

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Mejoramiento de la subrasante del suelo
arcilloso con adición de ceniza de cabuya y
fibras PET en el tramo Socos – Yanayacu,
Ayacucho**

Jhonatan Ayala Guevara

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental

Tesis digital



Esta obra está bajo una licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional"

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Juan Jose Bullon Rosas
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 10 de Octubre de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"Mejorar la subrasante del suelo arcilloso con adición de ceniza de cabuya y fibras PET en el tramo
Socos – Yanayacu, Ayacucho"

Autor:

Jhonatan Ayala Guevara – EAP. Ingeniería Civil

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 17 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|---|--|-----------------------------|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☒ | NO ☐ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): 15 | SI ☒ | NO ☐ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☒ | NO ☐ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

**La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)**

Asesor

Dr. JUAN BULLON ROSAS

DEDICATORIA

A mis amados padres, Hugo Efrain Ayala Torre y Consuelo Exaltación Guevara Vargas, quienes con su amor incondicional, apoyo constante y sabiduría infinita han sido mi fuente de inspiración y fortaleza a lo largo de este viaje académico. Cada logro alcanzado en esta tesis es el reflejo de sus sacrificios y enseñanzas. A ustedes les dedico este trabajo con profundo agradecimiento y amor eterno.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a la Universidad Continental por brindarme la oportunidad de formarme académicamente en un ambiente enriquecedor y de excelencia. Agradezco a todos los profesores y personal administrativo que han contribuido a mi desarrollo durante estos años.

Un agradecimiento especial merece el Ing. Juan Bullón Rosas, mi asesor, cuya orientación, paciencia y conocimientos han sido fundamentales en la culminación de este proyecto. Su guía experta y dedicación han dejado una marca significativa en mi aprendizaje y crecimiento académico.

A la Universidad Continental y al Ing. Juan Bullón Rosas, les expreso mi profundo reconocimiento y gratitud por su valioso aporte a mi formación profesional.

ÍNDICE

Asesor	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	xii
 CAPÍTULO I.....	 14
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	14
1.1. Planteamiento y formulación del problema	14
1.1.1. Realidad problemática.....	14
1.1.2. Formulación del problema.....	15
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Objetivo general.....	16
1.2.2. Objetivos específicos	16
1.3. Justificación en importancia.....	16
1.3.1. Justificación.....	16
1.3.2. Importancia.....	17
1.4. Hipótesis y descripción de variables.....	18
1.4.1. Hipótesis	18
1.4.2. Variables	18
 CAPITULO II	 20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes del problema.....	20
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	20
2.1.2. Antecedentes nacionales	23
2.2. Bases teóricas	26

2.2.1.	Suelos.....	26
2.2.2.	Origen de los suelos.....	26
2.2.3.	Granulometría del suelo	26
2.2.4.	Clasificación del suelo	27
2.2.5.	Límites de consistencia del suelo	35
2.2.6.	Contenido de humedad óptimo.....	39
2.2.7.	Densidad seca máxima (gr/cm ³).....	40
2.2.8.	El índice CBR en la evaluación de la calidad de una subrasante	40
2.2.9.	Aspectos importantes de una subrasante	44
2.2.10.	Estabilización de suelos.....	45
2.2.11.	Polímeros.....	46
2.2.12.	Cabuya	47
2.3.	Definición de términos básicos.....	49
CAPITULO III.....		51
METODOLOGÍA		51
3.1.	Método y alcance de la investigación.....	51
3.1.1.	Metodo.....	51
3.1.2.	Tipo.....	52
3.1.3.	Alcance	52
3.1.4.	Diseño	52
3.1.5.	Población y muestra.....	52
3.2.	Materiales y métodos	53
3.2.1.	Materiales.....	53
3.2.2.	Métodos	53
3.3.	Desarrollo de la investigación	53
3.3.1.	Generalidades.....	53
3.3.2.	Programa de investigaciones geotecnicas.....	54
CAPITULO IV		64
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		64
4.1.	Resultados del tratamiento y análisis de la información	64
4.1.1.	Caracterización física de los suelos evaluados en estado natural	64
4.1.2.	Caracterización mecánicas de los suelos evaluados	68
4.2.	Prueba de hipótesis	72

4.2.1. Adición de ceniza de cabuya y fibras PET en la compactación del suelo arcilloso para subrasante.....	72
4.2.2. Adición de ceniza de cabuya y fibras PET en la capacidad de soporte del suelo arcilloso para subrasante.....	74
4.3. Discusión de resultados.....	75
4.3.1. Adición de ceniza de cabuya y fibras PET en la compactación del suelo arcilloso para subrasante.....	76
4.3.2. Adición de ceniza de cabuya y fibras PET en la capacidad de soporte del suelo arcilloso para subrasante.....	79
 CONCLUSIONES.....	 82
RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de suelos según tamaño de partículas.....	27
Tabla 2. Condición del suelo de subrasante según su índice de grupo	29
Tabla 3. Sistema de clasificación AASHTO	32
Tabla 4. Símbolos para fines de identificación de suelos en el Sistema Unificado.....	33
Tabla 5. Grupos de clasificación de suelos del Sistema Unificado	34
Tabla 6. Correlación entre los sistemas de clasificación AASHTO y SUCS.....	35
Tabla 7. Clasificación de un suelo según su índice de plasticidad	38
Tabla 8. Clasificación de un suelo según su índice de plasticidad	39
Tabla 9. Categorías de subrasante en función de su índice CBR	41
Tabla 10. Composición química de la ceniza de cabuya.....	49
Tabla 11. Tratamientos de dosificaciones de la ceniza de cabuya y fibras de pet adicionadas al suelo	52
Tabla 12. Ensayos para el suelo a nivel de subrasante.....	63
Tabla 13. Analisis granulométrico Socos - Yanayacu	64
Tabla 14. Porcentaje de suelo (Grava, Arenas y Finos)	65
Tabla 15. Contenido de humedad y humedad optima.....	66
Tabla 16. Limites de consistencia del suelo en estado natural	67
Tabla 17. Óptimo contenido de humedad y Máxima densidad seca del suelo	69
Tabla 18. CBR del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET	71
Tabla 19. ANOVA: óptimo contenido de humedad del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET	72
Tabla 20. Prueba de Duncan: óptimo contenido de humedad del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET	73
Tabla 21. ANOVA: máxima densidad seca del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET.....	73
Tabla 22. Prueba de Duncan: máxima densidad seca del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET.....	74
Tabla 23. ANOVA: CBR del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET	74
Tabla 24. Prueba de Duncan: CBR del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Límites de consistencia y variación del volumen de la masa del suelo	37
Figura 2. Símbolo del polietileno tereftalato.	46
Figura 3. Vista satelital del tramo de la carretera Socos – Yanayacu.	54
Figura 4. Excavacion de las calicatas de estudio	56
Figura 5. Muestreo de material en laboratorio.....	57
Figura 6. Ensayo de granulometría	59
Figura 7. Ensayo de límite líquido.....	60
Figura 8. Ensayo de límite plástico.....	61
Figura 9. Ensayo de Proctor modificado	61
Figura 10. Ensayo de C.B.R.	62
Figura 11. Plastico PET triturado en la planta industrial MMOLPLAST.....	62
Figura 12. Ceniza de cabuya.....	63
Figura 13. Curva granulométrica del material en las calicatas	66
Figura 14. Contenido de humedad natural y humedad óptima.....	67
Figura 15. Relación porcentaje de humedad – número de golpes (calicata 1)	68
Figura 16. Óptimo contenido de humedad del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET	69
Figura 17. Máxima densidad seca del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET	70
Figura 18. CBR del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET	71

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general determinar la influencia de la adición de ceniza de cabuya y fibras PET para mejorar la subrasante de suelo arcilloso en el tramo Socos – Yanayacu, Ayacucho. La investigación corresponde al método científico, de tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental. La población del estudio estuvo conformada por el suelo de la subrasante en una distancia de 3 Km del tramo Socos – Yanayacu, en la región Ayacucho. La muestra estuvo delimitada por el suelo de las 7 calicatas del tramo de estudio, las cuales tuvieron una profundidad de 1.5 metros y se ejecutaron al lado derecho de la vía. Los resultados evidenciaron que los suelos del tramo Socos – Yanayacu presentan una alta proporción de partículas finas, ya que más del 50% pasa el tamiz N°200, lo que los hace susceptibles a la deformación y de baja capacidad portante. El contenido de humedad natural superó la humedad óptima en la a de suelos arcillosos. Respecto a la adición de ceniza de cabuya y fibras PET, se logró mejorar significativamente la compactación del suelo, alcanzando densidades secas máximas superiores a 2.000 g/cm³ y reduciendo la humedad óptima en el suelo de algunas calicatas. En cuanto a la capacidad de soporte, el índice CBR pasó de valores bajos como 3.7% y 5.1% en el suelo natural a más de 80% en los suelos tratados, siendo el tratamiento 2 (6% ceniza de cabuya + 5% fibras PET) el más efectivo. El análisis estadístico con análisis de varianza y prueba de Duncan confirmó que los tratamientos aplicados influyen significativamente en la densidad seca máxima y el CBR del suelo, validando la efectividad del uso de ceniza de cabuya y fibras PET como estabilizantes para subrasantes en vías rurales. De esta forma, se concluye que la adición de ceniza de cabuya y fibras PET influyen significativamente en la mejora de la subrasante de suelo arcilloso en el tramo Socos – Yanayacu, Ayacucho.

Palabras clave: Estabilización, máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad, plasticidad, subrasante, suelo arcilloso.

ABSTRACT

The general objective of this research was to determine the influence of the addition of cabuya ash and PET fibers to improve the subgrade of clayey soil in the Socos - Yanayacu, Ayacucho stretch. The research corresponds to the scientific method, applied type, explanatory level and experimental design. The study population consisted of the subgrade soil in a distance of 3 km of the Socos - Yanayacu section, in the Ayacucho region. The sample was delimited by the soil of the 7 pits of the study section, which had a depth of 1.5 meters and were executed on the right side of the road. The results showed that the soils of the Socos - Yanayacu section have a high proportion of fine particles, with more than 50% passing the N°200 sieve, which makes them susceptible to deformation and of low bearing capacity. The natural moisture content exceeded the optimum moisture content in most of the test pits, and the consistency limits indicate low to medium plasticity, typical of clayey soils. With respect to the addition of cabuya ash and PET fibers, soil compaction was significantly improved, reaching maximum dry densities above 2,000 g/cm³ and reducing the optimum soil moisture in some pits. In terms of bearing capacity, the CBR index went from low values of 3.7% and 5.1% in the natural soil to more than 80% in the treated soils, with treatment 2 (6% cabuya ash + 5% PET fibers) being the most effective. Statistical analysis with analysis of variance and Duncan's test confirmed that the treatments applied significantly influence the maximum dry density and CBR of the soil, validating the effectiveness of the use of cabuya ash and PET fibers as stabilizers for subgrade in rural roads. Thus, it is concluded that the addition of cabuya ash and PET fibers significantly influence the improvement of the clay soil subgrade in the Socos - Yanayacu section, Ayacucho.

