	1.70	
-2.40	2.40	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.299	1.389	1	51.44	17.15	1.75	
-2.40	2.40	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.313	1.407	1	52.66	17.55	1.79	
-2.40	2.40	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.325	1.423	1	53.81	17.94	1.83	
-2.40	2.40	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.336	1.437	1	54.90	18.30	1.87	
-2.40	2.40	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.346	1.450	1	55.93	18.64	1.90	
-2.60	2.60	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.283	1.368	1	53.08	17.69	1.80	
-2.60	2.60	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.299	1.389	1	54.43	18.14	1.85	
-2.60	2.60	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.313	1.407	1	55.68	18.56	1.89	
-2.60	2.60	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.325	1.423	1	56.86	18.95	1.93	
-2.60	2.60	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.336	1.437	1	57.97	19.32	1.97	
-2.60	2.60	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.346	1.450	1	59.02	19.67	2.00	
-2.80	2.80	1.0	1.00	0.50	1.00	1.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.283	1.368	1	56.03	18.68	1.90	
-2.80	2.80	1.5	1.00	0.50	1.50	1.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.299	1.389	1	57.41	19.14	1.95	
-2.80	2.80	2.0	1.00	0.50	2.00	2.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.313	1.407	1	58.70	19.57	1.99	
-2.80	2.80	2.5	1.00	0.50	2.50	2.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.325	1.423	1	59.90	19.97	2.03	
-2.80	2.80	3.0	1.00	0.50	3.00	3.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.336	1.437	1	61.04	20.35	2.07	
-2.80	2.80	3.5	1.00	0.50	3.50	3.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.346	1.450	1	62.12	20.71	2.10	
-3.00	3.00	1.0	1.00	0.50	1.00	1.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.283	1.368	1	58.98	19.66	2.00	
-3.00	3.00	1.5	1.00	0.50	1.50	1.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.299	1.389	1	60.40	20.13	2.05	
-3.00	3.00	2.0	1.00	0.50	2.00	2.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.313	1.407	1	61.72	20.57	2.09	
-3.00	3.00	2.5	1.00	0.50	2.50	2.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.325	1.423	1	62.95	20.98	2.13	
-3.00	3.00	3.0	1.00	0.50	3.00	3.0	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.336	1.437	1	64.11	21.37	2.17	
-3.00	3.00	3.5	1.00	0.50	3.50	3.5	1.391	0.600	1.311	1.000	1.000	1.000	1.346	1.450	1	65.21	21.74	2.21	

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
.....
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
.....
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
.....
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO FR"	Código	GP-SP-193
	Versión	01
ASENTAMIENTOS	Fecha	SETIEMBRE - 2025

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"

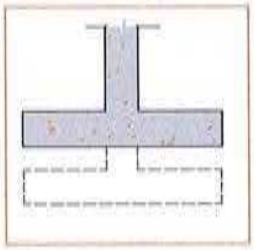
Tesistas: BST. EDWIN OMAR CHINCHAY GARCÍA BST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS
Ubicación de Proyecto: CASERIO SANTA TERESITA, DISTRITO JAÉN, JAÉN, CAJAMARCA

Descripción: TALUD
Sondaje / Calicata: C-01
N° de Muestra: M-1
A.- DATOS GENERALES

Cota de Superficie (m): 0.00
Fecha: SETIEMBRE - 2025

u = 0.23
E_s = 320 Kg/cm²
Estrato de apoyo: E-01

$$S_i = \frac{q\,B\,(1-\mu^2)}{E_s}\,I_f \qquad I_f = \frac{\sqrt{\frac{L}{B}}}{\beta_z}$$

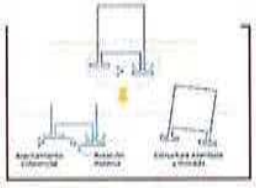


S_i= asentamiento
E_s= Modulo de elasticidad del suelo
B= Ancho de la cimentacion
u= relacion de Poisson del suelo
I_f= factor de profundidad
q= presión neta aplicada sobre la cimentacion

$S_{tolerable}$ = 2.54 cm

ZAPATA CUADRADA

DESPLANTE Df (cm)	BASE B (cm)	Qadm (Kg/cm2)	S_i (cm)
80.0	100.00	0.98	0.27
80.0	150.00	0.97	0.40
80.0	200.00	0.97	0.54
80.0	250.00	0.99	0.68
80.0	300.00	1.00	0.83
80.0	350.00	1.02	0.98
100.0	100.00	1.12	0.31
100.0	150.00	1.11	0.46
100.0	200.00	1.11	0.61
100.0	250.00	1.12	0.77
100.0	300.00	1.13	0.94
100.0	350.00	1.15	1.11
120.0	100.00	1.09	0.30
120.0	150.00	1.24	0.51
120.0	200.00	1.24	0.68
120.0	250.00	1.25	0.86
120.0	300.00	1.27	1.05
120.0	350.00	1.28	1.23
140.0	100.00	1.21	0.33
140.0	150.00	1.38	0.57
140.0	200.00	1.38	0.76
140.0	250.00	1.39	0.95
140.0	300.00	1.40	1.15
140.0	350.00	1.41	1.36
160.0	100.00	1.30	0.36
160.0	150.00	1.34	0.55
160.0	200.00	1.37	0.76
160.0	250.00	1.41	0.97
160.0	300.00	1.44	1.19
160.0	350.00	1.48	1.42
180.0	100.00	1.40	0.38
180.0	150.00	1.44	0.59
180.0	200.00	1.48	0.81
180.0	250.00	1.51	1.04
180.0	300.00	1.55	1.28
180.0	350.00	1.59	1.52
200.0	100.00	1.50	0.41
200.0	150.00	1.54	0.64
200.0	200.00	1.58	0.87
200.0	250.00	1.62	1.11
200.0	300.00	1.65	1.36
200.0	350.00	1.68	1.62
220.0	100.00	1.60	0.44
220.0	150.00	1.64	0.68
220.0	200.00	1.68	0.93
220.0	250.00	1.72	1.18
220.0	300.00	1.76	1.45
220.0	350.00	1.79	1.72
240.0	100.00	1.70	0.47
240.0	150.00	1.74	0.72
240.0	200.00	1.78	0.98
240.0	250.00	1.82	1.25
240.0	300.00	1.86	1.54
240.0	350.00	1.89	1.82
260.0	100.00	1.80	0.49
260.0	150.00	1.84	0.76
260.0	200.00	1.89	1.04
260.0	250.00	1.93	1.32
260.0	300.00	1.96	1.62
260.0	350.00	2.00	1.93
280.0	100.00	1.90	0.52
280.0	150.00	1.94	0.80
280.0	200.00	1.99	1.09
280.0	250.00	2.03	1.40
280.0	300.00	2.07	1.71
280.0	350.00	2.10	2.03
300.0	100.00	2.00	0.55
300.0	150.00	2.05	0.84
300.0	200.00	2.09	1.15
300.0	250.00	2.13	1.47
300.0	300.00	2.17	1.79
300.0	350.00	2.21	2.13
320.0	100.00	2.10	0.58
320.0	150.00	2.15	0.89
320.0	200.00	2.19	1.21
320.0	250.00	2.24	1.54
320.0	300.00	2.28	1.89
320.0	350.00	2.31	2.23



LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71665051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHU"		Código	GP-SP-209
	CAPACIDAD PORTANTE	Versión	01
		Fecha	SETIEMBRE - 2025

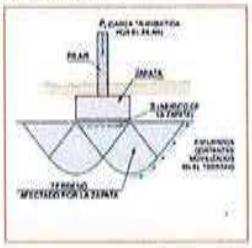
Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"

Tesistas: BST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA BST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS
Ubicación de Proyecto: CASERIO SANTA TERESITA, DISTRITO JAÉN, JAÉN, CAJAMARCA

Descripción TALUD
Sondaje / Calicata: C-07
N° de Muestra: M-1
A.- DATOS GENERALES

Cota de Superficie (m): 0.00
Fecha : SETIEMBRE - 2025

Ángulo de Fricción Interna (φ)	28.00	°
Cohesión (c)	0.39	tnf/m2
Tipo de falla por corte	Local	
Ángulo de Fricción Interna corregido (φ_c)	19.5	grados
Cohesión corregida (c_c)	0.26	tnf/m2
Peso específico del suelo sobre CIM	1.79	tnf/m3
Peso específico del suelo bajo CIM	1.79	tnf/m3
Esfuerzo Efectivo del suelo (q)	.....	tnf/m2
Relación Ancho / Largo (B/L)	1.00	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) inicial de la Cimentación	1.00	m
Incremento de base (Ab)	0.50	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	0.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	0.80	m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga (α)	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.Sasume 3.0)	3.00	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	SM	
Cimentación sugerida	Zapata Cuadrada	



B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$V_c = c\,N_c\,\zeta_c\,\zeta_{cd}\,\zeta_{ci}$

Nc = 14.391
Nq = 6.101 $\quad V_q = q\,N_q\,\zeta_q\,\zeta_{qd}\,\zeta_{qi}$
Nγ = 3.616 $\quad V_\gamma = 0.5\,\gamma_1\,B\,N_\gamma\,\zeta_\gamma\,\zeta_{\gamma d}\,\zeta_{\gamma i}$

D.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

Ka = 0.499
Kp = 2.003
Ko = 0.666

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

E.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida: Zapata Cuadrada

COTA RELATIVA	DESPLANTE Df (m)	ANCHO B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	L	b redondeado	FACTOR DE FORMA sc	sγ	sq	FACTOR DE INCLINACION ic	iq	iγ	FACTOR DE PROFUNDIDAD fcd	fqd	fγd	qu (tnf/m2)	Detalle
-0.80	0.80	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.646	1.320	1	28.52	
-0.80	0.80	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.667	1.313	1	29.16	
-0.80	0.80	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.677	1.160	1	29.97	
-0.80	0.80	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.684	1.120	1	30.85	
-0.80	0.80	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.688	1.107	1	31.75	
-0.80	0.80	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.691	1.091	1	32.68	
-1.00	1.00	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.630	1.400	1	33.58	
-1.00	1.00	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.656	1.267	1	34.22	
-1.00	1.00	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.669	1.200	1	35.03	
-1.00	1.00	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.677	1.160	1	35.91	
-1.00	1.00	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.683	1.133	1	36.81	
-1.00	1.00	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.686	1.114	1	37.74	
-1.20	1.20	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.375	1.350	1	31.84	
-1.20	1.20	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.646	1.320	1	33.22	
-1.20	1.20	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.661	1.240	1	34.05	
-1.20	1.20	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.671	1.192	1	34.93	
-1.20	1.20	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.677	1.160	1	35.84	
-1.20	1.20	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.682	1.137	1	36.77	
-1.40	1.40	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.299	1.300	1	30.26	
-1.40	1.40	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.635	1.373	1	34.16	
-1.40	1.40	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.654	1.280	1	35.01	
-1.40	1.40	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.665	1.224	1	35.91	
-1.40	1.40	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.672	1.187	1	36.83	
-1.40	1.40	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.677	1.160	1	37.77	
-1.60	1.60	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.294	1.374	1	39.05	
-1.60	1.60	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.312	1.397	1	41.48	
-1.60	1.60	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.327	1.417	1	42.92	
-1.60	1.60	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.341	1.433	1	44.29	
-1.60	1.60	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.352	1.448	1	45.61	
-1.60	1.60	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.362	1.460	1	46.88	
-1.80	1.80	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.294	1.374	1	43.78	
-1.80	1.80	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.312	1.397	1	45.36	
-1.80	1.80	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.327	1.417	1	46.85	
-1.80	1.80	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.341	1.433	1	48.26	
-1.80	1.80	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.352	1.448	1	49.61	
-1.80	1.80	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.362	1.460	1	50.91	
-2.00	2.00	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.294	1.374	1	47.61	
-2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.312	1.397	1	49.24	
-2.00	2.00	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.327	1.417	1	50.77	
-2.00	2.00	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.341	1.433	1	52.22	
-2.00	2.00	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.352	1.448	1	53.61	
-2.00	2.00	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.362	1.460	1	54.91	
-2.20	2.20	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.294	1.374	1	51.44	
-2.20	2.20	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.312	1.397	1	53.12	
-2.20	2.20	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.327	1.417	1	54.70	
-2.20	2.20	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.341	1.433	1	56.19	
-2.20	2.20	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.352	1.448	1	57.61	
-2.20	2.20	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.362	1.460	1	58.97	
-2.40	2.40	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.294	1.374	1	55.27	
-2.40	2.40	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.312	1.397	1	57.00	
-2.40	2.40	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.327	1.417	1	58.63	
-2.40	2.40	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.341	1.433	1	60.16	
-2.40	2.40	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.352	1.448	1	61.61	
-2.40	2.40	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.362	1.460	1	63.00	
-2.60	2.60	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.294	1.374	1	59.09	
-2.60	2.60	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.312	1.397	1	60.89	
-2.60	2.60	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.327	1.417	1	62.55	
-2.60	2.60	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.341	1.433	1	64.12	
-2.60	2.60	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.352	1.448	1	65.61	
-2.60	2.60	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.362	1.460	1	67.03	
-2.80	2.80	1.0	1.00	0.50	1.00	1.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.294	1.374	1	62.92	
-2.80	2.80	1.5	1.00	0.50	1.50	1.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.312	1.397	1	64.77	
-2.80	2.80	2.0	1.00	0.50	2.00	2.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.327	1.417	1	66.48	
-2.80	2.80	2.5	1.00	0.50	2.50	2.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.341	1.433	1	68.09	
-2.80	2.80	3.0	1.00	0.50	3.00	3.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.352	1.448	1	69.61	
-2.80	2.80	3.5	1.00	0.50	3.50	3.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.362	1.460	1	71.06	
-3.00	3.00	1.0	1.00	0.50	1.00	1.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.294	1.374	1	66.75	
-3.00	3.00	1.5	1.00	0.50	1.50	1.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.312	1.397	1	68.65	
-3.00	3.00	2.0	1.00	0.50	2.00	2.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.327	1.417	1	70.41	
-3.00	3.00	2.5	1.00	0.50	2.50	2.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.341	1.433	1	72.05	
-3.00	3.00	3.0	1.00	0.50	3.00	3.0	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.352	1.448	1	73.61	
-3.00	3.00	3.5	1.00	0.50	3.50	3.5	1.424	0.600	1.354	1.000	1.000	1.000	1.362	1.460	1	75.09	

Zapata Cuadrada

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PH"		Código	EP-SP-309
	ASENTAMIENTOS	Versión	03
		Fecha	SETIEMBRE - 2025

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"

Tesistas:

Ubicación de Proyecto: CASERIO SANTA TERESITA, DISTRITO JAÉN, JAÉN, CAJAMARCA

Descripción: TALUD
Sondaje / Calicata: C-02
N° de Muestra: M-1
A.- DATOS GENERALES

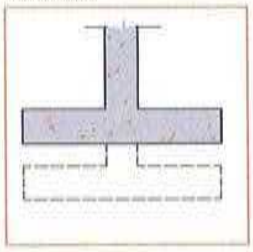
Cota de Superficie (m): 0.00
Fecha : SETIEMBRE - 2025

u = 0.23
E_s = 320 Kg/cm²
Estrato de apoyo: E-01

$$S_i = \frac{q\,B\,(1-\mu^2)}{E_s}\,If \qquad If = \frac{\sqrt{\frac{L}{B}}}{\beta_2}$$

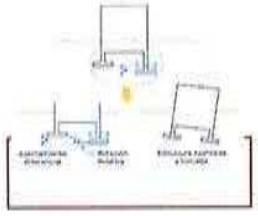
Si= asentamiento
Es= Modulo de elasticidad del suelo
B= Ancho de la cimentacion
u= relacion de Poisson del suelo
If= factor de profundidad
q= presión neta aplicada sobre la cimentacion

$S_{i\,max}$ = 2.54 cm



ZAPATA CUADRADA

DESPLANTE Df (cm)	BASE B (cm)	Qadm (Kg/cm2)	S_i (cm)
60.0	100.00	0.97	0.27
80.0	150.00	0.99	0.41
80.0	200.00	1.02	0.56
80.0	250.00	1.04	0.72
80.0	300.00	1.08	0.89
80.0	350.00	1.11	1.07
100.0	100.00	1.14	0.31
100.0	150.00	1.16	0.48
100.0	200.00	1.19	0.65
100.0	250.00	1.22	0.84
100.0	300.00	1.25	1.03
100.0	350.00	1.28	1.23
120.0	100.00	1.08	0.30
120.0	150.00	1.33	0.55
120.0	200.00	1.36	0.75
120.0	250.00	1.39	0.95
120.0	300.00	1.42	1.17
120.0	350.00	1.45	1.40
140.0	100.00	1.23	0.34
140.0	150.00	1.50	0.62
140.0	200.00	1.52	0.84
140.0	250.00	1.55	1.07
140.0	300.00	1.59	1.31
140.0	350.00	1.62	1.56
160.0	100.00	1.35	0.37
160.0	150.00	1.40	0.58
160.0	200.00	1.45	0.80
160.0	250.00	1.50	1.03
160.0	300.00	1.54	1.28
160.0	350.00	1.59	1.53
180.0	100.00	1.48	0.41
180.0	150.00	1.54	0.63
180.0	200.00	1.59	0.87
180.0	250.00	1.63	1.12
180.0	300.00	1.68	1.39
180.0	350.00	1.72	1.66
200.0	100.00	1.61	0.44
200.0	150.00	1.67	0.69
200.0	200.00	1.72	0.95
200.0	250.00	1.77	1.22
200.0	300.00	1.82	1.50
200.0	350.00	1.86	1.79
220.0	100.00	1.74	0.48
220.0	150.00	1.80	0.74
220.0	200.00	1.85	1.02
220.0	250.00	1.90	1.31
220.0	300.00	1.95	1.61
220.0	350.00	2.00	1.92
240.0	100.00	1.87	0.52
240.0	150.00	1.93	0.80
240.0	200.00	1.99	1.09
240.0	250.00	2.04	1.40
240.0	300.00	2.09	1.72
240.0	350.00	2.13	2.06
260.0	100.00	2.00	0.55
260.0	150.00	2.06	0.85
260.0	200.00	2.12	1.17
260.0	250.00	2.17	1.49
260.0	300.00	2.22	1.83
260.0	350.00	2.27	2.19
280.0	100.00	2.13	0.59
280.0	150.00	2.19	0.91
280.0	200.00	2.25	1.24
280.0	250.00	2.31	1.59
280.0	300.00	2.36	1.95
280.0	350.00	2.41	2.32
300.0	100.00	2.26	0.62
300.0	150.00	2.32	0.96
300.0	200.00	2.38	1.31
300.0	250.00	2.44	1.68
300.0	300.00	2.49	2.06
300.0	350.00	2.54	2.45



LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHU"		Código	GP-XP-189
	CAPACIDAD PORTANTE	Versión	03
		Fecha	SETIEMBRE - 2025

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"

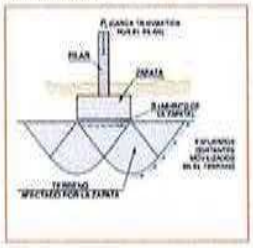
Tesistas: EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA BST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS
Ubicación de Proyecto: CASERIO SANTA TERESITA, DISTRITO JAÉN, JAÉN, CAJAMARCA

Descripción TALUD
Sondaje / Calicata: C-01
N° de Muestra: M-1

Cota de Superficie (m): 0.00
Fecha: SETIEMBRE - 2025

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (φ)	21.00	°
Cohesión (c)	0.70	tnf/m2
Tipo de falla por corte	Local	
Ángulo de Fricción Interna corregido (φ_c)	14.4	grados
Cohesión corregida (c_c)	0.47	tnf/m2
Peso específico del suelo sobre CIM	1.79	tnf/m3
Peso específico del suelo bajo CIM	1.79	tnf/m3
Esfuerzo Efectivo del suelo (q)	.....	tnf/m2
Relación Ancho / Largo (B/L)	1.00	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	1.00	m
Incremento de base (Δb)	0.50	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	0.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	0.80	m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga (θ)	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S.asume 3.0)	3.00	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	CL	
Cimentación sugerida	Zapata Cuadrada	



B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

Nc = 10.580 $N_c = (N_q - 1)\cot\varphi$
Nq = 3.707 $N_q = e^{\pi \tan\varphi} \tan^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)$
Ny = 1.306 $N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan\varphi$

D.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

Ka = 0.603
Kp = 1.659
Ko = 0.752

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados segun Rankine.

E.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida: Zapata Cuadrada

COTA RELATIVA	DESPLANTE Df (m)	ANCHO B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	L	L redondeo da	FACTOR DE FORMA Sc	Sγ	Sq	FACTOR DE INCLINACION ic	iq	iγ	FACTOR DE PROFUNDIDAD Fqd	Fcd	Fγd	qa (tnf/m2)	Detalle
-0.80	0.80	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.487	1.320	1	19.44	
-0.80	0.80	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.495	1.313	1	19.16	
-0.80	0.80	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.499	1.160	1	19.21	
-0.80	0.80	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.502	1.128	1	19.38	
-0.80	0.80	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.503	1.107	1	19.62	
-0.80	0.80	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.505	1.091	1	19.90	
-1.00	1.00	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.480	1.400	1	22.40	
-1.00	1.00	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.491	1.267	1	21.97	
-1.00	1.00	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.496	1.200	1	21.94	
-1.00	1.00	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.499	1.160	1	22.08	
-1.00	1.00	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.501	1.133	1	22.29	
-1.00	1.00	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.503	1.114	1	22.55	
-1.20	1.20	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.254	1.350	1	22.27	
-1.20	1.20	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.487	1.320	1	24.77	
-1.20	1.20	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.493	1.240	1	24.67	
-1.20	1.20	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.497	1.192	1	24.76	
-1.20	1.20	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.499	1.160	1	24.95	
-1.20	1.20	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.501	1.137	1	25.19	
-1.40	1.40	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.275	1.300	1	24.81	
-1.40	1.40	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.482	1.373	1	27.56	
-1.40	1.40	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.490	1.280	1	27.39	
-1.40	1.40	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.494	1.224	1	27.44	
-1.40	1.40	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.497	1.187	1	27.60	
-1.40	1.40	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.499	1.160	1	27.82	
-1.60	1.60	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.260	1.359	1	26.60	
-1.60	1.60	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.274	1.378	1	27.27	
-1.60	1.60	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.286	1.395	1	27.91	
-1.60	1.60	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.296	1.409	1	28.53	
-1.60	1.60	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.306	1.422	1	29.11	
-1.60	1.60	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.314	1.434	1	29.68	
-1.80	1.80	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.260	1.359	1	28.70	
-1.80	1.80	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.274	1.378	1	29.40	
-1.80	1.80	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.286	1.395	1	30.06	
-1.80	1.80	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.296	1.409	1	30.69	
-1.80	1.80	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.306	1.422	1	31.29	
-1.80	1.80	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.314	1.434	1	31.87	
-2.00	2.00	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.260	1.359	1	30.80	
-2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.274	1.378	1	31.52	
-2.00	2.00	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.286	1.395	1	32.20	
-2.00	2.00	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.296	1.409	1	32.85	
-2.00	2.00	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.306	1.422	1	33.47	
-2.00	2.00	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.314	1.434	1	34.06	
-2.20	2.20	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.260	1.359	1	32.90	
-2.20	2.20	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.274	1.378	1	33.64	
-2.20	2.20	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.286	1.395	1	34.34	
-2.20	2.20	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.296	1.409	1	35.01	
-2.20	2.20	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.306	1.422	1	35.64	
-2.20	2.20	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.314	1.434	1	36.25	
-2.40	2.40	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.260	1.359	1	35.00	
-2.40	2.40	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.274	1.378	1	35.76	
-2.40	2.40	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.286	1.395	1	36.49	
-2.40	2.40	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.296	1.409	1	37.17	
-2.40	2.40	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.306	1.422	1	37.82	
-2.40	2.40	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.314	1.434	1	38.44	
-2.60	2.60	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.260	1.359	1	37.10	
-2.60	2.60	1.5	1.00	1.00	1.50	1.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.274	1.378	1	37.89	
-2.60	2.60	2.0	1.00	1.00	2.00	2.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.286	1.395	1	38.63	
-2.60	2.60	2.5	1.00	1.00	2.50	2.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.296	1.409	1	39.33	
-2.60	2.60	3.0	1.00	1.00	3.00	3.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.306	1.422	1	39.99	
-2.60	2.60	3.5	1.00	1.00	3.50	3.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.314	1.434	1	40.63	
-2.80	2.80	1.0	1.00	0.50	1.00	1.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.260	1.359	1	39.20	
-2.80	2.80	1.5	1.00	0.50	1.50	1.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.274	1.378	1	40.01	
-2.80	2.80	2.0	1.00	0.50	2.00	2.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.286	1.395	1	40.77	
-2.80	2.80	2.5	1.00	0.50	2.50	2.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.296	1.409	1	41.49	
-2.80	2.80	3.0	1.00	0.50	3.00	3.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.306	1.422	1	42.17	
-2.80	2.80	3.5	1.00	0.50	3.50	3.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.314	1.434	1	42.82	
-3.00	3.00	1.0	1.00	0.50	1.00	1.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.260	1.359	1	41.30	
-3.00	3.00	1.5	1.00	0.50	1.50	1.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.274	1.378	1	42.13	
-3.00	3.00	2.0	1.00	0.50	2.00	2.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.286	1.395	1	42.91	
-3.00	3.00	2.5	1.00	0.50	2.50	2.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.296	1.409	1	43.65	
-3.00	3.00	3.0	1.00	0.50	3.00	3.0	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.306	1.422	1	44.35	
-3.00	3.00	3.5	1.00	0.50	3.50	3.5	1.350	0.600	1.256	1.000	1.000	1.000	1.314	1.434	1	45.01	

Zapata Cuadrada

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PH"		Código	EP-SP-309
	ASENTAMIENTOS	Versión	03
		Fecha	SETIEMBRE - 2025

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"

Tesistas:

Ubicación de Proyecto: CASERIO SANTA TERESITA, DISTRITO JAÉN, JAÉN, CAJAMARCA

Descripción: TALUD
Sondaje / Calicata: C-02
N° de Muestra: M-I
A.- DATOS GENERALES

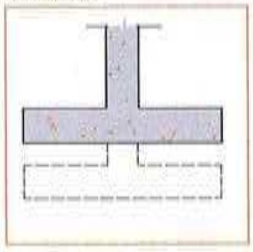
Cota de Superficie (m): 0.00
Fecha : SETIEMBRE - 2025

μ = 0.23
E_s = 320 Kg/cm²
Estrato de apoyo: E-01

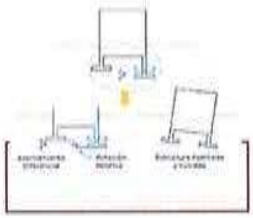
$$S_i = \frac{qB(1-\mu^2)}{E_s} I_f \qquad I_f = \frac{\sqrt{\frac{L}{B}}}{\beta_z}$$

S_i= asentamiento
Es= Modulo de elasticidad del suelo
B= Ancho de la cimentacion
u= relacion de Poisson del suelo
If= factor de profundidad
q= presión neta aplicada sobre la cimentacion

S_{tomo} = 2.54 cm



ZAPATA CUADRADA			
DESPLANTE Df (cm)	BASE B (cm)	Qadm (Kg/cm2)	S_i (cm)
80.0	100.00	0.66	0.18
80.0	150.00	0.65	0.27
80.0	200.00	0.65	0.36
80.0	250.00	0.66	0.45
80.0	300.00	0.66	0.55
80.0	350.00	0.67	0.65
100.0	100.00	0.76	0.21
100.0	150.00	0.74	0.31
100.0	200.00	0.74	0.41
100.0	250.00	0.75	0.51
100.0	300.00	0.75	0.62
100.0	350.00	0.76	0.74
120.0	100.00	0.75	0.21
120.0	150.00	0.84	0.35
120.0	200.00	0.84	0.46
120.0	250.00	0.84	0.58
120.0	300.00	0.84	0.70
120.0	350.00	0.85	0.82
140.0	100.00	0.84	0.23
140.0	150.00	0.93	0.39
140.0	200.00	0.93	0.51
140.0	250.00	0.93	0.64
140.0	300.00	0.92	0.77
140.0	350.00	0.94	0.91
160.0	100.00	0.90	0.25
160.0	150.00	0.92	0.38
160.0	200.00	0.95	0.52
160.0	250.00	0.97	0.66
160.0	300.00	0.99	0.81
160.0	350.00	1.01	0.97
180.0	150.00	0.97	0.27
180.0	150.00	1.00	0.41
180.0	200.00	1.02	0.56
180.0	250.00	1.04	0.72
180.0	300.00	1.06	0.87
180.0	350.00	1.08	1.04
200.0	100.00	1.01	0.29
200.0	150.00	1.07	0.44
200.0	200.00	1.09	0.60
200.0	250.00	1.11	0.77
200.0	300.00	1.13	0.94
200.0	350.00	1.15	1.11
220.0	100.00	1.11	0.31
220.0	150.00	1.14	0.47
220.0	200.00	1.16	0.64
220.0	250.00	1.19	0.82
220.0	300.00	1.21	1.00
220.0	350.00	1.23	1.18
240.0	100.00	1.19	0.33
240.0	150.00	1.21	0.50
240.0	200.00	1.24	0.68
240.0	250.00	1.26	0.87
240.0	300.00	1.28	1.06
240.0	350.00	1.30	1.25
260.0	100.00	1.26	0.35
260.0	150.00	1.28	0.53
260.0	200.00	1.31	0.72
260.0	250.00	1.33	0.92
260.0	300.00	1.35	1.12
260.0	350.00	1.38	1.33
280.0	100.00	1.33	0.37
280.0	150.00	1.36	0.56
280.0	200.00	1.38	0.76
280.0	250.00	1.41	0.97
280.0	300.00	1.43	1.18
280.0	350.00	1.45	1.40
300.0	100.00	1.40	0.38
300.0	150.00	1.43	0.59
300.0	200.00	1.45	0.80
300.0	250.00	1.48	1.02
300.0	300.00	1.50	1.24
300.0	350.00	1.52	1.47



LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

ANEXO II

ENSAYOS DE LABORATORIO ESTÁNDAR

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados – LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR - GRUPO PHURA

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR"	Código	GP-SP-289
Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis **ASTM D6913 / D6913M - 17**	Versión	02
	Fecha	SETIEMBRE - 2025
	Página	1 de 4

Tesis:	"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"	Informe N°:	GP25 - 289
		Jefe de Calidad :	ING. JENNER RAMOS
Tesistas:	EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA, EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS	Ensayado por :	KEVIN SANCHEZ
Ubicación de Proyecto:	CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Fecha de Ensayo:	SETIEMBRE - 2025

Descripción	TALUD	Profundidad:	3.00 (m)
Sondaje / Calicata:	C-01	Norte:	9386664.217
N° de Muestra:	M-1	Este:	735168.842
Progresiva:	---	Cota:	1443

Método de ensayo utilizado	: Tamizado simple "B"	Procedimiento de obtención de muestra	: Secado al aire	Grava :	5.9
Tamiz de separación E11	: No. 4	Clasificación del suelo	: SC	Arena :	73.4
				Finos :	20.8

Masa Total húmeda g	1758		1ra Separación Retenida en tamiz separador	Fracción que pasa
Masa Total seca g	912			
Masa Total Húmeda < No. 4		g	---	1680
Masa Húmeda de Fracción		g	70	1680
Masa Seca de Fracción		g	75.48	845.7
Fracción Limpia y Seca		g	73.48	843.9
Humedad de Fracción		%	3.3	98.7
Fracción		%	6.2	93.8
Humedad Total		%	92.7	
Σ de tamizado		g	73.3	843.68

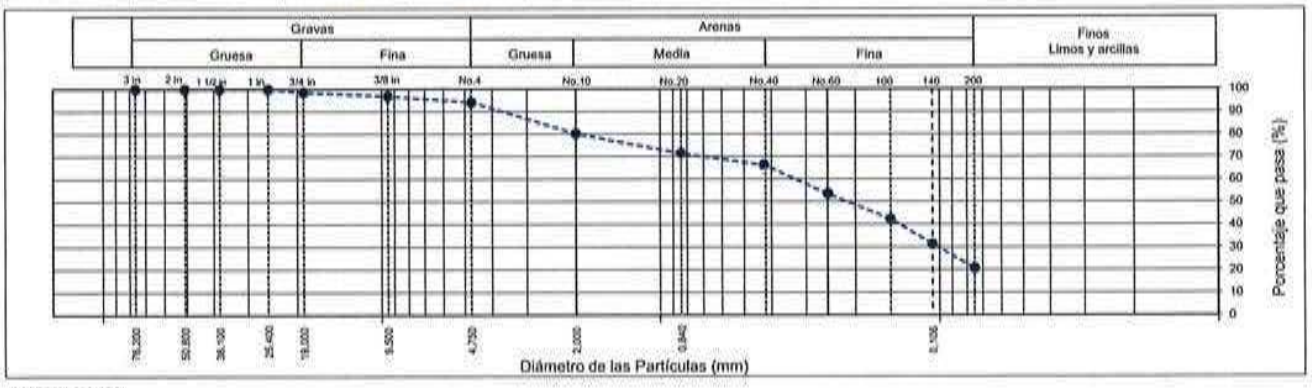
PÉRDIDA POR PROCESAMIENTO (%)		
CRITERIO	0.5	0.5
Fase de Ensayo	Lavado	Tamizado
1ra Separación	0.22	0.22
Fracción Fina	---	0.03

8.1

Equipos utilizados:

- *Juego de tamices EQ06*
- *Balanzas EQ25 EQ23 y EQ10*
- *Horno EQ05*
- *Cuarteador EQ03*

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Fracción Gruesa de Separación (0,1 g)	Fracción Fina Tamizado Simple (0,01 g)	Retenido en Tamiz Separador (%)	Factor de Tamizado	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	Especificación	
									Mínimo	Máximo
3 in.	76.200				0.1096374	0.0	0.0	100		
2 in.	50.800	0.0			0.1096374	0.0	0.0	100		
1 -1/2 in.	38.100	0.0			0.1096374	0.0	0.0	100		
1 in.	25.400	0.0			0.1096374	0.0	0.0	100		
3/4 in.	19.000	12.5			0.1096374	1.4	1.4	99		
3/8 in.	9.500	15.5			0.1096374	1.7	3.1	97		
No. 4	4.750	25.6	0.0	0.0	0.1096374	2.8	5.9	94		
No. 10	2.000		124.9		0.1113146	13.9	19.8	80.2		
No. 20	0.840		78.5		0.1113146	8.7	28.5	71.5		
No. 40	0.425		45.7		0.1113146	5.1	33.6	66.4		
No. 60	0.250		115.5		0.1113146	12.9	46.4	53.6		
No. 100	0.150		100.5		0.1113146	11.2	57.6	42.4		
No. 140	0.106		98.6		0.1113146	11.0	68.6	31.4		
No. 200	0.075		95.5		0.1113146	10.6	79.2	20.8		
Pan	---	19.86	184.7		0.1113146	20.8	100.0	0.0		



OBSERVACIONES:

* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado
* Muestra provista e identificada por el solicitante
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GRUPO PHURA

GRUPO PHURA

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71865051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PH"	Código	GP-SP-289
STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINACION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK - A.S.T.M. D 2216	Versión	02
	Fecha	SETIEMBRE - 2025
	Página	2 de 4

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"

Informe N°: GP25 - 289

Tesistas: EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA, BST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS

Ubicación de Proyecto: CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN

Jefe de Calidad : ING. JENNER RAMOS
Ensayado por : KEVIN SANCHEZ
Fecha de Ensayo: SETIEMBRE - 2025

Descripción: TALUD
Sondaje / Calicata: C-01
N° de Muestra: M-1
Progresiva: ---

Profundidad: 3.00 (m)
Norte: 9386664.217
Este: 735160.842
Cota: 1443

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

CALICATA :	C-01		
MUESTRA :	M - 1		
ENSAYO :	1	2	3
W (tara + M.Húmeda) gr	202.38	202.21	201.62
W (tara + M Seca) gr	183.17	183.16	182.54
W agua (gr)	19.21	19.05	19.08
W tara (gr)	25.50	26.04	25.50
W Muestra Seca (gr)	157.67	157.12	157.04
W(%)	12.18%	12.12%	12.15%
W (%) Promedio :	12.15%		

OBSERVACIONES:
* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado
* Muestra provista e identificada por el solicitante
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GRUPO PHURA

GRUPO PHURA

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PH"	Código	GP-SP-209
Standard Test Method for Density of Soil in Place by the Drive-Cylinder Method ASTM D2937-17	Versión	02
	Fecha	SETIEMBRE - 2025
	Página	3 de 4