Keywords: Stabilization, maximum dry density, optimum moisture content, plasticity, subgrade, clayey soil.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la Ingeniería Geotécnica, la mejora de las características de suelos arcillosos representa un desafío significativo y esencial para garantizar la estabilidad y durabilidad de las infraestructuras viales. En el tramo Socos – Yanayacu en Ayacucho, es típico encontrar suelos arcilloso en la subrasante, debido a las formaciones geológicas, por lo que demanda soluciones innovadoras y sostenibles para mejorar las propiedades geotécnicas del terreno.

En este contexto, la presente investigación se centra en la evaluación de la influencia de la adición de ceniza de cabuya y fibras de PET. La ceniza de cabuya proviene de residuos agroindustriales y las fibras de PET derivan de botellas de plástico reciclado, destacando como alternativas para mitigar las deficiencias propias a los suelos arcillosos.

Así, la investigación corresponde al método científico, de tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental; con una población representada por el suelo de la subrasante en una distancia de 3 Km del tramo Socos – Yanayacu, en la región Ayacucho, del cual se analizaron las características físicas y mecánicas.

La investigación comprendió el acopio de ceniza de cabuya y fibras PET recicladas, así como la excavación de calicatas y la extracción del material mas representativo que se encontró en el segundo estrato. Las proporciones de ceniza de cabuya fueron el 3% y 6%, y la proporción de las fibras PET fue al 5%. En laboratorio, se realizaron los ensayos de caracterización física como granulometría, contenido de humedad y plasticidad; para evaluar las propiedades mecánicas de la subrasante de suelo arcillos con ceniza de cabuya y fibras PET se realizaron las pruebas de compactación y capacidad de soporte o CBR, que mejoraron significativamente en función al aumento de las proporciones de ceniza junto a las fibras.

El informe de investigación se compone de cinco capítulos. En el capítulo I, el planteamiento del problema, describe el problema y la formulación del problema, objetivos, justificación e importancia, hipótesis y variables. En el capítulo II, el marco teórico, se adjuntan los antecedentes internacionales y nacionales, junto con las bases teóricas de la investigación y la definición de términos básicos. En el capítulo III, la metodología, se adjunta el método, tipo, alcance, diseño, población y muestra, materiales y métodos de la investigación. En el capítulo IV de resultados se presentan los resultados, la prueba de hipótesis y la discusión de resultados en función a los objetivos planteados. En el capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación. Finalmente se adjuntan las referencias

bibliográficas y los anexos del estudio; como la operacionalización de variables, matriz de consistencia, certificados de laboratorio, y la evidencia fotográfica de la ejecución de la investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Realidad problemática

A nivel global, la Ingeniería Civil desempeña un papel crucial en la edificación de carreteras y otras infraestructuras vitales. La constante amenaza de inestabilidad del suelo representa un desafío que puede generar inconvenientes significativos en las redes de comunicación. No obstante, mediante una comprensión detallada de las características geológicas y naturales del suelo y la realización de evaluaciones geotécnicas exhaustivas, es posible implementar medidas adecuadas para asegurar la estabilidad y durabilidad de las estructuras viales (1).

“En América Latina, se están desarrollando proyectos de investigación con el propósito de aprovechar las particularidades de los suelos para obtener beneficios sustanciales. Sin embargo, en el ámbito de la construcción de carreteras, la presencia común de suelos finos en la región representa un desafío significativo para los profesionales que buscan establecer vías adecuadas a nivel mundial” (2)(3), observan que a nivel mundial se ha enfrentado el desafío de adaptar los suelos, tradicionalmente abordado mediante el costoso reemplazo de suelos problemáticos por otros más apropiados. En la actualidad, la demanda de estabilizadores de suelo en el mercado ofrece alternativas, logrando la estabilización del suelo mediante la combinación y optimización de las propiedades de diferentes materiales. Adicionalmente, según Ramaji el refuerzo del suelo implica el uso de aditivos, ya sean naturales o sintéticos, para mejorar las características de los estratos del suelo. Diversas

técnicas de refuerzo están disponibles para estabilizar suelos problemáticos. Pino (2010) señala que muchos países enfrentan la escasez de financiamiento para proyectos de construcción y mantenimiento de vías, lo que subraya la necesidad de establecer técnicas más eficientes en términos de costo y efectividad desde una perspectiva económica (4).

En el contexto peruano, se afrontan desafíos que impactan las carreteras, ya sea por cuestiones constructivas o por las propiedades de los suelos presentes en la subrasante. Debido a que los suelos pueden ser arcillosos y/o limosos, con altas y bajas proporciones. En las regiones de la sierra y selva de Perú, son frecuentes los terrenos inestables y deficiencias para subrasante debido a las condiciones climáticas particulares de esas áreas. Ante esta situación, se han considerado diversas metodologías para estabilizar el suelo, haciendo uso de recursos naturales disponibles en las zonas de intervención; con la finalidad de aprovechar los recursos locales y encontrar soluciones específicas que se adecuen a las características particulares de los suelos en la región (5).

La región de Ayacucho presenta degradación en las rutas vecinales debido a factores ambientales y la falta de mantenimiento, lo que resulta en el aumento de los costos de transporte y dificultades en el acceso al comercio. El tramo Socos - Yanayacu, es un camino vecinal de 3 km que enfrenta desafíos específicos debido a la presencia de suelo arcilloso, conocido por su alta plasticidad y baja capacidad de soporte. Esta particularidad hace que la construcción de infraestructuras viales sea un desafío, debido a la tendencia del suelo a expandirse y contraerse ante las variaciones climáticas, lo que ocasiona la formación de grietas y deformaciones en la superficie de la carretera.

De esta forma, la investigación plantea abordar el problema de la estabilización de suelos arcillosos, mediante la adición de ceniza de cabuya y fibras de PET como un enfoque innovador. Donde la ceniza de cabuya es un subproducto de la industria textil y las fibras de PET provienen de botellas de plástico recicladas; que presentan importantes propiedades mecánicas y potencial para estabilizar suelos.

1.1.2. Formulación del problema

Problema general

¿De qué forma influye la adición de ceniza de cabuya y fibras PET para mejorar la subrasante de suelo arcilloso en el tramo Socos – Yanayacu, Ayacucho?

Problemas específicos

- a. ¿De qué forma influye la adición de ceniza de cabuya y fibras PET en la compactación del suelo arcilloso para subrasante?

- b. ¿De qué forma influye la adición de ceniza de cabuya y fibras PET en la capacidad de soporte del suelo arcilloso para subrasante?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la adición de ceniza de cabuya y fibras PET para mejorar la subrasante de suelo arcilloso en el tramo Socos – Yanayacu, Ayacucho.

1.2.2. Objetivos específicos

- a. Determinar la influencia de la adición de ceniza de cabuya y fibras PET en la compactación del suelo arcilloso para subrasante.
- b. Determinar la influencia de la adición de ceniza de cabuya y fibras PET en la capacidad de soporte del suelo arcilloso para subrasante.

1.3. Justificación en importancia

1.3.1. Justificación

Justificación teórica

La subrasante de suelo arcilloso presenta limitaciones técnicas significativas en proyectos viales, como baja capacidad portante, alta plasticidad y sensibilidad a los cambios de humedad, lo que compromete la durabilidad y funcionalidad del pavimento. Frente a ello, el uso de materiales alternativos como la ceniza de cabuya, con propiedades puzolánicas, y las fibras PET recicladas, con buena resistencia a la tracción y estabilidad química, surge como una solución sostenible y eficiente para mejorar el comportamiento mecánico del suelo. La combinación de ambos materiales permite no solo estabilizar químicamente la matriz del suelo, sino también reforzarla físicamente, contribuyendo a la mejora de su resistencia y la reducción de la deformación.

Justificación social

La mejora de la subrasante de suelo arcilloso en el tramo Socos – Yanayacu, Ayacucho, mediante la adición de ceniza de cabuya y fibras PET recicladas, representa una oportunidad para generar impacto social positivo en las comunidades locales. Este enfoque no solo busca optimizar la calidad de las vías de comunicación, facilitando el acceso a servicios básicos, centros educativos, mercados y atención médica, sino que también promueve la inclusión de prácticas sostenibles y el reaprovechamiento de residuos locales, como la cabuya y el plástico. Al involucrar recursos disponibles en la zona y fomentar una economía circular, se contribuye al desarrollo socioeconómico, la generación de empleo y la mejora de la calidad de vida de

los habitantes, especialmente en contextos rurales donde las deficiencias en infraestructura vial limitan el progreso.

Justificación metodológica

Desde el enfoque metodológico, la presente investigación se fundamenta en un diseño experimental que permitirá evaluar cuantitativamente la influencia de la adición de ceniza de cabuya y fibras PET recicladas en las propiedades geotécnicas del suelo arcilloso de la subrasante en el tramo Socos – Yanayacu, Ayacucho. A través de ensayos estandarizados de laboratorio, como el CBR y el Proctor modificado, se analizarán las muestras con adición y sin adición de fibras y ceniza de cabuya, para determinar los cambios en la capacidad de soporte y comportamiento mecánico del suelo. Esta metodología garantiza la validez técnica y científica de los resultados, permitiendo establecer correlaciones confiables y replicables que justifiquen el uso de estos materiales alternativos en futuras soluciones de estabilización vial en contextos similares.

Justificación ambiental

La investigación propuesta promueve una solución ambientalmente sostenible al incorporar ceniza de cabuya y fibras PET recicladas como estabilizantes del suelo arcilloso en la subrasante del tramo Socos – Yanayacu, Ayacucho, contribuyendo a la reducción de residuos orgánicos e inorgánicos que comúnmente son desechados sin un aprovechamiento técnico. Ya que, el uso de ceniza de cabuya permite aprovechar subproductos agroindustriales locales, mientras que la reutilización de botellas PET disminuye el volumen de desechos plásticos que contaminan suelos y cuerpos de agua. Esta iniciativa fomenta una gestión sostenible de materiales, reduce la huella de carbono asociada al uso de estabilizantes industriales convencionales y refuerza la práctica de economía circular en proyectos de infraestructura vial, alineándose con los principios de protección y conservación del medio ambiente.

1.3.2. Importancia

El estudio es importante porque propone una alternativa innovadora, sostenible y de bajo costo para mejorar la calidad de las subrasantes en vías rurales, específicamente en el tramo Socos – Yanayacu, Ayacucho, una zona donde las condiciones del suelo arcilloso dificultan el desempeño y durabilidad de la infraestructura vial. Al emplear ceniza de cabuya y fibras PET recicladas, se busca no solo mejorar el comportamiento mecánico del suelo, sino también contribuir al aprovechamiento de recursos locales y residuos sólidos, generando beneficios técnicos, sociales, económicos y ambientales. Los resultados podrán servir como base para futuras investigaciones y proyectos de estabilización de suelos en contextos similares,

fortaleciendo la planificación de carreteras sostenibles en regiones con limitada inversión en infraestructura.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis

Hipótesis general

La adición de ceniza de cabuya y fibras PET influyen significativamente en la mejora de la subrasante de suelo arcilloso en el tramo Socos – Yanayacu, Ayacucho.

Hipótesis específicas

- a. La adición de ceniza de cabuya y fibras PET influyen significativamente en la compactación del suelo arcilloso para subrasante.
- b. La adición de ceniza de cabuya y fibras PET influyen significativamente en la capacidad de soporte del suelo arcilloso para subrasante.

1.4.2. Variables

Variable independiente 1: Ceniza de cabuya

La ceniza de cabuya es un subproducto resultante de la combustión controlada de las fibras de cabuya, utilizadas tradicionalmente para fabricar sogas o tejidos. Esta ceniza, rica en compuestos minerales como sílice, calcio y potasio, ha demostrado potencial como material puzolánico en la estabilización de suelos. En aplicaciones viales, se investiga su uso como aditivo natural y sostenible para mejorar las propiedades geotécnicas de suelos arcillosos, tales como la resistencia a la compresión y la reducción de la plasticidad, ofreciendo una alternativa ecológica y de bajo costo (Evaluación de la ceniza de cabuya como aditivo para la estabilización de suelos arcillosos, 2020).

Variable independiente 2: Fibras PET

Las fibras PET (polietileno tereftalato) son materiales sintéticos obtenidos a partir del reciclaje de botellas plásticas, que se utilizan como refuerzo en mezclas de suelo o concreto en ingeniería vial. Estas fibras presentan alta resistencia a la tracción, estabilidad química y durabilidad, lo que las hace útiles para mejorar las propiedades mecánicas del suelo, como el aumento de la capacidad portante, la reducción de la deformación plástica y el control de fisuras (Uso de fibras PET recicladas en estabilización de suelos para aplicaciones viales, 2018).

Variable dependiente: Subrasante del suelo arcilloso

Capa natural o preparada, sobre la cual se apoya la estructura del pavimento en una carretera. Su función principal es proporcionar soporte estructural a las capas superiores, distribuyendo las cargas del tráfico hacia el terreno natural. Cuando esta subrasante está compuesta predominantemente por suelo arcilloso, se habla de una subrasante de suelo arcilloso, que requiere de tratamientos o estabilización para mejorar su comportamiento frente a cargas y condiciones climáticas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

Barragán (2019), en su tesis “*Análisis del comportamiento físico mecánico de la adición de ceniza de cascarilla de arroz de la variedad blando a un suelo areno-arcilloso*”, tuvo como objetivo determinar las propiedades físicas y mecánicas de un suelo areno-arcilloso en la vereda San José, municipio de Agua de Dios, mediante una metodología experimental aplicada en una calicata ubicada en la vereda San José 01. La adición de cascarilla de arroz directamente al suelo natural, evidenció cambios significativos en las propiedades del suelo. El límite líquido del suelo patrón, inicialmente en un 40.05%, disminuyó a un 18.56% al agregar un 1% de ceniza de cascarilla de arroz. Asimismo, el índice de plasticidad, que era del 24% en el suelo natural, disminuyó a un 8.04% con la adición del 1% de ceniza de cascarilla de arroz. Resultados similares se obtuvieron al utilizar ceniza de fibra de fique, reduciendo tanto el límite líquido como el índice de plasticidad. En cuanto a la máxima densidad seca, que inicialmente era de 1.62 gr/cm³ en el suelo natural, se incrementó a 1.64 gr/cm³ al añadir un 1% de ceniza de cascarilla de arroz. Además, el óptimo contenido de humedad del suelo natural, que era del 24.5%, disminuyó a un 23.7% al incorporar un 1% de ceniza de cascarilla de arroz. Como conclusión se tiene que la adición del 1% de cascarilla de arroz demostró reducir el índice de plasticidad, aumentar la máxima densidad seca y disminuir el contenido óptimo de humedad, sugiriendo una mejora en las propiedades del suelo areno-arcilloso estudiado (6).

Ramos (2017), en su tesis *“Análisis de la modificación de un suelo altamente plástico con cascarilla de arroz y ceniza volante para subrasante de un pavimento”* tuvo como objetivo, analizar la modificación de un suelo altamente plástico, utilizando cascarilla de arroz y ceniza volante, con el propósito de emplearlo como subrasante para un pavimento. Este estudio se llevó a cabo mediante un enfoque experimental, tomando la población de la Plaza de Corabastos en la Av. 19, al norte de la ciudad de Bogotá. La muestra se obtuvo mediante tubos de Shelby a una profundidad de 1.20 m, y se emplearon ensayos como; CBR, límite de Atterberg, corte directo, compresión confinada y módulo resiliente. Los principales resultados muestran que la humedad óptima en el ensayo patrón (A0C0) fue un 24.26%. En los ensayos, se observó un mayor aumento en A6C10 (27.63%) y una disminución en A6C20 (24.57%). Densidad seca máxima (g/cm^3), se registró un aumento de A6C30 (1.15 g/cm^3) a A0C0 (1.34 g/cm^3), indicando cambios en la densidad del suelo. Para el CBR (Coeficiente de Soporte California), se realizaron tres pruebas de golpes con valores de 10 golpes (32.2% CBR), 25 golpes (26.5% CBR) y 56 golpes (21.4% CBR). Se concluye que no ocurrió fricción entre partículas, ya que no se observó un aumento en la densidad seca máxima (A6C30: 1.15 g/cm^3 a A0C0: 1.34 g/cm^3). Sin embargo, en términos de resistencia o CBR, el valor obtenido en A6C30 cumplió con el mínimo requerido para el pavimento, sugiriendo que la modificación del suelo fue efectiva para cumplir con los estándares necesarios (7).

Aeqib y Chakraborty (2020), en su artículo *“Effects of Waste Glass Powder on Subgrade Soil Improvement. 2020”*; el objetivo principal de este estudio fue observar el impacto del mejoramiento del suelo mediante la adición de residuos de vidrio en forma de polvo, con el propósito de reducir costos y preservar el medio ambiente. El diseño de la investigación fue de tipo experimental, y la población de estudio comprendió los suelos de la ciudad de Dacca. Se empleó la técnica de observación y se utilizaron fichas técnicas de ensayos en laboratorio como instrumentos. Los resultados revelaron que al agregar vidrio triturado en forma de polvo que pasaba el tamiz N°200, se logró transformar el suelo original, inicialmente clasificado como arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL). Asimismo, la plasticidad se redujo significativamente, disminuyendo del 21.52% al 15.5%. En cuanto al ensayo de compactación modificada, se registraron valores de 1.89 g/cm^3 , 1.95 g/cm^3 , 2.00 g/cm^3 , 2.03 g/cm^3 y 2.03 g/cm^3 , superiores al valor original del suelo natural que era de 1.83 g/cm^3 . En el ensayo de capacidad de soporte CBR, se observó un aumento inicial del 1.56%, elevándose posteriormente a 2.45%, 4.2%, 6.5%, 8.9% y finalmente alcanzando un 10.4%. La conclusión principal del estudio sugiere que la adición óptima de polvo de vidrio fue del 8% en peso seco del suelo. Esto se respalda con el aumento de la densidad máxima seca de 1.83 g/cm^3 a 2.03

g/cm³, el incremento del CBR del 1.56% al 10.4%, indicando que la tasa de mejora disminuyó después del 8% de polvo de vidrio (8).

Mishra y Kumar (2018), en su artículo *“Use of randomly oriented polyethylene terephthalate (PET) fiber in combination with fly ash in subgrade of flexible pavement. 2018”*, el objetivo principal de este estudio fue lograr la utilización eficaz de la fibra PET y residuos industriales, específicamente cenizas volantes, en la subrasante de la construcción de pavimento flexible. Se trata de un estudio de tipo experimental, utilizando como población los suelos de la ciudad de Uttar Pradesh. La técnica empleada fue la observación y se emplearon fichas técnicas de ensayos en laboratorio como instrumentos de recolección de datos. Los resultados clave indicaron que la adición de fibra de PET en porcentajes de 0.4%, 0.8%, 1.2%, y 1.6%, junto con ceniza volante en proporciones de 5%, 10%, 15%, y 20%, mejoran significativamente la resistencia, especialmente evidenciada en el ensayo de CBR (Capacidad de soporte de California). La combinación óptima se encontró al agregar un 8% de fibra PET (1.2%) junto con un 15% de ceniza volante. Se concluyó que la adición de fibra PET y cenizas volantes contribuye de manera positiva a mejorar la resistencia de suelos arcillosos, lo que sugiere una aplicación eficaz de estos materiales en la construcción de pavimentos flexibles (9).

Ormeño (2020), en su artículo científico *“Estabilización de una subrasante compuesta por arcilla de baja plasticidad con ceniza de cascara de arroz”*, el objetivo central de este estudio fue analizar la influencia de la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) en la estabilización de la capa de subrasante de un pavimento compuesto por un suelo arcilloso de baja resistencia. El estudio tuvo un enfoque cuantitativo-experimental, realizado en la provincia de Chota, Cajamarca, con la muestra tomada de Calla Pampa. Los ensayos realizados fueron límites de Atterberg y el ensayo de CBR. Los resultados principales, al aplicar porcentajes de 10%, 15%, 25% y 30% de ceniza de cascarilla de arroz (CCA), revelaron que a medida que aumentaba el porcentaje de CCA, se observó un óptimo contenido de humedad. En relación con la máxima densidad seca, se registró una disminución de su valor al aumentar el porcentaje de CCA. En cuanto al CBR, se observó un incremento en la resistencia al aumentar el porcentaje de CCA. La conclusión del estudio destacó que a mayores proporciones de CCA, se experimentó un aumento en el contenido de humedad y una disminución en la densidad seca, al mismo tiempo que se incrementaba la resistencia medida por el CBR. Este hallazgo sugiere que la CCA mejora las propiedades del suelo, facilitando su compactación con menor energía requerida (10).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Tupia (2021), en su tesis *“Estabilización de suelos en la subrasante con cenizas de hojas de eucaliptos en la avenida Juan Velazco – Carabayllo en Lima, 2021”*, el objetivo principal de esta investigación fue estudiar la influencia de la adición de ceniza de hojas de eucalipto en la estabilización de la subrasante de la Avenida Juan Velazco en Carabayllo, Lima. La investigación fue de tipo aplicada, de diseño cuasi experimental, con un enfoque cuantitativo. La población estudiada fue la trocha carrozable de la Avenida Juan Velazco en el distrito de Carabayllo, por lo cual la muestra estuvo delimitada por un tramo de 2.4 km y 3 calicatas como puntos de estudio. Los resultados obtenidos indicaron que el suelo, según la clasificación AASHTO fue de tipo A-4 y del tipo arcilla inorgánica de baja plasticidad (NP) según la clasificación SUCS, en la calicata N°02. En estado natural, se obtuvo un Óptimo Contenido de Humedad (OCH) del 15.50% y una Máxima Densidad Seca (MDS) de 1.869 gr/cm³. Al incorporar la ceniza de hojas de eucalipto (CHE) en proporciones de 4.00%, 7.00% y 11.00%, el ensayo de Índice de Plasticidad indicó que el suelo se volvía No plástico en todos los casos. El OCH fue del 15.50% con una adición del 4.00%, y la MDS aumentó a 1.902 gr/cm³. Con la adición de 7.00% y 11.00% de CHE, el OCH fue del 15.70%, y la MDS alcanzó valores de 1.952 gr/cm³ y 1.973 gr/cm³, respectivamente. Además, se evaluó el CBR al 95.00%, obteniendo valores con la incorporación de CHE del 4.00%, 7.00% y 11.00% de 13.90%, 24.40%, y 25.80%, respectivamente, mientras que al 100% de CBR fueron de 24.10%, 32.00% y 33.90%. La conclusión principal de la investigación señala que la incorporación de ceniza de hojas de eucalipto del 11%, permite mejorar la subrasante de la Avenida Juan Velazco en Carbayllo, Lima (11).