Tesis:	"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"	Informe N°:	GP25 - 209
Tesistas:	EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA, BST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS	Jefe de Calidad :	ING. JENNER RAMOS
Ubicación de Proyecto:	CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Ensayado por :	KEVIN SANCHEZ
		Fecha de Ensayo:	SETIEMBRE - 2025
Descripción:	TALUD	Profundidad:	3.00 (m)
Sondaje / Calicata:	C-01	Norte:	9386064.217
N° de Muestra:	M-1	Este:	735169.843
Progresiva:	---	Cota:	1443

DENSIDAD DE SUELOS EN TERRENO POR EL METODO DEL CILINDRO (ASTM D2937)

CALICATA :	C-01		
MUESTRA :	M - 1		
ENSAYE :	1	2	3
W Cilindro + M.Natural (gr)	414.06	413.69	414.23
W Cilindro (gr)	240.00	240.00	240.00
W M. Natural (gr)	174.06	173.69	174.23
Volumen (cm^3)	102.98	102.98	102.98
Densidad Natural (gr/cm^3)	1.69	1.69	1.69
Densidad Natural Promedio (gr/cm^3)	1.69		

OBSERVACIONES:
* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado
* Muestra provista e identificada por el solicitante
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GRUPO PHURA

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PH"	Código	GP-SP-289
STANDARD TEST METHOD FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS - A.S.T.M. D 4318	Versión	02
	Fecha	SETIEMBRE - 2025
	Página	de 4 4

Tesis:	"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"	Informe N°:	GP25 - 289
Tesistas:	EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA, EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS	Jefe de Calidad :	ING. JENNER RAMOS
Ubicación de Proyecto:	CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Ensayado por :	KEVIN SANCHEZ
		Fecha de Ensayo:	SETIEMBRE - 2025
Descripción:	TALUD	Profundidad:	3.00 (m)
Sondaje / Calicata:	C-01	Norte:	9306664.217
N° de Muestra:	M-1	Este:	735160.842
Progresiva:	---	Cota:	1441

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO

TEMPERATURA DE PREPARACION DE
60°C - 110°C
CONTENIDO DE
60°C - 110° C
AGUA USADA
DESTILADA
POTABLE
OTRA

UNIPUNTO	
N° GOLPES	FACTOR
N	K
20	0.9734
21	0.9792
22	0.9847
23	0.9900
24	0.9951
25	1.0000
26	1.0048
27	1.0094
28	1.0138
29	1.0182
30	1.0223

LIMITE LIQUIDO		
TARRO	18	21
W+ MUestra (g)	33.05	34.91
W+ Tarro (g)	28.37	29.8
W agua (g)	4.68	5.11
W tarro (g)	13.5	14.5
W suelo seco (g)	14.87	15.3
W (%)	31.5%	33.4%
N golpes	31	19



LIMITE PLASTICO			
TARRO	20	31	Promedio
W+ MUestra (g)	39.45	39.35	
W+ Tarro (g)	37.49	37.35	
W agua (g)	1.96	2.00	
W tarro (g)	23.59	23.59	
W suelo seco (g)	11.07	11.03	
W (%)	16.3%	16.7%	16%

RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (%)	28.81
LIMITE PLASTICO (%)	16.6
I.P. (%)	12.2

OBSERVACIONES:
* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado
* Muestra provista e identificada por el solicitante
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GRUPO PHURA

GRUPO PHURA

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR"	Código	GP-SP-289
Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis ASTM D6913 / D6913M - 17	Versión	02
	Fecha	SETIEMBRE - 2025
	Página	1 de 4

Tesis: ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025

Informe N°: GP25 - 289

Tesistas: EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA. / BST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS

Jefe de Calidad : ING. JENNER RAMOS

Ensayado por : KEVIN SANCHEZ

Ubicación de Proyecto: CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN

Fecha de Ensayo: SETIEMBRE - 2025

Descripción	TALUD	Profundidad:	3.00 (m)
Sondaje / Calicata:	C-02	Norte:	9386637.173
N° de Muestra:	M-1	Este:	735207.384
Progresiva:	---	Cota:	1465

Método de ensayo utilizado	: Tamizado compuesto "A"	Procedimiento de obtención de muestra	: Secado al aire	Grava :	5.8
Tamiz de separación E11	: No. 4	Clasificación del suelo	: SM	Arena :	75.7
				Finos :	18.5

Masa Total húmeda g	28651	1ra Separación Retenida en tamiz separador	Fracción que pasa
Masa Total seca g	25269		
Masa Total Húmeda < No. 4	g	---	26947.6
Masa Húmeda de Fracción	g	1703.4	842.3
Masa Seca de Fracción	g	1621.3	739.3
Fracción Limpia y Seca	g	1560.2	595.9
Humedad de Fracción	%	5.1	13.9
Fracción	%	6.2	93.8
Humedad Total	%	13.4	
Σ de tamizado	g	1559.5	595.10

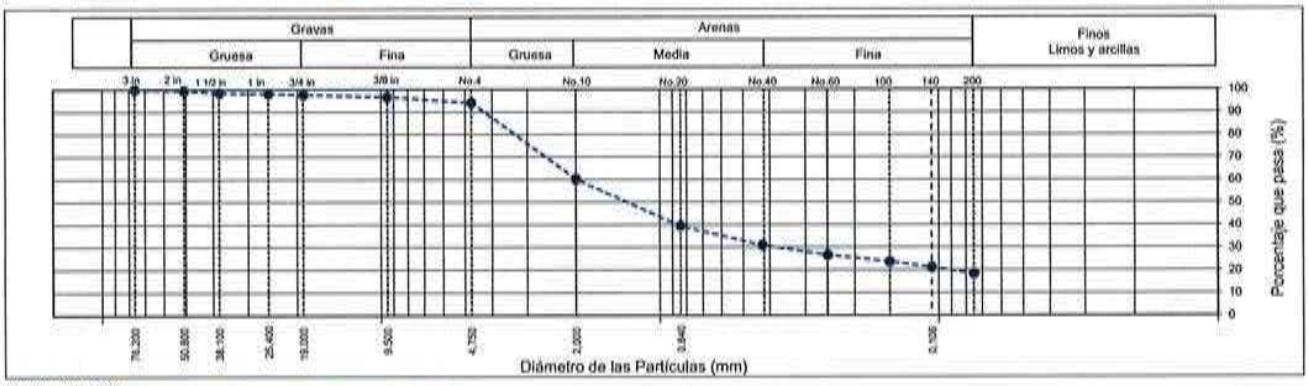
6.2

PÉRDIDA POR PROCESAMIENTO (%)		
CRITERIO	0.5	0.5
Fase de Ensayo	Lavado	Tamizado
1ra Separación	0.04	0.04
Fracción Fina	---	0.13

Equipos utilizados:

- *Juego de tamices EQ06*
- *Horno EQ05*
- *Balanzas EQ25 EQ23 y EQ10*
- *Cuarteador EQ03*

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Fracción Gruesa de Separación (0,1 g)	Fracción Fina Tamizado Simple (0,01 g)	Retenido en Tamiz Separador (%)	Factor de Tamizado	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	Especificación	
									Mínimo	Máximo
3 in.	76.200				0.0039574	0.0	0.0	100		
2 in.	50.800	125.0			0.0039574	0.5	0.5	100		
1 -1/2 in.	38.100	254.0			0.0039574	1.0	1.5	99		
1 in.	25.400	81.3			0.0039574	0.3	1.8	98		
3/4 in.	19.000	111.1			0.0039574	0.4	2.3	98		
3/8 in.	9.500	249.0			0.0039574	1.0	3.2	97		
No. 4	4.750	642.6	0.0	0.0	0.0039574	2.5	5.8	94		
No. 10	2.000		266.6		0.1274319	34.0	39.8	60.2		
No. 20	0.840		162.3		0.1274319	20.7	60.4	39.6		
No. 40	0.425		66.5		0.1274319	8.5	68.9	31.1		
No. 60	0.250		33.2		0.1274319	4.2	73.2	26.8		
No. 100	0.150		24.2		0.1274319	3.1	76.2	23.8		
No. 140	0.106		19.4		0.1274319	2.5	78.7	21.3		
No. 200	0.075		21.7		0.1274319	2.8	81.5	18.5		
Pan	---	96.5	1.2		0.1274319	10.5	100.0	0.0		



OBSERVACIONES:

* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado
* Muestra provista e identificada por el solicitante
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GRUPO PHURA

GRUPO PHURA

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

Tesis: ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025

Tesistas: EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA, BST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS

Ubicación de Proyecto: CARRETERA SAN LORENZO - JAÉN

Informe N°: GP25 - 289
Jefe de Calidad : ING. JENNER RAMOS
Ensayado por : KEVIN SANCHEZ
Fecha de Ensayo: SETIEMBRE - 2025

Descripción: TALUD
Sondaje / Calicata: C-02
N° de Muestra: M-1
Progresiva: ...

Profundidad: 3.00 (m)
Norte: 9306637.173
Este: 735207.384
Cota: 1465

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

CALICATA :	C-02		
MUESTRA :	M - 1		
ENSAYO :	1	2	3
W (tara + M.Húmeda) gr	202.89	202.64	200.76
W (tara + M Seca) gr	183.73	183.65	181.86
W agua (gr)	19.16	18.99	18.90
W tara (gr)	25.50	26.04	25.50
W Muestra Seca (gr)	158.23	157.61	156.36
W(%)	12.11%	12.05%	12.09%
W (%) Promedio :	12.08%		

OBSERVACIONES:
* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado
* Muestra provista e identificada por el solicitante
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GRUPO PHURA

GRUPO PHURA

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PH"	Código	GP-SP-289
	Versión	03
Standard Test Method for Density of Soil in Place by the Drive-Cylinder Method ASTM D2937-17	Fecha	SETIEMBRE - 2025
	Página	3 de 4

Tesis: ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025

Tesistas: BST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCIA, BST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS

Ubicación de Proyecto: CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN

Informe N°: GP25 - 289

Jefe de Calidad : ING. JENNER RAMOS

Ensayado por : KEVIN SANCHEZ

Fecha de Ensayo: SETIEMBRE - 2025

Descripción: TALUD

Sondaje / Calicata: C-02

N° de Muestra: M-1

Progresiva: ---

Profundidad: 3.00 (m)

Norte: 9306027.173

Este: 735207.384

Cota: 1465

[illegible]

CALICATA :	C-02		
MUESTRA :	M - 1		
ENSAYE :	1	2	3
W Cilindro + M.Natural (gr)	414.22	413.45	413.68
W Cilindro (gr)	240.00	240.00	240.00
W. M. Natural (gr)	174.22	173.45	173.68
Volumen (cm^3)	102.98	102.98	102.98
Densidad Natural (gr/cm^3)	1.69	1.68	1.69
Densidad Natural Promedio (gr/cm^3)	1.69		

OBSERVACIONES:
* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado
* Muestra proviste é identificada por el solicitante
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorizacion escrita de GRUPO PHURA

GRUPO PHURA

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

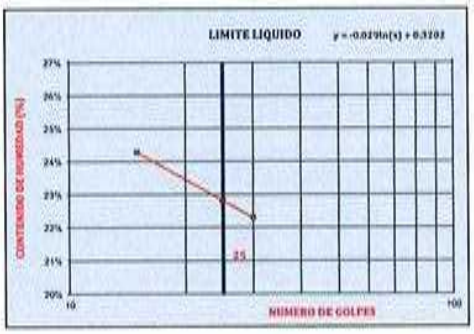
"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR"	Código	GP-SP-289
STANDARD TEST METHOD FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS - A.S.T.M. D 4318	Versión	02
	Fecha	SETIEMBRE - 2025
	Página	de 4 4

Tesis:	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE RAMHÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025	Informe N°:	GP25 - 289
Tesistas:	EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA, EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS	Jefe de Calidad :	ING. JENNER RAMOS
Ubicación de Proyecto:	CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Ensayado por :	KEVIN SANCHEZ
		Fecha de Ensayo:	SETIEMBRE - 2025
Descripción:	TALUD	Profundidad:	3.00 (m)
Sondaje / Calicata:	C-02	Norte:	9306637.173
N° de Muestra:	M-1	Este:	735207.384
Progresiva:	---	Cota:	1465

ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO Y ÍNDICE PLÁSTICO

TEMPERATURA DE PREPARACIÓN DE	
60°C	110°C
CONTENIDO DE	
60°C	110° C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LIMITE LIQUIDO			
TARA(N°)	21	26	10
Wt+Tara(humedo) (gr)	30.99	34.37	36.46
Wt+Tara(seco) (gr)	28.4	32.45	34.02
Wt agua (gr)	4.59	3.87	3.64
Wt tara (gr)	15.5	15.5	15.5
Wt Seco (gr)	12.9	16.95	18.52
W(%)	35.5%	22.8%	19.7%
N(golpes)	15	25	35



UNIPUNTO	
N° GOLPES	FACTOR
N	K
20	0.9734
21	0.9792
22	0.9847
23	0.9900
24	0.9951
25	1.0000
26	1.0048
27	1.0094
28	1.0138
29	1.0182
30	1.0223

LIMITE PLASTICO			
TARA(N°)	12	11	Promedio
Wt+Tara(humedo) (gr)	37.13	38.30	
Wt+Tara(seco) (gr)	35.19	36.26	
Wt agua (gr)	1.93	2.04	
Wt tara (gr)	25.50	25.50	
Wt Seco (gr)	9.69	10.76	
W(%)	19.9%	19.0%	19.4

RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (%)	22.69
LIMITE PLASTICO (%)	19.4
IP (%)	3.3

OBSERVACIONES:
* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado
* Muestra provista e identificada por el solicitante
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GRUPO PHURA

GRUPO PHURA

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
.....
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
.....
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
.....
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR"	Código	GP-SP-289
Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis ASTM D6913 / D6913M - 17	Versión	02
	Fecha	SETIEMBRE - 2025
	Página	1 de 4

Tesis:	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025	Informe N°:	GP25 - 289
		Jefe de Calidad :	ING. JENNER RAMOS
Tesistas:	EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA, EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS	Ensayado por :	KEVIN SANCHEZ
Ubicación de Proyecto:	CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Fecha de Ensayo:	SETIEMBRE - 2025

Descripción	TALUD	Profundidad:	3.00 (m)
Sondaje / Calicata:	C-03	Norte:	9386339.143
N° de Muestra:	M-1	Este:	734604.201
Progresiva:	---	Cota:	1575

Método de ensayo utilizado	: Tamizado simple "B"	Procedimiento de obtención de muestra	: Secado al aire	Grava :	0.9
Tamiz de separación E11	: No. 4	Clasificación del suelo	: CL	Arena :	24.3
				Finos :	74.8

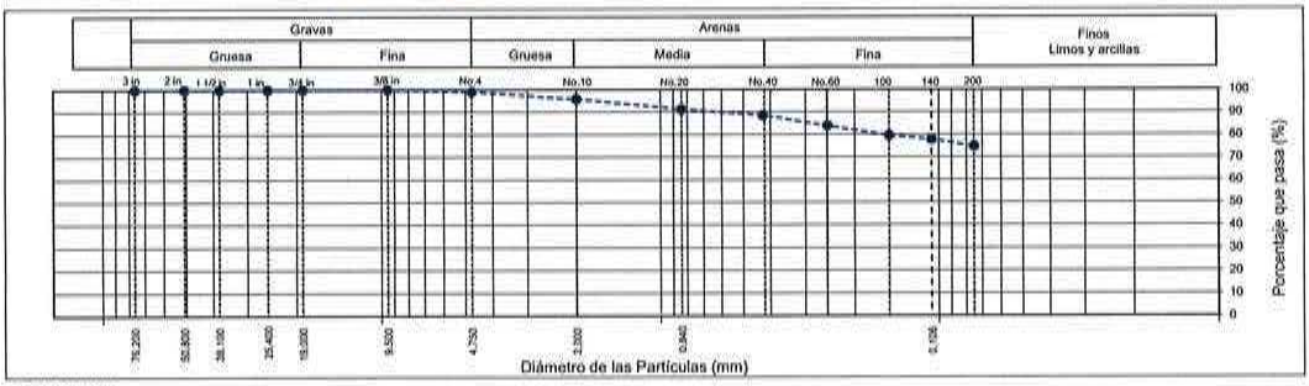
Masa Total húmeda g	845	1ra Separación Retenida en tamiz separador	Fracción que pasa	
Masa Total seca g	841			
Masa Total Húmeda < No. 4	g	---	833	
Masa Húmeda de Fracción	g	12	833	
Masa Seca de Fracción	g	11.45	831.85	
Fracción Limpia y Seca	g	10.14	829.86	
Humedad de Fracción	%	4.8	0.1	
Fracción	%	6.2	93.8	1.2
Humedad Total	%	0.4		
Σ de tamizado	g	10.1	829.29	

PÉRDIDA POR PROCESAMIENTO (%)		
CRITERIO	0.5	0.5
Fase de Ensayo	Lavado	Tamizado
1ra Separación	0.10	0.10
Fracción Fina	---	0.07

Equipos utilizados:

- *Juego de tamices EQ06*
- *Horno EQ05*
- *Balanzas EQ25 EQ23 y EQ10*
- *Cuarteador EQ03*

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Fracción Gruesa de Separación (0,1 g)	Fracción Fina Tamizado Simple (0,01 g)	Retenido en Tamiz Separador (%)	Factor de Tamizado	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	Especificación	
									Mínimo	Máximo
3 in.	76.200				0.1188491	0.0	0.0	100		
2 in.	50.800	0.0			0.1188491	0.0	0.0	100		
1 -1/2 in.	38.100	0.0			0.1188491	0.0	0.0	100		
1 in.	25.400	0.0			0.1188491	0.0	0.0	100		
3/4 in.	19.000	0.0			0.1188491	0.0	0.0	100		
3/8 in.	9.500	0.0			0.1188491	0.0	0.0	100		
No. 4	4.750	7.2	0.0	0.0	0.1188491	0.9	0.9	99		
No. 10	2.000		27.5		0.1191796	3.3	4.1	95.9		
No. 20	0.840		38.6		0.1191796	4.6	8.7	91.3		
No. 40	0.425		22.5		0.1191796	2.7	11.4	88.6		
No. 60	0.250		38.5		0.1191796	4.6	16.0	84.0		
No. 100	0.150		36.5		0.1191796	4.3	20.3	79.7		
No. 140	0.106		14.6		0.1191796	1.7	22.1	77.9		
No. 200	0.075		25.9		0.1191796	3.1	25.2	74.8		
Pan	---	2.89	625.5		0.1191796	74.8	100.0	0.0		



OBSERVACIONES:

* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado
* Muestra provista e identificada por el solicitante
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GRUPO PHURA

GRUPO PHURA

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	TECNICO DE LABORATORIO	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ	KEVIN SANCHEZ COLLANTES	RESPONSABLE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL	DNI: 71865051	DNI: 60164060

Tesis: ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025

Informe N°: GP25 - 209

Tesistas: EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA, EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS

Jefe de Calidad : ING. JENNER RAMOS
Ensayado por : KEVIN SANCHEZ

Ubicación de Proyecto: CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN

Fecha de Ensayo: SETIEMBRE - 2025

Descripción: TALUD
Sondaje / Calicata: C-03
N° de Muestra: M-1
Progresiva: ---

Profundidad: 3.00 (m)
Norte: 9306339.143
Este: 734604.201
Cota: 1575

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

CALICATA :	C-03		
MUESTRA :	M - 1		
ENSAYO :	1	2	3
W (tara + M.Húmeda) gr	202.94	203.41	200.86
W (tara + M Seca) gr	183.15	183.11	181.12
W agua (gr)	19.79	20.30	19.74
W tara (gr)	25.50	26.04	25.50
W Muestra Seca (gr)	157.65	157.07	155.62
W(%)	12.55%	12.92%	12.68%
W (%) Promedio :	12.72%		

OBSERVACIONES:
* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado
* Muestra provista e identificada por el solicitante
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GRUPO PHURA

GRUPO PHURA

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PH"	Código	GP-SP-209
	Versión	02
Standard Test Method for Density of Soil in Place by the Drive-Cylinder Method ASTM D2937-17	Fecha	SETIEMBRE - 2025
	Página	3 de 4

Tesis: ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025

Tesistas: EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA, BST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS
Ubicación de Proyecto: CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN

Informe N°: GP25 - 209
Jefe de Calidad : ING. JENNER RAMOS
Ensayado por : KEVIN SANCHEZ
Fecha de Ensayo: SETIEMBRE - 2025

Descripción: TALUD
Sondaje / Calicata: C-03
N° de Muestra: M-1
Progresiva: ---

Profundidad: 2.00 (m)
Norte: 9386339.143
Este: 738604.201
Cota: 1575

DENSIDAD DE SUELO CON MUESTRAS DE DENSIDAD CONOCIDA (CONO DE ARENA) (MÉTODO DE CILINDRO)

CALICATA :	C-03		
MUESTRA :	M - 1		
ENSAYE :	1	2	3
W Cilindro + M.Natural (gr)	414.97	413.58	413.74
W Cilindro (gr)	240.00	240.00	240.00
W M. Natural (gr)	174.97	173.58	173.74
Volumen (cm^3)	102.98	102.98	102.98
Densidad Natural (gr/cm^3)	1.70	1.68	1.69
Densidad Natural Promedio (gr/cm^3)	1.69		

OBSERVACIONES:
* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado
* Muestra provista e identificada por el solicitante
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GRUPO PHURA

GRUPO PHURA

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PH"	Código	GP-SP-289
STANDARD TEST METHOD FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS - A.S.T.M. D 4318	Versión	02
	Fecha	SETIEMBRE - 2025
	Página	de 4 4

Tesis:	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO - JAÉN – CAJAMARCA, 2025	Informe N°:	GP25 - 289
Tesistas:	EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA, BST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS	Jefe de Calidad :	ING. JENNER RAMOS
Ubicación de Proyecto:	CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Ensayado por :	KEVIN SANCHEZ
		Fecha de Ensayo:	SETIEMBRE - 2025
Descripción	TALUD	Profundidad:	2.00 (m)
Sondaje / Calicata:	C-03	Norte:	9386139.143
N° de Muestra:	M-1	Este:	734604.201
Progresiva:	---	Cota:	1575

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO

TEMPERATURA DE PREPARACION DE	
60°C	110° C
CONTENIDO DE	
60°C	110° C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LIMITE LIQUIDO			
TARRO	8	5	21
Wt+ Humedo (gr)	32.01	31.95	31.6
Wt+ Seco (gr)	29.17	29.0	29.25
Ww (gr)	2.84	2.95	2.35
Wt tarro (gr)	14.5	15.3	15.5
Ws (gr)	14.67	13.7	13.75
W%	19.4%	21.5%	17.1%
N°	31	25	19



UNIFUNTO	
N° GOLPES	FACTOR
N	K
20	0.9734
21	0.9792
22	0.9847
23	0.9900
24	0.9951
25	1.0000
26	1.0049
27	1.0094
28	1.0138
29	1.0182
30	1.0223

LIMITE PLASTICO			
TARRO N°	15	16	Promedio
Wt+ Humedo (gr)	39.59	39.59	
Wt+ H. Seco (gr)	37.64	37.62	
Ww (gr)	1.95	1.97	
Wt tarro (gr)	15.50	15.50	
Ws (gr)	22.14	22.12	
W%	16.1%	16.3%	16%

RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO (%)	29.15
LIMITE PLASTICO (%)	16.2
IP (%)	13.0

OBSERVACIONES:
* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado
* Muestra provista e identificada por el solicitante
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GRUPO PHURA

GRUPO PHURA

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

ANEXO III

ENSAYOS DE LABORATORIO ESPECIALES

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71865051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados – LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR - GRUPO PHURA

ANEXO III.1

TRIAXIAL CONSOLIDADO DRENADO (CU)

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71865051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados – LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR - GRUPO PHURA

INFORME	Código	289 2025
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS ASTM D4767-11	Versión	01
	Fecha	SETIEMBRE - 2025
	Página	1 de 5

Tesis:	"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"	Registro N°:	289 2025
Tesistas:	EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS	Muestreado por : Ensayado por :	LABORATORISTA KEVIN SANCHEZ
Ubicación de Proyecto	: CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Fecha inicio de Ensayo: Fecha fin de Ensayo:	22/08/2025 06/09/2025

Material	: INALTERADA
Calicata	: C-01
N° de Muestra	: M-1
Profundidad	: 3.00 m

TALUD

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

ESPECIMEN 01

Descripción visual de la muestra: **ARENA ARCILLOSA, MEZCLA DE ARENAS Y ARCILLAS (SC)**
Estado de la muestra: Muestra remoldeada
Velocidad de corte: 0.5 %/min

CONDICIÓN		Inicial	Final
Altura	mm	138	110.43
Diámetro	mm	68	77.76
Gravedad específica		2.66	2.66
Contenido de Humedad	(%)	5.6	23.6
Densidad húmeda	(gr/cc)	1.774	2.093
Densidad seca	(gr/cc)	1.680	1.693
Relación de vacíos		0.584	0.571
Grado de Saturación		25.53%	109.99%

Datos de Ensayo		
Parámetro "B"	%	90
Presión de celda (σ3)	kPa	175
Contrapresión	kPa	125
Esfuerzo efectivo inicial (σ3')	kPa	50
Correciones por saturación y consolidación		
Altura corregida	mm	137.83
Área corregida	mm2	3799.25

Deformación Unitaria E (%)	Fuerza (Newtons)	Área (mm2)	Esfuerzo desviador (kPa)	Presión de poros (kPa)	σ1 (kPa)	σ3' (kPa)	σ1' (kPa)	p (kPa)	q (kPa)	p' (kPa)	q' (kPa)
0.00	0.00	3799.254	0	0.00	50.000	50.000	50.000	50.000	0.000	50.00	0.000
0.05	85.46	3801.155	22.483	0.15	72.483	49.850	72.333	61.241	11.241	61.09	11.241
0.10	105.35	3803.057	27.701	0.23	77.701	49.775	77.476	63.851	13.851	63.63	13.851
0.25	170.26	3808.776	44.702	0.34	94.702	49.664	94.366	72.351	22.351	72.02	22.351
0.35	221.25	3812.598	58.031	0.68	108.031	49.325	107.356	79.016	29.016	78.34	29.016
0.50	258.88	3818.346	67.799	1.60	117.799	48.398	116.197	83.899	33.899	82.30	33.899
0.75	315.47	3827.964	82.412	1.94	132.412	48.065	130.477	91.206	41.206	89.27	41.206
1.00	351.36	3837.630	91.557	2.18	141.557	47.825	139.382	95.778	45.778	93.60	45.778
1.25	390.25	3847.346	101.434	2.49	151.434	47.507	148.941	100.717	50.717	98.22	50.717
1.50	431.47	3857.111	111.864	2.84	161.864	47.165	159.029	105.932	55.932	103.10	55.932
1.75	463.66	3866.925	119.904	3.04	169.904	46.964	166.868	109.952	59.952	106.92	59.952
2.00	478.47	3876.790	123.419	3.17	173.419	46.835	170.254	111.710	61.710	108.54	61.710
2.50	524.17	3896.671	134.517	3.27	184.517	46.727	181.244	117.259	67.259	113.99	67.259
3.00	545.26	3916.757	139.212	3.45	189.212	46.550	185.762	119.606	69.606	116.16	69.606
3.50	573.34	3937.051	145.627	3.49	195.627	46.508	192.135	122.813	72.813	119.32	72.813
4.00	593.27	3957.556	149.908	3.52	199.908	46.484	196.392	124.954	74.954	121.44	74.954
4.50	612.71	3978.276	154.014	3.56	204.014	46.442	200.456	127.007	77.007	123.45	77.007
5.00	633.33	3999.215	158.364	3.59	208.364	46.406	204.770	129.182	79.182	125.59	79.182
6.00	658.49	4041.760	162.922	3.61	212.922	46.394	209.316	131.461	81.461	127.85	81.461
7.00	670.14	4085.219	164.040	3.65	214.040	46.355	210.395	132.020	82.020	128.38	82.020
8.00	674.43	4129.624	163.315	3.71	213.315	46.295	209.610	131.658	81.658	127.95	81.658
9.00	683.96	4175.004	163.823	3.73	213.823	46.268	210.091	131.911	81.911	128.18	81.911
10.00	689.17	4221.393	163.257	3.83	213.257	46.175	209.432	131.628	81.628	127.80	81.628
11.00	689.63	4268.825	161.550	3.96	211.550	46.037	207.587	130.775	80.775	126.81	80.775
12.00	693.78	4317.334	160.696	4.07	210.696	45.935	206.631	130.348	80.348	126.28	80.348
13.00	690.15	4366.959	158.039	4.13	208.039	45.872	203.911	129.020	79.020	124.89	79.020
14.00	691.22	4417.737	156.465	4.22	206.465	45.785	202.250	128.232	78.232	124.02	78.232
15.00	695.27	4469.711	155.551	4.26	205.551	45.737	201.288	127.776	77.776	123.51	77.776
16.00	698.90	4522.921	154.523	4.37	204.523	45.635	200.158	127.261	77.261	122.90	77.261
17.00	702.14	4577.414	153.392	4.37	203.392	45.626	199.018	126.696	76.696	122.32	76.696
18.00	705.99	4633.237	152.375	4.38	202.375	45.620	197.995	126.188	76.188	121.81	76.188
19.00	706.21	4690.437	150.564	4.39	200.564	45.614	196.178	125.282	75.282	120.90	75.282
20.00	707.44	4749.068	148.964	4.40	198.964	45.605	194.569	124.482	74.482	120.09	74.482

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

Tesis:	"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"	Registro N°:	289 2025
Tesistas:	: EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA EST. LUIS BF	Muestreado por : Ensayado por :	LABORATORISTA KEVIN SANCHEZ
Ubicación de Proyecto	: CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Fecha inicio de Ensayo:	22/08/2025
		Fecha fin de Ensayo:	06/09/2025

Material	: INALTERADA
Calicata	: C-01
N° de Muestra	: M-1
Profundidad	: 3.00 m

TALUD

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

ESPECIMEN 02

Descripción visual de la muestra: ARENA ARCILLOSA, MEZCLA DE ARENAS Y ARCILLAS (SC)
Estado de la muestra: Muestra remoldeada
Velocidad de corte: 0.5 %/min

CONDICIÓN		Inicial	Final
Altura	mm	138	110.45
Diámetro	mm	68	81.68
Gravedad específica	-	2.66	2.66
Contenido de Humedad	(%)	5.6	23.6
Densidad húmeda	(gr/cc)	1.966	1.999
Densidad seca	(gr/cc)	1.861	1.617
Relación de vacíos	-	0.429	0.645
Grado de Saturación	-	34.72%	97.34%

Datos de Ensayo		
Parámetro "B"	%	90
Presión de celda (σ3)	kPa	276
Contrapresión	kPa	176
Esfuerzo efectivo inicial (σ3')	kPa	100
Correcciones por saturación y consolidación		
Altura corregida	mm	137.75
Área corregida	mm2	4212.39

Deformación Unitaria E (%)	Fuerza (Newtons)	Área (mm2)	Esfuerzo desviador (kPa)	Presión de poros (kPa)	σ1 (kPa)	σ3' (kPa)	σ1' (kPa)	p (kPa)	q (kPa)	p' (kPa)	q' (kPa)
0.00	0.00	4212.395	0	0.00	100.000	100.000	100.000	100.000	0.000	100.00	0.000
0.05	137.25	4214.502	32.566	0.50	132.566	99.500	132.066	116.283	16.283	115.78	16.283
0.10	167.55	4216.611	39.736	0.75	139.736	99.250	138.986	119.868	19.868	119.12	19.868
0.25	275.41	4222.952	65.217	1.12	165.217	98.880	164.097	132.609	32.609	131.49	32.609
0.35	357.15	4227.190	84.489	2.25	184.489	97.750	182.239	142.244	42.244	139.99	42.244
0.50	415.96	4233.562	98.253	5.34	198.253	94.660	192.913	149.126	49.126	143.79	49.126
0.75	508.02	4244.228	119.697	6.45	219.697	93.550	213.247	159.848	59.848	153.40	59.846
1.00	565.26	4254.944	132.848	7.25	232.848	92.750	225.598	166.424	66.424	159.17	66.424
1.25	626.87	4265.716	146.955	8.31	246.955	91.690	238.645	173.478	73.478	165.17	73.478
1.50	692.21	4276.543	161.862	9.45	261.862	90.550	252.412	180.931	80.931	171.48	80.931
1.75	762.30	4287.424	177.799	10.12	277.799	89.880	267.679	188.900	88.900	178.78	88.900
2.00	770.84	4298.362	179.333	10.55	279.333	89.450	268.783	189.667	89.667	179.12	89.667
2.50	842.15	4320.405	194.924	10.91	294.924	89.090	284.014	197.462	97.462	186.55	97.462
3.00	873.60	4342.675	201.166	11.50	301.166	88.500	289.666	200.583	100.583	189.08	100.583
3.50	921.47	4365.176	211.096	11.64	311.096	88.360	299.456	205.548	105.548	193.91	105.548
4.00	949.87	4387.911	216.474	11.72	316.474	88.280	304.754	208.237	108.237	196.52	108.237
4.50	982.54	4410.884	222.754	11.86	322.754	88.140	310.894	211.377	111.377	199.52	111.377
5.00	1018.75	4434.099	229.754	11.98	329.754	88.020	317.774	214.877	114.877	202.90	114.877
6.00	1042.26	4481.271	232.581	12.02	332.581	87.980	320.561	216.291	116.291	204.27	116.291
7.00	1075.46	4529.456	237.437	12.15	337.437	87.850	325.287	218.718	118.718	206.57	118.718
8.00	1079.26	4578.690	235.714	12.35	335.714	87.650	323.364	217.857	117.857	205.51	117.857
9.00	1100.23	4629.005	237.682	12.44	337.682	87.560	325.242	218.841	118.841	206.40	118.841
10.00	1108.76	4680.438	236.892	12.75	336.892	87.250	324.142	218.446	118.446	205.70	118.446
11.00	1109.85	4733.028	234.491	13.21	334.491	86.790	321.281	217.245	117.245	204.04	117.245
12.00	1110.27	4786.812	231.944	13.55	331.944	86.450	318.394	215.972	115.972	202.42	115.972
13.00	1111.97	4841.833	229.659	13.76	329.659	86.240	315.899	214.829	114.829	201.07	114.829
14.00	1115.26	4898.133	227.691	14.05	327.691	85.950	313.641	213.845	113.845	199.80	113.845
15.00	1117.45	4955.758	225.485	14.21	325.485	85.790	311.275	212.743	112.743	198.53	112.743
16.00	1126.66	5014.755	224.669	14.55	324.669	85.450	310.119	212.334	112.334	197.78	112.334
17.00	1129.13	5075.174	222.481	14.58	322.481	85.420	307.901	211.241	111.241	196.66	111.241
18.00	1136.41	5137.066	221.218	14.60	321.218	85.400	306.618	210.609	110.609	196.01	110.609
19.00	1137.01	5200.487	218.635	14.62	318.635	85.380	304.015	209.318	109.318	194.70	109.318
20.00	1138.21	5265.493	216.164	14.65	316.164	85.350	301.514	208.082	108.082	193.43	108.082

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

INFORME	Código	289 2025
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS ASTM D4767-11	Versión	01
	Fecha	SETIEMBRE - 2025
	Página	3 de 5

Tesis:	"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"	Registro N°:	289 2025
Tesistas:	: EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS	Muestreado por : Ensayado por :	LABORATORISTA KEVIN SANCHEZ
Ubicación de Proyecto	: CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Fecha Inicio de Ensayo:	22/08/2025
		Fecha fin de Ensayo:	06/09/2025
Material	: INALTERADA		
Calicata	: C-01		
N° de Muestra	: M-1		
Profundidad	: 3.00 m		

TALUD

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

ESPECIMEN 03

Descripción visual de la muestra: ARENA ARCILLOSA, MEZCLA DE ARENAS Y ARCILLAS (SC)
Estado de la muestra: Muestra remoldeada
Velocidad de corte: 0.5 %/min

CONDICIÓN		Inicial	Final
Altura	mm	138	110.47
Diámetro	mm	68	81.69
Gravedad específica	-	2.66	2.66
Contenido de Humedad	(%)	5.6	23.6
Densidad húmeda	(gr/cc)	1.955	1.997
Densidad seca	(gr/cc)	1.851	1.616
Relación de vacios	-	0.437	0.646
Grado de Saturación	-	34.10%	97.12%

Datos de Ensayo		
Parámetro "B"	%	90
Presión de celda (σ3)	kPa	385
Contrapresión	kPa	235
Esfuerzo efectivo inicial (σ3')	kPa	150
Correciones por saturación y consolidación		
Altura corregida	mm	137.65
Área corregida	mm2	4192.77