Hoyle y Rodríguez (2019), en su tesis *“Estabilización del suelo de la trocha carrozable con fibras de raquis de musa paradisiaca y cenizas de hojas eucaliptus de los caseríos Canchas a Colcap, Jimbe, Santa, Áncash – 2019”*, el objetivo central de esta investigación fue determinar de qué manera el uso de fibras de raquis de Musa afrodisiaca y ceniza de hojas de eucalipto estabiliza los suelos de la trocha carrozable del caserío Canchas a Colcap, Jimbe, Santa, Ancash. La investigación tuvo un diseño cuasi experimental, con un enfoque cuantitativo. La población del estudio comprendió la trocha carrozable en el tramo de los caseríos Canchas – Colcap, con una longitud de 3 kilómetros y un ancho de carril de 4 metros. La muestra estuvo conformada por el suelo de las 4 calicatas, ubicadas cada 1 kilómetro según las especificaciones del MTC. Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron los registros de los ensayos estandarizados. Los resultados obtenidos en el suelo natural revelaron un valor de 6.75% del CBR al 95%, clasificándose como suelo granular. La

incorporación de ceniza de hojas de eucalipto y fibras de raquis de *Musa afrodisiaca* en proporciones de 5.00%, 10.00% y 15.00% mostró que el mejor rendimiento se obtuvo con un 10.00%, alcanzando un valor de CBR de 11.24%. En los ensayos con el Proctor modificado en las mismas proporciones, se obtuvieron resultados como 8.80% de OCH y MDS 1.862 gr/cm³ en el suelo natural, mientras que con la incorporación del 10.00% se alcanzó 9.40 OCH y MDS 1.930 gr/cm³, evidenciando una disminución del OCH y MDS. En cuanto a la clasificación de los suelos, la primera calicata reveló un contenido de grava del 43%, arena del 37.32%, arcilla y finos del 19.69%, con una clasificación SUCS de suelo SC (arena arcillosa) y AASHTO 7 (A-2-6 (0)), material granular con partículas finas arcillosas. Las calicatas tercera y cuarta presentaron similitudes en la clasificación, con presencia de grava del 54.87%, arena del 22.49%, y finos del 22.64%, clasificándose como SUCS (SM-SC) y AASHTO (A-2-4(0)), suelo granular con partículas finas arcillosas. De esta forma, se concluye que la proporción óptima de fibras de raquis de *Musa paradisiaca* y ceniza de hojas de eucalipto fue el 10%; debido a que mejora el CBR y la densidad máxima seca del suelo para una trocha carrozable (12).

Terrones (2018), en su tesis ***“Estabilización de suelos Arcillosos adicionando Cenizas de Bagazo de caña para el mejoramiento de sub rasante en el sector Barraza, Trujillo-2018”***, el objetivo general de esta investigación fue determinar la influencia de la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar en porcentajes de 5%, 10%, y 15% en peso de suelo seco en la estabilización de suelos arcillosos en el sector Barraza. El diseño del estudio fue experimental y de diseño explicativo. La población de estudio fue el sector de Barraza, que abarca una longitud de 1.2 km, y la muestra se obtuvo mediante 3 calicatas a una profundidad de 1.50 m. Los ensayos realizados fueron Proctor modificado, compresión simple no confinada y el ensayo de CBR. Los resultados principales obtenidos con la adición de ceniza de bagazo de caña en porcentajes del 5%, 10%, y 15% fueron los siguientes: la máxima densidad seca fue de 2.03 gr/cm³ y 6.07% de humedad óptima, 2.06 gr/cm³ y 6.38% de humedad óptima, y 2.07 gr/cm³ y 8% de humedad óptima, en comparación con el suelo natural. En cuanto a la resistencia a la compresión, se registraron valores de 33.728 Kpa, 79.040 Kpa y 150.938 Kpa, respectivamente. El CBR fue de 22.27% para el tercer porcentaje de adición. En conclusión, para la máxima densidad seca las proporciones óptimas de ceniza de bagazo de caña de azúcar fueron de 5% y 10%, en cuanto a la resistencia a la compresión la proporción óptima fue del 15%, ya que se observó un aumento significativo en las propiedades del subrasante de 10 veces respecto al suelo natural. En el caso del CBR, al adicionar la proporción del 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar, este valor se incrementó en 12 veces, alcanzando un valor

del 22.27%, lo que indica una mejora sustancial en las propiedades del subrasante. Destacando que la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar influye significativamente en la estabilización de suelos arcillosos (13).

Ramos (2022) en la tesis "***Mejoramiento de suelo arcilloso nivel subrasante aplicando fibra de cabuya en Av. Cuzco - Distrito Mi Perú - Callao 2020***", el propósito de este estudio fue determinar la influencia de la fibra de cabuya como estabilizante en el mejoramiento del suelo arcilloso a nivel subrasante en la Avenida Cuzco, distrito Mi Perú – Callao. Se utilizó una metodología de enfoque cuantitativo, con un diseño preexperimental, nivel descriptivo, y técnica de recolección basada en ensayos de laboratorio como análisis granulométrico, límites de Atterberg, compactación Proctor modificado, CBR e inmersión. La población estuvo constituida por toda la avenida Cuzco y la muestra fue no probabilística, representada por calicatas extraídas de la subrasante. Se realizaron tratamientos con adición de fibra de cabuya en proporciones de 10%, 15% y 20% al suelo natural. Los resultados demostraron que el valor del CBR aumentó de 19.5% (suelo natural) a 38.5% (con 20% de fibra de cabuya), además se mejoró la resistencia a la compresión no confinada y se redujo el índice de plasticidad. En conclusión, el uso de fibra de cabuya incrementa de forma significativa la capacidad portante y la estabilidad del suelo, evidenciando su viabilidad como aditivo natural y económico para mejorar subrasantes arcillosos (14).

Márquez (2019), en su tesis "***Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito La Encantada, Provincia de Morropón. Piura, 2019***", el objetivo general de la investigación fue mejorar las propiedades de los suelos arcillosos mediante la incorporación de plástico reciclado PET como estabilizante en la subrasante de la carretera no pavimentada del distrito La Encantada, provincia de Morropón, Piura. Se aplicó un enfoque cuantitativo con un diseño experimental, utilizando calicatas como muestra representativa del suelo. El estudio incluyó ensayos de laboratorio estandarizados, como análisis granulométrico, contenido de humedad, límites de Atterberg, ensayo Proctor modificado y CBR, tanto en muestras sin adición como en muestras con 6% de fibras de plástico PET. Los resultados indicaron que la adición de PET no modificó significativamente la granulometría del suelo, pero mejoró la resistencia al corte y la capacidad portante, duplicando el valor de CBR con respecto al suelo natural. En conclusión, el uso de fibras PET recicladas representa una alternativa eficaz y sostenible para estabilizar suelos arcillosos, permitiendo reducir el impacto ambiental por residuos plásticos y mejorar el desempeño de las vías rurales (15).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Suelos

“El término suelo puede ser conceptualizado desde diversas perspectivas, ya sea desde la Geología, Agronomía o la Ingeniería Civil. En el ámbito de la Ingeniería Civil, el suelo se define como un conjunto de partículas resultantes de la desintegración mecánica o descomposición química de rocas que existieron previamente”. Según Villalaz, el suelo se caracteriza como "una delgada capa sobre la corteza terrestre compuesta por material proveniente de la desintegración y/o alteración física o química de las rocas, así como de los residuos generados por las actividades de los seres vivos que se asientan sobre ella" (16).

Esta definición resalta la naturaleza dinámica y compleja del suelo, que es el resultado de procesos geológicos, químicos y biológicos a lo largo del tiempo. Por lo cual, es importante comprender la composición y las propiedades del suelo en infraestructuras viales, ya que estas características impactan directamente en el diseño, construcción y mantenimiento de las carreteras (17).

2.2.2. Origen de los suelos

La mayoría de los suelos en la superficie terrestre se forman a través del proceso de meteorización de las rocas, que involucra tanto la destrucción química como la desintegración física de las rocas. El término "meteorización de las rocas", describe los diversos procesos externos que provocan la fragmentación de las rocas en partículas más pequeñas. Esta fragmentación, conocida como meteorización mecánica, representa un cambio físico (18).

Adicionalmente a la meteorización mecánica, se encuentra la meteorización química, que implica la destrucción de los minerales constituyentes de la roca y alteraciones en su composición química. Durante este proceso, los minerales persistentes en la roca experimentan transformaciones, convirtiéndose en minerales con composiciones y propiedades físicas diferentes. Por lo que, este proceso complejo de meteorización contribuye de manera significativa a la formación y evolución de los suelos en la superficie terrestre.

2.2.3. Granulometría del suelo

El propósito fundamental del análisis granulométrico, es determinar la proporción de sus diversos elementos, que se clasifican según el tamaño de sus partículas para definirlos como grava, arena y material de grano fino que pueden ser limo y arcilla. Este proceso resulta esencial para comprender la composición granulométrica de un suelo (19).

Tabla 1. Clasificación de suelos según tamaño de partículas

Tipo de material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm - 4.75 mm
	Arena gruesa	4.75 mm - 2.00 mm
	Arena media	2.00 mm - 0.425 mm
	Arena fina	0.425 mm - 0.075 mm
Arena	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	menor a 0.005 mm
Material fino		

Nota: Tomado del MTC 2014:31.

La AASHTO M 145 – 91 define los términos “grava”, “arena” y “limo – arcilla” de la siguiente manera:

- ✓ **Grava:** Material que entra en el tamiz con una abertura de 75 mm (3") y es retenido por el tamiz con un espesor de 2 mm (Nº 10).
- ✓ **Arena gruesa:** material que pasa el tamiz 2 mm (No. 10) y es retenido en el tamiz 0.425 mm (No. 40).
- ✓ **Arena fina:** material que pasa el tamiz 0.425 mm (No. 40) y es retenido en el tamiz 75 µm (No. 200).
- ✓ **Limo – arcilla:** material que pasa el tamiz 75 µm (No. 200).

2.2.4. Clasificación del suelo

2.2.4.1. Sistema de clasificación AASHTO

Procedimiento para la clasificación del suelo dentro de siete grupos, basados en la distribución del tamaño de partículas, límite líquido e índice de plasticidad. La evaluación del suelo dentro de cada grupo es hecha por medio del “índice de grupo” el cual es un valor calculado de una fórmula empírica. El grupo de clasificación, incluyendo el índice de grupo deben ser utilizados para evaluar la calidad relativa del material que constituye el suelo para uso en estructuras de trabajos con tierra, terraplenes, subrasantes, subbases y bases (20).

a. Índice de grupo (IG)

El índice de grupo es calculado a partir de la siguiente ecuación empírica:

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005 (LL - 40)] + 0.01(F - 15)(IP - 10) \dots \dots (1)$$

Donde:

IG = índice de grupo

F = porcentaje que pasa el tamiz 75 µm (No. 200), expresado como un número entero.

Este porcentaje está basado solo en el material que pasa el tamiz 75 mm (3").

LL = límite líquido

IP = índice de plasticidad

Consideraciones importantes sobre el índice de grupo:

Primer Término (Índice Parcial de Grupo con Límite Líquido):

Fórmula: $(F-35)[0.2 + 0.005(LL-40)]$

- Este término evalúa el índice parcial de grupo basado en el límite líquido.
- Si el límite líquido es igual o mayor a 40, este término contribuye al índice de grupo.