Deformación Unitaria E (%)	Fuerza (Newtons)	Área (mm2)	Esfuerzo desviador (kPa)	Presión de poros (kPa)	σ1 (kPa)	σ3' (kPa)	σ1' (kPa)	p (kPa)	q (kPa)	p' (kPa)	q' (kPa)
0.00	0.00	4192.775	0	0.00	150.000	150.000	150.000	150.000	0.000	150.00	0.000
0.05	199.01	4194.872	47.442	0.85	197.442	149.150	196.592	173.721	23.721	172.87	23.721
0.10	242.95	4196.972	57.886	1.28	207.886	148.725	206.611	178.943	28.943	177.67	28.943
0.25	399.34	4203.283	95.008	1.90	245.008	148.096	243.104	197.504	47.504	195.60	47.504
0.35	517.87	4207.501	123.082	3.83	273.082	146.175	269.257	211.541	61.541	207.72	61.541
0.50	603.14	4213.844	143.133	9.08	293.133	140.922	284.055	221.567	71.567	212.49	71.567
0.75	736.63	4224.456	174.372	10.97	324.372	139.035	313.407	237.186	87.186	226.22	87.186
1.00	819.63	4235.126	193.531	12.33	343.531	137.675	331.206	246.765	96.765	234.44	96.765
1.25	908.96	4245.848	214.082	14.13	364.082	135.873	349.955	257.041	107.041	242.91	107.041
1.50	1003.70	4256.624	235.798	16.07	385.798	133.935	369.733	267.899	117.899	251.83	117.899
1.75	1105.34	4267.455	259.015	17.20	409.015	132.796	391.811	279.508	129.508	262.30	129.508
2.00	1117.72	4278.342	261.250	17.94	411.250	132.065	393.315	280.625	130.625	262.69	130.625
2.50	1221.12	4300.262	283.962	18.55	433.962	131.453	415.415	291.981	141.981	273.43	141.981
3.00	1266.72	4322.448	293.056	19.55	443.056	130.450	423.506	296.528	146.528	276.98	146.528
3.50	1336.13	4344.844	307.521	19.79	457.521	130.212	437.733	303.761	153.761	283.97	153.761
4.00	1377.31	4367.474	315.357	19.92	465.357	130.076	445.433	307.678	157.678	287.75	157.678
4.50	1424.68	4390.340	324.504	20.16	474.504	129.838	454.342	312.252	162.252	292.09	162.252
5.00	1477.19	4413.447	334.702	20.37	484.702	129.634	464.336	317.351	167.351	296.98	167.351
6.00	1511.28	4460.399	338.821	20.43	488.821	129.566	468.387	319.411	169.411	298.98	169.411
7.00	1559.42	4508.360	345.895	20.66	495.895	129.345	475.240	322.947	172.947	302.29	172.947
8.00	1564.93	4557.364	343.384	21.00	493.384	129.005	472.389	321.692	171.692	300.70	171.692
9.00	1595.33	4607.445	346.251	21.15	496.251	128.852	475.103	323.126	173.126	301.98	173.126
10.00	1607.70	4658.639	345.101	21.68	495.101	128.325	473.426	322.551	172.551	300.88	172.551
11.00	1609.28	4710.983	341.602	22.46	491.602	127.543	469.145	320.801	170.801	298.34	170.801
12.00	1609.89	4764.517	337.892	23.04	487.892	126.965	464.857	318.946	168.946	295.91	168.946
13.00	1612.36	4819.281	334.564	23.39	484.564	126.608	461.172	317.282	167.282	293.89	167.282
14.00	1617.13	4875.320	331.697	23.69	481.697	126.115	457.812	315.848	165.848	291.96	165.848
15.00	1620.30	4932.676	328.483	24.16	478.483	125.843	454.326	314.242	164.242	290.08	164.242
16.00	1633.66	4991.399	327.294	24.74	477.294	125.265	452.559	313.647	163.647	288.91	163.647
17.00	1637.24	5051.536	324.107	24.79	474.107	125.214	449.321	312.054	162.054	287.27	162.054
18.00	1647.79	5113.140	322.267	24.82	472.267	125.180	447.447	311.133	161.133	286.31	161.133
19.00	1648.66	5176.265	318.505	24.85	468.505	125.146	443.651	309.252	159.252	284.40	159.252
20.00	1650.40	5240.969	314.904	24.91	464.904	125.095	439.999	307.452	157.452	282.55	157.452

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

INFORME	Código	289 2025
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS ASTM D4767-11	Versión	01
	Fecha	SETIEMBRE - 2025
	Página	4 de 5

Tesis:	"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"	Registro N°:	289 2025
Tesistas:	: EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS	Muestreado por :	LABORATORISTA
Ubicación de Proyecto	: CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Ensayado por :	KEVIN SANCHEZ
		Fecha inicio de Ensayo:	22/08/2025
		Fecha fin de Ensayo:	06/09/2025

Material	: INALTERADA
Calicata	: C-01
N° de Muestra	: M-1
Profundidad	: 3.00 m

TALUD

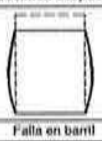
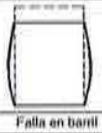
ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

Características generales:

Estado de la muestra:	*Muestra remoldeada*	
Velocidad:	*0.5*	%/min
Gravedad específica (Gs):	*2.66*	

Descripción visual del suelo (D2488 ó D2487):
ARENA ARCILLOSA, MEZCLA DE ARENAS Y ARCILLAS (SC)

σ3= 50 kPa			σ3= 100 kPa			σ3= 150 kPa		
CONDICION	Inicial	Final	CONDICION	Inicial	Final	CONDICION	Inicial	Final
Altura (mm)	138.00	110.43	Altura (mm)	138.00	110.45	Altura (mm)	138.00	110.47
Diámetro (mm)	68.00	77.76	Diámetro (mm)	68.00	81.88	Diámetro (mm)	68.00	81.69
Humedad (%)	5.6	23.6	Humedad (%)	5.6	23.6	Humedad (%)	5.6	23.6
Densidad Húmeda (gr/cc)	1.774	2.093	Densidad Húmeda (gr/cc)	1.966	1.999	Densidad Húmeda (gr/cc)	1.955	1.997
Densidad Seca (gr/cc)	1.680	1.693	Densidad Seca (gr/cc)	1.861	1.617	Densidad Seca (gr/cc)	1.851	1.616
Relación de vacíos	0.58	0.57	Relación de vacíos	0.43	0.64	Relación de vacíos	0.44	0.65
Grado de saturación	25.5%	110.0%	Grado de saturación	34.7%	97.3%	Grado de saturación	34.1%	97.1%
Consolidación y Saturación			Consolidación y Saturación			Consolidación y Saturación		
Contrapresión (kPa)	125		Contrapresión (kPa)	178		Contrapresión (kPa)	235	
Parámetro B (%)	90		Parámetro B (%)	90		Parámetro B (%)	90	
Altura corregida (mm)	137.83		Altura corregida (mm)	137.75		Altura corregida (mm)	137.65	
Area corregida (mm2)	3799.25		Area corregida (mm2)	4212.39		Area corregida (mm2)	4102.77	

Deformación Unitaria E (%)	σ1-σ3 (kPa)	Presión de poros (kPa)	Deformación Unitaria E (%)	σ1-σ3 (kPa)	Presión de poros (kPa)	Deformación Unitaria E (%)	σ1-σ3 (kPa)	Presión de poros (kPa)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	22.48	0.15	0.05	32.57	0.50	0.05	47.44	0.85
0.10	27.70	0.23	0.10	39.74	0.75	0.10	57.89	1.28
0.25	44.70	0.34	0.25	65.22	1.12	0.25	95.01	1.90
0.35	58.03	0.68	0.35	84.49	2.25	0.35	123.08	3.83
0.50	67.80	1.60	0.50	98.25	5.34	0.50	143.13	9.08
0.75	82.41	1.94	0.75	119.70	6.45	0.75	174.37	10.97
1.00	91.56	2.18	1.00	132.85	7.25	1.00	193.53	12.33
1.25	101.43	2.49	1.25	146.90	8.31	1.25	214.08	14.13
1.50	111.86	2.84	1.50	161.86	9.45	1.50	235.80	16.07
1.75	119.90	3.04	1.75	177.80	10.12	1.75	259.02	17.20
2.00	123.42	3.17	2.00	179.33	10.55	2.00	261.25	17.94
2.50	134.52	3.27	2.50	194.92	10.91	2.50	283.96	18.55
3.00	139.21	3.45	3.00	201.17	11.50	3.00	293.06	19.55
3.50	145.63	3.49	3.50	211.10	11.64	3.50	307.52	19.79
4.00	149.91	3.52	4.00	216.47	11.72	4.00	315.36	19.92
4.50	154.01	3.56	4.50	222.75	11.86	4.50	324.50	20.16
5.00	158.36	3.59	5.00	229.75	11.98	5.00	334.70	20.37
6.00	162.02	3.61	6.00	232.58	12.02	6.00	338.82	20.43
7.00	164.04	3.65	7.00	237.44	12.15	7.00	345.89	20.66
8.00	163.32	3.71	8.00	235.71	12.35	8.00	343.38	21.00
9.00	163.82	3.73	9.00	237.68	12.44	9.00	346.25	21.15
10.00	163.26	3.83	10.00	236.89	12.75	10.00	345.10	21.68
11.00	161.55	3.96	11.00	234.49	13.21	11.00	341.60	22.46
12.00	160.70	4.07	12.00	231.94	13.55	12.00	337.89	23.04
13.00	158.04	4.13	13.00	229.66	13.76	13.00	334.56	23.39
14.00	156.46	4.22	14.00	227.69	14.05	14.00	331.70	23.89
15.00	155.55	4.26	15.00	225.49	14.21	15.00	328.48	24.16
16.00	154.52	4.37	16.00	224.67	14.55	16.00	327.29	24.74
17.00	153.39	4.37	17.00	222.48	14.56	17.00	324.11	24.79
18.00	152.38	4.38	18.00	221.22	14.60	18.00	322.27	24.82
19.00	150.56	4.39	19.00	218.64	14.62	19.00	318.50	24.85
20.00	148.96	4.40	20.00	216.16	14.65	20.00	314.90	24.91
Vista del especimen después del ensayo			Vista del especimen después del ensayo			Vista del especimen después del ensayo		
Tipo de falla			Tipo de falla			Tipo de falla		
Falla en barril			Falla en barril			Falla en barril		

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

	INFORME	Código	289 2025
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS ASTM D4767-11	Versión	01
		Fecha	SETIEMBRE - 2025
		Página	5 de 5

Tesis:	"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"	Registro N°:	289 2025
Tesistas:	: EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA EST. LUIS BRAND	Muestreado por :	LABORATORISTA
Ubicación de Proyecto	: CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Ensayado por :	KEVIN SANCHEZ
		Fecha inicio de Ensayo:	22/08/2025
		Fecha fin de Ensayo:	08/09/2025

Material	: INALTERADA
Calicata	: C-01
N° de Muestra	: M-1
Profundidad	: 3.00 m

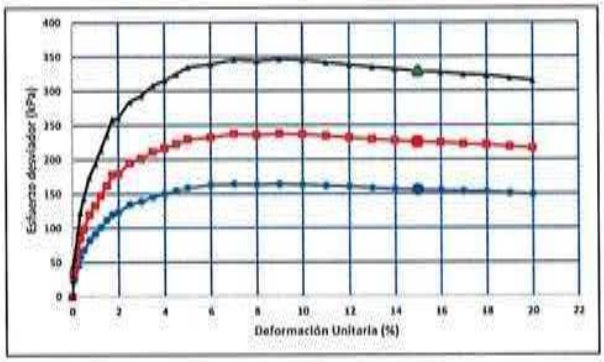
TALUD

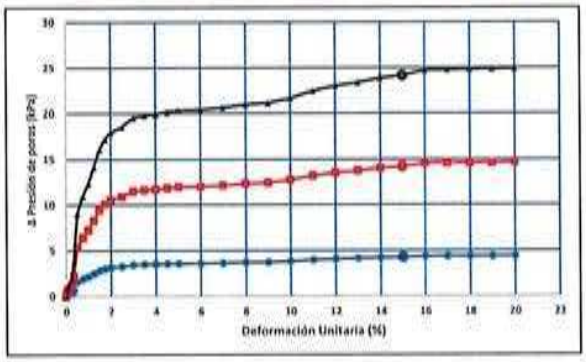
ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

PARÁMETROS DE ESFUERZOS TOTALES Y EFECTIVOS

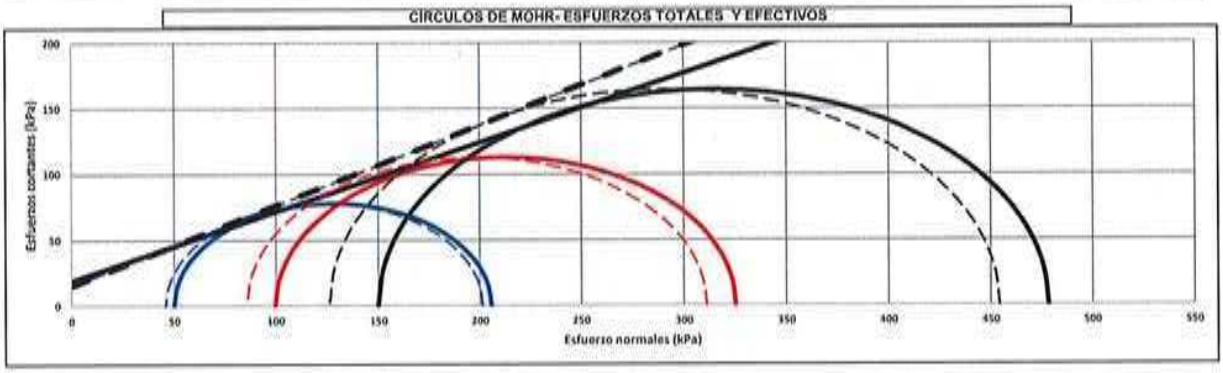
		Especimen 1	Especimen 2	Especimen 3
Esfuerzo de confinamiento (σ3')	kPa	50	100	150
Esfuerzo desviador (Δσ)	kPa	155.6	225.5	328.5
Presión de poros (Δμ)	kPa	4.3	14.2	24.2
Esfuerzo principal (σ1)	kPa	205.6	325.5	478.5
Estado de falla	-	%Deformacion	%Deformacion	%Deformacion
Deformación unitaria a la falla	(%)	15.0	15.0	15.0

GRAFICA ESFUERZO DESVIADOR Y VARIACIÓN DE PRESION DE POROS





CIRCULOS DE MOHR- ESFUERZOS TOTALES Y EFECTIVOS



PARÁMETROS RESISTENTES AL ESFUERZO CORTANTE

Parámetros en términos totales:

Cohesión	0.075	Kg/cm2
Ángulo de fricción	25.94	°

Parámetros en términos efectivos:

Cohesión	0.086	Kg/cm2
Ángulo de fricción	25.00	°

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TÉCNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

INFORME	Código	289 2025
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS ASTM D4767-11	Versión	01
	Fecha	SETIEMBRE - 2025
	Página	1 de 5

Tesis:	"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"	Registro N°:	289 2025
Tesistas:	EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS	Muestreado por : Ensayado por :	LABORATORISTA KEVIN SANCHEZ
Ubicación de Proyecto	: CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Fecha inicio de Ensayo: Fecha fin de Ensayo:	22/08/2025 06/09/2025

Material : INALTERADA
Calicata : C-02
N° de Muestra : M-1
Profundidad : 3.00 m

TALUD

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

ESPECIMEN 01

Descripción visual de la muestra: **ARENA LIMOSA, MEZCLA DE ARENAS Y LIMOS (SM)**
Estado de la muestra: Muestra remoldeada
Velocidad de corte: 0.5 %/min

CONDICIÓN		Inicial	Final
Altura	mm	137.5	110.03
Diámetro	mm	67.2	77.90
Gravedad específica		2.66	2.66
Contenido de Humedad	(%)	5.6	23.6
Densidad húmeda	(gr/cc)	1.823	2.151
Densidad seca	(gr/cc)	1.726	1.740
Relación de vacíos		0.541	0.528
Grado de Saturación		27.54%	118.80%

Datos de Ensayo		
Parámetro "B"	%	90
Presión de celda (σ3)	kPa	175
Contrapresión	kPa	125
Esfuerzo efectivo inicial (σ3')	kPa	50
Correciones por saturación y consolidación		
Altura corregida	mm	137.33
Área corregida	mm2	3813.09

Deformación Unitaria E (%)	Fuerza (Newtons)	Área (mm2)	Esfuerzo desviador (kPa)	Presión de poros (kPa)	σ1 (kPa)	σ3' (kPa)	σ1' (kPa)	p (kPa)	q (kPa)	p' (kPa)	q' (kPa)
0.00	0.00	3813.087	0	0.00	50.000	50.000	50.000	50.000	0.000	50.00	0.000
0.05	85.46	3814.994	22.401	0.15	72.401	49.850	72.251	61.201	11.201	61.05	11.201
0.10	105.35	3816.903	27.601	0.23	77.601	49.775	77.376	63.800	13.800	63.58	13.800
0.25	170.26	3822.643	44.540	0.34	94.540	49.664	94.204	72.270	22.270	71.93	22.270
0.35	221.25	3826.479	57.821	0.68	107.821	49.325	107.146	78.910	28.910	78.24	28.910
0.50	258.68	3832.248	67.553	1.60	117.553	48.398	115.951	83.777	33.777	82.17	33.777
0.75	315.47	3841.901	82.113	1.94	132.113	48.065	130.178	91.056	41.056	89.12	41.056
1.00	351.36	3851.603	91.224	2.18	141.224	47.825	139.049	95.612	45.612	93.44	45.612
1.25	390.25	3861.354	101.066	2.49	151.066	47.507	148.573	100.533	50.533	98.04	50.533
1.50	431.47	3871.154	111.458	2.84	161.458	47.165	158.623	105.729	55.729	102.89	55.729
1.75	463.66	3881.004	119.469	3.04	169.469	46.964	166.433	109.735	59.735	106.70	59.735
2.00	478.47	3890.905	122.971	3.17	172.971	46.835	169.806	111.486	61.486	108.32	61.486
2.50	524.17	3910.858	134.029	3.27	184.029	46.727	180.756	117.015	67.015	113.74	67.015
3.00	545.26	3931.017	138.707	3.45	188.707	46.550	185.257	119.354	69.354	115.90	69.354
3.50	573.34	3951.385	145.098	3.49	195.098	46.508	191.606	122.549	72.549	119.06	72.549
4.00	593.27	3971.965	149.364	3.52	199.364	46.484	195.848	124.682	74.682	121.17	74.682
4.50	612.71	3992.761	153.455	3.56	203.455	46.442	199.897	126.728	76.728	123.17	76.728
5.00	633.33	4013.775	157.789	3.59	207.789	46.406	204.195	128.895	78.895	125.30	78.895
6.00	658.49	4056.475	162.331	3.61	212.331	46.394	208.725	131.165	81.165	127.56	81.165
7.00	670.14	4100.093	163.445	3.65	213.445	46.355	209.800	131.723	81.723	128.08	81.723
8.00	674.43	4144.659	162.723	3.71	212.723	46.295	209.018	131.361	81.361	127.66	81.361
9.00	683.96	4190.205	163.228	3.73	213.228	46.268	209.496	131.614	81.614	127.88	81.614
10.00	689.17	4236.763	162.664	3.83	212.664	46.175	208.839	131.332	81.332	127.51	81.332
11.00	669.63	4284.367	160.964	3.96	210.964	46.037	207.001	130.482	80.482	126.52	80.482
12.00	693.78	4333.053	160.113	4.07	210.113	45.935	206.048	130.057	80.057	125.99	80.057
13.00	690.15	4382.858	157.466	4.13	207.466	45.872	203.338	128.733	78.733	124.60	78.733
14.00	691.22	4433.822	155.897	4.22	205.897	45.785	201.682	127.949	77.949	123.73	77.949
15.00	695.27	4485.984	154.987	4.26	204.987	45.737	200.724	127.494	77.494	123.23	77.494
16.00	698.90	4539.389	153.962	4.37	203.962	45.635	199.597	126.981	76.981	122.62	76.981
17.00	702.14	4594.080	152.836	4.37	202.836	45.626	198.462	126.418	76.418	122.04	76.418
18.00	705.99	4650.106	151.823	4.38	201.823	45.620	197.443	125.911	75.911	121.53	75.911
19.00	706.21	4707.514	150.018	4.39	200.018	45.614	195.632	125.009	75.009	120.62	75.009
20.00	707.44	4766.358	148.424	4.40	198.424	45.605	194.029	124.212	74.212	119.82	74.212

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
TÉCNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

INFORME	Código	289 2025
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS ASTM D4767-11	Versión	01
	Fecha	SETIEMBRE 2025
	Página	2 de 5

Tesis:	"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"	Registro N°:	289 2025
Tesistas:	: EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA EST. LUIS BF	Muestreado por : Ensayado por :	LABORATORISTA KEVIN SANCHEZ
Ubicación de Proyecto	: CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Fecha inicio de Ensayo:	22/08/2025
		Fecha fin de Ensayo:	06/09/2025
Material	: INALTERADA		
Calicata	: C-02		
N° de Muestra	: M-1		
Profundidad	: 3.00 m		

TALUD

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

ESPECIMEN 02

Descripción visual de la muestra: ARENA LIMOSA, MEZCLA DE ARENAS Y LIMOS (SM)
Estado de la muestra: Muestra remoldeada
Velocidad de corte: 0.5 %/min

CONDICIÓN		Inicial	Final
Altura	mm	137.5	110.05
Diámetro	mm	67.2	82.03
Gravedad específica	-	2.66	2.66
Contenido de Humedad	(%)	5.6	23.6
Densidad húmeda	(gr/cc)	2.020	1.999
Densidad seca	(gr/cc)	1.913	1.617
Relación de vacíos	-	0.391	0.645
Grado de Saturación	-	38.14%	97.34%

Datos de Ensayo		
Parámetro "B"	%	90
Presión de celda (σ3)	kPa	276
Contrapresión	kPa	178
Esfuerzo efectivo inicial (σ3')	kPa	100
Correcciones por saturación y consolidación		
Altura corregida	mm	137.25
Área corregida	mm2	4227.74

Deformación Unitaria E (%)	Fuerza (Newtons)	Área (mm2)	Esfuerzo desviador (kPa)	Presión de poros (kPa)	σ1 (kPa)	σ3' (kPa)	σ1' (kPa)	p (kPa)	q (kPa)	p' (kPa)	q' (kPa)
0.00	0.00	4227.740	0	0.00	100.000	100.000	100.000	100.000	0.000	100.00	0.000
0.05	137.25	4229.855	32.448	0.50	132.448	99.500	131.948	116.224	16.224	115.72	16.224
0.10	167.55	4231.972	39.591	0.75	139.591	99.250	138.841	119.796	19.796	119.05	19.796
0.25	275.41	4238.336	64.981	1.12	164.981	98.880	163.861	132.490	32.490	131.37	32.490
0.35	357.15	4242.569	84.182	2.25	184.182	97.750	181.932	142.091	42.091	139.84	42.091
0.50	415.96	4248.985	97.896	5.34	197.896	94.660	192.556	146.948	48.948	143.61	48.948
0.75	506.02	4259.688	119.262	6.45	219.262	93.550	212.812	159.631	59.631	153.18	59.631
1.00	565.26	4270.445	132.366	7.25	232.366	92.750	225.116	166.183	66.183	158.93	66.183
1.25	626.87	4281.256	146.422	8.31	246.422	91.690	238.112	173.211	73.211	164.90	73.211
1.50	692.21	4292.122	161.275	9.45	261.275	90.550	251.825	180.637	80.637	171.19	80.637
1.75	762.30	4303.043	177.154	10.12	277.154	89.880	267.034	188.577	88.577	178.46	88.577
2.00	770.84	4314.021	178.683	10.55	278.683	89.450	268.133	189.341	89.341	178.79	89.341
2.50	842.15	4336.144	194.216	10.91	294.216	89.090	283.306	197.108	97.108	186.20	97.108
3.00	873.60	4358.495	200.436	11.50	300.436	88.500	288.936	200.218	100.218	188.72	100.218
3.50	921.47	4381.078	210.330	11.64	310.330	88.360	298.690	205.165	105.165	193.52	105.165
4.00	949.87	4403.896	215.689	11.72	315.689	88.280	303.969	207.844	107.844	196.12	107.844
4.50	982.54	4426.953	221.945	11.86	321.945	88.140	310.085	210.972	110.972	199.11	110.972
5.00	1018.75	4450.253	228.920	11.98	328.920	88.020	316.940	214.460	114.460	202.48	114.460
6.00	1042.26	4497.596	231.737	12.02	331.737	87.980	319.717	215.859	115.859	203.85	115.859
7.00	1075.46	4545.957	236.575	12.15	336.575	87.850	324.425	218.288	118.288	206.14	118.288
8.00	1079.26	4595.370	234.858	12.35	334.858	87.650	322.508	217.429	117.429	205.08	117.429
9.00	1100.23	4645.868	236.819	12.44	336.819	87.560	324.379	218.410	118.410	205.97	118.410
10.00	1108.76	4697.489	236.032	12.75	336.032	87.250	323.282	218.016	118.016	205.27	118.016
11.00	1109.85	4750.270	233.639	13.21	333.639	86.790	320.429	216.820	116.820	203.61	116.820
12.00	1110.27	4804.250	231.102	13.55	331.102	86.450	317.552	215.551	115.551	202.00	115.551
13.00	1111.97	4859.471	228.825	13.76	328.825	86.240	315.065	214.413	114.413	200.65	114.413
14.00	1115.26	4915.977	226.864	14.05	326.864	85.950	312.814	213.432	113.432	199.38	113.432
15.00	1117.45	4973.812	224.667	14.21	324.667	85.790	310.457	212.333	112.333	198.12	112.333
16.00	1126.66	5033.024	223.853	14.55	323.853	85.450	309.303	211.927	111.927	197.38	111.927
17.00	1129.13	5093.663	221.673	14.58	321.673	85.420	307.093	210.837	110.837	196.26	110.837
18.00	1136.41	5155.781	220.415	14.60	320.415	85.400	305.815	210.207	110.207	195.61	110.207
19.00	1137.01	5219.432	217.842	14.62	317.842	85.380	303.222	208.921	108.921	194.30	108.921
20.00	1139.21	5284.675	215.379	14.65	315.379	85.350	300.729	207.690	107.690	193.04	107.690

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TÉCNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71665051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

	INFORME	Código	289 2025
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS ASTM D4767-11	Versión	01
		Fecha	SETIEMBRE - 2025
		Página	3 de 5

Tesis:	"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"	Registro N°:	289 2025
Tesistas	: EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS	Muestreado por : Ensayado por :	LABORATORISTA KEVIN SANCHEZ
Ubicación de Proyecto	: CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Fecha inicio de Ensayo:	22/08/2025
		Fecha fin de Ensayo:	06/09/2025
Material	: INALTERADA		
Calicata	: C-02		
N° de Muestra	: M-1		
Profundidad	: 3.00 m		

TALUD

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

ESPECIMEN 03

Descripción visual de la muestra: ARENA LIMOSA, MEZCLA DE ARENAS Y LIMOS (SM)
Estado de la muestra: Muestra remoldeada
Velocidad de corte: 0.5 %/min

CONDICIÓN		Inicial	Final
Altura	mm	137.5	110.07
Diámetro	mm	67.2	81.84
Gravedad específica	-	2.66	2.66
Contenido de Humedad	(%)	5.6	23.6
Densidad húmeda	(gr/cc)	2.009	1.997
Densidad seca	(gr/cc)	1.903	1.616
Relación de vacíos	-	0.398	0.646
Grado de Saturación	-	37.42%	97.11%

Datos de Ensayo		
Parámetro "B"	%	90
Presión de celda (σ3)	kPa	385
Contrapresión	kPa	235
Esfuerzo efectivo inicial (σ3')	kPa	150
Correciones por saturación y consolidación		
Altura corregida	mm	137.15
Área corregida	mm2	4208.06

Deformación Unitaria E (%)	Fuerza (Newtons)	Área (mm2)	Esfuerzo desviador (kPa)	Presión de poros (kPa)	σ1 (kPa)	σ3' (kPa)	σ1' (kPa)	p (kPa)	q (kPa)	p' (kPa)	q' (kPa)
0.00	0.00	4208.060	0	0.00	150.000	150.000	150.000	150.000	0.000	150.00	0.000
0.05	199.01	4210.165	47.270	0.85	197.270	149.150	196.420	173.635	23.635	172.78	23.635
0.10	242.95	4212.273	57.676	1.28	207.676	148.725	206.401	178.838	28.838	177.56	28.838
0.25	399.34	4218.607	94.663	1.90	244.663	148.096	242.759	197.331	47.331	195.43	47.331
0.35	517.87	4222.840	122.635	3.83	272.635	146.175	268.810	211.317	61.317	207.49	61.317
0.50	603.14	4229.206	142.614	9.08	292.614	140.922	283.536	221.307	71.307	212.23	71.307
0.75	736.63	4239.859	173.739	10.97	323.739	139.035	312.774	236.870	86.870	225.90	86.870
1.00	819.63	4250.566	192.828	12.33	342.828	137.675	330.503	246.414	96.414	234.09	96.414
1.25	908.96	4261.327	213.305	14.13	363.305	135.873	349.178	256.652	106.652	242.53	106.652
1.50	1003.70	4272.142	234.942	16.07	384.942	133.935	368.877	267.471	117.471	251.41	117.471
1.75	1105.34	4283.013	258.074	17.20	408.074	132.796	390.870	279.037	129.037	261.83	129.037
2.00	1117.72	4293.939	260.301	17.94	410.301	132.065	392.366	280.151	130.151	262.22	130.151
2.50	1221.12	4315.959	282.931	18.55	432.931	131.453	414.384	291.465	141.465	272.92	141.465
3.00	1266.72	4338.206	291.992	19.55	441.992	130.450	422.442	295.996	145.996	276.45	145.996
3.50	1336.13	4360.684	306.404	19.79	456.404	130.212	436.616	303.202	153.202	283.41	153.202
4.00	1377.31	4383.396	314.211	19.92	464.211	130.076	444.287	307.106	157.106	287.18	157.106
4.50	1424.68	4406.346	323.325	20.16	473.325	129.838	453.163	311.663	161.663	291.50	161.663
5.00	1477.19	4429.537	333.486	20.37	483.486	129.634	463.120	316.743	166.743	296.38	166.743
6.00	1511.26	4476.660	337.590	20.43	487.590	129.566	467.156	318.795	168.795	298.36	168.795
7.00	1559.42	4524.796	344.638	20.66	494.638	129.345	473.983	322.319	172.319	301.66	172.319
8.00	1564.93	4573.979	342.137	21.00	492.137	129.005	471.142	321.068	171.068	300.07	171.068
9.00	1595.33	4624.242	344.994	21.15	494.994	128.852	473.846	322.497	172.497	301.35	172.497
10.00	1607.70	4675.622	343.848	21.66	493.848	128.325	472.173	321.924	171.924	300.25	171.924
11.00	1609.28	4728.158	340.361	22.46	490.361	127.543	467.904	320.181	170.181	297.72	170.181
12.00	1609.89	4781.887	336.665	23.04	486.665	126.965	463.630	318.332	168.332	295.30	168.332
13.00	1612.36	4836.851	333.348	23.39	483.348	126.608	459.956	316.674	166.674	293.28	166.674
14.00	1617.13	4893.093	330.492	23.89	480.492	126.115	456.607	315.246	165.246	291.36	165.246
15.00	1620.30	4950.659	327.290	24.16	477.290	125.843	453.133	313.645	163.645	289.49	163.645
16.00	1633.66	5009.596	326.106	24.74	476.106	125.265	451.371	313.053	163.053	288.32	163.053
17.00	1637.24	5069.952	322.930	24.79	472.930	125.214	448.144	311.465	161.465	286.68	161.465
18.00	1647.79	5131.781	321.096	24.82	471.096	125.180	446.276	310.548	160.548	285.73	160.548
19.00	1648.66	5195.136	317.348	24.85	467.348	125.146	442.494	308.674	158.674	283.82	158.674
20.00	1650.40	5260.075	313.761	24.91	463.761	125.095	438.856	306.880	156.880	281.98	156.880

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

INFORME	Código	289 2025
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS ASTM D4767-11	Versión	01
	Fecha	SETIEMBRE - 2025
	Página	4 de 5

Tesis:	"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"	Registro N°:	289 2025
Tesistas:	: EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCIA EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS	Muestreado por :	LABORATORISTA
Ubicación de Proyecto	: CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Ensayado por :	KEVIN SANCHEZ
		Fecha Inicio de Ensayo:	22/08/2025
		Fecha fin de Ensayo:	06/09/2025

Material	: INALTERADA
Calicata	: C-02
N° de Muestra	: M-1
Profundidad	: 3.00 m

TALUD

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

Caracteristicas generales:

Estado de la muestra:	*Muestra remoldeada*	
Velocidad:	*0.5*	*%/min*
Gravedad especifica (Gs):	*2.66*	

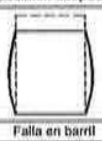
Descripción visual del suelo (D2488 ó D2487):
ARENA LIMOSA, MEZCLA DE ARENAS Y LIMOS (SM)

σ3= 50 kPa		
CONDICION	Inicial	Final
Altura (mm)	137.50	110.03
Diámetro (mm)	67.20	77.90
Humedad (%)	5.6	23.6
Densidad Húmeda (gr/cc)	1.823	2.151
Densidad Seca (gr/cc)	1.726	1.740
Relación de vacíos	0.54	0.53
Grado de saturación	27.5%	118.6%
Consolidación y Saturación		
Contrapresión (kPa)	125	
Parámetro B (%)	90	
Altura corregida (mm)	137.33	
Area corregida (mm2)	3813.09	

Deformación Unitaria E (%)	σ1-σ3 (kPa)	Presión de poros (kPa)
0.00	0.00	0.00
0.05	22.40	0.15
0.10	27.60	0.23
0.25	44.54	0.34
0.35	57.82	0.66
0.50	67.55	1.60
0.75	82.11	1.94
1.00	91.22	2.18
1.25	101.07	2.49
1.50	111.46	2.84
1.75	119.47	3.04
2.00	122.97	3.17
2.50	134.03	3.27
3.00	138.71	3.45
3.50	145.10	3.49
4.00	149.36	3.52
4.50	153.46	3.56
5.00	157.79	3.59
6.00	162.33	3.61
7.00	163.45	3.65
8.00	162.72	3.71
9.00	163.23	3.73
10.00	162.66	3.83
11.00	160.96	3.96
12.00	160.11	4.07
13.00	157.47	4.13
14.00	155.90	4.22
15.00	154.99	4.26
16.00	153.96	4.37
17.00	152.84	4.37
18.00	151.82	4.38
19.00	150.02	4.39
20.00	148.42	4.40

Vista del especimen después del ensayo

Tipo de falla



Falla en barril

σ3= 100 kPa		
CONDICION	Inicial	Final
Altura (mm)	137.50	110.05
Diámetro (mm)	67.20	82.03
Humedad (%)	5.6	23.6
Densidad Húmeda (gr/cc)	2.020	1.999
Densidad Seca (gr/cc)	1.913	1.617
Relación de vacíos	0.39	0.64
Grado de saturación	38.1%	97.3%
Consolidación y Saturación		
Contrapresión (kPa)	178	
Parámetro B (%)	90	
Altura corregida (mm)	137.25	
Area corregida (mm2)	4227.74	

Deformación Unitaria E (%)	σ1-σ3 (kPa)	Presión de poros (kPa)
0.00	0.00	0.00
0.05	32.45	0.50
0.10	39.59	0.75
0.25	64.98	1.12
0.35	84.18	2.25
0.50	97.90	5.34
0.75	119.26	6.45
1.00	132.37	7.25
1.25	146.42	8.31
1.50	161.27	9.45
1.75	177.15	10.12
2.00	178.68	10.55
2.50	194.22	10.91
3.00	200.44	11.50
3.50	210.33	11.64
4.00	215.69	11.72
4.50	221.94	11.86
5.00	228.92	11.98
6.00	231.74	12.02
7.00	236.58	12.15
8.00	234.86	12.35
9.00	236.82	12.44
10.00	236.03	12.76
11.00	233.64	13.21
12.00	231.10	13.55
13.00	228.63	13.76
14.00	226.86	14.05
15.00	224.67	14.21
16.00	223.85	14.55
17.00	221.67	14.58
18.00	220.41	14.60
19.00	217.84	14.62
20.00	215.38	14.65

Vista del especimen después del ensayo

Tipo de falla



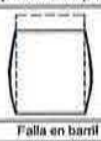
Falla en barril

σ3= 150 kPa		
CONDICION	Inicial	Final
Altura (mm)	137.50	110.07
Diámetro (mm)	67.20	81.84
Humedad (%)	5.6	23.6
Densidad Húmeda (gr/cc)	2.009	1.997
Densidad Seca (gr/cc)	1.903	1.616
Relación de vacíos	0.40	0.65
Grado de saturación	37.4%	97.1%
Consolidación y Saturación		
Contrapresión (kPa)	235	
Parámetro B (%)	90	
Altura corregida (mm)	137.15	
Area corregida (mm2)	4208.06	

Deformación Unitaria E (%)	σ1-σ3 (kPa)	Presión de poros (kPa)
0.00	0.00	0.00
0.05	47.27	0.85
0.10	57.68	1.28
0.25	94.66	1.90
0.35	122.63	3.83
0.50	142.61	9.08
0.75	173.74	10.97
1.00	192.83	12.33
1.25	213.30	14.13
1.50	234.94	16.07
1.75	258.07	17.20
2.00	260.30	17.94
2.50	282.93	18.55
3.00	291.99	19.55
3.50	306.40	19.79
4.00	314.21	19.92
4.50	323.33	20.16
5.00	333.49	20.37
6.00	337.59	20.43
7.00	344.64	20.66
8.00	342.14	21.00
9.00	344.99	21.15
10.00	343.85	21.68
11.00	340.36	22.46
12.00	336.66	23.04
13.00	333.35	23.39
14.00	330.49	23.69
15.00	327.29	24.16
16.00	326.11	24.74
17.00	322.93	24.79
18.00	321.10	24.82
19.00	317.35	24.85
20.00	313.76	24.91

Vista del especimen después del ensayo

Tipo de falla



Falla en barril

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

	INFORME	Código	289 2025
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS ASTM D4767-11	Versión	01
		Fecha	SETIEMBRE - 2025
		Página	5 de 5

Tesis:	"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"	Registro N°:	289 2025
Tesistas:	: EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA EST. LUIS BRAND	Muestreado por :	LABORATORISTA
Ubicación de Proyecto	: CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Ensayado por :	KEVIN SANCHEZ
		Fecha inicio de Ensayo:	22/08/2025
		Fecha fin de Ensayo:	08/09/2025
Material	: INALTERADA		
Calicata	: C-02		
N° de Muestra	: M-1		
Profundidad	: 3.00 m		

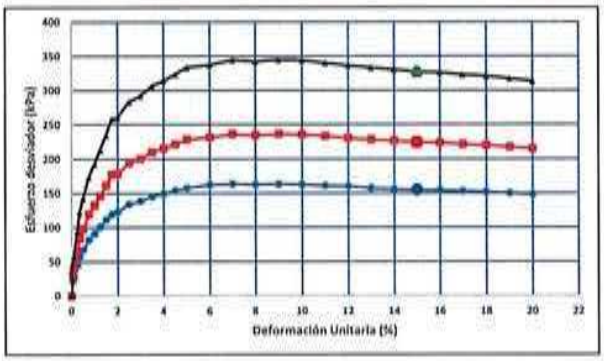
TALUD

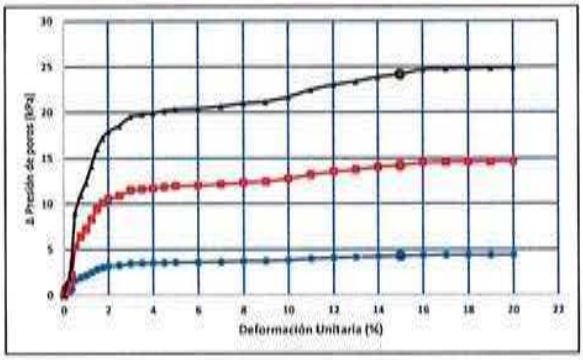
ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

PARÁMETROS DE ESFUERZOS TOTALES Y EFECTIVOS

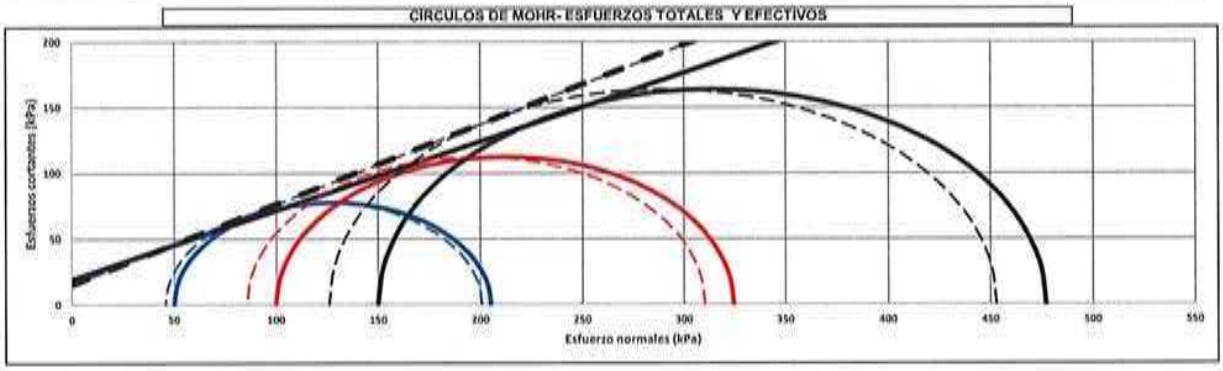
		Especimen 1	Especimen 2	Especimen 3
Esfuerzo de confinamiento (σ3')	kPa	50	100	150
Esfuerzo desviador (Δσ)	kPa	155.0	224.7	327.3
Presión de poros (Δμ)	kPa	4.3	14.2	24.2
Esfuerzo principal (σ1)	kPa	205.0	324.7	477.3
Estado de falla	-	%Deformacion	%Deformacion	%Deformacion
Deformación unitaria a la falla	(%)	15.0	15.0	15.0

GRAFICA ESFUERZO DESVIADOR Y VARIACION DE PRESION DE POROS





CIRCULOS DE MOHR- ESFUERZOS TOTALES Y EFECTIVOS



PARÁMETROS RESISTENTES AL ESFUERZO CORTANTE

Parámetros en términos totales:

Cohesión	0.032	Kg/cm2
Angulo de fricción	29.10	°

Parámetros en términos efectivos:

Cohesión	0.040	Kg/cm2
Angulo de fricción	28.00	°

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71665051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

INFORME	Código	289 2025
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS ASTM D4767-11	Versión	01
	Fecha	SETIEMBRE - 2025
	Página	1 de 5

Tesis:	"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"	Registro N°:	289 2025
Tesistas:	EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS	Muestreado por : Ensayado por :	LABORATORISTA KEVIN SANCHEZ
Ubicación de Proyecto	: CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Fecha inicio de Ensayo: Fecha fin de Ensayo:	22/08/2025 06/09/2025

Material	: INALTERADA
Calicata	: C-03
N° de Muestra	: M-1
Profundidad	: 3.00 m

TALUD

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

ESPECIMEN 01

Descripción visual de la muestra: **ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD (CL)**
Estado de la muestra: Muestra remoldeada
Velocidad de corte: 0.5 %/min

CONDICIÓN		Inicial	Final
Altura	mm	138.9	111.15
Diámetro	mm	68.7	77.51
Gravedad específica		2.66	2.66
Contenido de Humedad	(%)	5.6	23.6
Densidad húmeda	(gr/cc)	1.727	2.037
Densidad seca	(gr/cc)	1.635	1.648
Relación de vacíos		0.627	0.614
Grado de Saturación		23.76%	102.29%

Datos de Ensayo		
Parámetro "B"	%	90
Presión de celda (σ3)	kPa	175
Contrapresión	kPa	125
Esfuerzo efectivo inicial (σ3')	kPa	50
Correciones por saturación y consolidación		
Altura corregida	mm	138.73
Área corregida	mm2	3774.61

Deformación Unitaria E (%)	Fuerza (Newtons)	Área (mm2)	Esfuerzo desviador (kPa)	Presión de poros (kPa)	σ1 (kPa)	σ3' (kPa)	σ1' (kPa)	p (kPa)	q (kPa)	p' (kPa)	q' (kPa)
0.00	0.00	3774.607	0	0.00	50.000	50.000	50.000	50.000	0.000	50.00	0.000
0.05	85.46	3776.495	22.629	0.15	72.629	49.850	72.479	61.315	11.315	61.16	11.315
0.10	105.35	3778.385	27.882	0.23	77.882	49.775	77.657	63.941	13.941	63.72	13.941
0.25	170.26	3784.067	44.994	0.34	94.994	49.664	94.658	72.497	22.497	72.16	22.497
0.35	221.25	3787.864	58.410	0.68	108.410	49.325	107.735	79.205	29.205	78.53	29.205
0.50	258.88	3793.575	68.242	1.60	118.242	48.398	116.640	84.121	34.121	82.52	34.121
0.75	315.47	3803.130	82.950	1.94	132.950	48.065	131.015	91.475	41.475	89.54	41.475
1.00	351.36	3812.734	92.154	2.18	142.154	47.825	139.979	96.077	46.077	93.90	46.077
1.25	390.25	3822.386	102.096	2.49	152.096	47.507	149.603	101.048	51.048	98.55	51.048
1.50	431.47	3832.088	112.594	2.84	162.594	47.165	159.759	106.297	56.297	103.46	56.297
1.75	463.66	3841.839	120.687	3.04	170.687	46.964	167.651	110.343	60.343	107.31	60.343
2.00	478.47	3851.639	124.225	3.17	174.225	46.835	171.060	112.113	62.113	108.95	62.113
2.50	524.17	3871.391	135.396	3.27	185.396	46.727	182.123	117.698	67.698	114.42	67.698
3.00	545.26	3891.347	140.121	3.45	190.121	46.550	186.671	120.061	70.061	116.61	70.061
3.50	573.34	3911.509	146.578	3.49	196.578	46.508	193.086	123.289	73.289	119.80	73.289
4.00	593.27	3931.882	150.887	3.52	200.887	46.484	197.371	125.444	75.444	121.93	75.444
4.50	612.71	3952.468	155.020	3.56	205.020	46.442	201.462	127.510	77.510	123.95	77.510
5.00	633.33	3973.270	159.398	3.59	209.398	46.408	205.804	129.699	79.699	126.10	79.699
6.00	658.49	4015.539	163.985	3.61	213.985	46.394	210.379	131.993	81.993	128.39	81.993
7.00	670.14	4058.717	165.111	3.65	215.111	46.355	211.466	132.556	82.556	128.91	82.556
8.00	674.43	4102.833	164.382	3.71	214.382	46.295	210.677	132.191	82.191	128.49	82.191
9.00	683.96	4147.919	164.892	3.73	214.892	46.268	211.160	132.446	82.446	128.71	82.446
10.00	689.17	4194.007	164.323	3.83	214.323	46.175	210.498	132.161	82.161	128.34	82.161
11.00	689.63	4241.131	162.605	3.96	212.605	46.037	208.642	131.303	81.303	127.34	81.303
12.00	693.78	4289.326	161.746	4.07	211.746	45.935	207.681	130.873	80.873	126.81	80.873
13.00	690.15	4338.626	159.071	4.13	209.071	45.872	204.943	129.536	79.536	125.41	79.536
14.00	691.22	4389.077	157.486	4.22	207.486	45.785	203.271	128.743	78.743	124.53	78.743
15.00	695.27	4440.714	156.567	4.26	206.567	45.737	202.304	128.284	78.284	124.02	78.284
16.00	698.90	4493.579	155.532	4.37	205.532	45.635	201.167	127.766	77.766	123.40	77.766
17.00	702.14	4547.719	154.394	4.37	204.394	45.626	200.020	127.197	77.197	122.82	77.197
18.00	705.99	4603.179	153.370	4.38	203.370	45.620	198.990	126.685	76.685	122.31	76.685
19.00	706.21	4660.008	151.547	4.39	201.547	45.614	197.161	125.773	75.773	121.39	75.773
20.00	707.44	4718.258	149.937	4.40	199.937	45.605	195.542	124.968	74.968	120.57	74.968

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

INFORME	Código	289 2025
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS ASTM D4767-11	Versión	01
	Fecha	SETIEMBRE 2025
	Página	2 de 5

Tesis:	"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"	Registro N°:	289 2025
Tesistas:	: EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA EST. LUIS BF	Muestreado por : Ensayado por :	LABORATORISTA KEVIN SANCHEZ
Ubicación de Proyecto	: CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Fecha inicio de Ensayo: Fecha fin de Ensayo:	22/08/2025 06/09/2025

Material	: INALTERADA
Calicata	: C-03
N° de Muestra	: M-1
Profundidad	: 3.00 m

TALUD

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

ESPECIMEN 02

Descripción visual de la muestra: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD (CL)
Estado de la muestra: Muestra remoldeada
Velocidad de corte: 0.5 %/min

CONDICIÓN		Inicial	Final
Altura	mm	138,9	111,17
Diámetro	mm	68,7	81,61
Gravedad específica	-	2,66	2,66
Contenido de Humedad	(%)	5,6	23,6
Densidad húmeda	(gr/cc)	1,913	1,999
Densidad seca	(gr/cc)	1,812	1,617
Relación de vacíos	-	0,468	0,645
Grado de Saturación	-	31,82%	97,34%

Datos de Ensayo		
Parámetro "B"	%	90
Presión de celda (σ3)	kPa	278
Contrapresión	kPa	178
Esfuerzo efectivo inicial (σ3')	kPa	100
Correcciones por saturación y consolidación		
Altura corregida	mm	138,65
Área corregida	mm2	4185,05

Deformación Unitaria E (%)	*Fuerza (Newtons)*	*Área (mm2)*	*Esfuerzo desviador (kPa)*	*Presión de poros (kPa)*	*σ1 (kPa)*	*σ3' (kPa)*	*σ1' (kPa)*	*p (kPa)*	*q (kPa)*	*p' (kPa)*	*q' (kPa)*
0,00	0,00	4185,051	0	0,00	100,000	100,000	100,000	100,000	0,000	100,00	0,000
0,05	137,25	4187,145	32,779	0,50	132,779	99,500	132,279	116,389	16,389	115,89	16,389
0,10	167,55	4189,240	39,995	0,75	139,995	99,250	139,245	119,998	19,998	119,25	19,998
0,25	275,41	4195,540	65,644	1,12	165,644	98,880	164,524	132,822	32,822	131,70	32,822
0,35	357,15	4199,750	85,041	2,25	185,041	97,750	182,791	142,520	42,520	140,27	42,520
0,50	415,96	4206,082	98,895	5,34	198,895	94,660	193,555	149,447	49,447	144,11	49,447
0,75	508,02	4216,676	120,479	6,45	220,479	93,550	214,029	160,239	60,239	153,79	60,239
1,00	565,26	4227,324	133,716	7,25	233,716	92,750	226,466	166,858	66,858	159,61	66,858
1,25	626,87	4238,026	147,916	8,31	247,916	91,690	239,606	173,958	73,958	165,65	73,958
1,50	692,21	4248,783	162,920	9,45	262,920	90,550	253,470	181,460	81,460	172,01	81,460
1,75	762,30	4259,594	178,961	10,12	278,961	89,880	268,841	189,480	89,480	179,36	89,480
2,00	770,84	4270,460	180,505	10,55	280,505	89,450	269,955	190,253	90,253	179,70	90,253
2,50	842,15	4292,360	196,197	10,91	296,197	89,090	285,287	198,099	98,099	187,19	98,099
3,00	873,60	4314,486	202,481	11,50	302,481	88,500	290,981	201,240	101,240	189,74	101,240
3,50	921,47	4336,841	212,475	11,64	312,475	88,360	300,835	206,237	106,237	194,60	106,237
4,00	949,87	4359,428	217,889	11,72	317,889	88,280	306,169	208,944	108,944	197,22	108,944
4,50	982,54	4382,253	224,209	11,86	324,209	88,140	312,349	212,104	112,104	200,24	112,104
5,00	1018,75	4405,317	231,255	11,98	331,255	88,020	319,275	215,627	115,627	203,65	115,627
6,00	1042,26	4452,182	234,101	12,02	334,101	87,980	322,081	217,050	117,050	205,03	117,050
7,00	1075,46	4500,055	238,988	12,15	338,988	87,850	326,838	219,494	119,494	207,34	119,494
8,00	1079,26	4548,969	237,254	12,35	337,254	87,650	324,904	218,627	118,627	206,28	118,627
9,00	1100,23	4598,957	239,235	12,44	339,235	87,560	326,795	219,617	119,617	207,18	119,617
10,00	1108,76	4650,057	238,440	12,75	338,440	87,250	325,690	219,220	119,220	206,47	119,220
11,00	1109,85	4702,305	236,023	13,21	336,023	86,790	322,813	218,011	118,011	204,80	118,011
12,00	1110,27	4755,740	233,459	13,55	333,459	86,450	319,909	216,729	116,729	203,18	116,729
13,00	1111,97	4810,404	231,159	13,76	331,159	86,240	317,399	215,580	115,580	201,82	115,580
14,00	1115,26	4866,339	229,178	14,05	329,178	85,950	315,128	214,589	114,589	200,54	114,589
15,00	1117,45	4923,590	226,958	14,21	326,958	85,790	312,748	213,479	113,479	199,27	113,479
16,00	1126,66	4982,204	226,137	14,55	326,137	85,450	311,587	213,068	113,068	198,52	113,068
17,00	1129,13	5042,230	223,935	14,58	323,935	85,420	309,355	211,967	111,967	197,39	111,967
18,00	1136,41	5103,721	222,663	14,60	322,663	85,400	308,063	211,332	111,332	196,73	111,332
19,00	1137,01	5166,730	220,064	14,62	320,064	85,380	305,444	210,032	110,032	195,41	110,032
20,00	1138,21	5231,314	217,576	14,65	317,576	85,350	302,926	208,788	108,788	194,14	108,788

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71665051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

	INFORME	Código	289 2025
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS ASTM D4767-11	Versión	01
		Fecha	SETIEMBRE - 2025
		Página	3 de 5

Tesis:	"ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"	Registro N°:	289 2025
Tesistas:	: EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS	Muestreado por : Ensayado por :	LABORATORISTA KEVIN SANCHEZ
Ubicación de Proyecto	: CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN	Fecha Inicio de Ensayo: Fecha fin de Ensayo:	22/08/2025 06/09/2025
Material	: INALTERADA		
Calicata	: C-03		
N° de Muestra	: M-1		
Profundidad	: 3.00 m		

TALUD

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

ESPECIMEN 03

Descripción visual de la muestra: ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD (CL)
Estado de la muestra: Muestra remoldeada
Velocidad de corte: 0.5 %/min

CONDICIÓN		Inicial	Final
Altura	mm	136.0	111.19
Diámetro	mm	69.7	81.42
Gravedad específica	-	2.66	2.66
Contenido de Humedad	(%)	5.6	23.6
Densidad húmeda	(gr/cc)	1.903	1.997
Densidad seca	(gr/cc)	1.802	1.616
Relación de vacios	-	0.476	0.646
Grado de Saturación	-	31.29%	97.12%

Datos de Ensayo		
Parámetro "B"	%	90
Presión de celda (σ3)	kPa	385
Contrapresión	kPa	235
Esfuerzo efectivo inicial (σ3')	kPa	150
Correciones por saturación y consolidación		
Altura corregida	mm	136.55
Área corregida	mm2	4165.54

Deformación Unitaria E (%)	Fuerza (Newtons)	Área (mm2)	Esfuerzo desviador (kPa)	Presión de poros (kPa)	σ1 (kPa)	σ3' (kPa)	σ1' (kPa)	p (kPa)	q (kPa)	p' (kPa)	q' (kPa)
0.00	0.00	4165.539	0	0.00	150.000	150.000	150.000	150.000	0.000	150.00	0.000
0.05	199.01	4167.623	47.752	0.85	197.752	149.150	196.902	173.076	23.876	173.03	23.876
0.10	242.95	4169.709	58.265	1.28	208.265	148.725	206.990	170.132	29.132	177.86	29.132
0.25	399.34	4175.979	95.629	1.90	245.629	148.096	243.725	197.814	47.814	195.91	47.814
0.35	517.87	4180.170	123.887	3.83	273.887	146.175	270.062	211.943	61.943	208.12	61.943
0.50	603.14	4186.472	144.069	9.08	294.069	140.922	284.991	222.035	72.035	212.96	72.035
0.75	736.63	4197.017	176.513	10.97	326.513	139.035	314.548	237.756	87.756	226.79	87.756
1.00	819.63	4207.615	194.796	12.33	344.796	137.675	332.471	247.398	97.398	235.07	97.398
1.25	908.96	4218.266	215.462	14.13	365.462	135.873	351.355	257.741	107.741	243.61	107.741
1.50	1003.70	4228.974	237.340	16.07	387.340	133.935	371.275	268.670	118.670	252.60	118.670
1.75	1105.34	4239.735	260.709	17.20	410.709	132.796	393.505	280.354	130.354	263.15	130.354
2.00	1117.72	4250.550	262.958	17.94	412.958	132.065	395.023	281.479	131.479	263.54	131.479
2.50	1221.12	4272.348	285.819	18.55	435.819	131.453	417.272	292.909	142.909	274.36	142.909
3.00	1266.72	4294.370	294.972	19.55	444.972	130.450	425.422	297.486	147.486	277.94	147.486
3.50	1336.13	4316.621	309.532	19.79	459.532	130.212	439.744	304.766	154.766	284.98	154.766
4.00	1377.31	4339.103	317.418	19.92	467.418	130.076	447.494	308.709	158.709	288.79	158.709
4.50	1424.68	4361.821	326.626	20.16	476.626	129.838	456.464	313.313	163.313	293.15	163.313
5.00	1477.19	4384.776	336.890	20.37	486.890	129.634	466.524	318.445	168.445	298.08	168.445
6.00	1511.28	4431.425	341.036	20.43	491.036	129.566	470.602	320.518	170.518	300.08	170.518
7.00	1559.42	4479.074	348.156	20.66	498.156	129.345	477.501	324.078	174.078	303.42	174.078
8.00	1564.93	4527.760	345.629	21.00	495.629	129.005	474.634	322.815	172.815	301.82	172.815
9.00	1595.33	4577.516	348.515	21.15	498.515	128.852	477.367	324.258	174.258	303.11	174.258
10.00	1607.70	4628.377	347.358	21.68	497.358	128.325	475.683	323.679	173.679	302.00	173.679
11.00	1609.28	4680.381	343.836	22.46	493.836	127.543	471.379	321.918	171.918	299.46	171.918
12.00	1609.89	4733.567	340.101	23.04	490.101	126.965	467.066	320.051	170.051	297.02	170.051
13.00	1612.36	4787.976	336.751	23.39	486.751	126.608	463.359	318.376	168.376	294.98	168.376
14.00	1617.13	4843.650	333.865	23.89	483.865	126.115	459.980	316.933	166.933	293.05	166.933
15.00	1620.30	4900.634	330.631	24.16	480.631	125.843	456.474	315.316	165.316	291.16	165.316
16.00	1633.66	4958.975	329.434	24.74	479.434	125.265	454.699	314.717	164.717	289.98	164.717
17.00	1637.24	5018.722	326.226	24.79	476.226	125.214	451.440	313.113	163.113	288.33	163.113
18.00	1647.79	5079.926	324.374	24.82	474.374	125.180	449.554	312.187	162.187	287.37	162.187
19.00	1648.66	5142.641	320.587	24.85	470.587	125.146	445.733	310.294	160.294	285.44	160.294
20.00	1650.40	5206.924	316.963	24.91	466.963	125.095	442.058	308.482	158.482	283.58	158.482

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

INFORME	Código	289 2025
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS ASTM D4767-11	Versión	01
	Fecha	SETIEMBRE - 2025
	Página	4 de 5

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"

Registro N°: 289 2025

Tesistas: : EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCIA EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS

Muestreado por : LABORATORISTA

Ubicación de Proyecto : CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN

Ensayado por : KEVIN SANCHEZ

Fecha inicio de Ensayo: 22/08/2025

Fecha fin de Ensayo: 06/09/2025

Material : INALTERADA
Calicata : C-03
N° de Muestra : M-1
Profundidad : 3.00 m

TALUD

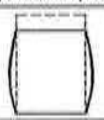
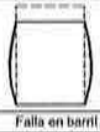
ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

Características generales:

Estado de la muestra:	*Muestra remoldeada*	
Velocidad:	*0.5*	*%/min*
Gravedad especifica (Gs):	*2.66*	

Descripción visual del suelo (D2488 ó D2487):
ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD (CL)

σ3= 50 kPa			σ3= 100 kPa			σ3= 150 kPa		
CONDICION	Inicial	Final	CONDICION	Inicial	Final	CONDICION	Inicial	Final
Altura (mm)	138.90	111.15	Altura (mm)	138.90	111.17	Altura (mm)	138.90	111.19
Diámetro (mm)	68.70	77.51	Diámetro (mm)	68.70	81.61	Diámetro (mm)	68.70	81.42
Humedad (%)	5.6	23.6	Humedad (%)	5.6	23.6	Humedad (%)	5.6	23.6
Densidad Húmeda (gr/cc)	1.727	2.037	Densidad Húmeda (gr/cc)	1.913	1.999	Densidad Húmeda (gr/cc)	1.903	1.997
Densidad Seca (gr/cc)	1.635	1.648	Densidad Seca (gr/cc)	1.812	1.617	Densidad Seca (gr/cc)	1.802	1.616
Relación de vacíos	0.63	0.61	Relación de vacíos	0.47	0.64	Relación de vacíos	0.48	0.65
Grado de saturación	23.8%	102.3%	Grado de saturación	31.8%	97.3%	Grado de saturación	31.3%	97.1%
Consolidación y Saturación			Consolidación y Saturación			Consolidación y Saturación		
Contrapresión (kPa)	125		Contrapresión (kPa)	178		Contrapresión (kPa)	235	
Parámetro B (%)	90		Parámetro B (%)	90		Parámetro B (%)	90	
Altura corregida (mm)	138.73		Altura corregida (mm)	138.85		Altura corregida (mm)	138.55	
Area corregida (mm2)	3774.61		Area corregida (mm2)	4185.05		Area corregida (mm2)	4165.54	

Deformación Unitaria E (%)	σ1-σ3 (kPa)	Presión de poros (kPa)	Deformación Unitaria E (%)	σ1-σ3 (kPa)	Presión de poros (kPa)	Deformación Unitaria E (%)	σ1-σ3 (kPa)	Presión de poros (kPa)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	22.63	0.15	0.05	32.78	0.50	0.05	47.75	0.85
0.10	27.86	0.23	0.10	40.00	0.75	0.10	58.26	1.28
0.25	44.99	0.34	0.25	65.64	1.12	0.25	95.63	1.90
0.35	58.41	0.68	0.35	85.04	2.25	0.35	123.89	3.83
0.50	68.24	1.60	0.50	98.69	5.34	0.50	144.07	9.08
0.75	82.95	1.94	0.75	120.48	6.45	0.75	175.51	10.97
1.00	92.15	2.18	1.00	133.72	7.25	1.00	194.80	12.33
1.25	102.10	2.49	1.25	147.92	8.31	1.25	215.48	14.13
1.50	112.59	2.84	1.50	162.92	9.45	1.50	237.34	16.07
1.75	120.69	3.04	1.75	176.96	10.12	1.75	260.71	17.20
2.00	124.23	3.17	2.00	180.51	10.55	2.00	262.96	17.94
2.50	135.40	3.27	2.50	196.20	10.91	2.50	285.82	18.55
3.00	140.12	3.45	3.00	202.46	11.50	3.00	294.97	19.55
3.50	146.58	3.49	3.50	212.47	11.64	3.50	309.53	19.79
4.00	150.89	3.52	4.00	217.89	11.72	4.00	317.42	19.92
4.50	155.02	3.56	4.50	224.21	11.86	4.50	326.63	20.16
5.00	159.40	3.59	5.00	231.25	11.98	5.00	336.80	20.37
6.00	163.99	3.61	6.00	234.10	12.02	6.00	341.04	20.43
7.00	165.11	3.65	7.00	238.99	12.15	7.00	348.16	20.66
8.00	164.36	3.71	8.00	237.25	12.35	8.00	345.63	21.00
9.00	164.89	3.73	9.00	239.23	12.44	9.00	348.52	21.15
10.00	164.32	3.83	10.00	238.44	12.75	10.00	347.36	21.68
11.00	162.61	3.96	11.00	236.02	13.21	11.00	343.84	22.46
12.00	161.75	4.07	12.00	233.46	13.55	12.00	340.10	23.04
13.00	159.07	4.13	13.00	231.16	13.76	13.00	336.75	23.39
14.00	157.49	4.22	14.00	229.18	14.05	14.00	333.87	23.89
15.00	156.57	4.26	15.00	226.96	14.21	15.00	330.63	24.16
16.00	155.53	4.37	16.00	226.14	14.55	16.00	329.43	24.74
17.00	154.39	4.37	17.00	223.93	14.58	17.00	326.23	24.79
18.00	153.37	4.38	18.00	222.66	14.60	18.00	324.37	24.82
19.00	151.55	4.39	19.00	220.06	14.62	19.00	320.59	24.85
20.00	149.94	4.40	20.00	217.58	14.65	20.00	316.96	24.91
Vista del especimen después del ensayo			Vista del especimen después del ensayo			Vista del especimen después del ensayo		
Tipo de falla			Tipo de falla			Tipo de falla		
Falla en barril			Falla en barril			Falla en barril		

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

.....
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

.....
TÉCNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71665051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

.....
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

	INFORME	Código	289 2025
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS ASTM D4767-11	Versión	01
		Fecha	SETIEMBRE - 2025
		Página	5 de 5

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"

Registro N°: 289 2025

Tesistas: : EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA EST. LUIS BRAND

Muestreado por : LABORATORISTA

Ubicación de Proyecto : CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN

Ensayado por : KEVIN SANCHEZ

Fecha inicio de Ensayo: 22/08/2025

Fecha fin de Ensayo: 06/09/2025

Material : INALTERADA
Calicata : C-03
N° de Muestra : M-1
Profundidad : 3.00 m

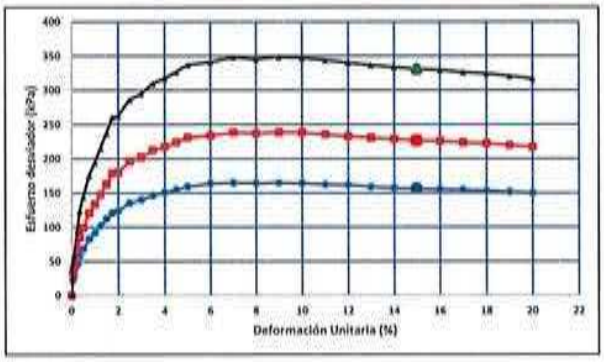
TALUD

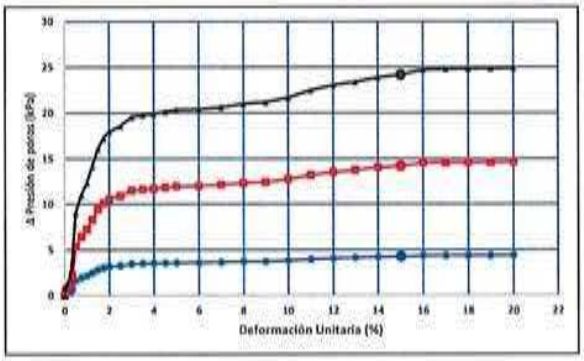
ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO - NO DRENADO (CU)

PARÁMETROS DE ESFUERZOS TOTALES Y EFECTIVOS

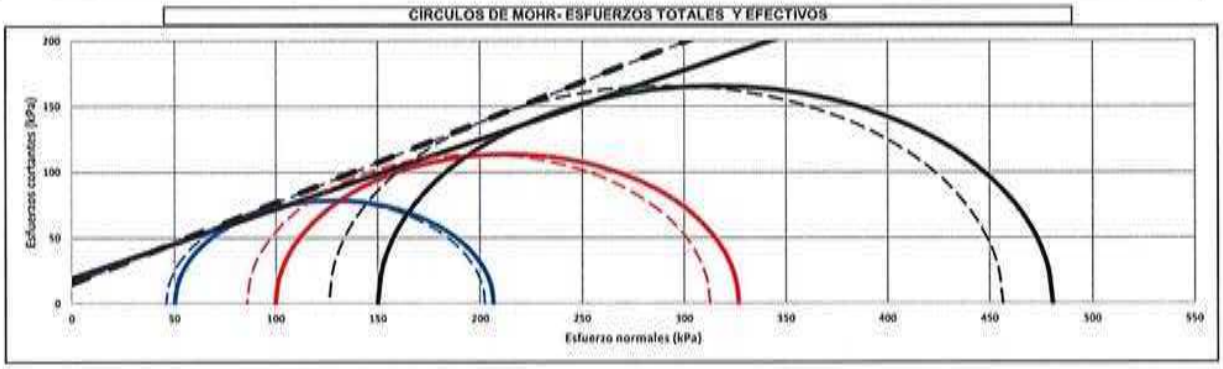
		Especimen 1	Especimen 2	Especimen 3
Esfuerzo de confinamiento (σ3')	kPa	50	100	150
Esfuerzo desviador (Δσ)	kPa	156.6	227.0	330.6
Presión de poros (Δμ)	kPa	4.3	14.2	24.2
Esfuerzo principal (σ1)	kPa	206.6	327.0	480.6
Estado de falla	-	%Deformacion	%Deformacion	%Deformacion
Deformación unitaria a la falla	(%)	15.0	15.0	15.0

GRÁFICA ESFUERZO DESVIADOR Y VARIACIÓN DE PRESIÓN DE POROS





CIRCULOS DE MOHR- ESFUERZOS TOTALES Y EFECTIVOS



PARÁMETROS RESISTENTES AL ESFUERZO CORTANTE

Parámetros en términos totales:

Cohesión	0.065	Kg/cm2
Ángulo de fricción	22.30	°

Parámetros en términos efectivos:

Cohesión	0.071	Kg/cm2
Ángulo de fricción	21.00	°

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

ANEXO IV

ANALISIS QUIMICO DE LOS SUELOS

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados – LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR - GRUPO PHURA

		GRUPO PHURA LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	SECTOR	LABORATORIO
		FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD	CODIGO:	289 2025
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL	
TESIS :	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025		JEFE DE CALIDAD :	ING. JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
UBICACIÓN :	CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN		TECNICO DE LAB:	TEC. KEVIN SANCHEZ
TESISTAS:	EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA BST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS		ENCARGADO DE LAB:	HAROLD CORDOVA HUAMURO

ANALISIS QUIMICO DE MUESTRAS DE SUELO
pH, SULFATOS Y CLORUROS.

DESCRIPCION	EXPLORACION	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	pH	SULFATOS (SO4) EN EL AGUA (ppm)	Cl^{-1} (ppm)
TALUD	C-01	M - 1	0.20 - 3.00	7.18	69.70	93.64
	C-02	M - 1	0.20 - 3.00	7.09	73.64	92.68
	C-03	M - 1	0.20 - 3.00	7.26	70.19	93.02
OBSERVACIONES:	AGRESIVIDAD BAJA AL CONCRETO, POR EXPOSICIÓN DE SULFATOS, CLORUROS Y SALES SOLUBLES TOTALES.					

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

ANEXO V

PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados – LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR - GRUPO PHURA

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PA"	Código	289 - 2025
	Versión	2
REGISTRO ESTRATIGRÁFICO (SONDAJES)	Fecha	SETIEMBRE - 2025

Tesis: ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025

Informe N°: 288

Tesistas: : EST. ROJIN OMAR CHINCHAY GARCÍA
EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS

Jefe de Calidad : ING. JENNER RAMOS
Ensayado por : KEVIN SANCHEZ COLLANTES

Ubicación de Proyecto : CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN

Fecha de Muestreo: -

Material : TERRENO NATURAL

Turno: DIURNO

Código de Estudio : 289 - 2025

Profundidad Total: 3.00 m

Calicata/Sondaje : : C-01

Norte: .....

N° de Muestras : M-1

Este: .....

REGISTRO

PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	W (%)	LIMITES LL (%)	LIMITES IP (%)
0.00 – 0.20		Relleno compuesto por material organico, conchuelas, arena y material cementicio	---	---	---	---	---
0.20 – 3.00		Se identificó un suelo clasificado como arena arcillosa (SC), constituido por arenas medias a finas con una matriz arcillosa que le proporciona cierta cohesión. El material presenta plasticidad baja a media, con una consistencia firme, y color marrón rojizo.	M-01	SC	12.15	20.01	12.2
3.20 – 5.60							

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71665051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR"	Código	289 - 2025
	Versión	2
REGISTRO ESTRATIGRÁFICO (SONDAJES)	Fecha	SETIEMBRE - 2025

Tesis: ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025

Informe N°: 288

Tesistas: : EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA
EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS

Jefe de Calidad : ING. JENNER RAMOS
Ensayado por : KEVIN SANCHEZ COLLANTES

Ubicación de Proyecto : CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN

Fecha de Muestreo: -

Material : TERRENO NATURAL

Turno: DIURNO

Código de Estudio : 289 - 2025

Profundidad Total: 3.00 m

Calicata/Sondaje : : C-02

Norte: .....

N° de Muestras : M-1

Este: .....

REGISTRO

PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	W (%)	LIMITES LL (%)	LIMITES IP (%)
0.00 – 0.40		Relleno compuesto por material organico, conchuelas, arena y material cementicio	...	...	...	...	
0.40 – 3.00		Presenta un suelo clasificado como arena limosa (SM), compuesto por arena fina a media con contenido apreciable de limos. El material es poco cohesivo, con compactación suelta a media, y color marrón claro.	M-01	SM	12.08	22.69	3.2
3.00 – 5.60							

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

.....