Segundo Término (Índice Parcial de Grupo con Índice de Plasticidad):

Fórmula: $0.01(F-15)(IP-10)$

- Este término evalúa el índice parcial de grupo basado en el índice de plasticidad.
- Para suelos de los subgrupos A-2-6 y A-2-7, el índice de grupo se calcula solo con este término.

Criterios de Evaluación:

- El porcentaje mínimo crítico que pasa el tamiz 75 μm (No. 200) es 35, sin considerar la plasticidad, y 15 si el índice de plasticidad es mayor que 10.
- Un límite líquido de 40 o más se asume como crítico.
- Un índice de plasticidad de 10 o más se asume como crítico.

Consideraciones Adicionales:

- Si el índice de grupo calculado es negativo, se reporta como cero.
- Para suelos no plásticos sin límite líquido determinado, el índice de grupo se considera cero.
- El índice de grupo se reporta como el número entero más cercano.

Valor de Soporte:

- Bajo condiciones normales de buen drenaje y compactación, el valor de soporte de un material de subrasante puede asumirse como inversamente proporcional al índice de grupo.
- Un índice de grupo de cero indica un "buen material" de subrasante, mientras que un índice de grupo de 20 o más indica un "muy pobre material" de subrasante.
- Límite Superior del Índice de Grupo:
- No hay un límite superior para el valor del índice de grupo obtenido mediante esta fórmula.

- Fundamento de los Valores Críticos:
- Los valores críticos se basan en evaluaciones de subrasante, subbase y materiales de la capa de base realizadas por diversas organizaciones de carreteras utilizando las pruebas implicadas en este sistema de clasificación.

El (MTC, 2014), establece categorías del suelo para subrasante en función del valor del índice de grupo de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 2. Condición del suelo de subrasante según su índice de grupo

Índice de grupo	Suelo de subrasante
IG mayor que 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 a 2	Bueno
IG está entre 0 a 1	Muy bueno

Nota: Tomado del MTC 2014:33

b. Descripción de los grupos de clasificación AASHTO

La AASHTO M 145 – 91, describe los grupos de clasificación de suelos (20)

Material granular – contiene 35% o menos de material que pasa el tamiz 75 μm (No. 200).

La clasificación geotécnica de suelos se realiza según el sistema unificado de clasificación de suelos (USCS), el cual organiza los suelos en grupos y subgrupos basándose en sus características. A continuación se presenta una descripción de algunos de estos grupos y subgrupos.

- **Grupo A – 1:** “Este conjunto abarca una combinación debidamente graduada de fragmentos de roca o grava, arena gruesa, arena fina, y un material aglutinante no plástico o ligeramente plástico. También engloba fragmentos de roca, grava, arena gruesa, cenizas volcánicas, entre otros elementos, excluyendo cualquier material aglutinante”.
 - ✓ Subgrupo A – 1 – a: “Materiales constituidos principalmente por fragmentos de roca o grava bien gradada, con o sin aglutinante de material fino”.
 - ✓ Subgrupo A – 1 – b: “Materiales constituidos principalmente por arena gruesa bien gradada, con o sin aglutinante”.
- **Grupo A – 3:** Este grupo se caracteriza por arena fina de playa o desierto sin finos de limo o arcilla, o con una pequeña cantidad de limo no plástico. Incluye

mezclas de arena fina pobremente gradada y cantidades limitadas de arena gruesa y grava.

- **Grupo A – 2:** Este grupo abarca una variedad de materiales granulares en el límite entre los grupos A – 1 y A – 3, y los materiales limo arcillosos de los grupos A – 4, A – 5, A – 6 y A – 7. Incluye materiales con hasta un 35 por ciento que pasa el tamiz 75 μm (No. 200), que no cumplen las limitaciones para los grupos A – 1 o A – 3 debido al contenido de finos o plasticidad.
 - ✓ Subgrupos A – 2 – 4 y A – 2 – 5: “Materiales granulares con hasta un 35 por ciento que pasa el tamiz 75 μm (No. 200) y una porción menor a 0.425 mm (No. 40). Tienen características de los grupos A – 4 y A – 5, como grava y arena gruesa con contenido de limo o índice de plasticidad que excede las limitaciones del grupo A – 1, y arena fina con contenido de limo no plástico que excede las limitaciones del grupo A – 3”.
 - ✓ Subgrupos A – 2 – 6 y A – 2 – 7: Materiales similares a los subgrupos A – 2 – 4 y A – 2 – 5, pero con una porción fina que contiene arcilla plástica con características de los grupos A – 6 o A – 7.

Materiales de limo y arcilla – contienen más del 35 por ciento de material que pasa el tamiz 75 μm (No. 200).

- **Grupo A – 4:** Este grupo comprende suelos limosos no plásticos o moderadamente plásticos, con el 75 por ciento o más que pasa el tamiz 75 μm (No. 200). También incluye mezclas de suelo fino limoso con hasta un 64 por ciento de arena y grava retenida en el tamiz 75 μm (No. 200).
- **Grupo A – 5:** Los suelos típicos en este grupo son similares a los del Grupo A – 4, pero suelen ser de carácter diatomáceo o micáceo y pueden ser altamente elásticos, indicado por un alto límite líquido.
- **Grupo A – 6:** Este grupo comprende suelos arcillosos plásticos con el 75 por ciento o más que pasa el tamiz 75 μm (No. 200). También incluye mezclas de suelo fino arcilloso con hasta un 64 por ciento de arena y grava retenida en el tamiz 75 μm (No. 200). Estos suelos suelen experimentar cambios volumétricos significativos entre los estados húmedo y seco.
- **Grupo A – 7:** Los suelos típicos en este grupo son similares a los del Grupo A – 6, pero tienen un elevado límite líquido, similar al Grupo A – 5. Pueden ser elásticos y están sujetos a considerables cambios volumétricos.

- ✓ Subgrupo A – 7 – 5: Incluye materiales con índice de plasticidad moderado en relación al límite líquido, altamente elásticos y sujetos a cambios volumétricos considerables.
- ✓ Subgrupo A – 7 – 6: Incluye materiales con alto índice de plasticidad en relación al límite líquido, con cambios volumétricos extremadamente altos.
- **Grupo A – 8:** Suelos altamente orgánicos como turba o estiércol. La clasificación se basa en inspección visual, no depende de porcentajes específicos. Son inadecuados para terraplenes y subrasantes debido a su alta compresibilidad y baja resistencia. Se caracterizan por su composición principalmente orgánica descompuesta, textura fibrosa, color marrón oscuro o negro, y olor a descomposición.

Tabla 3. Sistema de clasificación AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos que pasa el tamiz No. 200)							Materiales de limo y arcilla (Más del 35% que pasa el tamiz No. 200)			
Clasificación de grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A - 5	A - 6	A-7 *
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5, A-7-6
Análisis por tamices, porcentaje que pasa:											
2.00 mm (No. 10)	50 máx	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0.425 mm (No. 40)	30 máx	50 máx	51 mín	–	–	–	–	–	–	–	–
75 µm (No. 200)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Características de la fracción que pasa el tamiz 0.425 mm (No.40):											
Límite líquido	–		–	40 máx.	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipos usuales de materiales constitutivos significativos	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación general como subrasante	Excelente a bueno			Regular a malo							

* IP del subgrupo A – 7 – 5 es menor o igual que LL menos 30; IP del subgrupo A – 7 – 6 es mayor que LL menos 30.

Nota: Tomado de la norma AASHTO M 145 – 91:2

2.2.4.2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

En la actualidad este sistema se utiliza prácticamente en todo el trabajo geotécnico.

Tabla 4. *Símbolos para fines de identificación de suelos en el Sistema Unificado*

Símbolo	Descripción
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Limos orgánicos y arcilla
H	Alta plasticidad
L	Baja plasticidad
W	Bien graduado
P	Mal graduado
Pt	Turba y suelos altamente orgánicos

Nota: Tomado de (DAS, 2004).

La ASTM, mediante su práctica estándar D 2487 – 11, ha establecido un sistema riguroso para la clasificación de suelos con fines de aplicación en ingeniería. Este sistema se fundamenta en la evaluación de características de laboratorio cruciales, tales como el tamaño de las partículas, el límite líquido y el índice de plasticidad. Esta metodología se emplea cuando se busca una clasificación precisa y detallada (21).

Conforme a la siguiente tabla, este sistema de clasificación distingue tres divisiones principales de suelos: grano grueso, grano fino y altamente orgánicos. A su vez, estas divisiones se desglosan en un total de 15 grupos fundamentales de suelos (21).

Esta normativa proporciona un marco estructurado que permite a los ingenieros y profesionales relacionados con la geotecnia comprender y comunicar de manera efectiva las características y propiedades de los suelos, facilitando así un análisis más preciso y una toma de decisiones informada en proyectos de ingeniería.

Tabla 5. Grupos de clasificación de suelos del Sistema Unificado

Tipo de suelo	Símbolo de grupo	Nombre de grupo	Descripción del material
Suelos de grano grueso (más de 50% retenido en el tamiz No. 200)	GW	Grava bien gradada	Mezclas gravosas – poco o ningún material fino. Variación en tamaños granulares
	GP	Grava mal gradada	Mezcla de grava – arena – poco o ningún material fino
	GM	Grava limosa	Mezcla de grava – arena – limo
	GC	Grava arcillosa	Mezcla de grava – arena – arcillas. Grava con material fino en cantidad apreciable
	SW	Arena bien gradada	Mezcla de arena bien gradada – grava – poco o ningún material fino. Arena limpia con poco o ningún material fino. Amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios
	SP	Arena mal gradada	Mezcla de arena mal gradada - grava - poco o ningún material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias
	SM	Arena limosa	Mezcla de arena - limo
	SC	Arena arcillosa	Mezcla de arena - arcilla
Suelos de grano fino (50% o más pasa el tamiz No. 200)	CL	Arcilla inorgánica de baja plasticidad	Arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras
	ML	Limo inorgánico de baja plasticidad	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas
	OL	Arcilla orgánica Limo orgánico	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
	CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad	Arcillas gruesas
	MH	Limo inorgánico de alta plasticidad	Limos inorgánicos, suelos finos limosos o arenosos micáceos o diatomáceos (ambiente marino, naturaleza orgánico silíceo), limos elásticos
	OH	Arcilla orgánica Limo orgánico	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos
Suelos altamente orgánicos	Pt	Turba	Turba (carbón en formación) y otros suelos altamente orgánicos

Nota: Adaptado de la norma ASTM D 2487 – 11:2 y el MTC 2014:30.

Los sistemas de clasificación de suelos AASHTO y SUCS, se pueden correlacionar de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 6. *Correlación entre los sistemas de clasificación AASHTO y SUCS*

Sistema de clasificación AASHTO (AASHTO M 145)	Sistema de clasificación SUCS (ASTM D 2487)
A – 1 – a	GW, GP, GM, SW, SP,
A – 1 – b	GM, GP, SM, SP
A – 2	GM, GC, SM, SC
A – 3	SP
A – 4	CL, ML
A – 5	ML, MH, CH
A – 6	CL, CH
A – 7	OH, MH, CH

Nota: Tomado del (MTC, 2014).

2.2.5. Límites de consistencia del suelo

Los límites de consistencia, también conocidos como límites de Atterberg, según el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), tienen como objetivos:

- Determinar la sensibilidad del comportamiento superficial ante variaciones de humedad.