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

.....

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71665051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

.....

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

"LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR"	Código	289 - 2025
	Versión	2
REGISTRO ESTRATIGRÁFICO (SONDAJES)	Fecha	SETIEMBRE - 2025

Tesis: ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROFILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025

Informe N°: 288

Tesistas: : EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA
EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS

Jefe de Calidad : ING. JENNER RAMOS
Ensayado por : KEVIN SANCHEZ COLLANTES

Ubicación de Proyecto : CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN

Fecha de Muestreo: -

Material : TERRENO NATURAL

Turno: DIURNO

Código de Estudio : 289 - 2025

Profundidad Total: 3.00 m

Calicata/Sondaje : : C-03

Norte: .....

N° de Muestras : M-1

Este: .....

REGISTRO

PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS	W (%)	LIMITES LL (%)	LIMITES IP (%)
0.00 – 0.40		Relleno compuesto por material organico, conchuelas, arena y material cementicio	---	---	---	---	---
0.60 – 3.00		Constituido predominantemente por un suelo arcilloso inorgánico (CL), de textura fina y estructura masiva. El material presenta plasticidad media, con consistencia firme a blanda, variando según el contenido de humedad. El color observado es marrón a marrón oscuro.	M-01	CL	12.72	29.15	13
3.20 – 5.60							

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

.....

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

.....

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

.....

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

ANEXO VI

FACTOR DE ESPONJAMIENTO

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71665051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados – LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR - GRUPO PHURA

		LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA PR	SECTOR :	LABORATORIO
		FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD	CODIGO:	289 - 2025
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL	
TESIS:	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025		JEFE DE CALIDAD :	ING. JENNER RAMOS DIAZ
UBICACIÓN :	CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN		TEC. LAB :	KEVIN SANCHEZ COLLANTES
TESISTAS:	EST. EDUIN OMAR CHINCHAY GARCÍA EST. LUIS BRANDY SALDAÑA VILLEGAS		ENCARGADO DE LAB.:	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURÓ

FACTOR DE ESPONJAMIENTO SEGÚN NTP

DESCRIPCION	N° EXPLORACION	SUCS	ENSAYO	FE
TALUD	C-01	SC	TRIAXIAL	1.13
	C-02	SM	TRIAXIAL	1.12
	C-03	CL	TRIAXIAL	1.08

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

ANEXO VII

MÓDULO DE BALASTO

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados – LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR - GRUPO PHURA

MODULO DE BALASTO

CALICATA N°1

Fecha : SETIEMBRE - 2025

$$K_s = -0.004 \cdot q^6 + 0.0665\ q^5 - 0.4385 \cdot q^4 + 1.4519 \cdot q^3 - 2.4274 \cdot q^2 + 3.6965 \cdot q - 0.1341$$

q= presión neta aplicada sobre la cimentacion

ZAPATA CUADRADA						
TIPO DE ESTRUCTURA	MUESTRA	SUELO SOPORTE	Df (m)	B (m)	Q (Kg/cm²)	Ks (Kg/cm³)
TALUD		SC	0.80	1.00	0.98	2.17
TALUD		SC	0.80	1.50	0.97	2.15
TALUD		SC	0.80	2.00	0.97	2.16
TALUD		SC	0.80	2.50	0.99	2.19
TALUD		SC	0.80	3.00	1.00	2.21
TALUD		SC	0.80	3.50	1.02	2.24
TALUD		SC	1.00	1.00	1.12	2.42
TALUD		SC	1.00	1.50	1.11	2.39
TALUD		SC	1.00	2.00	1.11	2.40
TALUD		SC	1.00	2.50	1.12	2.42
TALUD		SC	1.00	3.00	1.13	2.44
TALUD		SC	1.00	3.50	1.15	2.47
TALUD		SC	1.20	1.00	1.09	2.36
TALUD		SC	1.20	1.50	1.24	2.63
TALUD		SC	1.20	2.00	1.24	2.64
TALUD		SC	1.20	2.50	1.25	2.65
TALUD		SC	1.20	3.00	1.27	2.67
TALUD		SC	1.20	3.50	1.28	2.70
TALUD		SC	1.40	1.00	1.21	2.57
TALUD		SC	1.40	1.50	1.38	2.87
TALUD		SC	1.40	2.00	1.38	2.87
TALUD		SC	1.40	2.50	1.39	2.88
TALUD		SC	1.40	3.00	1.40	2.91
TALUD		SC	1.40	3.50	1.41	2.93
TALUD		SC	1.60	1.00	1.30	2.73
TALUD		SC	1.60	1.50	1.34	2.80
TALUD		SC	1.60	2.00	1.37	2.87
TALUD		SC	1.60	2.50	1.41	2.93
TALUD		SC	1.60	3.00	1.44	2.99
TALUD		SC	1.60	3.50	1.48	3.04
TALUD		SC	1.80	1.00	1.40	2.91
TALUD		SC	1.80	1.50	1.44	2.98
TALUD		SC	1.80	2.00	1.48	3.05
TALUD		SC	1.80	2.50	1.51	3.11
TALUD		SC	1.80	3.00	1.55	3.17
TALUD		SC	1.80	3.50	1.58	3.23
TALUD		SC	2.00	1.00	1.50	3.09
TALUD		SC	2.00	1.50	1.54	3.16
TALUD		SC	2.00	2.00	1.58	3.23
TALUD		SC	2.00	2.50	1.62	3.30
TALUD		SC	2.00	3.00	1.65	3.36
TALUD		SC	2.00	3.50	1.68	3.43
TALUD	M1	SC	2.20	1.00	1.60	3.27
TALUD		SC	2.20	1.50	1.64	3.34
TALUD		SC	2.20	2.00	1.68	3.42
TALUD		SC	2.20	2.50	1.72	3.49
TALUD		SC	2.20	3.00	1.76	3.56
TALUD		SC	2.20	3.50	1.79	3.62
TALUD		SC	2.40	1.00	1.70	3.45
TALUD		SC	2.40	1.50	1.74	3.53
TALUD		SC	2.40	2.00	1.78	3.61
TALUD		SC	2.40	2.50	1.82	3.68
TALUD		SC	2.40	3.00	1.86	3.75
TALUD		SC	2.40	3.50	1.89	3.82
TALUD		SC	2.60	1.00	1.80	3.64
TALUD		SC	2.60	1.50	1.84	3.72
TALUD		SC	2.60	2.00	1.89	3.80
TALUD		SC	2.60	2.50	1.93	3.88
TALUD		SC	2.60	3.00	1.96	3.95
TALUD		SC	2.60	3.50	2.00	4.02
TALUD		SC	2.80	1.00	1.90	3.82
TALUD		SC	2.80	1.50	1.94	3.91
TALUD		SC	2.80	2.00	1.99	4.00
TALUD		SC	2.80	2.50	2.03	4.08
TALUD		SC	2.80	3.00	2.07	4.15
TALUD		SC	2.80	3.50	2.10	4.22
TALUD		SC	3.00	1.00	2.00	4.02
TALUD		SC	3.00	1.50	2.05	4.11
TALUD		SC	3.00	2.00	2.09	4.20
TALUD		SC	3.00	2.50	2.13	4.28
TALUD		SC	3.00	3.00	2.17	4.35
TALUD		SC	3.00	3.50	2.21	4.43

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TÉCNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

MODULO DE BALASTO

CALICATA N°2

Fecha : SETIEMBRE - 2025

$$K_s = -0.004 \cdot q^6 + 0.0665\ q^5 - 0.4385 \cdot q^4 + 1.4519 \cdot q^3 - 2.4274 \cdot q^2 + 3.6965 \cdot q - 0.1341$$

q= presión neta aplicada sobre la cimentacion

ZAPATA CUADRADA						
TIPO DE ESTRUCTURA	MUESTRA	SUELO SOPORTE	Df (m)	B (m)	Q (Kg/cm²)	Ks (Kg/cm³)
TALUD		SM	0.80	1.00	0.97	2.15
TALUD		SM	0.80	1.50	0.99	2.19
TALUD		SM	0.80	2.00	1.02	2.24
TALUD		SM	0.80	2.50	1.04	2.29
TALUD		SM	0.80	3.00	1.08	2.34
TALUD		SM	0.80	3.50	1.11	2.40
TALUD		SM	1.00	1.00	1.14	2.45
TALUD		SM	1.00	1.50	1.16	2.49
TALUD		SM	1.00	2.00	1.19	2.54
TALUD		SM	1.00	2.50	1.22	2.59
TALUD		SM	1.00	3.00	1.25	2.64
TALUD		SM	1.00	3.50	1.28	2.70
TALUD		SM	1.20	1.00	1.08	2.35
TALUD		SM	1.20	1.50	1.33	2.78
TALUD		SM	1.20	2.00	1.36	2.83
TALUD		SM	1.20	2.50	1.39	2.89
TALUD		SM	1.20	3.00	1.42	2.94
TALUD		SM	1.20	3.50	1.45	3.00
TALUD		SM	1.40	1.00	1.23	2.61
TALUD		SM	1.40	1.50	1.50	3.08
TALUD		SM	1.40	2.00	1.52	3.13
TALUD		SM	1.40	2.50	1.55	3.19
TALUD		SM	1.40	3.00	1.59	3.24
TALUD		SM	1.40	3.50	1.62	3.30
TALUD		SM	1.60	1.00	1.35	2.83
TALUD		SM	1.60	1.50	1.40	2.92
TALUD		SM	1.60	2.00	1.45	3.01
TALUD		SM	1.60	2.50	1.50	3.09
TALUD		SM	1.60	3.00	1.54	3.17
TALUD		SM	1.60	3.50	1.59	3.25
TALUD		SM	1.80	1.00	1.48	3.06
TALUD		SM	1.80	1.50	1.54	3.15
TALUD		SM	1.80	2.00	1.59	3.25
TALUD		SM	1.80	2.50	1.63	3.33
TALUD		SM	1.80	3.00	1.68	3.42
TALUD		SM	1.80	3.50	1.72	3.50
TALUD		SM	2.00	1.00	1.61	3.29
TALUD		SM	2.00	1.50	1.67	3.39
TALUD		SM	2.00	2.00	1.72	3.49
TALUD		SM	2.00	2.50	1.77	3.58
TALUD		SM	2.00	3.00	1.82	3.67
TALUD		SM	2.00	3.50	1.86	3.75
TALUD	M1	SM	2.20	1.00	1.74	3.53
TALUD		SM	2.20	1.50	1.80	3.64
TALUD		SM	2.20	2.00	1.85	3.74
TALUD		SM	2.20	2.50	1.90	3.83
TALUD		SM	2.20	3.00	1.95	3.93
TALUD		SM	2.20	3.50	2.00	4.02
TALUD		SM	2.40	1.00	1.87	3.78
TALUD		SM	2.40	1.50	1.93	3.89
TALUD		SM	2.40	2.00	1.99	3.99
TALUD		SM	2.40	2.50	2.04	4.09
TALUD		SM	2.40	3.00	2.09	4.19
TALUD		SM	2.40	3.50	2.13	4.28
TALUD		SM	2.60	1.00	2.00	4.02
TALUD		SM	2.60	1.50	2.06	4.14
TALUD		SM	2.60	2.00	2.12	4.25
TALUD		SM	2.60	2.50	2.17	4.36
TALUD		SM	2.60	3.00	2.22	4.45
TALUD		SM	2.60	3.50	2.27	4.55
TALUD		SM	2.80	1.00	2.13	4.28
TALUD		SM	2.80	1.50	2.19	4.40
TALUD		SM	2.80	2.00	2.25	4.51
TALUD		SM	2.80	2.50	2.31	4.62
TALUD		SM	2.80	3.00	2.36	4.72
TALUD		SM	2.80	3.50	2.41	4.82
TALUD		SM	3.00	1.00	2.26	4.53
TALUD		SM	3.00	1.50	2.32	4.66
TALUD		SM	3.00	2.00	2.38	4.78
TALUD		SM	3.00	2.50	2.44	4.89
TALUD		SM	3.00	3.00	2.49	5.00
TALUD		SM	3.00	3.50	2.54	5.10

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

MODULO DE BALASTO

CALICATA N°3

Fecha : SETIEMBRE - 2025

$$K_s = -0.004 \cdot q^6 + 0.0665\ q^5 - 0.4385 \cdot q^4 + 1.4519 \cdot q^3 - 2.4274 \cdot q^2 + 3.6965 \cdot q - 0.1341$$

q= presión neta aplicada sobre la cimentacion

ZAPATA CUADRADA						
TIPO DE ESTRUCTURA	MUESTRA	SUELO SOPORTE	Df (m)	B (m)	Q (Kg/cm²)	Ks (Kg/cm³)
TALUD		CL	0.80	1.00	0.66	1.59
TALUD		CL	0.80	1.50	0.65	1.57
TALUD		CL	0.80	2.00	0.65	1.57
TALUD		CL	0.80	2.50	0.66	1.58
TALUD		CL	0.80	3.00	0.66	1.60
TALUD		CL	0.80	3.50	0.67	1.62
TALUD		CL	1.00	1.00	0.76	1.78
TALUD		CL	1.00	1.50	0.74	1.75
TALUD		CL	1.00	2.00	0.74	1.75
TALUD		CL	1.00	2.50	0.75	1.76
TALUD		CL	1.00	3.00	0.75	1.77
TALUD		CL	1.00	3.50	0.76	1.79
TALUD		CL	1.20	1.00	0.75	1.77
TALUD		CL	1.20	1.50	0.84	1.92
TALUD		CL	1.20	2.00	0.84	1.92
TALUD		CL	1.20	2.50	0.84	1.92
TALUD		CL	1.20	3.00	0.84	1.94
TALUD		CL	1.20	3.50	0.85	1.95
TALUD		CL	1.40	1.00	0.84	1.93
TALUD		CL	1.40	1.50	0.93	2.09
TALUD		CL	1.40	2.00	0.93	2.08
TALUD		CL	1.40	2.50	0.93	2.09
TALUD		CL	1.40	3.00	0.93	2.10
TALUD		CL	1.40	3.50	0.94	2.11
TALUD		CL	1.60	1.00	0.90	2.04
TALUD		CL	1.60	1.50	0.92	2.08
TALUD		CL	1.60	2.00	0.95	2.11
TALUD		CL	1.60	2.50	0.97	2.15
TALUD		CL	1.60	3.00	0.99	2.19
TALUD		CL	1.60	3.50	1.01	2.22
TALUD		CL	1.80	1.00	0.97	2.16
TALUD		CL	1.80	1.50	1.00	2.20
TALUD		CL	1.80	2.00	1.02	2.24
TALUD		CL	1.80	2.50	1.04	2.28
TALUD		CL	1.80	3.00	1.06	2.32
TALUD		CL	1.80	3.50	1.08	2.35
TALUD		CL	2.00	1.00	1.04	2.29
TALUD		CL	2.00	1.50	1.07	2.33
TALUD		CL	2.00	2.00	1.09	2.37
TALUD		CL	2.00	2.50	1.11	2.41
TALUD		CL	2.00	3.00	1.13	2.44
TALUD		CL	2.00	3.50	1.15	2.48
TALUD	M1	CL	2.20	1.00	1.11	2.41
TALUD		CL	2.20	1.50	1.14	2.45
TALUD		CL	2.20	2.00	1.16	2.50
TALUD		CL	2.20	2.50	1.19	2.53
TALUD		CL	2.20	3.00	1.21	2.57
TALUD		CL	2.20	3.50	1.23	2.61
TALUD		CL	2.40	1.00	1.19	2.53
TALUD		CL	2.40	1.50	1.21	2.58
TALUD		CL	2.40	2.00	1.24	2.62
TALUD		CL	2.40	2.50	1.26	2.66
TALUD		CL	2.40	3.00	1.28	2.70
TALUD		CL	2.40	3.50	1.30	2.74
TALUD		CL	2.60	1.00	1.26	2.66
TALUD		CL	2.60	1.50	1.28	2.70
TALUD		CL	2.60	2.00	1.31	2.75
TALUD		CL	2.60	2.50	1.33	2.79
TALUD		CL	2.60	3.00	1.35	2.83
TALUD		CL	2.60	3.50	1.38	2.87
TALUD		CL	2.80	1.00	1.33	2.78
TALUD		CL	2.80	1.50	1.36	2.83
TALUD		CL	2.80	2.00	1.38	2.88
TALUD		CL	2.80	2.50	1.41	2.92
TALUD		CL	2.80	3.00	1.43	2.96
TALUD		CL	2.80	3.50	1.45	3.00
TALUD		CL	3.00	1.00	1.40	2.91
TALUD		CL	3.00	1.50	1.43	2.96
TALUD		CL	3.00	2.00	1.45	3.01
TALUD		CL	3.00	2.50	1.48	3.05
TALUD		CL	3.00	3.00	1.50	3.09
TALUD		CL	3.00	3.50	1.52	3.13

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHURA

HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

ANEXO VIII

PLANO DE UBICACION DE CALICATAS

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
.....
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
.....
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
.....
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados – LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR - GRUPO PHURA

UBICACIÓN DEL PROYECTO



DEPARTAMENTO CAJAMARCA



MAPA POLITICO DEL PERÚ



PROVINCIA JAÉN



LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHORA
MARCELO JAVIER CÓRDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164068



CAL - 01



CAL - 02



CAL - 03

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHORA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
GRUPO PHORA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

CUADRO DE COORDENADAS UTM WGS84			
CALICATA	COTA	ESTE (X)	NORTE (Y)
CAL. 01	1443	735168.842	9386664.217
CAL. 02	1465	735207.384	9386637.173
CAL. 03	1575	734604.201	9386339.143

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

PROYECTO DE TESIS: "ESTABILIZACIÓN MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025"

PLANO: UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

UBICACIÓN:
LOCALIDAD : SAN LORENZO
DISTRITO : BELLAVISTA
PROVINCIA : JAÉN
REGIÓN : CAJAMARCA
FECHA: Octubre 2025

AUTORES: Bach. Edwin Omar Chinchay Garcia; Egres. Luis Brandy Saldaña Villegas
ASESOR: Dr. José Luis Flores Tinoco
MIEMBROS DEL JURADO: Dra. Zoilda Vanny Garcia Carrasco; Dr. Cristobal Oscar Huaco Flores; Mg. Carlos Alberto Núñez Rivas

LÁMINA: PUL-01

ANEXO IX

PANEL FOTOGRÁFICO

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

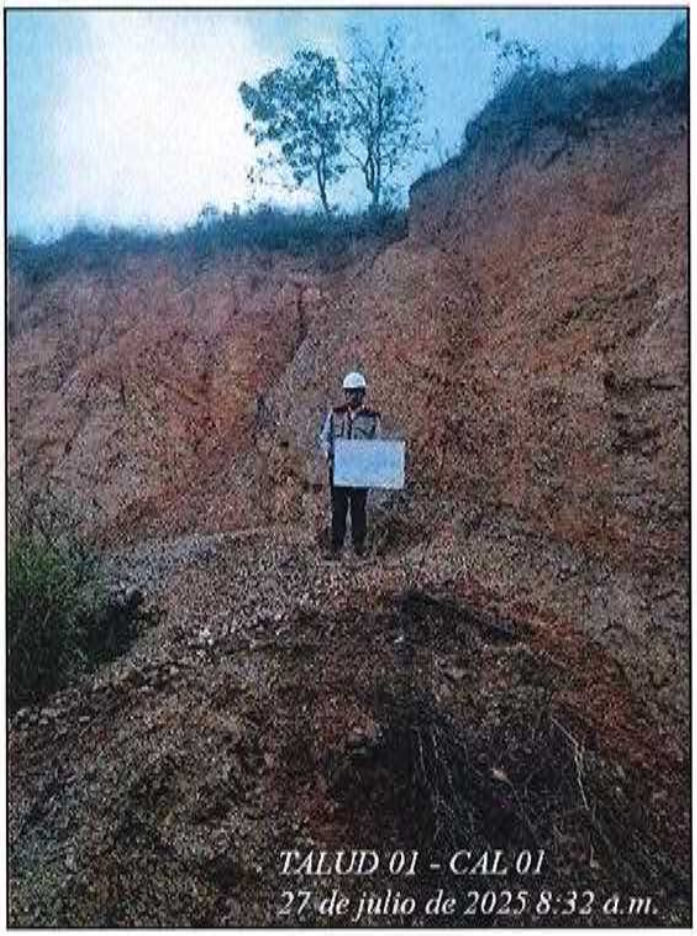
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71865051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados – LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR - GRUPO PHURA

IMAGEN N°01.



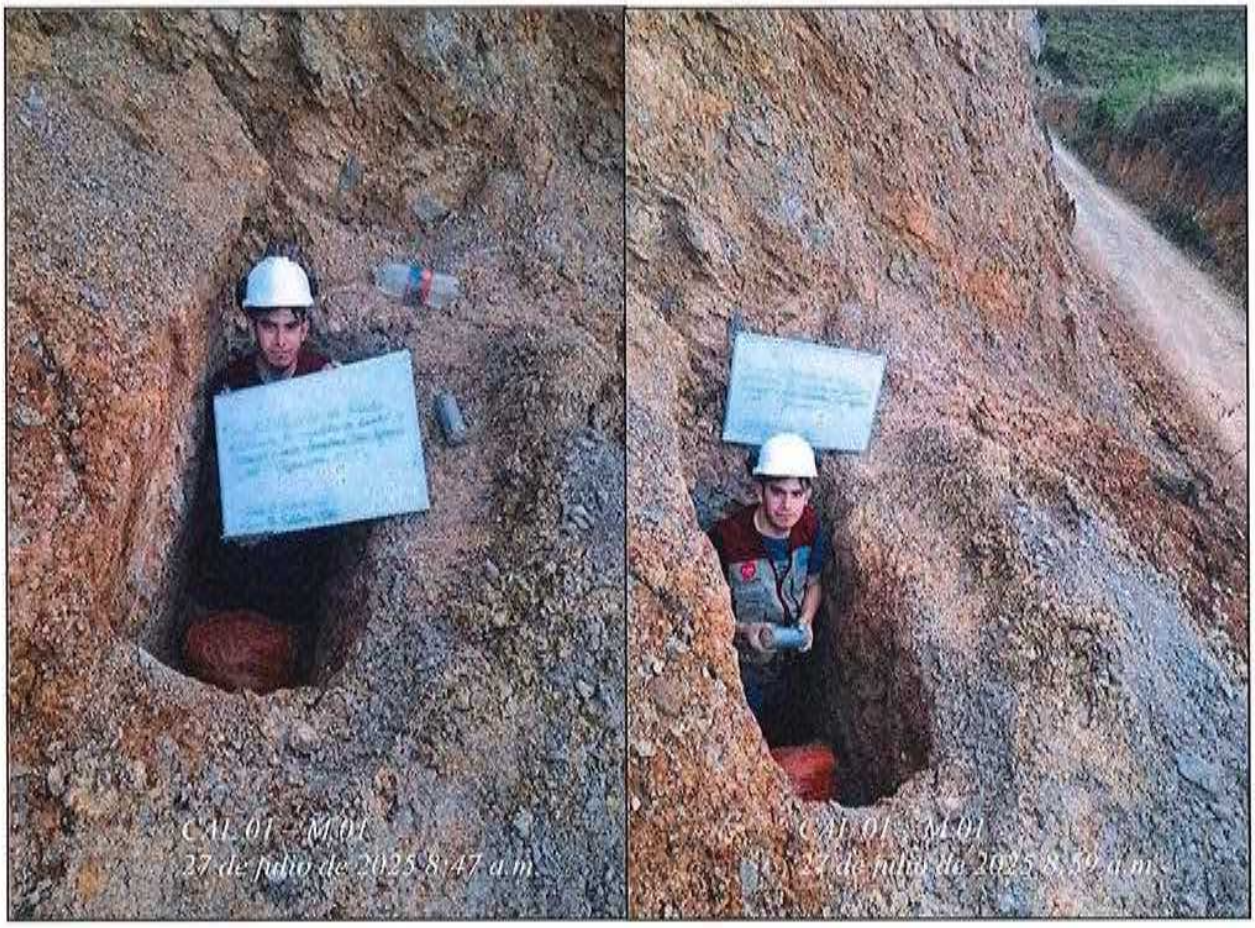
CALICATA N°01: EJECUTADA A UNA PROFUNDIDAD DE 3.00 M, UBICADA EN EL ÁREA DONDE SE VA A REALIZAR EL PROYECTO DE TESIS DENOMINADO: "**ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025**"

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71865051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados – LABORATORIO DE SUELOS

IMAGEN N°02.



CALICATA N°01 TOMA DE MUESTRAS ALTERADAS E INALTERADAS EN CAMPO PARA SER LLEVADAS AL LABORATORIO.

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71665051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados - LABORATORIO DE SUELOS

IMAGEN N°03.



ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MUESTRAS DE LA CALICATA N°01, DONDE SE ENCONTRÓ UN SUELO CLASIFICADO COMO ARENA ARCILLOSA (SC).

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71865051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados - LABORATORIO DE SUELOS

IMAGEN N°04.



CALICATA N°02: EJECUTADA A UNA PROFUNDIDAD DE 3.00 M, UBICADA EN EL ÁREA DONDE SE VA A REALIZAR EL PROYECTO DE TESIS DENOMINADO: "**ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025**"

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71665051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados – LABORATORIO DE SUELOS

IMAGEN N°05.



CALICATA N°02 TOMA DE MUESTRAS ALTERADAS E INALTERADAS EN CAMPO PARA SER LLEVADAS AL LABORATORIO.

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71865051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados - LABORATORIO DE SUELOS

IMAGEN N°06.



ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MUESTRAS DE LA CALICATA N°02, DONDE SE ENCONTRÓ UN SUELO CLASIFICADO COMO ARENA LIMOSA (SM).

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71865051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados - LABORATORIO DE SUELOS

IMAGEN N°07.



CALICATA N°03: EJECUTADA A UNA PROFUNDIDAD DE 3.00 M, UBICADA EN EL ÁREA DONDE SE VA A REALIZAR EL PROYECTO DE TESIS DENOMINADO: "**ESTABILIZACIÓN DE TALUDES MEDIANTE MICROPILOTES DE BAMBÚ Y GEOMALLA EN LA CARRETERA SAN LORENZO – JAÉN – CAJAMARCA, 2025**"

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71865051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados – LABORATORIO DE SUELOS

IMAGEN N°08.



CALICATA N°03 TOMA DE MUESTRAS ALTERADAS E INALTERADAS EN CAMPO PARA SER LLEVADAS AL LABORATORIO.

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71865051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados – LABORATORIO DE SUELOS

IMAGEN N°09.



ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MUESTRAS DE LA CALICATA N°03, DONDE SE ENCONTRÓ UN SUELO CLASIFICADO COMO ARCILLA INORGANICA DE MEDIANA PLASTICIDAD (CL).

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ INGENIERO CIVIL	TECNICO DE LABORATORIO KEVIN SANCHEZ COLLANTES DNI: 71865051	HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO RESPONSABLE DE LABORATORIO DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados - LABORATORIO DE SUELOS

ANEXO X

• CERTIFICADOS Y RESOLUCIÓN DE INDECOPI
• CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE QUIPOS

Laboratorio de suelos y Pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
TECNICO DE LABORATORIO
KEVIN SANCHEZ COLLANTES
DNI: 71065051

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA
HAROLD JAVIER CORDOVA HUAMURO
RESPONSABLE DE LABORATORIO
DNI: 60164060

Prohibida Su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados – LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PR - GRUPO PHURA

PERÚ | Presidencia del Consejo de Ministros | INDECOPI

Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00126358

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución Nº 022776-2020/DSD - INDECOPI de fecha 27 de noviembre de 2020, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo	:	La denominación LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA PR y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo
Distingue	:	servicios de estudio de mecánica de suelos, estudio de pavimentos, estudios de geología y geotecnia, estudio de análisis de agua, estudio de canteras, diseño de mesclas de concreto y asfalto, control de calidad en obra y laboratorio, proyectos de ingeniería
Clase	:	42 de la Clasificación Internacional.
Solicitud	:	0863482-2020
Titular	:	GRUPO PHURA S.R.L.
País	:	Perú
Vigencia	:	27 de noviembre de 2030
Tomo	:	0632
Folio	:	172

Director
Dirección de Signos Distintivos
INDECOPI

GRUPO PHURA
Laboratorio de suelos y Pavimentos

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Indecopi, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013- PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web.

https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador *Id Documento.60mzo2a2bz*

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL
Calle De la Prosa 104, San Borja, Lima 41 - Perú, Telf: 224-7800, Web: www.indecopi.gob.pe

DIRECCIÓN DE SIGNOS DISTINTIVOS

RESOLUCIÓN Nº 022776-2020/DSD-INDECOPI

EXPEDIENTE: 863482-2020
SOLICITANTE: GRUPO PHURA S.R.L.
Lima, 27 de noviembre de 2020

1. ANTECEDENTES:

Con fecha 22 de septiembre de 2020, GRUPO PHURA S.R.L., de Perú, solicita el registro de marca de servicio constituida por la denominación LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA PR y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo, para distinguir servicios de la Clase 42 de la Clasificación Internacional.

2. EXAMEN DE REGISTRABILIDAD:

Realizado el examen de registrabilidad del signo solicitado con relación a los servicios que pretende distinguir, y habiendo tenido a la vista la totalidad de antecedentes fonéticos y figurativos en la clase solicitada, se concluye que cumple con los requisitos previstos en el artículo 134 de la Decisión 486, Régimen Común sobre Propiedad Industrial, y no se encuentra comprendido en las prohibiciones señaladas en los artículos 135 y 136 del dispositivo legal referido.

La presente Resolución se emite en aplicación de las normas legales antes mencionadas y en uso de las facultades conferidas por los artículos 36, 40 y 41 de la Ley de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI sancionada por Decreto Legislativo Nº 1033, concordante con el artículo 4.2 del Decreto Legislativo Nº 1075, de acuerdo a las modificaciones introducidas al mismo por los Decretos Legislativos N°s 1309 y 1397.

3. DECISIÓN DE LA DIRECCIÓN DE SIGNOS DISTINTIVOS:

INSCRIBIR en el Registro de Marcas de servicio de la Propiedad Industrial, a favor de GRUPO PHURA S.R.L., de Perú, la marca de servicio constituida por la denominación LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS GRUPO PHURA PR y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo que se consignará en el certificado correspondiente; para distinguir servicios de estudio de mecanica de suelos, estudio de pavimentos, estudios de geologia y geotecnia, estudio de analisis de agua, estudio de canteras, diseño de mesclas de concreto y asfalto, control de calidad en obra y laboratorio, proyectos de ingenieria, de la Clase 42 de la Clasificación Internacional.

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Indecopi, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013- PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web.

https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador *Id Documento: j2122s0dt8*

El presente registro queda bajo el amparo de ley por el plazo de diez años, contado a partir de la fecha de la presente Resolución.

Regístrese y Comuníquese

ALEXANDER MARTIN OSORIO ROMERO
DIRECCIÓN DE SIGNOS DISTINTIVOS
INDECOPI

Certificado

INACAL
Instituto Nacional de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

CALIBRATEC S.A.C.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Av. Chillón Lote 50 B Urb. Chacracerro, distrito de Comas, provincia de Lima y departamento de Lima.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-22F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 26 de mayo de 2023
Fecha de Vencimiento: 25 de mayo de 2026

Firmado digitalmente por AGUILAR RODRIGUEZ Lidia Patricia FAU 20600283015 soft
Fecha: 2023-06-21 17:08:44
Motivo: Soy el Autor del Documento

PATRICIA AGUILAR RODRÍGUEZ
Directora (d.t.), Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 159-2023-INACAL/DA
Contrato N°: : 029-2023/INACAL-OA
Registro N° : LC - 071

Fecha de emisión: 19 de junio de 2023

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver. 03

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LF - 068 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

1. Expediente	0309 - 2025
2. Solicitante	**GRUPO PHURA S.R.L.**
3. Dirección	PJ. SANTA CECILIA NRO. 181 URB. SANTA CECILIA 3ER PISO AMAZONAS - CHACHAPOYAS - CHACHAPOYAS
4. Equipo	**PRENSA MULTIENSAYOS - TRIAXIAL**
Capacidad	5000 N
Marca	LIYA
Modelo	LT-E0450
Número de Serie	22/00491
Procedencia	TURQUIA
Identificación	NO INDICA
Indicación	DIGITAL
Marca	LIYA
Modelo	LT-E0450
Número de Serie	22/00491
Resolución	0.1 N
Ubicación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2025 – 03 – 15

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).

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.

PERUTEST 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.

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2024 – 03 – 15	JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA	PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LF - 068 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

6. Método de Calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edicion 01 de INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Fuerza de PERUTEST S.A.C.
Avenida Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.6 °C	20.6 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de calibración
KOSSOMET	CELDA DE CARGA DE 500 kg MARCA: KELI	KS22A-0087
METROIL - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-001	THERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO MODELO: HTC-8	1AT-1704-2022

PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de ± 2,0 °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LF - 068 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_i (N)	F_1 (N)	F_2 (N)	F_3 (N)	$F_{promedio}$ (N)
10	500	501	502	501	501
20	1000	1002	1002	1002	1002
30	1500	1503	1503	1502	1502
40	2000	2003	2003	2003	2003
50	2500	2503	2501	2502	2502
60	3000	3002	3003	2999	3002
70	3500	3503	3502	3503	3502
80	4000	4003	4004	4004	4004
90	4500	4504	4504	4504	4504
100	5000	5004	5004	5004	5004
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

1

Indicación del Equipo F (N)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
500	-0.26	0.10	0.10	0.02	0.34
1000	-0.21	0.03	-0.02	0.01	0.34
1500	-0.16	0.02	0.01	0.01	0.34
2000	-0.16	0.02	0.00	0.01	0.34
2500	-0.09	0.08	-0.06	0.00	0.34
3000	-0.06	0.11	0.00	0.00	0.34
3500	-0.07	0.04	0.00	0.00	0.34
4000	-0.09	0.01	0.01	0.00	0.34
4500	-0.08	0.00	0.00	0.00	0.34
5000	-0.08	0.00	0.00	0.00	0.34

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0.00 %

PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

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 CALIBRACION
PT - LT - 038 -2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

1. **Expediente** 1127- 2025
2. **Solicitante** GRUPO PHURA S.R.L.
3. **Dirección** PJ. SANTA CECILIA NRO. 181 URB. SANTA CECILIA 3ER PISO AMAZONAS - CHACHAPOYAS - CHACHAPOYAS
4. **Equipo** **HORNO DE SECADO**
   Marca PERUTEST
   Modelo PT-H76
   N° de serie 0209
   Procedencia Perú
   Identificación No indica
   Ubicación No indica

Descripción	Dispositivo de control	Instrumento de medición
Intervalo de indicación	0 °C a 200 °C	0 °C a 200 °C
Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	Digital	Digital

5. **Fecha de calibración** 2025 -03-12

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).

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.

PERUTEST 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 aqui 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.

Jefe de Laboratorio

Fecha de Emisión

2025-03-12

PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

913 028 621 / 913 028 622
913 028 623 / 913 028 624
www.perutest.com.pe
Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima
ventas@perutest.com.pe
PERUTEST SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACION
PT - LT - 038 -2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

6. Método de calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros calibrados que tiene trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se utilizó el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018 2da edición.

7. Lugar de calibración

Avenida Chillon lote 50 b - Comas - Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.0 °C	21.0 °C
Humedad relativa	56 %	58 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
SAT	Termómetro digital con 10 sensores tipo K (CH01 al CH10) con incertidumbre en el orden de 0,10 °C a 0,12 °C	LT-0417-2025

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- La periocidad de la calibración deénde del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
- Antes de la calibración no se realizo algún tipo de ajuste.
- La tensión eléctrica del equipo es 227 VAC
- La carga para la medición consistió de 2 recipientes conteniendo muestras.

PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

913 028 621 / 913 028 622
913 028 623 / 913 028 624
www.perutest.com.pe
Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima
ventas@perutest.com.pe
PERUTEST SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACION
PT - LT - 038 -2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

11. Resultados de la medición

Temperatura ambiental promedio 21.0 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas
El controlador se seteo en 110 °C

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo	Term. del equipo	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom	$T_{máx} - T_{min}$
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
min	°C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C	°C
00	110.0	110.5	110.4	112.3	111.6	110.6	112.4	111.8	114.0	111.9	112.9	111.8	3.6
02	110.0	110.5	110.5	112.3	111.7	110.7	112.6	111.9	113.9	111.9	113.3	111.9	3.4
04	110.0	110.8	110.8	112.5	111.2	110.6	112.8	112.3	114.0	111.9	113.2	112.0	3.3
06	110.0	110.7	110.7	112.7	111.7	110.5	113.0	111.9	113.7	112.2	113.4	112.0	3.1
08	110.0	110.7	110.7	112.7	112.2	111.2	112.5	111.8	113.8	113.3	113.2	112.2	3.1
10	110.0	110.9	110.9	112.2	111.3	110.9	112.6	111.8	113.7	113.4	113.5	112.1	2.8
12	110.0	111.2	111.2	112.3	111.6	110.7	112.7	111.3	113.6	113.4	113.8	112.2	3.1
14	110.0	110.7	110.7	112.5	111.7	110.2	112.8	111.4	113.3	112.2	113.2	111.9	3.0
16	110.0	110.8	110.8	112.8	111.8	110.6	112.8	111.7	113.9	112.1	113.5	112.1	3.2
18	110.0	110.9	110.9	112.9	111.6	110.5	112.4	111.8	113.7	112.3	113.6	112.0	3.1
20	110.0	110.9	110.9	112.7	111.7	110.6	112.3	111.3	114.0	112.1	113.3	112.0	3.3
22	110.0	111.2	111.2	112.7	111.8	110.2	111.8	111.4	113.7	112.3	114.1	112.0	3.9
24	110.0	110.2	110.2	112.9	112.2	110.4	112.8	111.7	113.8	112.3	113.1	111.9	3.6
26	110.0	110.6	110.6	113.0	111.8	110.7	112.8	111.8	113.6	112.3	112.8	112.0	3.0
28	110.0	110.7	110.7	112.7	111.5	110.6	112.4	111.9	113.7	112.1	113.1	111.9	3.0
30	110.0	110.3	110.3	112.5	111.7	110.0	113.1	111.4	113.4	111.8	113.0	111.7	3.3
32	110.0	110.5	110.5	113.0	111.3	110.9	113.4	111.8	113.6	111.9	113.1	112.0	3.1
34	110.0	110.7	110.7	113.2	111.7	110.8	112.6	112.0	113.7	112.3	113.1	112.1	3.0
36	110.0	110.3	110.3	113.3	111.4	110.6	113.0	111.9	114.0	111.9	113.5	112.0	3.7
38	110.0	110.6	110.6	113.2	111.2	110.2	113.1	112.0	113.2	111.8	112.8	111.9	2.9
40	110.0	110.7	110.7	112.9	111.7	110.4	112.8	111.8	113.7	111.6	113.1	111.9	3.2
42	110.0	110.5	110.5	112.7	111.6	110.5	113.3	111.9	114.0	112.2	113.2	112.0	3.5
44	110.0	110.7	110.7	112.1	111.7	110.5	113.4	111.3	113.3	112.1	113.4	111.9	2.9
46	110.0	112.6	112.6	113.0	111.4	110.2	112.6	111.7	113.7	111.7	113.5	112.3	3.4
48	110.0	111.2	111.2	112.3	111.7	110.5	112.8	111.8	114.3	111.9	113.4	112.1	3.7
50	110.0	111.3	111.3	112.5	111.4	110.6	112.3	112.0	113.5	111.8	113.5	112.0	2.9
52	110.0	110.9	110.9	112.3	111.2	110.2	112.5	111.7	114.0	112.1	113.2	111.9	3.7
54	110.0	110.8	110.8	112.5	111.7	110.1	112.4	111.5	113.7	111.7	113.4	111.8	3.5
56	110.0	110.6	110.6	112.9	111.8	110.2	112.6	111.8	114.6	112.0	113.5	112.0	4.3
58	110.0	110.5	110.5	112.3	111.2	110.8	113.0	111.5	113.5	112.1	113.6	111.9	3.1
60	110.0	110.2	110.2	112.5	111.4	110.1	112.8	111.7	113.4	111.6	114.1	111.8	4.0
T. PROM		110.7	110.7	112.6	111.6	110.5	112.7	111.7	113.7	112.2	113.3	112.0	
Temp. máxima		112.6	112.6	113.3	112.2	111.2	113.4	112.3	114.6	113.4	114.1		
Temp. mínima		110.2	110.2	112.1	111.2	110.0	111.8	111.3	113.2	111.6	112.8		
DTT		2.4	2.4	1.2	1.0	1.2	1.6	1.0	1.4	1.8	1.3		

PERUTEST S.A.C. LABORATORIO RT03-F01 PERÚ

913 028 621 / 913 028 622
913 028 623 / 913 028 624
www.perutest.com.pe
Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima
ventas@perutest.com.pe
PERUTEST SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACION
PT - LT - 038 -2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

PARÁMETROS	Valor °C	Incertidumbre °C
Máxima Temperartura medida	114.6	0.5
Mínima Temperatura medida	110	0.4
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2.4	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	3.2	0.4
Estabilidad medida	1.2	0.05
Uniformidad medida	4.3	0.4

T. PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T. prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T_{MAX} : Temperatura máxima.
T_{MIN} : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su **"desviación de temperatura en el tiempo"** DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.
Entre dos posiciones de medición su **"desviación de temperatura en el espacio"** está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0.06 °C

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.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a ± 1/2 DTT.

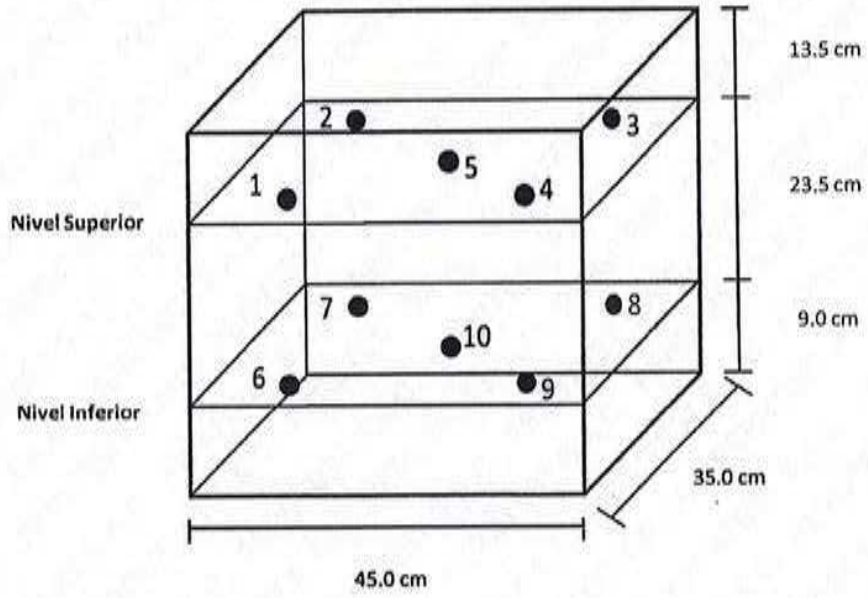
PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

913 028 621 / 913 028 622
913 028 623 / 913 028 624
www.perutest.com.pe
Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima
ventas@perutest.com.pe
PERUTEST SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACION
PT - LT - 038 -2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DEL EQUIPO



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 1.5 cm por encima de carga
Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1.5 cm por debajo de la parrilla inferior
Los sensores del 1 al 4 y 6 al 9 están ubicados 4.5 cm de las paredes laterales y a 4.5 cm del frente y fondo del equipo.

Incertidumbre

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

PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

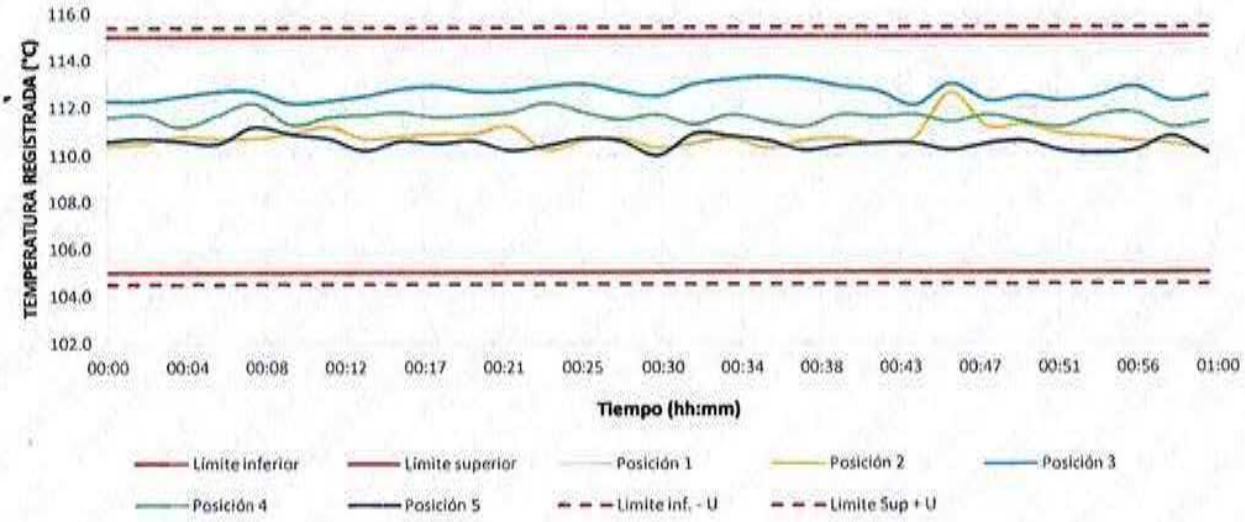
913 028 621 / 913 028 622
913 028 623 / 913 028 624
www.perutest.com.pe
Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima
ventas@perutest.com.pe
PERUTEST SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACION
PT - LT - 038 -2025

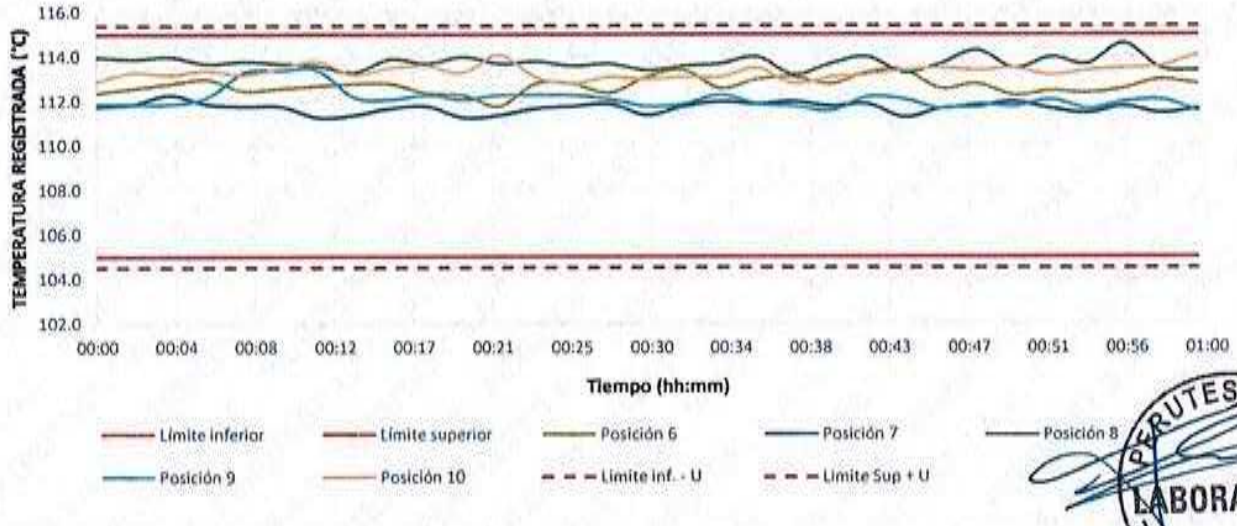
Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C

NIVEL SUPERIOR



NIVEL INFERIOR



PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

913 028 621 / 913 028 622
913 028 623 / 913 028 624
www.perutest.com.pe
Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima
ventas@perutest.com.pe
PERUTEST SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACION
PT - LT - 038 -2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

FOTOGRAFIA INTERNA DEL EQUIPO



PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

FIN DEL DOCUMENTO

913 028 621 / 913 028 622
913 028 623 / 913 028 624
www.perutest.com.pe
Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima
ventas@perutest.com.pe
PERUTEST SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LM - 0260 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

1. Expediente	4482 - 2025
2. Solicitante	**GRUPO PHURA S.R.L.**
3. Dirección	PJ. SANTA CECILIA NRO. 181 URB. SANTA CECILIA 3ER PISO AMAZONAS - CHACHAPOYAS - CHACHAPOYAS
4. Equipo de medición	**BALANZA ELECTRÓNICA**
Capacidad Máxima	**30000 g**
División de escala (d)	**1 g**
Div. de verificación (e)	**1 g**
Clase de exactitud	**III**
Marca	**ELECTRONIC SCALE**
Modelo	**NO INDICA**
Número de Serie	**102**
Capacidad mínima	**20 g**
Procedencia	**CHINA**
Identificación	**NO INDICA**
5. Fecha de Calibración	2025-03-18

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).

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.

PERUTEST 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.

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2025-03-18	JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA	PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LM - 0260 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Masa de PERUTEST S.A.C.
Avenida Chillon Lote 50 B - Comas - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.6 °C	20.6 °C
Humedad Relativa	65%	65%

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESATEC	JUEGO DE PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M1)	0933-MPES-C-2025
PESATEC	JUEGO DE PESAS 20 kg (Clase de Exactitud: M1)	0944-MPES-C-2025
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1 kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-1029-002-25
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-1029-001-25
ELICROM	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	CCP-0102-001-25

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (**) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.

PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LM - 0260 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

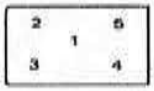
AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	20.6 °C	20.6 °C

Medición N°	Carga L1 = 15,000 g			Carga L2 = 30,000 g		
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	15,000	600	-100	30,000	200	300
2	15,000	500	0	30,000	500	0
3	15,001	700	800	30,000	500	0
4	15,000	500	0	29,999	200	-700
5	15,000	600	-100	30,000	500	0
6	15,000	500	0	30,001	700	800
7	15,000	500	0	30,000	500	0
8	15,000	200	300	30,000	800	-300
9	14,999	300	-800	29,999	300	-800
10	15,000	500	0	30,000	500	0
	Diferencia Máxima		1,600	Diferencia Máxima		1,600
	Error Máximo Permisible		± 3,000	Error Máximo Permisible		± 3,000

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	20.6 °C	20.6 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec (mg)
1		10	500	0		10,001	800	700	700
2		10	400	100		10,000	500	0	-100
3	10 g	10	500	0	10,000	10,000	400	100	100
4		10	400	100		9,999	200	-700	-800
5		10	500	0		10,000	500	0	0
						Error máximo permisible			± 3,000

* Valor entre 0 y 10e

PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LM - 0260 - 2025

Área de Metrología

Laboratorio de Masas

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura	20.6 °C	20.6 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	I (g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec (mg)	
10	10	500	0						
20	20	400	100	100	20	500	0	0	1,000
100	100	500	0	0	100	500	0	0	1,000
500	500	400	100	100	500	400	100	100	2,000
1,000	1,000	500	0	0	1,000	500	0	0	2,000
5,000	5,000	400	100	100	5,000	400	100	100	3,000
10,000	10,000	600	-100	-100	10,000	500	0	0	3,000
15,000	15,000	500	0	0	15,000	500	0	0	3,000
20,000	20,000	600	-100	-100	20,000	600	-100	-100	3,000
25,000	25,000	500	0	0	25,000	500	0	0	3,000
30,000	30,000	600	-100	-100	30,000	600	-100	-100	3,000

** error máximo permisible

Leyenda: *L: Carga aplicada a la balanza.* *ΔL: Carga adicional.* *E_o: Error en cero.*
I: Indicación de la balanza. *E: Error encontrado* *E_c: Error corregido.*

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{(\ 0.3787222\ g^2 + 0.00000000237\ R^2\ )}$

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R - 0.0000032\ R$

12. 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. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

CERTIFICADO DE CALIBRACION
PT - LM - 0257 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

1. Expediente	4482 -2025	
2. Solicitante	GRUPO PHURA S.R.L.	
3. Dirección	PJ. SANTA CECILIA NRO. 181 URB. SANTA CECILIA 3ER PISO AMAZONAS - CHACHAPOYAS - CHACHAPOYAS	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	200 g	
División de escala (d)	0.01 g	
Div. de verificación (e)	0.01 g	
Clase de exactitud	III	
Marca	MH-SERIES	
Modelo	MH-200	
Número de Serie	NO INDICA	
Capacidad mínima	0.01 g	
Identificación	LM-0257	
5. Fecha de Verificación	2025-03-18	

Este informe 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).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva verificación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST 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 verificación aqui declarados.

Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El presente documento sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2025-03-18	JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA	PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

CERTIFICADO DE CALIBRACION
PT - LM - 0257 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

6. Método de Verificación

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

7. Lugar de verificación

Laboratorio de Masa de PERUTEST S.A.C.
Avenida Chillon Lote 50 B- Comas - Lima - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.5 °C	20.5 °C
Humedad Relativa	56 %	56 %

9. Patrones de referencia

Los resultados de la verificación son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa del Servicio Nacional de Metrología SNM - INDECOPI en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-1029-001-25
ELICROM	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	CCP-0102-001-25

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.

PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

CERTIFICADO DE CALIBRACION
PT - LM - 0257 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	20.1 °C	20.3 °C

Medición Nº	Carga L1 = 100 g			Carga L2 = 200 g		
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	100.01	-	5	199.99	-	5
2	100.00	-	5	200.00	-	15
3	100.00	-	5	200.00	-	15
4	100.00	-	5	200.00	-	15
5	100.00	-	5	200.00	-	5
	Diferencia Máxima		0	Diferencia Máxima		10
	Error Máximo Permisible		± 20	Error Máximo Permisible		± 30

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	20.1 °C	20.3 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga L (g)	I (g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec (mg)
1	60	60.00	-	5	0
2		60.00	-	5	0
3		60.00	-	5	0
4		60.00	-	5	0
5		60.00	-	5	0
	Error máximo permisible				± 20

PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

CERTIFICADO DE CALIBRACION
PT - LM - 0257 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura	20.1 °C	20.3 °C

Carga	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p *
L (g)	I (g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec (mg)	(± g)
0	0.10	-	5						
0	0.20	-	5	0	0.20	-	5	0	10
1	1.00	-	5	0	1.00	-	5	0	10
10	10.00	-	5	0	10.00	-	5	0	10
40	40.00	-	5	0	40.00	-	5	0	10
80	80.00	-	5	0	80.00	-	5	0	20
100	100.00	-	5	0	99.99	-	5	0	20
120	120.00	-	5	0	119.99	-	5	0	20
150	150.00	-	5	0	149.99	-	5	0	20
180	179.99	-	5	0	179.99	-	5	0	20
200	199.99	-	5	0	200.00	-	5	0	30

* error máximo permisible

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estandar 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. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

INFORME DE VERIFICACIÓN
PT - IV - 0276 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

1. Expediente	4482 - 2025
2. Solicitante	**GRUPO PHURA S.R.L.**
3. Dirección	PJ. SANTA CECILIA NRO. 181 URB. SANTA CECILIA 3ER PISO AMAZONAS - CHACHAPOYAS - CHACHAPOYAS
4. Instrumento de medición	**EQUIPO LÍMITE LÍQUIDO** (CAZUELA CASAGRANDE)
Marca	PERUTEST
Modelo	PT-CLL
Procedencia	PERÚ
Número de Serie	0167
Código de Identificación	No indica
Tipo de contador	ANALÓGICO
5. Fecha de Verificación	2024 – 03 – 18

Este informe de verificación 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).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST 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 aqui declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2025 – 03 – 18	JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA	PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

INFORME DE VERIFICACIÓN
PT - IV - 0276 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

6. Método de Verificación

La Verificación se realizó tomando las medidas del instrumento, según las especificaciones de la norma internacional ASTM D4318 "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit and Plastic Index of Soils."

7. Lugar de Verificación

Laboratorio de Longitud de PERUTEST S.A.C.

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.2 °C	26.1 °C
Humedad Relativa	54 %	54 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL	RETICULA DE MEDICION	LLA-029-2025
KOSSOMET	"PIE DE REY de 300 mm MARCA: INSIZE"	DM23-C-0130
ELICROM	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	CCP-0102-001-25

10. Observaciones

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICACIÓN.**
(*) Serie grabado en el instrumento

PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

INFORME DE VERIFICACIÓN
PT - IV - 0276 - 2025

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

DIMENSIONES DE LA BASE DE GOMA DURA

Altura (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)
50.50	150.42	125.44

HERRAMIENTA DE RANURADO

EXTREMO CURVADO		
Espesor (mm)	Borde Cortante (mm)	Ancho (mm)
10.01	2.01	13.54

DIMENSIONES DE LA COPA

Radio de la copa (mm)	Espesor de la copa (mm)	Altura desde la guia del elevador hasta la base (mm)
46.85	2.00	47.01

PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

Fin del Documento

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD
ASTM E11

	TRAMA SHUTE	URDIMBRE WARP	UNIDAD UNIT
ABERTURA PROMEDIO (+/- Y) AVERAGE OPENING	2055,01	2051,99	µm
ABERTURA MÁXIMA (+ X) MAXIMUM OPENING	2101,83	2180,24	µm
DESVIACIÓN ESTANDAR STANDARD DEVIATION	31,50	70,80	µm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	900,22	898,29	µm
NÚMERO DE ABERTURAS MEDIDAS NUMBER OF MEASURED OPENINGS	25,00	25,00	N.A.
NÚMERO DE DIÁMETRO MEDIDOS DIAMETER NUMBER MEASURED	25,00	25,00	N.A.

MALLA No. / MESH No.: 10

SERIE No. / SERIAL No.: 97223

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN / UNCERTAINTY OF MEASUREMENT: ± 23,92 µm

FECHA / DATE: 2025 / 03 / 20

FIRMA / SIGN:

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO.

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR.
WWW.PINZUAR.COM.CO

AC-P-11-F-02 Rev 4

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD

ASTM E11 - 20

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	4,72	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	4,92	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	1,58	mm
MALLA No. MESH No.	4	
SERIE No. SERIAL No.	93048	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	±: 10,55	µm

FECHA / DATE 2025 / 03 / 20

FIRMA / SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR.
WWW.PINZUAR.COM.CO

AC-P-S-F-02 Rev 3

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD
ASTM E11

	TRAMA SHUTE	URDIMBRE WARP	UNIDAD UNIT
ABERTURA PROMEDIO (+/- Y) AVERAGE OPENING	75,61	76,94	µm
ABERTURA MÁXIMA (+ X) MAXIMUM OPENING	80,32	81,19	µm
DESVIACIÓN ESTANDAR STANDARD DEVIATION	1,66	2,44	µm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	47,84	47,66	µm
NÚMERO DE ABERTURAS MEDIDAS NUMBER OF MEASURED OPENINGS	100,00	100,00	N.A.
NÚMERO DE DIÁMETRO MEDIDOS DIAMETER NUMBER MEASURED	100,00	100,00	N.A.
MALLA No. MESH No.	200		
SERIE No. SERIAL No.	96509		
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 1,72	µm	

FECHA / DATE 2025 / 03 / 20

FIRMA / SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO.

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR.
WWW.PINZUAR.COM.CO

AC-P-11-F-02 Rev 4

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD
ASTM E11 - 20

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	75,40	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	75,60	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	6,30	mm
MALLA No. MESH No.	3"	
SERIE No. SERIAL No.	92333	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,57	µm

FECHA / DATE 2025 / 03 / 20

FIRMA / SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR
WWW.PINZUAR.COM.CO

AC-P-1-F-02 Rev 3

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD
ASTM E11

	TRAMA SHUTE	URDIMBRE WARP	UNIDAD UNIT
ABERTURA PROMEDIO (+/- Y) AVERAGE OPENING	147,82	150,60	µm
ABERTURA MÁXIMA (+ X) MAXIMUM OPENING	156,11	152,38	µm
DESVIACIÓN ESTANDAR STANDARD DEVIATION	2,02	1,59	µm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	97,55	97,40	µm
NÚMERO DE ABERTURAS MEDIDAS NUMBER OF MEASURED OPENINGS	100,00	100,00	N.A.
NÚMERO DE DIÁMETRO MEDIDOS DIAMETER NUMBER MEASURED	100,00	100,00	N.A.
MALLA No. MESH No.	100		
SERIE No. SERIAL No.	96324		
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 2,52	µm	

FECHA / DATE 2025 / 03 / 20

FIRMA / SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR.
WWW.PINZUAR.COM.CO

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD
ASTM E11

	TRAMA	URDIMBRE	UNIDAD
	WEFT	WARP	UNIT
ABERTURA PROMEDIO (+/- Y)	2337.31	2331.72	µm
ABERTURA MAXIMA (+ X)	2412.17	2392.01	µm
DESVIACIÓN ESTANDAR	43.16	41.86	µm
DIAMETRO PROMEDIO	977.05	969.31	µm
NUMERO DE ABERTURAS MEDIDAS	20.00	20.00	N.A.
NUMERO DE DIÁMETRO MEDIDOS	20.00	20.00	N.A
MALLA No	8		
SERIE No	99185		
INCERTIDUMBRE DE MEDICION	± 24.05	µm	
FECHA	2025 / 03 / 20	FIRMA	

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR.
WWW.PINZUAR.COM.CO

AC-P-11-F-02 Rev 4

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD
ASTM E11

	TRAMA SHUTE	URDIMBRE WARP	UNIDAD UNIT
ABERTURA PROMEDIO (+/- Y) AVERAGE OPENING	63,69	63,81	mm
ABERTURA MÁXIMA (+ X) MAXIMUM OPENING	63,78	63,94	mm
DESVIACIÓN ESTANDAR STANDARD DEVIATION	0,07	0,14	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	4,97	4,97	mm
NÚMERO DE ABERTURAS MEDIDAS NUMBER OF MEASURED OPENINGS	4,00	4,00	N.A.
NÚMERO DE DIÁMETRO MEDIDOS DIAMETER NUMBER MEASURED	4,00	4,00	N.A.
MALLA No. MESH No.	2 ½"		
SERIE No. SERIAL No.	96014		
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,56	µm	

FECHA / DATE: 2025 / 03 / 20

FIRMA / SIGN:

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR.
WWW.PINZUAR.COM.CO

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATE

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD

ASTM E11

	TRAMA SHUTE	URDIMBRE WARP	UNIDAD UNIT
ABERTURA PROMEDIO (+/- Y) AVERAGE OPENING	9,56	9,60	mm
ABERTURA MÁXIMA (+ X) MAXIMUM OPENING	9,77	9,81	mm
DESVIACIÓN ESTANDAR STANDARD DEVIATION	0,11	0,09	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	2,22	2,21	mm
NÚMERO DE ABERTURAS MEDIDAS NUMBER OF MEASURED OPENINGS	15,00	15,00	N.A.
NÚMERO DE DIÁMETRO MEDIDOS DIAMETER NUMBER MEASURED	15,00	15,00	N.A.
MALLA No. MESH No.	3/8"		
SERIE No. SERIAL No.	95380		
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,55	µm	

FECHA / DATE 2025 / 03 / 20

FIRMA / SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR.
WWW.PINZUAR.COM.CO

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD

ASTM E11

	TRAMA SHUTE	URDIMBRE WARP	UNIDAD UNIT
ABERTURA PROMEDIO (+/- Y) AVERAGE OPENING	6,36	6,40	mm
ABERTURA MÁXIMA (+ X) MAXIMUM OPENING	6,48	6,52	mm
DESVIACIÓN ESTANDAR STANDARD DEVIATION	0,07	0,07	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	1,91	1,92	mm
NÚMERO DE ABERTURAS MEDIDAS NUMBER OF MEASURED OPENINGS	15,00	15,00	N.A.
NÚMERO DE DIÁMETRO MEDIDOS DIAMETER NUMBER MEASURED	15,00	15,00	N.A
MALLA No. MESH No	¼"		
SERIE No. SERIAL No	98180		
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,55	µm	
FECHA DATE	2025 / 03 / 20	FIRMA SIGN	

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR.
WWW.PINZUAR.COM.CO

AC-P-11-F-02 Rev 4

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD
ASTM E11

	TRAMA SHUTE	URDIMBRE WARP	UNIDAD UNIT
ABERTURA PROMEDIO (+/- Y) AVERAGE OPENING	25,09	25,12	mm
ABERTURA MÁXIMA (+ X) MAXIMUM OPENING	25,39	25,41	mm
DESVIACIÓN ESTANDAR STANDARD DEVIATION	0,19	0,20	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	3,44	3,44	mm
NÚMERO DE ABERTURAS MEDIDAS NUMBER OF MEASURED OPENINGS	15,00	15,00	N.A.
NÚMERO DE DIÁMETRO MEDIDOS DIAMETER NUMBER MEASURED	15,00	15,00	N.A.
MALLA No. MESH No.	1"		
SERIE No. SERIAL No.	96835		
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,55	µm	

FECHA / DATE 2025 / 03 / 20

FIRMA / SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR
WWW.PINZUAR.COM.CO

AC-P-11-F-02 Rev 4

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD
ASTM E11

	TRAMA SINGLE	URDIMBRE WARP	UNIDAD UNIT
ABERTURA PROMEDIO (+/- Y) AVERAGE OPENING	19,14	19,15	mm
ABERTURA MAXIMA (+ X) MAXIMUM OPENING	19,28	19,39	mm
DESVIACION ESTANDAR STANDARD DEVIATION	0,09	0,15	mm
DIAMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	2,93	2,92	mm
NÚMERO DE ABERTURAS MEDIDAS NUMBER OF MEASURED OPENINGS	15,00	15,00	N.A.
NÚMERO DE DIÁMETRO MEDIDOS DIAMETER NUMBER MEASURED	15,00	15,00	N.A.
MALLA No MESH NO	¼"		
SERIE No SERIAL NO	99129		
INCERTIDUMBRE DE MEDICION UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,55 µm		
FECHA DATE	2025 / 03 / 20	FIRMA SIGN	

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR.
WWW.PINZUAR.COM.CO

AC-P-11-F-02 Rev 4

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD

ASTM E11 - 20

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	50,20	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	50,34	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	4,99	mm
MALLA No. MESH No.	2"	
SERIE No. SERIAL No.	90236	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,56	µm

FECHA DATE 2025 / 03 / 20

FIRMA SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR.
WWW.PINZUAR.COM.CO

AC-P-B-F-02 Rev 3

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD
ASTM E11

	TRAMA SHUTE	URDIMBRE WARP	UNIDAD UNIT
ABERTURA PROMEDIO (+/- Y) AVERAGE OPENING	37,96	37,81	mm
ABERTURA MÁXIMA (+ X) MAXIMUM OPENING	38,31	38,11	mm
DESVIACIÓN ESTANDAR STANDARD DEVIATION	0,32	0,28	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	4,48	4,47	mm
NÚMERO DE ABERTURAS MEDIDAS NUMBER OF MEASURED OPENINGS	8,00	8,00	N.A.
NÚMERO DE DIÁMETRO MEDIDOS DIAMETER NUMBER MEASURED	8,00	8,00	N.A.

MALLA No. (MESH No.): 1 ½"

SERIE No. (SERIAL No.): 96369

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN (UNCERTAINTY OF MEASUREMENT): ± 10,56 µm

FECHA (DATE): 2025 / 03 / 20

FIRMA (SIGN):

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR.
WWW.PINZUAR.COM.CO

AC-P-11-F-02 Rev 4

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E11 - 20

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	16,10	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	16,19	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	2,98	mm
MALLA No. MESH No.	5/8"	
SERIE No. SERIAL No.	89072	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,55	µm

FECHA / DATE 2025 / 03 / 20

FIRMA / SIGN Alex Zambrano.

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta
km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega C1
(Madrid, Cundinamarca).
TEL: (571) 7454555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR.
WWW.PINZUAR.COM.CO

AC-P-11-F-02 Rev 2

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD
ASTM E11 - 20

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	12,48	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	12,71	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	2,42	mm
MALLA No. MESH No.	½"	
SERIE No. SERIAL No.	93969	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,55	µm

FECHA / DATE 2025 / 03 / 20

FIRMA / SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR.
WWW.PINZUAR.COM.CO

AC-P-D-F-02 Rev 3

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD
ASTM E11 - 20

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	250,09	µm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	256,88	µm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	177,99	µm
MALLA No. MESH No.	60	
SERIE No. SERIAL No.	90863	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 3,90	µm

FECHA / DATE **2025 / 03 / 20**

FIRMA / SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR
WWW.PINZUAR.COM.CO

AC-P-11-F-02 Rev 3

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD
ASTM E11

	TRAMA SHUTE	URDIMBRE WARP	UNIDAD UNIT
ABERTURA PROMEDIO (+/- Y) AVERAGE OPENING	603,17	600,70	µm
ABERTURA MÁXIMA (+ X) MAXIMUM OPENING	614,68	614,55	µm
DESVIACIÓN ESTANDAR STANDARD DEVIATION	9,90	5,13	µm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	404,03	394,99	µm
NÚMERO DE ABERTURAS MEDIDAS NUMBER OF MEASURED OPENINGS	50,00	50,00	N.A.
NÚMERO DE DIÁMETRO MEDIDOS DIAMETER NUMBER MEASURED	50,00	50,00	N.A.

MALLA No. (MESH No.): 30

SERIE No. (SERIAL No.): 96432

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN (UNCERTAINTY OF MEASUREMENT): ± 5,52 µm

FECHA (DATE): 2025 / 03 / 20

FIRMA (SIGN):

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR.
WWW.PINZUAR.COM.CO

AC-P-11-F-02 Rev 4

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD
ASTM E11

	TRAMA SHUTE	URDIMBRE WARP	UNIDAD UNIT
ABERTURA PROMEDIO (+/- Y) AVERAGE OPENING	181,45	181,78	µm
ABERTURA MÁXIMA (+ X) MAXIMUM OPENING	190,32	194,87	µm
DESVIACIÓN ESTANDAR STANDARD DEVIATION	3,61	4,56	µm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	131,03	131,21	µm
NÚMERO DE ABERTURAS MEDIDAS NUMBER OF MEASURED OPENINGS	100,00	100,00	N.A.
NÚMERO DE DIÁMETRO MEDIDOS DIAMETER NUMBER MEASURED	100,00	100,00	N.A.
MALLA No. MESH No.	80		
SERIE No. SERIAL No.	96635		
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 2,69	µm	

FECHA / DATE 2025 / 03 / 20

FIRMA / SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO.

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR.
WWW.PINZUAR.COM.CO

AC-P-11-F-02 Rev 4

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD
ASTM E11

	TRAMA SHUTE	URDIMBRE WARP	UNIDAD UNIT
ABERTURA PROMEDIO (+/- Y) AVERAGE OPENING	432,58	426,43	µm
ABERTURA MÁXIMA (+ X) MAXIMUM OPENING	449,54	460,21	µm
DESVIACIÓN ESTANDAR STANDARD DEVIATION	7,20	9,81	µm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	248,69	249,23	µm
NÚMERO DE ABERTURAS MEDIDAS NUMBER OF MEASURED OPENINGS	60,00	60,00	N.A.
NÚMERO DE DIÁMETRO MEDIDOS DIAMETER NUMBER MEASURED	60,00	60,00	N.A.
MALLA No. MESH No.	40		
SERIE No. SERIAL No.	96547		
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 4,83	µm	

FECHA DATE 2025 / 03 / 20

FIRMA SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR.
WWW.PINZUAR.COM.CO

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATE

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD

ASTM E11

	TRAMA SHUTE	URDIMBRE WARP	UNIDAD UNIT
ABERTURA PROMEDIO (+/- Y) AVERAGE OPENING	306,82	301,83	µm
ABERTURA MÁXIMA (+ X) MAXIMUM OPENING	327,19	319,75	µm
DESVIACIÓN ESTANDAR STANDARD DEVIATION	8,39	9,27	µm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	208,46	203,22	µm
NÚMERO DE ABERTURAS MEDIDAS NUMBER OF MEASURED OPENINGS	80,00	80,00	N.A.
NÚMERO DE DIÁMETRO MEDIDOS DIAMETER NUMBER MEASURED	80,00	80,00	N.A.
MALLA No. MESH No.	50		
SERIE No. SERIAL No.	95049		
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 4,36	µm	

FECHA / DATE 2025 / 03 / 20

FIRMA / SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR.
WWW.PINZUAR.COM.CO

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
ACCORDING TO STANDARD
ASTM E11

	TRAMA SHUTE	URDIMBRE WARP	UNIDAD UNIT
ABERTURA PROMEDIO (+/- Y) AVERAGE OPENING	859,26	852,57	µm
ABERTURA MÁXIMA (+ X) MAXIMUM OPENING	868,85	878,05	µm
DESVIACIÓN ESTANDAR STANDARD DEVIATION	11,58	14,78	µm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	506,93	506,72	µm
NÚMERO DE ABERTURAS MEDIDAS NUMBER OF MEASURED OPENINGS	40,00	40,00	N.A.
NÚMERO DE DIÁMETRO MEDIDOS DIAMETER NUMBER MEASURED	40,00	40,00	N.A.

MALLA No. 20
MESH No.