Este paso implica analizar cómo la superficie reacciona a cambios en el contenido de humedad. Se puede llevar a cabo mediante pruebas específicas, como el ensayo de límites de Atterberg, que ayuda a identificar los cambios en las propiedades plásticas del suelo con variaciones en la humedad. La sensibilidad se evalúa observando las transiciones entre los estados sólido y plástico del suelo en función del contenido de humedad.

- Especificar los Límites de Contenido de Humedad para los tres estados sólidos:

✓ Estado Líquido

Este estado se caracteriza por un contenido de humedad suficiente para que el suelo adquiera una consistencia de líquido. Los límites específicos pueden establecerse mediante pruebas de límites de Atterberg, identificando el punto en el cual el suelo se comporta de manera similar a un líquido, con poca o ninguna resistencia al flujo.

✓ Estado plástico

Este estado se refiere al rango de contenido de humedad en el cual el suelo puede ser moldeado y conservar su forma. Los límites para este estado se

determinan observando la transición del suelo de un estado semisólido a uno plástico durante las pruebas de límites de Atterberg.

✓ **Estado sólido**

En este estado, el suelo tiene un contenido de humedad bajo y exhibe características sólidas, como cohesión y resistencia. Los límites de este estado se identifican al alcanzar un contenido de humedad donde el suelo deja de comportarse de manera plástica y adquiere una consistencia más rígida y sólida.

Estos límites proporcionan información valiosa sobre el comportamiento del suelo en diferentes estados y son esenciales para comprender y predecir su respuesta a las variaciones en el contenido de humedad.

Los límites de consistencia son determinados mediante ensayos de laboratorio, como el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad, y son fundamentales para comprender y caracterizar el comportamiento de los suelos en diferentes condiciones de humedad.

- a. **Límite líquido (LL).**- Es el contenido de humedad del suelo cuando pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y tiene el potencial de moldearse.
- b. **Límite plástico (LP).** - Es el contenido de humedad del suelo a medida que pasa de un estado plástico a un estado semisólido y comienza a descomponerse.
- c. **Límite de contracción. - (LC).** Es el contenido de humedad cuando el suelo pasa de estar semisolido a sólido y deja de descender a medida que pierde humedad.

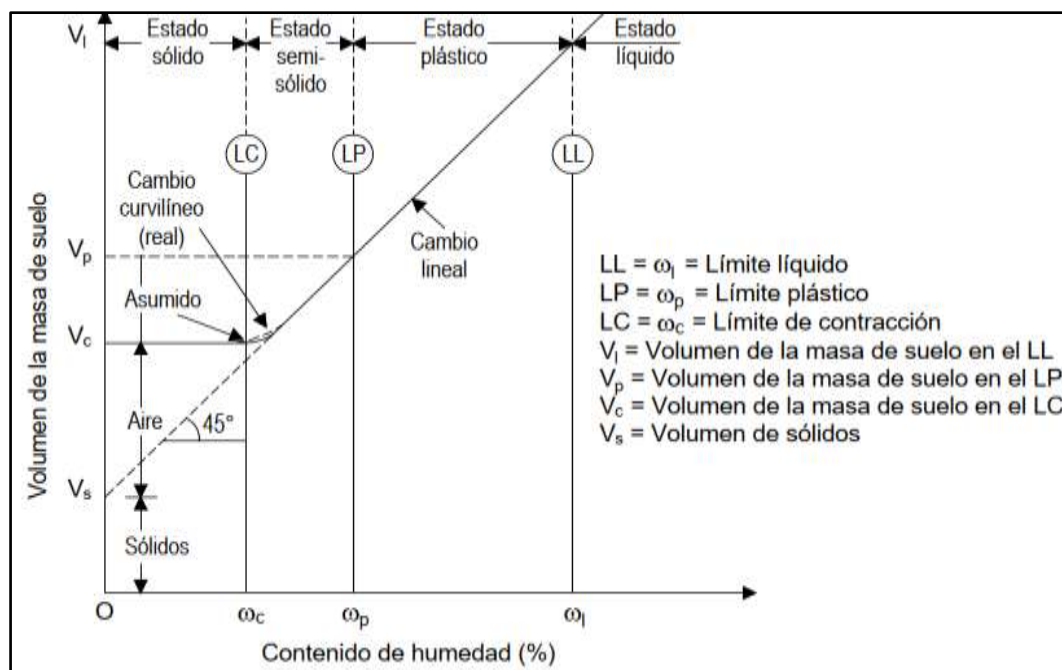


Figura 1. Límites de consistencia y variación del volumen de la masa del suelo

Nota: Tomado de Venkatramiah 2006:59 (VENKATRAMAIAH, 2006)

El límite de contracción también muestra cuánto (en porcentaje) puede absorber el suelo sin pandearse, cuanto mayor sea el valor, menor será el potencial de expansión. También se puede utilizar para evaluar el comportamiento de corte y relleno, principalmente la aparición de grietas (MTC, 2014).

2.2.5.1. Índices obtenidos a partir de los límites de consistencia

Índice de plasticidad

El parámetro que describe la diferencia entre los límites de líquido y plástico se conoce como el Índice de Plasticidad (IP). Este índice es una medida cuantitativa que proporciona información sobre el grado de plasticidad de un suelo. La fórmula para calcular el Índice de Plasticidad es la siguiente:

$$IP = LL - LP$$

En el caso en el que el límite plástico del suelo se clasifica como "no plástico" (NP), el índice de plasticidad se considera cero. Esta designación indica que el suelo no experimenta cambios significativos en su consistencia en respuesta a variaciones en el contenido de humedad. En otras palabras, el suelo no muestra propiedades plásticas discernibles en el rango de humedad evaluado.

El índice de plasticidad, al ser cero en este caso, sugiere que la superficie del suelo no presenta una transición marcada entre los estados sólido y plástico. Esta información es valiosa para la clasificación de suelos y proporciona detalles sobre la respuesta del suelo a condiciones de humedad.

Además, se menciona que el índice de plasticidad describe la longitud del período húmedo durante el cual el suelo exhibe una consistencia plástica. Este concepto destaca la importancia del índice de plasticidad en la comprensión de la variabilidad del suelo en diferentes condiciones climáticas y proporciona una base para su clasificación.

La relación entre el índice de plasticidad y la arcillosidad es mencionada, indicando que superficies con alto índice de plasticidad tienden a ser muy arcillosas, mientras que aquellas con bajo índice de plasticidad son ligeramente arcillosas. Esto refleja cómo la plasticidad del suelo está intrínsecamente vinculada a su composición y textura, lo cual es fundamental en la planificación y diseño de proyectos de ingeniería que involucran interacciones con el suelo.

Tabla 7. Clasificación de un suelo según su índice de plasticidad

índice de plasticidad	Plasticidad	Características
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
$7 < IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP \leq 7$	Baja	Suelos poco arcillosos
IP = 0	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Nota: Tomado del MTC 2014:32.

Según Crespo (2004), la plasticidad es una propiedad del suelo que se refiere a su capacidad para deformarse sin romperse. En otras palabras, es la habilidad del suelo para cambiar su forma y estructura sin experimentar fracturas o quiebres significativos. Esta característica permite medir el comportamiento del suelo en cualquier momento, ya que no presenta una pérdida de continuidad estructural incluso cuando se somete a deformaciones.

Las arcillas son conocidas por exhibir esta propiedad de plasticidad en diferentes grados. Este comportamiento plástico de las arcillas es esencial para comprender su respuesta a las fuerzas aplicadas y su capacidad para retener agua. La plasticidad de las arcillas es una característica distintiva que las diferencia de otros tipos de suelos, y su estudio es crucial en la Ingeniería Civil y la Geotecnia.

La plasticidad se cuantifica por el índice de plasticidad o se puede estimar por la fuerza de las muestras de suelo secadas al aire (22).

Tabla 8. *Clasificación de un suelo según su índice de plasticidad*

Término usado	IP	Resistencia en estado	Ensayos de campo
No plástico	0 – 3	Muy baja	Cae en pedazos fácilmente
Ligeramente plástico	4 – 15	Ligera	Se tritura fácilmente con los dedos
Medianamente plástico	15 – 30	Mediana	Difícil de triturar
Muy plástico	31 o mayor	Alta	Imposible de triturar con los dedos

Nota: Tomado de Sowers, GB y Sowers, GF 1972:111

El MTC recomienda tener en cuenta que el contenido de arcilla en el suelo, dependiendo de su cantidad, puede ser un factor de riesgo en suelos de subrasante y estructuras de pavimentos, principalmente por su alta sensibilidad al agua (18).

2.2.6. Contenido de humedad óptimo

La relación entre el peso de agua presente en una masa de suelo y el peso de las partículas sólidas se define como el contenido de humedad y se expresa como un porcentaje. Este cálculo se realiza mediante la determinación del peso de agua eliminada al secar el suelo húmedo en un horno controlado a una temperatura de 110 °C hasta alcanzar un peso constante. El peso resultante del suelo después del proceso de secado se utiliza como el peso de las partículas sólidas presentes.

La pérdida de peso durante el secado en el horno se considera como el peso del agua en la masa inicial del suelo. La fórmula para calcular el contenido de humedad se expresa como:

$$\text{Contenido de humedad(\%)} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de partículas sólidas}} * 100$$

Este proceso es fundamental en la caracterización de suelos, ya que proporciona información crucial sobre la cantidad de agua presente en relación con las partículas sólidas. La determinación precisa del contenido de humedad es esencial en diversas disciplinas, como la Geotecnia, la Agronomía y la Ingeniería Civil, para comprender y gestionar adecuadamente las propiedades del suelo.

2.2.7. Densidad seca máxima (gr/cm³)

El peso volumétrico máximo seco, también conocido como peso unitario seco máximo, es la máxima densidad que un material puede alcanzar en condiciones de laboratorio después de pasar por un proceso de compactación en un molde estandarizado y en capas adecuadas según el tipo de material. Este proceso se realiza con un contenido óptimo de humedad que asegura una lubricación efectiva para facilitar la compactación. La obtención de la máxima densidad es esencial para garantizar la estabilidad y resistencia del suelo.

Para determinar el peso volumétrico máximo seco, se utiliza comúnmente el ensayo de Proctor Modificado, que implica la compactación del suelo en capas sucesivas utilizando un pisón estandarizado y aplicando una energía específica. Este ensayo ha evolucionado con el tiempo, y en la actualidad, se emplean rodillos pesados para simular las condiciones de compactación en el campo de manera más realista (23).

El peso volumétrico máximo seco es una medida crítica en Ingeniería Civil y Geotecnia, ya que proporciona información valiosa sobre las propiedades mecánicas y la capacidad de soporte del suelo. Esta información es esencial para el diseño y construcción de estructuras, carreteras y cimientos, ya que la compactación adecuada del suelo contribuye a la durabilidad y estabilidad de las obras civiles.

2.2.8. El índice CBR en la evaluación de la calidad de una subrasante

El valor relativo de soporte, también conocido como California Bearing Ratio (CBR), según la definición de Sowers, GB y Sowers, GF, es un índice semiempírico que proporciona información sobre las características de resistencia y deformación de un suelo. Este parámetro ha demostrado ser crucial en la evaluación del comportamiento del pavimento y se utiliza para establecer parámetros que permiten determinar el espesor adecuado del pavimento (23).