SERIE No. 99627
SERIAL No.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN ± 11,04 µm
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT

FECHA 2025 / 03 / 20
DATE

FIRMA
SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Planta:
Km 2 vía Puente Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega **C1**
Madrid, Cund.
Tel.: (57 1) 745 4555
www.pinzuar.com.co

PINZUAR
WWW.PINZUAR.COM.CO

AC-P-11-F-02 Rev 4

Anexo 5

ANALISIS DEL TALUD 01

Slope stability analysis

Input data

Project

Date: 10/05/2026

Settings

Standard - safety factors

Stability analysis

Earthquake analysis: Standard
Verification methodology: Safety factors (ASD)

Safety factors Permanent design situation		
Safety factor:	SF_s =	1.50 [–]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	5.00	0.27	6.02	0.41
		10.00	4.44	15.00	8.70	19.51	12.77
		20.00	12.77	25.00	12.77		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	SUELO: TALUD 01		25.00	8.40	16.00

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Soil parameters - uplift

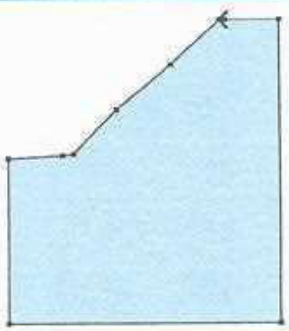
No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	n [-]
1	SUELO: TALUD 01		19.00		

Soil parameters

SUELO: TALUD 01

Unit weight: γ = 16.00 kN/m^3
Stress-state: effective
Angle of internal friction: φ_{ef} = 25.00 °
Cohesion of soil: c_{ef} = 8.40 kPa
Saturated unit weight: γ_{sat} = 19.00 kN/m^3

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		20.00	12.77	19.51	12.77	SUELO: TALUD 01
		15.00	8.70	10.00	4.44	
		6.02	0.41	5.00	0.27	
		0.00	0.00	0.00	-15.00	
		25.00	-15.00	25.00	12.77	

Water

Water type: No water

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Earthquake not included.

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Settings of the stage of construction

Design situation: permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center:	x =	6.80 [m]	Angles:	α_1 =	-3.48 [°]
	z =	13.05 [m]		α_2 =	88.47 [°]
Radius:	R =	12.65 [m]			
Analysis of the slip surface without optimization.					

Slope stability verification (all methods)

Bishop:	FS = 1.14 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson:	FS = 1.07 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer:	FS = 1.16 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu:	FS = 1.14 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price:	FS = 1.21 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability analysis

Input data

Project

Date: 10/05/2026

Settings

Standard - safety factors

Stability analysis

Earthquake analysis: Standard
Verification methodology: Safety factors (ASD)

Safety factors Permanent design situation		
Safety factor:	SF_s =	1.50 [–]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	5.00	0.27	6.02	0.41
		10.00	4.44	15.00	8.70	19.51	12.77
		20.00	12.77	25.00	12.77		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	SUELO: TALUD 01		25.00	8.40	16.00

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Soil parameters - uplift

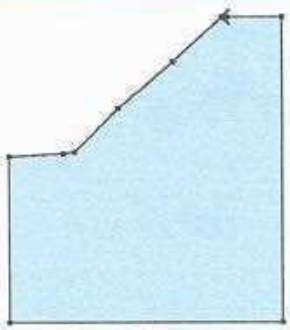
No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	n [–]
1	SUELO: TALUD 01		19.00		

Soil parameters

SUELO: TALUD 01

Unit weight: γ = 16.00 kN/m^3
Stress-state: effective
Angle of internal friction: φ_{ef} = 25.00 °
Cohesion of soil: c_{ef} = 8.40 kPa
Saturated unit weight: γ_{sat} = 19.00 kN/m^3

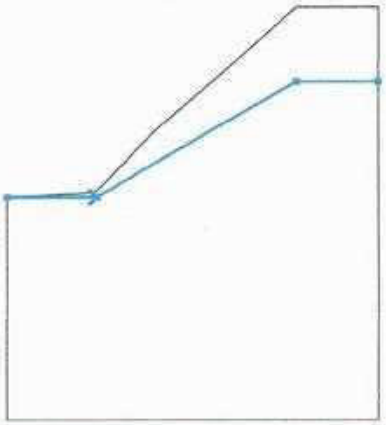
Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		20.00	12.77	19.51	12.77	SUELO: TALUD 01
		15.00	8.70	10.00	4.44	
		6.02	0.41	5.00	0.27	
		0.00	0.00	0.00	-15.00	
		25.00	-15.00	25.00	12.77	

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Water

Water type: GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	6.02	0.00	19.51	7.70
		25.00	7.70				

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation: permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1 (stage 1)

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center:	x =	6.80 [m]	Angles:	α_1 =	-3.48 [°]
	z =	13.05 [m]		α_2 =	88.47 [°]
Radius:	R =	12.65 [m]			
Analysis of the slip surface without optimization.					

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

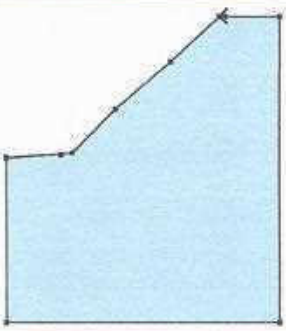
Slope stability verification (all methods)

Bishop:	FS = 0.99 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson:	FS = 0.93 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer:	FS = 1.01 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu:	FS = 0.99 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price:	FS = 1.08 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Input data (Stage of construction 2)

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		20.00	12.77	19.51	12.77	SUELO: TALUD 01
		15.00	8.70	10.00	4.44	
		6.02	0.41	5.00	0.27	
		0.00	0.00	0.00	-15.00	
		25.00	-15.00	25.00	12.77	

Water

Water type: No water

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient: K_h = 0.1000
Vertical seismic coefficient: K_v = 0.0500

Settings of the stage of construction

Design situation: permanent

Results (Stage of construction 2)

Analysis 1 (stage 2)

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center:	x =	6.80 [m]	Angles:	α_1 =	-3.48 [°]
	z =	13.05 [m]		α_2 =	88.47 [°]
Radius:	R =	12.65 [m]			
Analysis of the slip surface without optimization.					

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

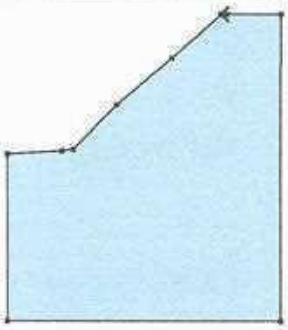
Slope stability verification (all methods)

Bishop:	FS = 1.00 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson:	FS = 0.93 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer:	FS = 1.02 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu:	FS = 1.00 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price:	FS = 1.08 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

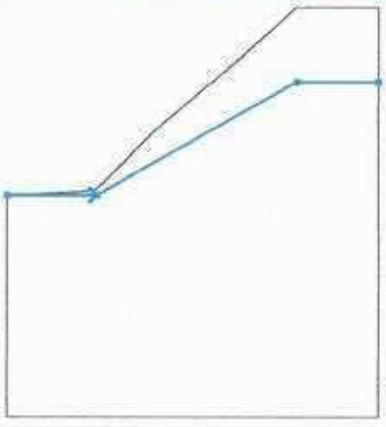
Input data (Stage of construction 3)

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		20.00	12.77	19.51	12.77	SUELO: TALUD 01
		15.00	8.70	10.00	4.44	
		6.02	0.41	5.00	0.27	
		0.00	0.00	0.00	-15.00	
		25.00	-15.00	25.00	12.77	

Water

Water type: GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	6.02	0.00	19.51	7.70
		25.00	7.70				

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient: K_h = 0.1000
Vertical seismic coefficient: K_v = 0.0500

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Settings of the stage of construction

Design situation: permanent

Results (Stage of construction 3)

Analysis 1 (stage 3)

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center:	x =	6.80 [m]	Angles:	α_1 =	-3.48 [°]
	z =	13.05 [m]		α_2 =	88.47 [°]
Radius:	R =	12.65 [m]			
Analysis of the slip surface without optimization.					

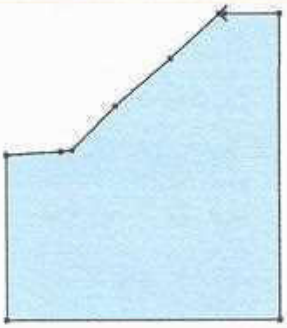
Slope stability verification (all methods)

Bishop:	FS = 0.85 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson:	FS = 0.80 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer:	FS = 0.88 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu:	FS = 0.87 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price:	FS = 0.90 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Input data (Stage of construction 4)

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		20.00	12.77	19.51	12.77	SUELO: TALUD 01
		15.00	8.70	10.00	4.44	
		6.02	0.41	5.00	0.27	
		0.00	0.00	0.00	-15.00	
		25.00	-15.00	25.00	12.77	

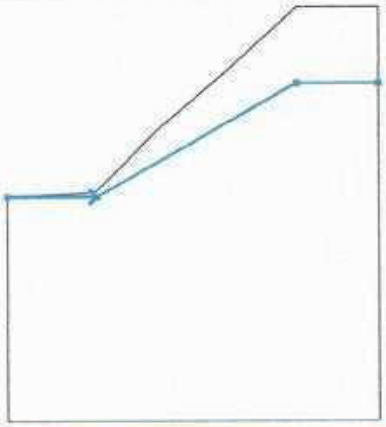
Anti-Slide piles

No.	Anti-Slide pile	Point		Length	Pile spacing	Cross-section	Pile bearing capacity			
	new	x [m]	z [m]	l [m]	b [m]	[m]	Distribution along the pile	Max. bearing capacity V_u [kN]	Gradient K [--]	Passive force direction
1	Yes	10.00	4.44	6.00	0.50	d = 0.10	constant	75.00		perpendicular to pile
2	Yes	15.00	8.70	6.00	0.50	d = 0.12	constant	108.00		perpendicular to pile

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Water

Water type: GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	6.02	0.00	19.51	7.70
		25.00	7.70				

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient: K_h = 0.1000
Vertical seismic coefficient: K_v = 0.0500

Settings of the stage of construction

Design situation: permanent

Results (Stage of construction 4)

Analysis 1 (stage 4)

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center:	x =	6.80 [m]	Angles:	α_1 =	-3.48 [°]
	z =	13.05 [m]		α_2 =	88.47 [°]
Radius:	R =	12.65 [m]			
Analysis of the slip surface without optimization.					

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

The forces acting on the pile

Spencer

Anti-Slide Pile No. 1 (10.00; 4.44 [m])

Horizontal active force:	108.10	kN/m
Horizontal passive force:	20.29	kN/m
Depth of slip surface:	3.63	m
The length of pile below terrain:	6.00	m

Anti-Slide Pile No. 2 (15.00; 8.70 [m])

Horizontal active force:	101.94	kN/m
Horizontal passive force:	20.01	kN/m
Depth of slip surface:	5.27	m
The length of pile below terrain:	6.00	m

Janbu

Anti-Slide Pile No. 1 (10.00; 4.44 [m])

Horizontal active force:	96.32	kN/m
Horizontal passive force:	26.64	kN/m
Depth of slip surface:	3.63	m
The length of pile below terrain:	6.00	m

Anti-Slide Pile No. 2 (15.00; 8.70 [m])

Horizontal active force:	102.96	kN/m
Horizontal passive force:	48.67	kN/m
Depth of slip surface:	5.27	m
The length of pile below terrain:	6.00	m

Morgenstern-Price

Anti-Slide Pile No. 1 (10.00; 4.44 [m])

Horizontal active force:	92.39	kN/m
Horizontal passive force:	16.91	kN/m
Depth of slip surface:	3.63	m
The length of pile below terrain:	6.00	m

Anti-Slide Pile No. 2 (15.00; 8.70 [m])

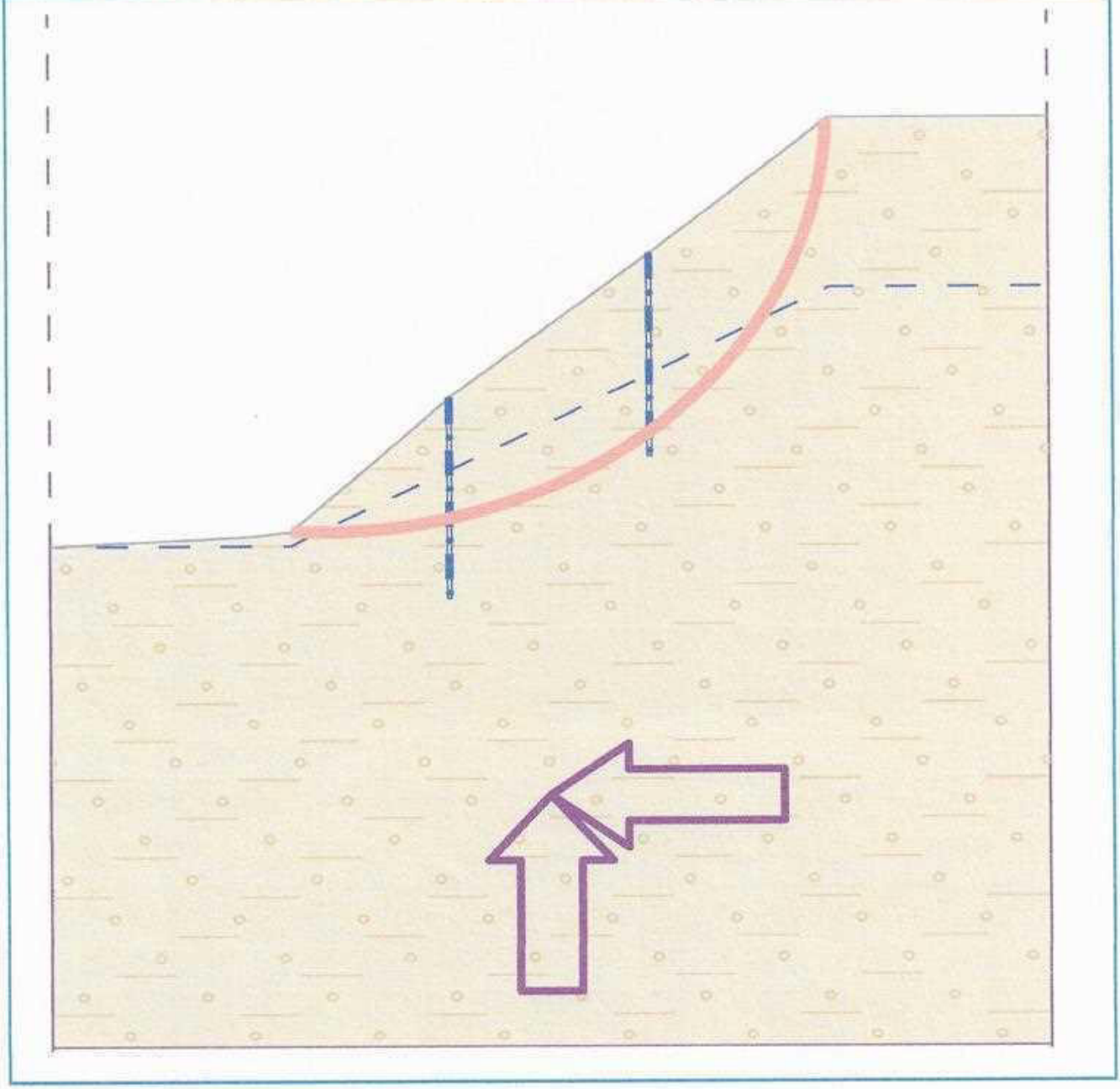
Horizontal active force:	88.20	kN/m
Horizontal passive force:	25.34	kN/m
Depth of slip surface:	5.27	m
The length of pile below terrain:	6.00	m

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability verification (all methods)

Bishop:	FS = 1.65 > 1.50	ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson:	FS = 1.61 > 1.50	ACCEPTABLE
Spencer:	FS = 2.96 > 1.50	ACCEPTABLE
Janbu:	FS = 2.97 > 1.50	ACCEPTABLE
Morgenstern-Price:	FS = 2.97 > 1.50	ACCEPTABLE

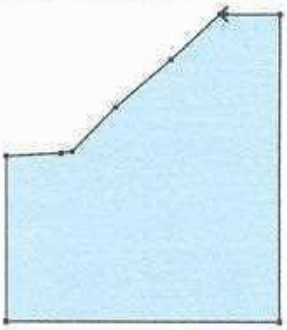
Name: TALUD 01: Micropilotes de Bambú | **Stage - analysis: 4 - 1**



[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Input data (Stage of construction 5)

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		20.00	12.77	19.51	12.77	SUELO: TALUD 01
		15.00	8.70	10.00	4.44	
		6.02	0.41	5.00	0.27	
		0.00	0.00	0.00	-15.00	
		25.00	-15.00	25.00	12.77	

Anchors

No.	Anchor		Origin		Free length	Root length	Slope	Anchor spacing	Force
	new	post-stressed	x [m]	z [m]	l [m]	l_k [m]	α [°]	b [m]	F [kN]
1	Yes		8.00	2.41	6.00	2.00	30.00	1.50	400.00
2	Yes		12.50	6.57	6.00	2.00	30.00	1.50	400.00

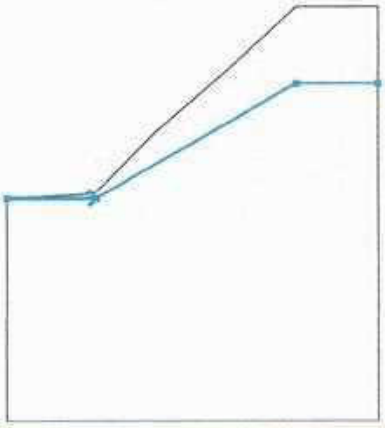
Reinforcements

No.	Reinforcement	Point to the left		Point to the right		Length	Strength	Pull out resist.	End of reinf.
	new	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]	L [m]	R_t [kN/m]		
1	Yes	6.02	0.41	10.00	4.44	5.66	120.00	C = 0.75	Fixed
2	Yes	10.00	4.44	15.00	8.70	6.57	120.00	C = 0.75	Fixed
3	Yes	15.00	8.70	19.51	12.77	6.07	120.00	C = 0.75	Fixed

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Water

Water type: GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	6.02	0.00	19.51	7.70
		25.00	7.70				

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient: K_h = 0.1000
Vertical seismic coefficient: K_v = 0.0500

Settings of the stage of construction

Design situation: permanent

Results (Stage of construction 5)

Analysis 1 (stage 5)

Circular slip surface

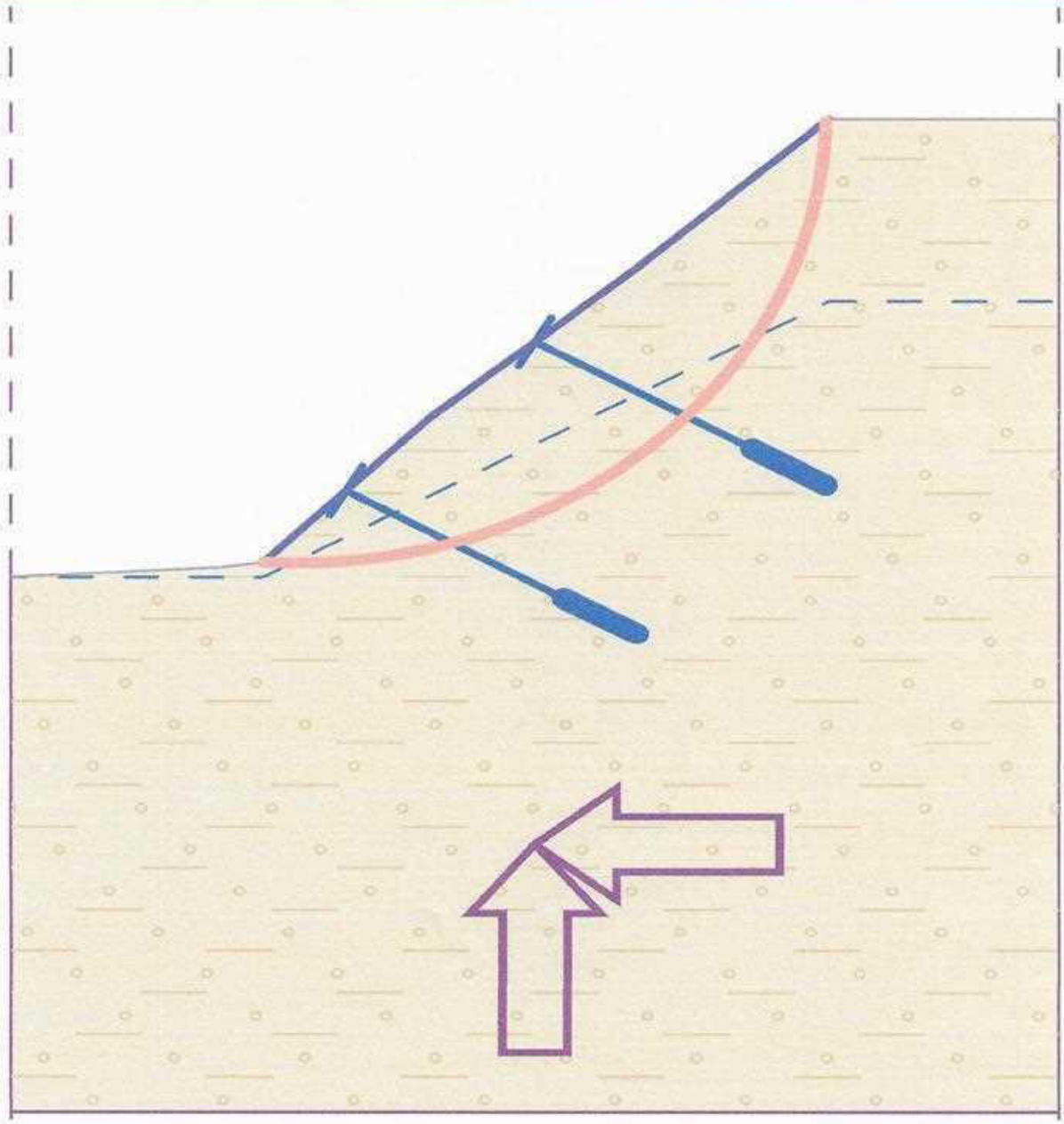
Slip surface parameters					
Center:	x =	6.80 [m]	Angles:	α_1 =	-3.48 [°]
	z =	13.05 [m]		α_2 =	88.47 [°]
Radius:	R =	12.65 [m]			
Analysis of the slip surface without optimization.					

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability verification (all methods)

Bishop:	FS = 1.67 > 1.50	ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson:	FS = 1.58 > 1.50	ACCEPTABLE
Spencer:	FS = 2.69 > 1.50	ACCEPTABLE
Janbu:	FS = 2.69 > 1.50	ACCEPTABLE
Morgenstern-Price:	FS = 2.69 > 1.50	ACCEPTABLE

Name: TALUD 01: Geomalla	Stage - analysis: 5 - 1



[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Anexo 6

ANALISIS DEL TALUD 02

Slope stability analysis

Input data

Project

Date: 10/05/2026

Settings

Standard - safety factors

Stability analysis

Earthquake analysis: Standard
Verification methodology: Safety factors (ASD)

Safety factors Permanent design situation		
Safety factor:	SF_s =	1.50 [--]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	4.68	0.02	5.00	0.37
		10.00	4.43	15.00	7.44	18.80	10.40
		20.00	10.40	25.00	10.40		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	SUELO: TALUD 02		28.00	4.00	17.00

[GEOS - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Soil parameters - uplift

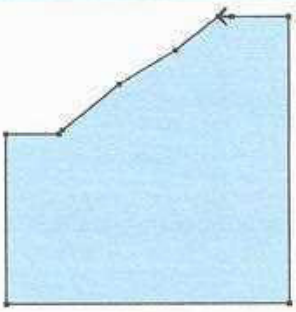
No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [-]
1	SUELO: TALUD 02		19.00		

Soil parameters

SUELO: TALUD 02

Unit weight: γ = 17.00 kN/m³
Stress-state: effective
Angle of internal friction: φ_{ef} = 28.00 °
Cohesion of soil: c_{ef} = 4.00 kPa
Saturated unit weight: γ_{sat} = 19.00 kN/m³

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		20.00	10.40	18.80	10.40	SUELO: TALUD 02
		15.00	7.44	10.00	4.43	
		5.00	0.37	4.68	0.02	
		0.00	0.00	0.00	-15.00	
		25.00	-15.00	25.00	10.40	

Water

Water type: No water

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Earthquake not included.

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Settings of the stage of construction

Design situation: permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center:	x =	7.16 [m]	Angles:	α_1 =	-14.81 [°]
	z =	11.37 [m]		α_2 =	85.27 [°]
Radius:	R =	11.74 [m]			
Analysis of the slip surface without optimization.					

Slope stability verification (all methods)

Bishop:	FS = 1.34 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson:	FS = 1.18 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer:	FS = 1.33 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu:	FS = 1.33 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price:	FS = 1.33 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability analysis

Input data

Project

Date: 10/05/2026

Settings

Standard - safety factors

Stability analysis

Earthquake analysis: Standard
Verification methodology: Safety factors (ASD)

Safety factors Permanent design situation		
Safety factor:	SF_s =	1.50 [–]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	4.68	0.02	5.00	0.37
		10.00	4.43	15.00	7.44	18.80	10.40
		20.00	10.40	25.00	10.40		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	SUELO: TALUD 02		28.00	4.00	17.00

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Soil parameters - uplift

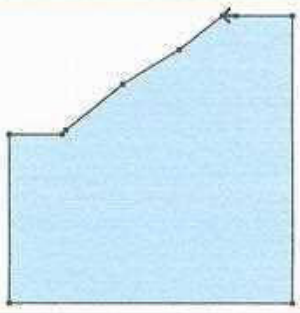
No.	Name	Pattern	γsat [kN/m3]	γs [kN/m3]	n [-]
1	SUELO: TALUD 02		19.00		

Soil parameters

SUELO: TALUD 02

Unit weight: γ = 17.00 kN/m3
Stress-state: effective
Angle of internal friction: φ_{ef} = 28.00 °
Cohesion of soil: c_{ef} = 4.00 kPa
Saturated unit weight: γ_{sat} = 19.00 kN/m3

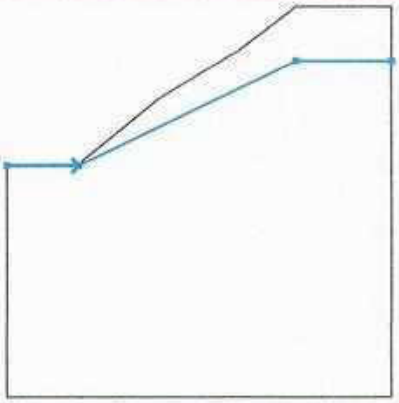
Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		20.00	10.40	18.80	10.40	SUELO: TALUD 02
		15.00	7.44	10.00	4.43	
		5.00	0.37	4.68	0.02	
		0.00	0.00	0.00	-15.00	
		25.00	-15.00	25.00	10.40	

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Water

Water type: GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	4.68	0.00	18.80	6.80
		25.00	6.80				

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation: permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1 (stage 1)

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center:	x =	7.16 [m]	Angles:	α_1 =	-14.81 [°]
	z =	11.37 [m]		α_2 =	85.27 [°]
Radius:	R =	11.74 [m]			
Analysis of the slip surface without optimization.					

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

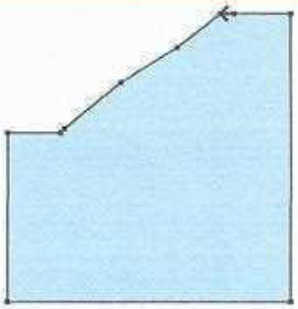
Slope stability verification (all methods)

Bishop:	FS = 1.02 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson:	FS = 0.90 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer:	FS = 1.02 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu:	FS = 1.02 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price:	FS = 1.02 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Input data (Stage of construction 2)

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		20.00	10.40	18.80	10.40	SUELO: TALUD 02
		15.00	7.44	10.00	4.43	
		5.00	0.37	4.68	0.02	
		0.00	0.00	0.00	-15.00	
		25.00	-15.00	25.00	10.40	

Water

Water type: No water

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient: K_h = 0.1000
Vertical seismic coefficient: K_v = 0.0500

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 2)

Analysis 1 (stage 2)

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center:	x =	7.16 [m]	Angles:	α_1 =	-14.81 [°]
	z =	11.37 [m]		α_2 =	85.27 [°]
Radius:	R =	11.74 [m]			
Analysis of the slip surface without optimization.					

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

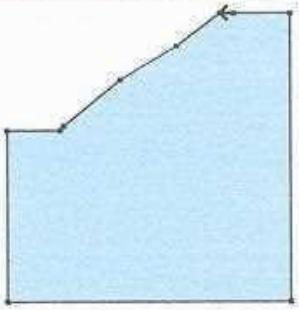
Slope stability verification (all methods)

Bishop:	FS = 1.13 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson:	FS = 0.99 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer:	FS = 1.13 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu:	FS = 1.13 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price:	FS = 1.13 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

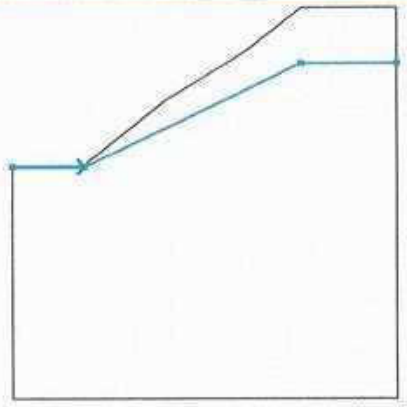
Input data (Stage of construction 3)

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m] x	z	x	z	Assigned soil
1		20.00	10.40	18.80	10.40	SUELO: TALUD 02
		15.00	7.44	10.00	4.43	
		5.00	0.37	4.68	0.02	
		0.00	0.00	0.00	-15.00	
		25.00	-15.00	25.00	10.40	

Water

Water type: GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m] x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	4.68	0.00	18.80	6.80
		25.00	6.80				

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient: K_h = 0.1000
Vertical seismic coefficient: K_v = 0.0500

[GEOS - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 3)

Analysis 1 (stage 3)

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center:	x =	7.16 [m]	Angles:	α_1 =	-14.81 [°]
	z =	11.37 [m]		α_2 =	85.27 [°]
Radius:	R =	11.74 [m]			
Analysis of the slip surface without optimization.					

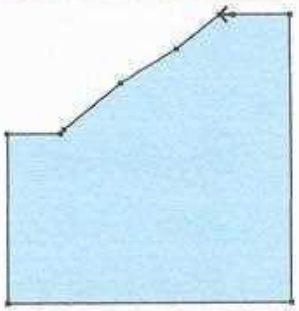
Slope stability verification (all methods)

Bishop:	FS = 0.84 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson:	FS = 0.73 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer:	FS = 0.86 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu:	FS = 0.85 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price:	FS = 0.85 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Input data (Stage of construction 4)

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		20.00	10.40	18.80	10.40	SUELO: TALUD 02
		15.00	7.44	10.00	4.43	
		5.00	0.37	4.68	0.02	
		0.00	0.00	0.00	-15.00	
		25.00	-15.00	25.00	10.40	

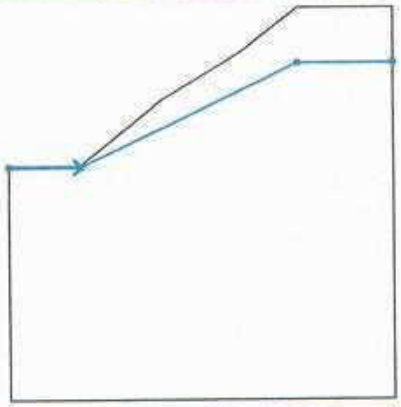
Anti-Slide piles

No.	Anti-Slide pile	Point		Length	Pile spacing	Cross-section	Pile bearing capacity			
	new	x [m]	z [m]	l [m]	b [m]	[m]	Distribution along the pile	Max. bearing capacity V_u [kN]	Gradient K [--]	Passive force direction
1	Yes	10.00	4.43	6.00	0.50	d = 0.10	constant	75.00		perpendicular to pile
2	Yes	15.00	7.44	6.00	0.50	d = 0.12	constant	108.00		perpendicular to pile

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Water

Water type: GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	4.68	0.00	18.80	6.80
		25.00	6.80				

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient : K_h = 0.1000
Vertical seismic coefficient : K_v = 0.0500

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 4)

Analysis 1 (stage 4)

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center :	x =	7.16 [m]	Angles :	α_1 =	-14.81 [°]
	z =	11.37 [m]		α_2 =	85.27 [°]
Radius :	R =	11.74 [m]			
Analysis of the slip surface without optimization.					