El CBR se determina mediante ensayos de laboratorio que evalúan la capacidad de soporte relativa del suelo en comparación con una mezcla estándar de grava y arena. Este índice es particularmente valioso en ingeniería de pavimentos, ya que ayuda a los ingenieros a comprender la capacidad del suelo para soportar cargas y deformaciones, lo que es esencial para el diseño y la construcción de pavimentos duraderos y seguros.

La correlación establecida entre el CBR y el comportamiento del pavimento permite a los profesionales de la ingeniería utilizar este índice como una herramienta predictiva para

evaluar la capacidad de un suelo de soportar cargas vehiculares y determinar el grosor necesario del pavimento para garantizar un rendimiento estructural adecuado a lo largo del tiempo.

Además, se señala que este método ha recibido críticas por considerarse excesivamente conservador, ya que requiere la saturación previa del suelo. No obstante, se debe reconocer que este requisito es bastante riguroso y se justifica debido a que la falta de saturación previa podría llevar a una falta de conocimiento de las condiciones reales de humedad máxima de la subrasante (23).

Según las directrices del MTC, una vez que se ha definido el valor del índice CBR de diseño para cada sector con características homogéneas, se procederá a determinar a qué categoría de subrasante pertenece el sector o subtramo en cuestión (18).

Tabla 9. Categorías de subrasante en función de su índice CBR

Categorías de subrasante	Índice CBR
Subrasante inadecuada	$\text{CBR} < 3\%$
Subrasante insuficiente	$3\% \leq \text{CBR} < 6\%$
Subrasante regular	$6\% \leq \text{CBR} < 10\%$
Subrasante buena	$10\% \leq \text{CBR} < 20\%$
Subrasante muy buena	$20\% \leq \text{CBR} < 30\%$
Subrasante excelente	$30\% \leq \text{CBR}$

Nota: Tomado del MTC 2014:35.

Para asignar la categoría de la subrasante según la tabla proporcionada, es fundamental que los suelos presentes en la explanación, ubicados debajo del nivel superior de la subrasante, posean un espesor mínimo de 0.60 m del material correspondiente a la categoría asignada. En caso contrario, se asignará automáticamente a la categoría inmediata de calidad inferior. Este criterio asegura que la categorización sea precisa y se ajuste a las condiciones específicas de cada sector, optimizando así la calidad y la seguridad de la infraestructura vial.

En relación al nivel superior de la subrasante, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) establece recomendaciones específicas. Se sugiere que este nivel debe estar ubicado por encima del nivel freático, con un mínimo de 0.60 m para una subrasante excelente - muy buena ($\text{CBR} \geq 20\%$), 0.80 m para una subrasante buena - regular ($6\% \leq \text{CBR} < 20\%$), 1.00 m para una subrasante pobre ($3\% \leq \text{CBR} < 6\%$), y 1.20 m para una subrasante inadecuada ($\text{CBR} < 3\%$). En situaciones donde sea necesario, se

podrán emplear subdrenes, capas anticontaminantes o drenantes, o se ajustará la elevación de la rasante para alcanzar el nivel requerido. Este enfoque garantiza una adecuada protección y rendimiento de la subrasante, considerando las características específicas de resistencia del suelo (18).

2.2.8.1. Características que deben cumplir los suelos para conformar una subrasante

Los suelos localizados por debajo del nivel superior de la subrasante, a una profundidad mínima de 0.60 m, deben cumplir con el requisito de ser suelos adecuados y estables, con un valor de California Bearing Ratio (CBR) igual o superior al 6%. En situaciones en las que el suelo por debajo de este nivel presente un CBR inferior al 6%, se deberá implementar un proceso de estabilización de suelos, el cual se describe con mayor detalle más adelante. Este enfoque garantiza que la subrasante cuente con una base sólida y estable, cumpliendo con los estándares establecidos para la construcción de infraestructuras viales

(18).

Los suelos ideales para una subrasante deben poseer características que faciliten su proceso de compactación, garantizando una mayor resistencia a la deformación una vez compactados. Además, es crucial que estos suelos exhiban una baja sensibilidad a las variaciones de humedad, especialmente en lo que respecta a los cambios de volumen. Esta propiedad es esencial para prevenir problemas relacionados con la expansión y contracción del suelo debido a la humedad, lo cual podría afectar la estabilidad de la infraestructura. Adicionalmente, en regiones con bajas temperaturas y posibilidad de heladas, los suelos seleccionados deben mostrar una baja susceptibilidad a estos fenómenos. Además, se busca que los suelos no presenten potencial de alterabilidad, asegurando su estabilidad a lo largo del tiempo y minimizando riesgos para la infraestructura vial. Estas características contribuyen a la formación de una subrasante sólida y duradera, esencial para la calidad y seguridad de las obras viales (24).

En este contexto, se destaca la preferencia por suelos granulares con una distribución de tamaño de partícula continua, caracterizados por una proporción baja de finos poco plásticos y ausencia de piedras de gran tamaño. Estos suelos granulares proporcionan una base sólida y estable para la infraestructura vial. A su vez, se menciona que los suelos de grano fino, como los limos y arcillas, pueden ser utilizados en núcleos, siempre y cuando

no sean arcillas extremadamente plásticas ni limos altamente compresibles con límites líquidos elevados. La calidad de los materiales que conforman el cimiento del pavimento es de suma importancia, subrayando la necesidad de contar con materiales de alta calidad para garantizar la durabilidad y resistencia de la obra vial (24).

La susceptibilidad a la expansión es un factor crucial que debe ser considerado al evaluar los materiales utilizados en las explanaciones. Según Rico y del Castillo (2005), cambios significativos de volumen en estos materiales pueden dar lugar a deformaciones sustanciales en la superficie de la subbase, generando problemas como la pérdida de apoyo, incluso si tanto la subrasante como la subbase están compuestas por materiales no susceptibles. Los autores señalan que la adición de una cierta cantidad de cemento mediante la estabilización ha demostrado ser una estrategia efectiva para mitigar la susceptibilidad a los cambios volumétricos en suelos finos.

La deformabilidad, según los autores, es un requisito fundamental para determinar la aceptación o rechazo de un material de subrasante. Además, destaca que la deformabilidad juega un papel crucial en el comportamiento del material como soporte para un pavimento de calidad. Estos aspectos subrayan la importancia de evaluar y controlar la expansión de los suelos en el diseño de infraestructuras viales, así como la utilidad de técnicas como la estabilización con cemento para mejorar las propiedades de estos materiales (25).

Los suelos naturales de baja calidad, según las recomendaciones de Kraemer & Pardillo (2004), podrían ser descartados y reemplazados por materiales de mejor calidad. Estos suelos se considerarían inaceptables como base para un pavimento cuando presenten ciertos criterios predefinidos. Es importante destacar que la calidad de los suelos utilizados en la construcción de pavimentos juega un papel crítico en la durabilidad y el rendimiento de la infraestructura vial.

Las especificaciones para la aceptación o rechazo de suelos como cimiento para pavimentos pueden variar, pero comúnmente se toman en cuenta propiedades como la capacidad de carga, la expansión, la plasticidad y la resistencia a la compresión. Kraemer & Pardillo (2004) seguramente proporcionan pautas específicas o criterios detallados para determinar la idoneidad de los suelos en función de estos parámetros, lo que contribuye a garantizar la integridad y la eficacia de la infraestructura vial.

- Presentan una elevada plasticidad, la cual, en todo caso, puede reducirse mediante procesos de estabilización.
- Contienen una cantidad significativa de materia orgánica.
- Son suelos evolutivos, cuyas propiedades tienden a degradarse con el tiempo, a veces incluso durante el propio proceso de construcción.
- Exhiben características de suelos expansivos, con cambios de volumen que podrían afectar la integridad del pavimento.
- Poseen una marcada heterogeneidad, como es común en algunos rellenos constituidos por residuos derivados de la actividad humana.
- Son altamente erosionables, propensos a la formación de oquedades de considerable tamaño debido a corrientes de agua.

2.2.9. Aspectos importantes de una subrasante

La adecuada adaptación de la carga en la rueda a la capacidad de la subrasante resulta esencial en la construcción de pavimentos. “Para lograr un diseño económico y práctico, es crucial evaluar las características físicas del sustrato y diseñar el pavimento en consecuencia. Esta evaluación puede llevarse a cabo mediante métodos empíricos basados en experiencias previas o mediante análisis más detallados” (26).

Montejo, señala que la calidad del sustrato tiene un impacto significativo en el espesor necesario para el pavimento, ya sea flexible o rígido (26). El parámetro de evaluación utilizado para esta capa es la capacidad de soporte (CBR) o la resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito.

Rico y del Castillo, destacan que un sustrato resistente puede soportar niveles de esfuerzo relativamente altos, lo que permite reducir el espesor de las capas del pavimento sin comprometer su estabilidad general (25). Esto conlleva a una disminución significativa de los costos en la construcción del pavimento. En resumen, la selección y evaluación adecuadas del sustrato son fundamentales para lograr pavimentos eficientes, económicamente viables y duraderos.

De acuerdo con Kraemer et al., con la formación de una subrasante se debe conseguir una superficie con la siguientes características.

- Sin excesivas irregularidades, de manera que el espesor de la capa inferior del pavimento pueda ser uniforme.
- Poco sensible a los cambios de humedad.

- Con pendientes que permitan drenar las precipitaciones ocurridas durante la ejecución de obras y la vida útil de las carreteras.
- Con una resistencia suficiente para soportar el tráfico vehicular sin presentar erosión o deformaciones.

2.2.10. Estabilización de suelos

La estabilización del suelo implica la modificación de sus características considerando la relación entre costo, calidad y eficacia. Se puede llevar a cabo mediante métodos químicos y mecánicos. En el enfoque químico, se añaden sustancias químicas para mejorar las propiedades del suelo, mientras que en el enfoque mecánico, se aplican metodologías para mejorar las propiedades sin recurrir a la adición de sustancias (27).

El Manual de Carreteras señala que la aplicación de aditivos químicos y procesos mecánicos constituye un método para mejorar las características físicas del suelo, ya sean estos métodos naturales o artificiales (sintéticos) (18). Este proceso se conoce como estabilización, y su objetivo principal es mejorar la resistencia mecánica del suelo de manera permanente. Existen diversas técnicas para lograr este objetivo, y el ingeniero a cargo debe seleccionar la solución más adecuada desde el punto de vista económico y técnico. La estabilización del suelo es esencial en la construcción de infraestructuras viales duraderas y eficientes.

2.2.10.1. Criterios para establecer la estabilización de suelos

Los criterios más destacados incluyen:

- Suelos con un Índice de Soporte de California (CBR) inferior al 6% se consideran subrasante inadecuada. Aquellos que presenten zonas mojadas o áreas suaves califican para un análisis de estabilización de suelos.
- La presencia de arcillas o limos en la subrasante, que al humedecerse puedan penetrar a las capas superiores, se considera un factor crítico.
- La posición de la subrasante en relación con la napa freática es crucial. A una profundidad mínima de 0.60m se clasifica como subrasante extraordinaria y muy buena, a 0.80m como buena y regular, mientras que a 1 m y 1.20m se considera pobre e inadecuada respectivamente.
- En regiones con altitudes superiores a los 4 000 m, se debe evaluar la susceptibilidad del suelo al congelamiento y heladas, factores asociados con la capa freática, entre otros.

- La determinación del tipo de suelo existente es esencial para evaluar la necesidad de estabilización.