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

The forces acting on the pile

Spencer

Anti-Slide Pile No. 1 (10.00; 4.43 [m])

Horizontal active force:	113.60	kN/m
Horizontal passive force:	18.65	kN/m
Depth of slip surface:	4.45	m
The length of pile below terrain:	6.00	m

Anti-Slide Pile No. 2 (15.00; 7.44 [m])

Horizontal active force:	89.97	kN/m
Horizontal passive force:	5.10	kN/m
Depth of slip surface:	4.80	m
The length of pile below terrain:	6.00	m

Janbu

Anti-Slide Pile No. 1 (10.00; 4.43 [m])

Horizontal active force:	155.06	kN/m
Horizontal passive force:	108.79	kN/m
Depth of slip surface:	4.45	m
The length of pile below terrain:	6.00	m

Anti-Slide Pile No. 2 (15.00; 7.44 [m])

Horizontal active force:	95.51	kN/m
Horizontal passive force:	44.77	kN/m
Depth of slip surface:	4.80	m
The length of pile below terrain:	6.00	m

Morgenstern-Price

Anti-Slide Pile No. 1 (10.00; 4.43 [m])

Horizontal active force:	120.12	kN/m
Horizontal passive force:	4.64	kN/m
Depth of slip surface:	4.45	m
The length of pile below terrain:	6.00	m

Anti-Slide Pile No. 2 (15.00; 7.44 [m])

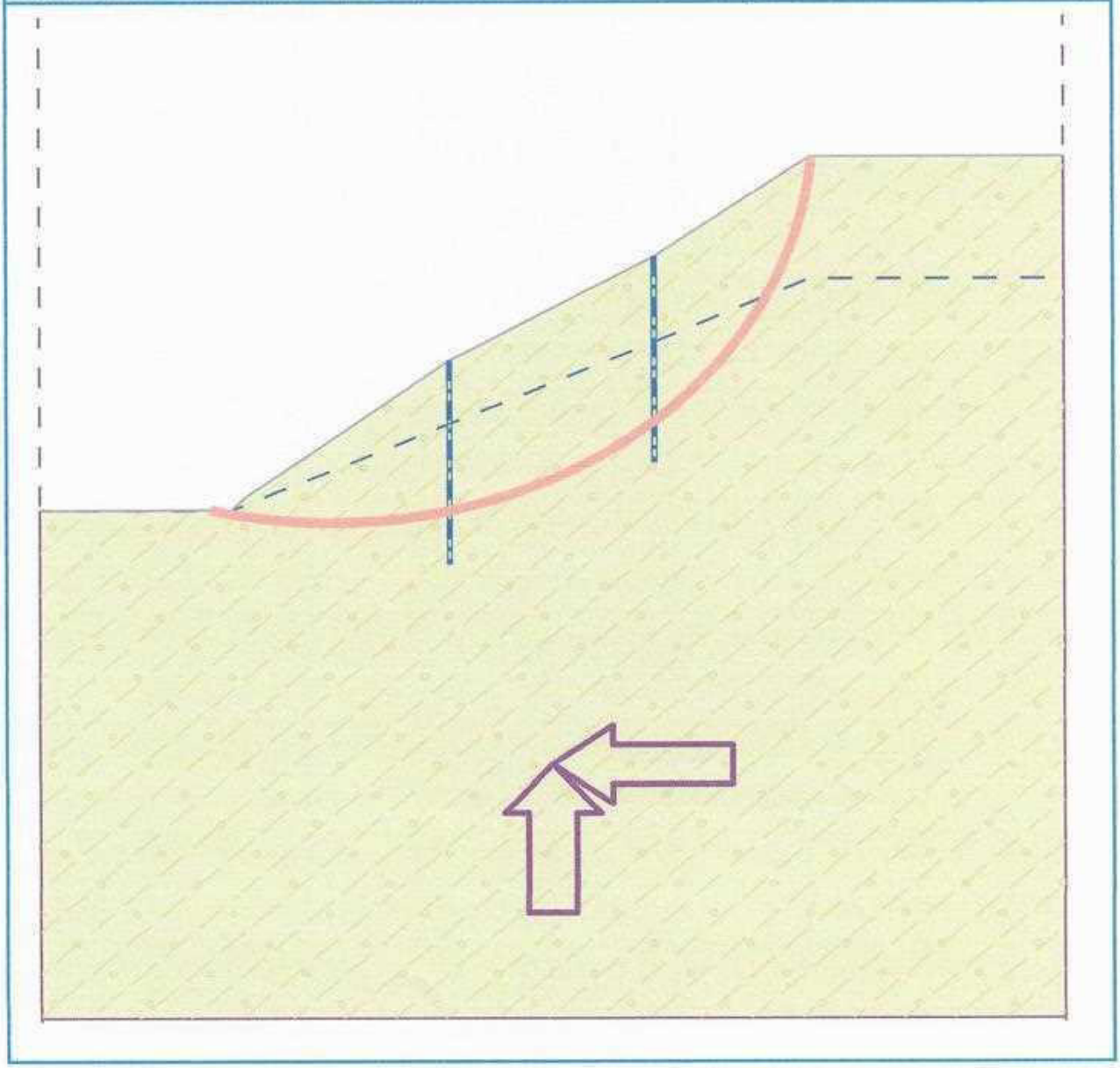
Horizontal active force:	158.36	kN/m	
Horizontal passive force:	0.00	kN/m	The slope in front of anti-slide pile is not satisfactory.
Depth of slip surface:	4.80	m	
The length of pile below terrain:	6.00	m	

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability verification (all methods)

Bishop:	FS = 1.64 > 1.50	ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson:	FS = 1.60 > 1.50	ACCEPTABLE
Spencer:	FS = 3.07 > 1.50	ACCEPTABLE
Janbu:	FS = 3.09 > 1.50	ACCEPTABLE
Morgenstern-Price:	FS = 3.09 > 1.50	ACCEPTABLE

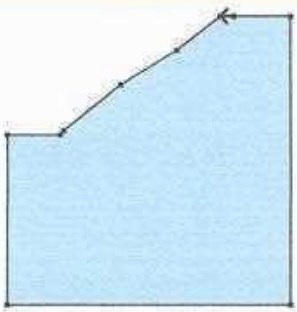
Name: TALUD 02: Micropilotes de Bambú | Stage - analysis: 4 - 1



[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Input data (Stage of construction 5)

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		20.00	10.40	18.80	10.40	SUELO: TALUD 02
		15.00	7.44	10.00	4.43	
		5.00	0.37	4.68	0.02	
		0.00	0.00	0.00	-15.00	
		25.00	-15.00	25.00	10.40	

Anchors

No.	Anchor		Origin		Free length	Root length	Slope	Anchor spacing	Force
	new	post-stressed	x [m]	z [m]	l [m]	l_k [m]	α [°]	b [m]	F [kN]
1	Yes		7.00	1.99	6.00	2.00	30.00	1.50	400.00
2	Yes		12.50	5.94	6.00	2.00	30.00	1.50	400.00

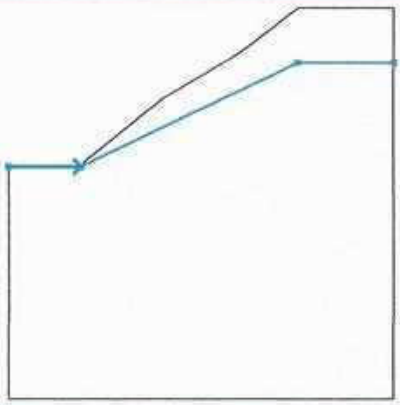
Reinforcements

No.	Reinforcement	Point to the left		Point to the right		Length	Strength	Pull out resist.	End of reinf.
	new	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]	L [m]	R_t [kN/m]		
1	Yes	4.68	0.02	5.00	0.37	0.47	120.00	C = 0.70	Fixed
2	Yes	5.00	0.37	10.00	4.43	6.44	120.00	C = 0.70	Fixed
3	Yes	10.00	4.43	15.00	7.44	5.84	120.00	C = 0.70	Fixed
4	Yes	15.00	7.44	18.80	10.40	4.82	120.00	C = 0.70	Fixed

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Water

Water type: GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	4.68	0.00	18.80	6.80
		25.00	6.80				

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient: K_h = 0.1000
Vertical seismic coefficient: K_v = 0.0500

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 5)

Analysis 1 (stage 5)

Circular slip surface

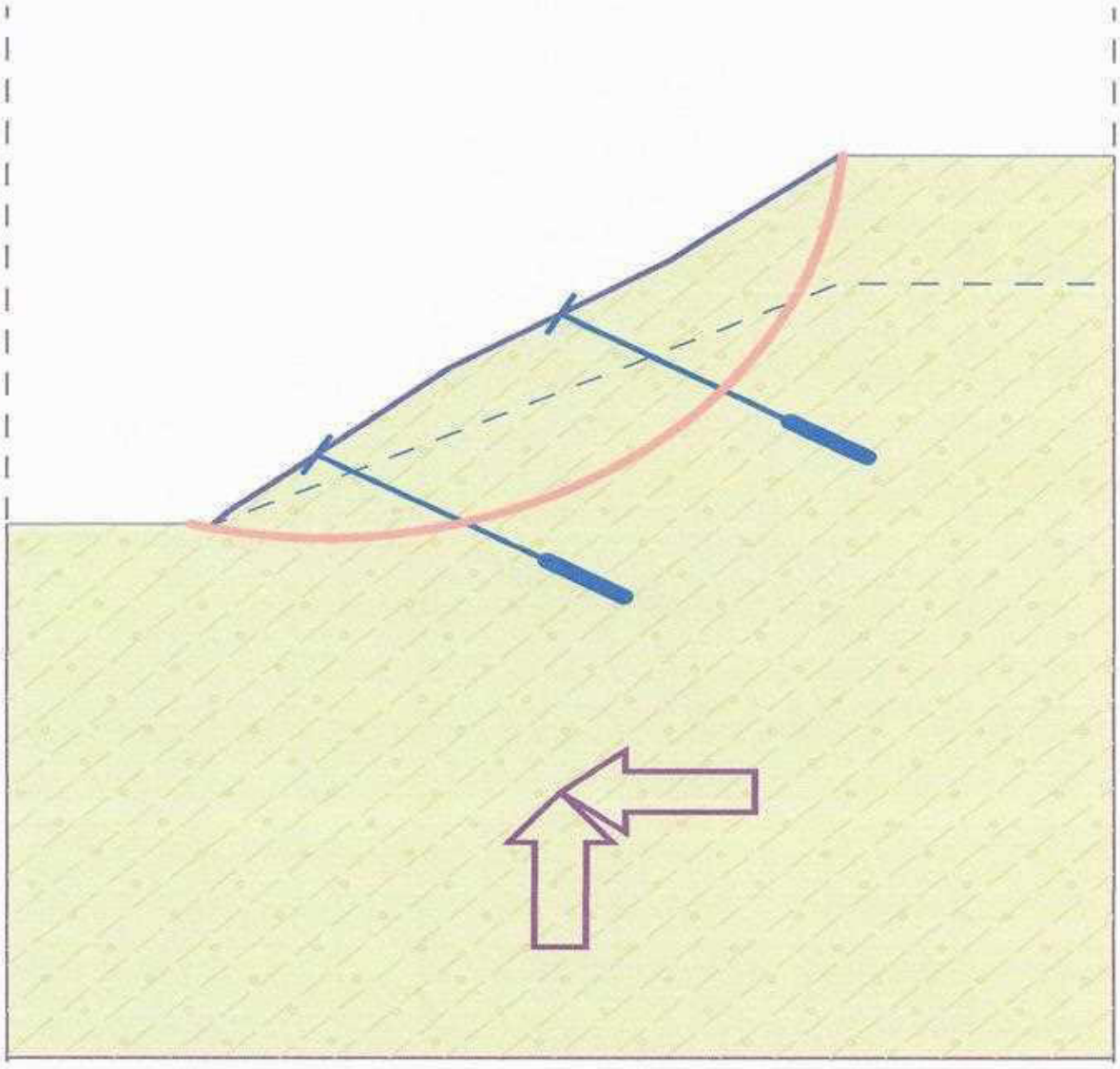
Slip surface parameters					
Center :	x =	7.16 [m]	Angles:	α_1 =	-14.81 [°]
	z =	11.37 [m]		α_2 =	85.27 [°]
Radius :	R =	11.74 [m]			
Analysis of the slip surface without optimization.					

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability verification (all methods)

Bishop:	FS = 1.68 > 1.50	ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson:	FS = 1.57 > 1.50	ACCEPTABLE
Spencer:	FS = 2.80 > 1.50	ACCEPTABLE
Janbu:	FS = 2.80 > 1.50	ACCEPTABLE
Morgenstern-Price:	FS = 2.80 > 1.50	ACCEPTABLE

Name: TALUD 02: Geomalla | Stage - analysis : 5 - 1



[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Anexo 7

ANALISIS DEL TALUD 03

Slope stability analysis

Input data

Project

Date: 11/05/2026

Settings

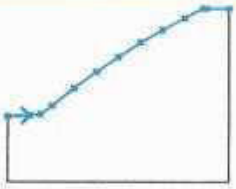
Standard - safety factors

Stability analysis

Earthquake analysis: Standard
Verification methodology: Safety factors (ASD)

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor:	SF_s =	1.50 [–]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	5.00	0.23	7.36	0.46
		10.00	2.37	15.00	6.40	20.00	10.05
		25.00	13.49	30.00	16.79	35.00	19.65
		40.00	22.35	44.10	24.59	45.00	24.59
		50.00	24.59				

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	SUELO: TALUD 03		21.00	7.00	16.00

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Soil parameters - uplift

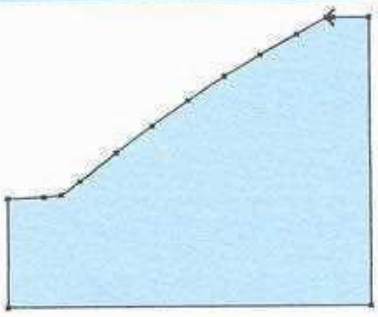
No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [-]
1	SUELO: TALUD 03		18.50		

Soil parameters

SUELO: TALUD 03

Unit weight : γ = 16.00 kN/m³
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 21.00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 7.00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 18.50 kN/m³

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		45.00	24.59	44.10	24.59	SUELO: TALUD 03
		40.00	22.35	35.00	19.65	
		30.00	16.79	25.00	13.49	
		20.00	10.05	15.00	6.40	
		10.00	2.37	7.36	0.46	
		5.00	0.23	0.00	0.00	
		0.00	-15.00	50.00	-15.00	
		50.00	24.59			

Water

Water type: No water

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Earthquake not included.

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Settings of the stage of construction

Design situation: permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center:	x =	7.94 [m]	Angles :	α_1 =	-2.52 [°]
	z =	39.74 [m]		α_2 =	67.41 [°]
Radius:	R =	39.43 [m]			
Analysis of the slip surface without optimization.					

Slope stability verification (all methods)

Bishop:	FS = 0.90 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson:	FS = 0.84 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer:	FS = 0.89 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu:	FS = 0.89 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price:	FS = 0.89 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability analysis

Input data

Project

Date: 11/05/2026

Settings

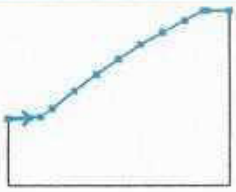
Standard - safety factors

Stability analysis

Earthquake analysis: Standard
Verification methodology: Safety factors (ASD)

Safety factors Permanent design situation		
Safety factor:	SF_s =	1.50 [–]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	5.00	0.23	7.36	0.46
		10.00	2.37	15.00	6.40	20.00	10.05
		25.00	13.49	30.00	16.79	35.00	19.65
		40.00	22.35	44.10	24.59	45.00	24.59
		50.00	24.59				

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m^3]
1	SUELO: TALUD 03		21.00	7.00	16.00

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Soil parameters - uplift

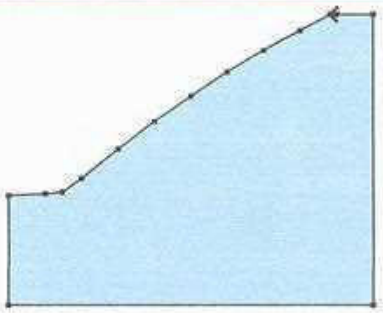
No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [--]
1	SUELO: TALUD 03		18.50		

Soil parameters

SUELO: TALUD 03

Unit weight: γ = 16.00 kN/m³
Stress-state: effective
Angle of internal friction: φ_{ef} = 21.00 °
Cohesion of soil: c_{ef} = 7.00 kPa
Saturated unit weight: γ_{sat} = 18.50 kN/m³

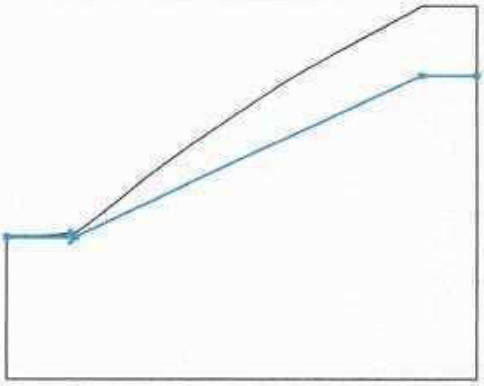
Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		45.00	24.59	44.10	24.59	SUELO: TALUD 03
		40.00	22.35	35.00	19.65	
		30.00	16.79	25.00	13.49	
		20.00	10.05	15.00	6.40	
		10.00	2.37	7.36	0.46	
		5.00	0.23	0.00	0.00	
		0.00	-15.00	50.00	-15.00	
		50.00	24.59			

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Water

Water type: GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	7.36	0.00	44.10	17.20
		50.00	17.20				

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation: permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1 (stage 1)

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center:	x =	7.94 [m]	Angles:	α_1 =	-2.52 [°]
	z =	39.74 [m]		α_2 =	67.41 [°]
Radius:	R =	39.43 [m]			
Analysis of the slip surface without optimization.					

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

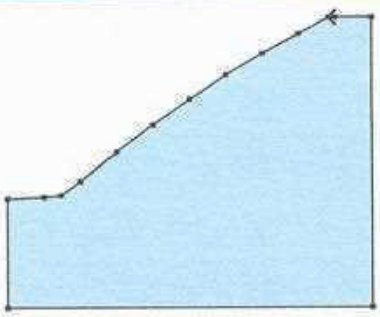
Slope stability verification (all methods)

Bishop:	FS = 0.74 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson:	FS = 0.70 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer:	FS = 0.74 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu:	FS = 0.74 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price:	FS = 0.74 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Input data (Stage of construction 2)

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		45.00	24.59	44.10	24.59	SUELO: TALUD 03 
		40.00	22.35	35.00	19.65	
		30.00	16.79	25.00	13.49	
		20.00	10.05	15.00	6.40	
		10.00	2.37	7.36	0.46	
		5.00	0.23	0.00	0.00	
		0.00	-15.00	50.00	-15.00	
		50.00	24.59			

Water

Water type: No water

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient: K_h = 0.1000
Vertical seismic coefficient: K_v = 0.0500

Settings of the stage of construction

Design situation: permanent

Results (Stage of construction 2)

Analysis 1 (stage 2)

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center:	x =	7.94 [m]	Angles:	α_1 =	-2.52 [°]
	z =	39.74 [m]		α_2 =	67.41 [°]
Radius:	R =	39.43 [m]			
Analysis of the slip surface without optimization.					

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

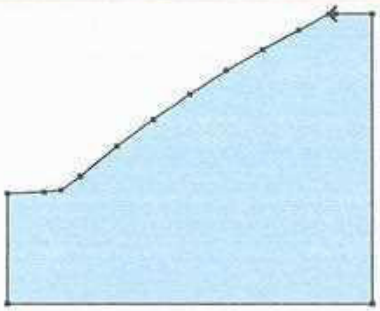
Slope stability verification (all methods)

Bishop:	FS = 0.75 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson:	FS = 0.70 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer:	FS = 0.75 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu:	FS = 0.75 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price:	FS = 0.75 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

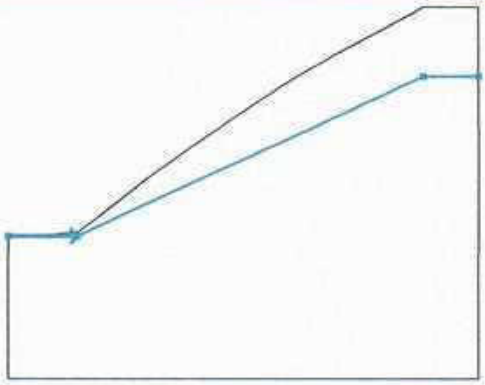
Input data (Stage of construction 3)

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		45.00	24.59	44.10	24.59	SUELO: TALUD 03
		40.00	22.35	35.00	19.65	
		30.00	16.79	25.00	13.49	
		20.00	10.05	15.00	6.40	
		10.00	2.37	7.36	0.46	
		5.00	0.23	0.00	0.00	
		0.00	-15.00	50.00	-15.00	
		50.00	24.59			

Water

Water type: GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	7.36	0.00	44.10	17.20
		50.00	17.20				

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient: K_h = 0.1000
Vertical seismic coefficient: K_v = 0.0500

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 3)

Analysis 1 (stage 3)

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center:	x =	7.94 [m]	Angles:	α_1 =	-2.52 [°]
	z =	39.74 [m]		α_2 =	67.41 [°]
Radius:	R =	39.43 [m]			
Analysis of the slip surface without optimization.					

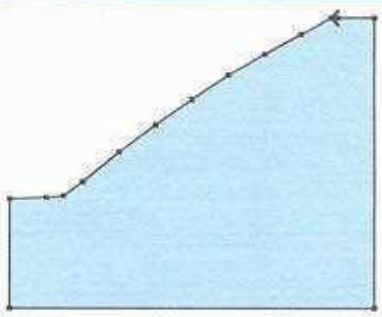
Slope stability verification (all methods)

Bishop:	FS = 0.61 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson:	FS = 0.57 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Spencer:	FS = 0.61 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Janbu:	FS = 0.77 < 1.50	NOT ACCEPTABLE
Morgenstern-Price:	FS = 0.61 < 1.50	NOT ACCEPTABLE

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Input data (Stage of construction 4)

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		45.00	24.59	44.10	24.59	SUELO: TALUD 03
		40.00	22.35	35.00	19.65	
		30.00	16.79	25.00	13.49	
		20.00	10.05	15.00	6.40	
		10.00	2.37	7.36	0.46	
		5.00	0.23	0.00	0.00	
		0.00	-15.00	50.00	-15.00	
		50.00	24.59			

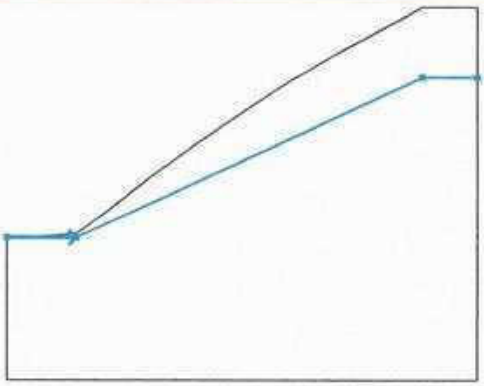
Anti-Slide piles

No.	Anti-Slide pile	Point		Length	Pile spacing	Cross-section	Pile bearing capacity			
	new	x [m]	z [m]	l [m]	b [m]	[m]	Distribution along the pile	Max. bearing capacity V_u [kN]	Gradient K [–]	Passive force direction
1	Yes	10.00	2.37	8.00	0.30	d = 0.14	constant	147.00		perpendicular to pile
2	Yes	15.00	6.40	8.00	0.30	d = 0.14	constant	147.00		perpendicular to pile
3	Yes	20.00	10.05	8.00	0.30	d = 0.14	constant	147.00		perpendicular to pile
4	Yes	25.00	13.49	8.00	0.30	d = 0.14	constant	147.00		perpendicular to pile
5	Yes	30.00	16.79	8.00	0.30	d = 0.14	constant	147.00		perpendicular to pile
6	Yes	35.00	19.65	8.00	0.30	d = 0.14	constant	147.00		perpendicular to pile
7	Yes	40.00	22.35	8.00	0.30	d = 0.17	constant	216.00		perpendicular to pile

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Water

Water type: GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	7.36	0.00	44.10	17.20
		50.00	17.20				

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient: K_h = 0.1000
Vertical seismic coefficient: K_v = 0.0500

Settings of the stage of construction

Design situation: permanent

Results (Stage of construction 4)

Analysis 1 (stage 4)

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center:	x =	7.94 [m]	Angles:	α_1 =	-2.52 [°]
	z =	39.74 [m]		α_2 =	67.41 [°]
Radius:	R =	39.43 [m]			
Analysis of the slip surface without optimization.					

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

The forces acting on the pile

Spencer

Anti-Slide Pile No. 1 (10.00; 2.37 [m])

Horizontal active force:	358.28	kN/m
Horizontal passive force:	21.78	kN/m
Depth of slip surface:	2.01	m
The length of pile below terrain:	8.00	m

Anti-Slide Pile No. 2 (15.00; 6.40 [m])

Horizontal active force:	649.75	kN/m
Horizontal passive force:	342.72	kN/m
Depth of slip surface:	5.44	m
The length of pile below terrain:	8.00	m

Anti-Slide Pile No. 3 (20.00; 10.05 [m])

Horizontal active force:	836.78	kN/m
Horizontal passive force:	554.57	kN/m
Depth of slip surface:	7.84	m
The length of pile below terrain:	8.00	m

Anti-Slide Pile No. 4 (25.00; 13.49 [m])

The pile do not intersect slip surface, forces acting on pile cannot be computed.Anti-Slide Pile No. 5 (30.00; 16.79 [m])

The pile do not intersect slip surface, forces acting on pile cannot be computed.Anti-Slide Pile No. 6 (35.00; 19.65 [m])

The pile do not intersect slip surface, forces acting on pile cannot be computed.Anti-Slide Pile No. 7 (40.00; 22.35 [m])

Horizontal active force:	107.40	kN/m	
Horizontal passive force:	0.00	kN/m	The slope in front of anti-slide pile is not satisfactory.
Depth of slip surface:	5.52	m	
The length of pile below terrain:	8.00	m	

Janbu

Anti-Slide Pile No. 1 (10.00; 2.37 [m])

Horizontal active force:	189.84	kN/m
Horizontal passive force:	22.43	kN/m
Depth of slip surface:	2.01	m
The length of pile below terrain:	8.00	m

Anti-Slide Pile No. 2 (15.00; 6.40 [m])

Horizontal active force:	350.52	kN/m
Horizontal passive force:	208.56	kN/m
Depth of slip surface:	5.44	m
The length of pile below terrain:	8.00	m

Anti-Slide Pile No. 3 (20.00; 10.05 [m])

Horizontal active force:	870.64	kN/m

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s.r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Horizontal passive force:	737.38	kN/m
Depth of slip surface:	7.84	m
The length of pile below terrain:	8.00	m

Anti-Slide Pile No. 4 (25.00; 13.49 [m])
The pile do not intersect slip surface, forces acting on pile cannot be computed.Anti-Slide Pile No. 5 (30.00; 16.79 [m])
The pile do not intersect slip surface, forces acting on pile cannot be computed.Anti-Slide Pile No. 6 (35.00; 19.65 [m])
The pile do not intersect slip surface, forces acting on pile cannot be computed.Anti-Slide Pile No. 7 (40.00; 22.35 [m])

Horizontal active force:	12.29	kN/m	
Horizontal passive force:	0.00	kN/m	The slope in front of anti-slide pile is not satisfactory.
Depth of slip surface:	5.52	m	
The length of pile below terrain:	8.00	m	

Morgenstern-Price

Anti-Slide Pile No. 1 (10.00; 2.37 [m])

Horizontal active force:	319.29	kN/m
Horizontal passive force:	18.97	kN/m
Depth of slip surface:	2.01	m
The length of pile below terrain:	8.00	m

Anti-Slide Pile No. 2 (15.00; 6.40 [m])

Horizontal active force:	617.36	kN/m
Horizontal passive force:	314.32	kN/m
Depth of slip surface:	5.44	m
The length of pile below terrain:	8.00	m

Anti-Slide Pile No. 3 (20.00; 10.05 [m])

Horizontal active force:	806.81	kN/m
Horizontal passive force:	524.03	kN/m
Depth of slip surface:	7.84	m
The length of pile below terrain:	8.00	m

Anti-Slide Pile No. 4 (25.00; 13.49 [m])
The pile do not intersect slip surface, forces acting on pile cannot be computed.Anti-Slide Pile No. 5 (30.00; 16.79 [m])
The pile do not intersect slip surface, forces acting on pile cannot be computed.Anti-Slide Pile No. 6 (35.00; 19.65 [m])
The pile do not intersect slip surface, forces acting on pile cannot be computed.Anti-Slide Pile No. 7 (40.00; 22.35 [m])

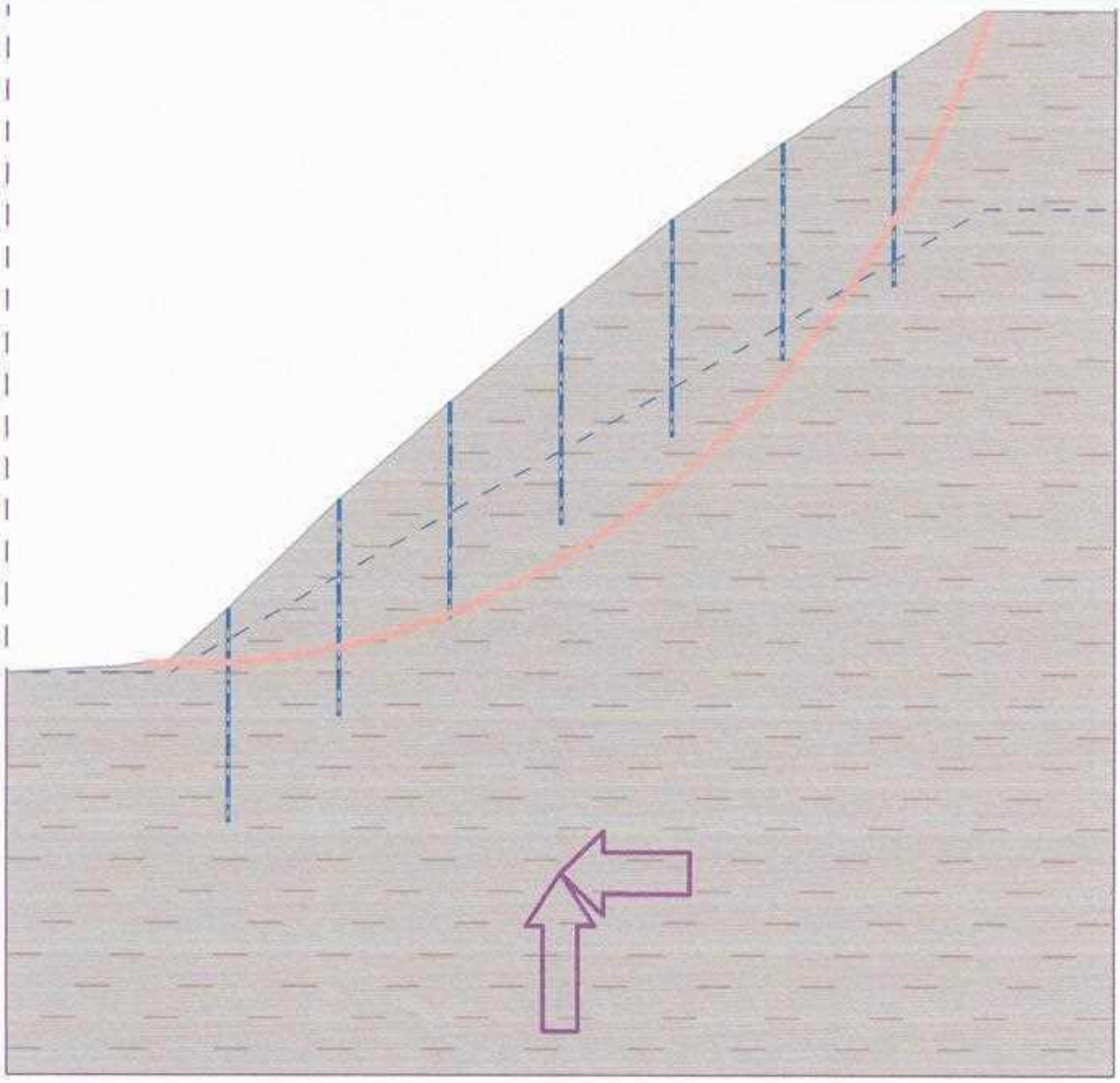
Horizontal active force:	153.84	kN/m	
Horizontal passive force:	0.00	kN/m	The slope in front of anti-slide pile is not satisfactory.
Depth of slip surface:	5.52	m	
The length of pile below terrain:	8.00	m	

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability verification (all methods)

Bishop:	FS = 1.59 > 1.50	ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson:	FS = 1.57 > 1.50	ACCEPTABLE
Spencer:	FS = 5.53 > 1.50	ACCEPTABLE
Janbu:	FS = 5.52 > 1.50	ACCEPTABLE
Morgenstern-Price:	FS = 5.52 > 1.50	ACCEPTABLE

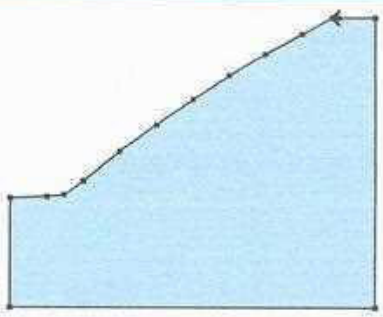
Name: TALUD 03 - Micropilotes de Bambú | Stage - analysis: 4 - 1



[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Input data (Stage of construction 5)

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		45.00	24.59	44.10	24.59	SUELO: TALUD 03
		40.00	22.35	35.00	19.65	
		30.00	16.79	25.00	13.49	
		20.00	10.05	15.00	6.40	
		10.00	2.37	7.36	0.46	
		5.00	0.23	0.00	0.00	
		0.00	-15.00	50.00	-15.00	
		50.00	24.59			

Anchors

No.	Anchor		Origin		Free length	Root length	Slope	Anchor spacing	Force
	new	post-stressed	x [m]	z [m]	l [m]	l_k [m]	α [°]	b [m]	F [kN]
1	Yes		8.50	1.28	8.00	2.50	30.00	1.00	500.00
2	Yes		12.50	4.38	8.00	2.50	30.00	1.00	500.00
3	Yes		17.50	8.23	8.00	2.50	30.00	1.00	500.00
4	Yes		22.50	11.77	8.00	2.50	30.00	1.00	500.00
5	Yes		27.50	15.14	8.00	2.50	30.00	1.00	500.00
6	Yes		32.50	18.22	8.00	2.50	30.00	1.00	500.00
7	Yes		37.50	21.00	8.00	2.50	30.00	1.00	500.00

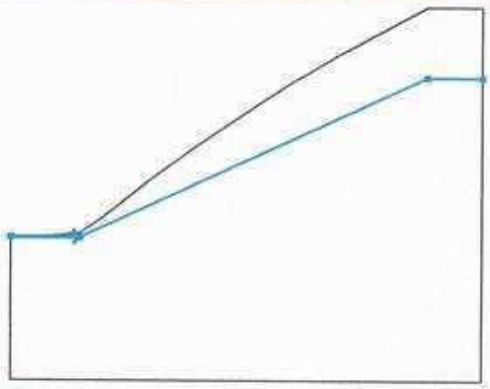
Reinforcements

No.	Reinforcement	Point to the left		Point to the right		Length	Strength	Pull out resist.	End of reinf.
	new	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]	L [m]	R_t [kN/m]		
1	Yes	7.36	0.46	10.00	2.37	3.26	120.00	C = 0.65	Fixed
2	Yes	10.00	2.37	15.00	6.40	6.42	120.00	C = 0.65	Fixed
3	Yes	15.00	6.40	20.00	10.05	6.19	120.00	C = 0.65	Fixed
4	Yes	20.00	10.05	25.00	13.49	6.07	120.00	C = 0.65	Fixed
5	Yes	25.00	13.49	30.00	16.79	5.99	120.00	C = 0.65	Fixed
6	Yes	30.00	16.79	35.00	19.65	5.76	120.00	C = 0.65	Fixed
7	Yes	35.00	19.65	40.00	22.35	5.68	120.00	C = 0.65	Fixed
8	Yes	40.00	22.35	44.10	24.59	4.67	120.00	C = 0.65	Fixed

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Water

Water type: GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	0.00	7.36	0.00	44.10	17.20
		50.00	17.20				

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient: K_h = 0.1000
Vertical seismic coefficient: K_v = 0.0500

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 5)

Analysis 1 (stage 5)

Circular slip surface

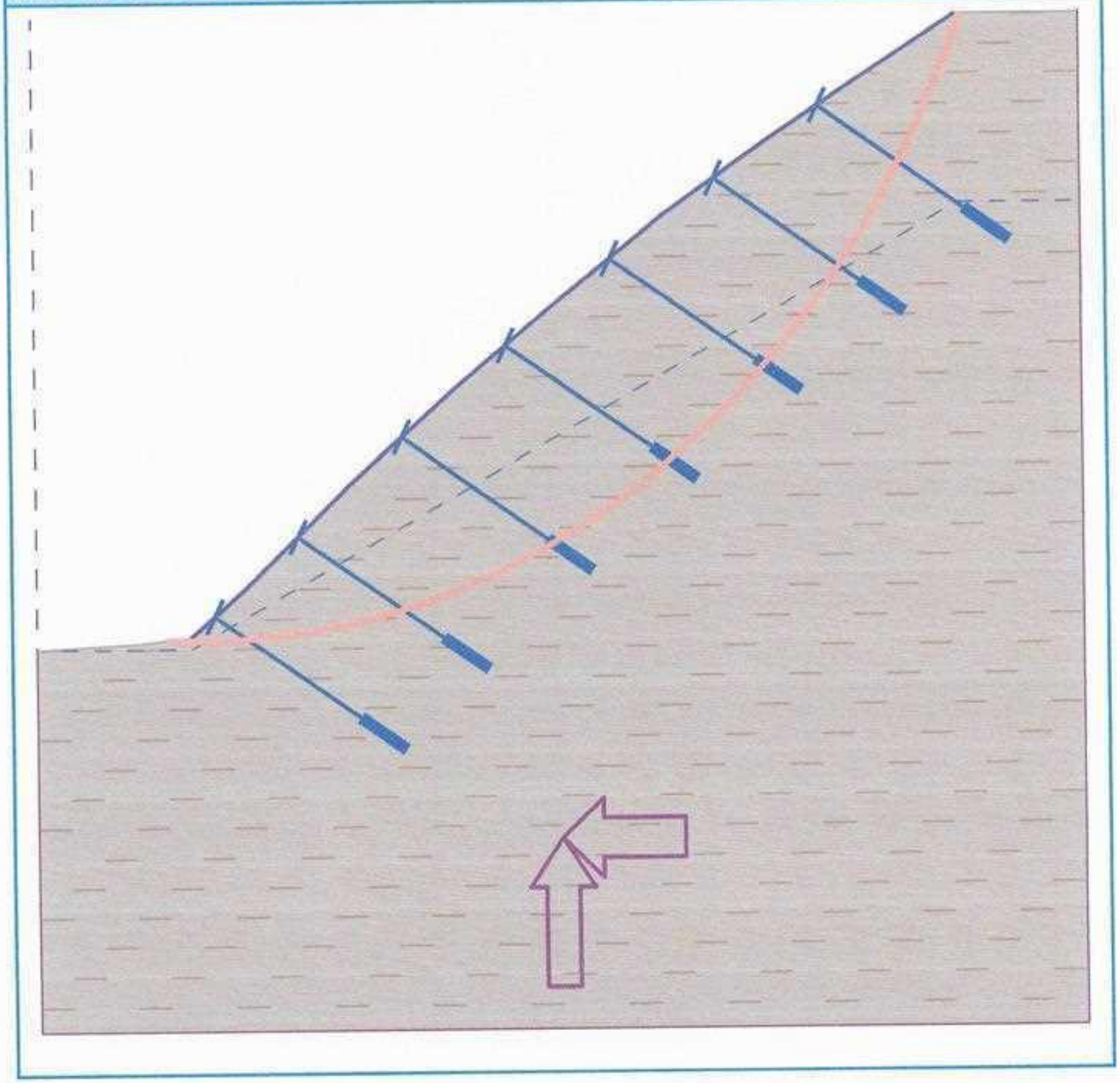
Slip surface parameters					
Center:	x =	7.94 [m]	Angles:	α_1 =	-2.52 [°]
	z =	39.74 [m]		α_2 =	67.41 [°]
Radius:	R =	39.43 [m]			
Analysis of the slip surface without optimization.					

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability verification (all methods)

Bishop:	FS = 1.56 > 1.50	ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson:	FS = 1.51 > 1.50	ACCEPTABLE
Spencer:	FS = 2.98 > 1.50	ACCEPTABLE
Janbu:	FS = 2.98 > 1.50	ACCEPTABLE
Morgenstern-Price:	FS = 2.98 > 1.50	ACCEPTABLE

Name: TALUD 03 - Geomalla | Stage - analysis: 5 - 1



[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2025.34.0 | Copyright © 2025 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]