2.2.11. Polímeros

Los polímeros son moléculas de gran tamaño conformadas por eslabones orgánicos conocidos como monómeros, los cuales se unen mediante enlaces covalentes, mayormente compuestos por átomos de carbono. Estas sustancias orgánicas constituyen los materiales plásticos que conocemos.

El proceso mediante el cual se crean estos polímeros se denomina polimerización. En este proceso, los monómeros reaccionan y se unen para formar cadenas macromoleculares. Existen dos métodos principales para llevar a cabo la polimerización: adición o crecimiento de cadena, y condensación o crecimiento de pasos. En ambos métodos, se generan las largas cadenas moleculares características de los polímeros, otorgándoles propiedades específicas y diversas aplicaciones en la industria y la vida cotidiana.

2.2.11.1. PET

El tereftalato de polietileno (PET) es el material utilizado en envases que llevan el símbolo "1" dentro de tres flechas, según el sistema de identificación de reciclaje SPI. Estos envases, como botellas para refrescos, agua, jugo y bebidas deportivas, son conocidos por ser fuertes, duraderos y portátiles. El PET presenta propiedades como una buena resistencia química y térmica, así como una alta capacidad para resistir corrosión y desgaste.

El símbolo "1" en el fondo de los envases de PET indica que son reciclables, y este material es comúnmente recolectado y reciclado para darle una segunda vida en diversos productos.



Figura 2. Símbolo del polietileno tereftalato.

Nota: MULTIPLAST 2015

La valorización del PET reciclado, que proviene principalmente de botellas y envases, se ha logrado mediante el desarrollo de un proceso de fabricación sencillo y económicamente rentable. Este proceso permite obtener compuestos plásticos de ingeniería, que son adecuados para aplicaciones exigentes. La reutilización del PET a través de este método contribuye a la gestión sostenible de los residuos plásticos y a la creación de productos de calidad a partir de materiales reciclados (28).

2.2.11.2. Propiedades y características del plástico PET

El plástico PET ha experimentado un desarrollo significativo en la producción de fibras textiles y en la fabricación de una amplia variedad de envases, destacándose especialmente en la producción de botellas, bandejas, flejes y láminas. Este crecimiento se atribuye a las propiedades físicas del PET, que le permiten cumplir con diversas especificaciones técnicas, convirtiéndolo en un material versátil y ampliamente utilizado en la industria (29).

Dentro de las características más importantes del plástico PET, están los siguientes:

- El tereftalato de polietileno tiene buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes
- Tiene alto grado de transparencia y brillo, que conserva el sabor y aroma de cualquier alimento
- Es reciclable, al ser un material termoplástico puede modificarse su forma
- Muy buen coeficiente de deslizamiento, rozamiento o coeficiente de fricción
- Muy buena barrera a CO₂ (dióxido de carbono), aceptable barrera a O₂ (oxígeno) y a la humedad
- Buena resistencia térmica con respecto a otros plásticos
- Buena resistencia química para resistir a ácidos y tener barreras protectoras
- Es muy ligero en relación a su resistencia
- Alta resistencia y dureza
- Alta resistencia al desgaste ya la corrosión

2.2.12. Cabuya

“La Cabuya (*Agave americana* L.), también conocida como fique, maguey negro o blanco, pinca, cabuya americana, pita, cocuisa, cocui, cabuyero, penca azul, entre otros

nombres, varía en denominación según la región donde se cultiva” (Cervantes & Cuya, 2015). Originaria de América Tropical, su distribución se extiende desde el sur de los países centroamericanos hasta las 53 regiones por donde atraviesa la cordillera de los Andes, incluyendo Ecuador, Colombia, Bolivia, Venezuela y Perú. La cabuya demuestra una notable capacidad para resistir períodos de sequía, prosperando en terrenos áridos gracias a la capacidad de sus hojas para almacenar agua. Esta resistencia se manifiesta especialmente durante la temporada de lluvias. Además, la planta exhibe robustez frente a la sequedad y al frío, siendo clasificada como xerófita. Con un crecimiento rápido, alcanza la madurez en un corto periodo y tiene una vida útil que oscila entre 10 y 30 años (30).

2.2.12.1. Propiedades de la ceniza

La obtención de ceniza se lleva a cabo al quemar tallos o hojas secas de la planta, transformándolos en polvo. Este producto posee propiedades que contribuyen a mejorar la calidad del suelo, ya que contiene nutrientes esenciales como magnesio, fósforo, calcio, potasio y sílice. Al utilizar la ceniza como enmienda del suelo, es crucial evaluar las cantidades de minerales presentes, asegurándose de que su composición mineral se encuentre dentro de límites seguros. La ceniza con un elevado contenido de nutrientes puede ser utilizada de manera sostenible para incrementar la fertilidad del suelo.

2.2.12.2. Composición de la cabuya

“El Ministerio del Ambiente proporciona datos cuantitativos sobre los componentes químicos, físicos y mineralógicos de la cabuya. Los porcentajes respectivos son los siguientes: 54.85% de humedad, 8% de materia orgánica amorfa que incluye proteínas, potasio, nitrógeno, sacarosa, calcio, fósforo, sapogeninas y saponinas, 6% de celulosa (D-celulosa) y 1% de minerales” (31).

Tabla 10. Composición química de la ceniza de cabuya

CÓDIGO	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS RESTOS DE CABUYA		
	ENSAYOS	UNIDAD	RESULTADO
MTL-426-08	-Det. de óxido de calcio (CaO)	%	13.22
	-Det. de dióxido de silicio (SiO ₂)	%	61.15
	-Det. de trióxido de azufre (SO ₃)	%	2.12
	-Det. de óxido de magnesio (MgO)	%	3.23
	-Det. de óxido de manganeso (MnO)	%	2.10
	-Det. de trióxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	%	3.25
	-Det. de pentóxido de fósforo (P ₂ O ₃)	%	2.00
	-Det. de trióxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	%	4.22
	-Det. de óxido de bario (BaO)	%	0.74
	-Det. de óxido de zinc (ZnO)	%	0.06
	-Det. de óxido de cobre (CuO)	%	0.18
	-Det. de trióxido de cobre (CrO ₃)	%	0.09
	-Otros	%	3.14

Nota: Mateslab S.A.C.

2.3. Definición de términos básicos

a. Arcilla

La arcilla es un material terroso constituido por partículas de tamaño muy fino (menor a 0.002 mm), que presenta propiedades plásticas al mezclarse con agua, permitiendo su moldeado. Su comportamiento depende en gran medida de su contenido mineralógico y de humedad (32).

b. Capacidad de Soporte

Es la capacidad de un suelo para resistir cargas aplicadas sin sufrir deformaciones excesivas. En la ingeniería vial, se mide con el ensayo CBR (California Bearing Ratio) y es fundamental para el diseño de pavimentos (33)

c. Compactación

La compactación es el proceso mecánico mediante el cual se reduce el volumen de vacíos de un suelo, incrementando su densidad seca, al aplicar energía (impacto, vibración o presión), con el objetivo de mejorar su resistencia y estabilidad (34).

d. Curva granulométrica

Es una representación gráfica del porcentaje de material que pasa por una serie de tamices de diferentes aberturas, permitiendo evaluar la distribución del tamaño de partículas en un suelo. Es clave para su clasificación y diseño de mezclas (35).

e. Densidad

La densidad del suelo es la relación entre su masa y su volumen. Se distingue entre densidad húmeda, densidad seca y densidad aparente, siendo esta última relevante para evaluar su comportamiento en estado natural o compactado (36).

f. Estabilización de suelos

La estabilización de suelos es el conjunto de métodos que modifican y mejoran las propiedades físicas y/o químicas del suelo para incrementar su resistencia, durabilidad y capacidad de soporte, a través de aditivos o procesos mecánicos (37).

g. Suelo

El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre compuesta por partículas minerales y materia orgánica, producto de la desintegración de rocas. En ingeniería, se considera el material natural que sirve de soporte a las estructuras (38).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Metodo

Bernal (2010) señala que “El método científico se entiende como el conjunto de postulados, reglas y normas para el estudio y la solución de los problemas de investigación, institucionalizados por la denominada comunidad científica reconocida.”

De acuerdo con lo mencionado, la investigación corresponde al método científico, debido al conjunto de normas organizadas para el desarrollo de la investigación, se analizó la influencia de la adición de ceniza de cabuya y fibras de PET en el subrasante de suelos arcillosos en el tramo Socos – Yanayacu, Ayacucho (39).

3.1.2. Tipo

Espinoza (2014) afirma que, la investigación aplicada busca utilizar el conocimiento científico en la solución de problemas para beneficiar a la sociedad. De este modo, la investigación fue de tipo aplicada, ya que se aplicaron los conocimientos en suelos y geotécnica para solucionar el problema del suelo arcilloso en la subrasante empleando la ceniza de cabuya y las fibras PET recicladas (40).

3.1.3. Alcance

Según Hernández y otros (2014), el nivel de investigación explicativo “está dirigido a responder por las causas de los efectos y fenómenos físicos o sociales”. En ese sentido, el alcance de la investigación fue explicativo ya que se evaluaron los efectos de la ceniza de cabuya (variable independiente 1) y las fibras PET (variable independiente 2) en la subrasante del suelo arcilloso (variable dependiente) (41).

3.1.4. Diseño

El diseño de investigación es experimental, debido a que “la esencia de esta concepción de experimento es que requiere la manipulación intencional de una acción, para analizar sus posibles resultados” (41). De acuerdo con lo mencionado, el diseño de la investigación fue experimental, debido a que se manipularon las proporciones de ceniza de cabuya y fibras PET para evaluar su efecto en la subrasante de suelo arcilloso del tramo Socos – Yanayacu, Ayacucho.

La siguiente tabla, muestra los tratamientos aplicados para el suelo arcilloso.

Tabla 11. Tratamientos de dosificaciones de la ceniza de cabuya y fibras de pet adicionadas al suelo
Tratamientos

T0	Suelo
T1	Suelo + 3% de adición de ceniza de cabuya + 5% de fibras de pet
T2	Suelo + 6% de adición de ceniza de cabuya + 5% de fibras de pet

Nota: Elaboración propia

3.1.5. Población y muestra

Población

La población se define como el conjunto total de elementos, personas, objetos o unidades de análisis que comparten una o más características específicas y sobre los cuales se pretende generalizar los resultados del estudio. Por lo cual, debe estar claramente

delimitada en términos de espacio, tiempo y atributos relevantes para el problema de investigación (41).

Para la investigación la población estuvo representada por el suelo de la subrasante en la progresiva 0+000 km al 3+000 km del tramo Socos – Yanayacu, Ayacucho., donde se analizaran sus características físicas y mecánicas.

Muestra

La muestra es un subconjunto representativo de la población, con el propósito de obtener información y realizar inferencias válidas sobre el total de la población sin necesidad de estudiarla en su totalidad. La selección de la muestra, debe garantizar que los resultados obtenidos reflejen adecuadamente las características de la población (41).

La muestra estuvo delimitada por el suelo de las 7 calicatas dentro del tramo de estudio, las cuales presentan un CBR menor al 6% que se identifica como una subrasante pobre e inadecuada. Las calicatas tuvieron una profundidad de 1.5 metros y se ejecutaron al lado derecho de la vía.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales

Los materiales que se emplearon para la ejecución de la investigación corresponden al suelo de las calicatas en el tramo Socos – Yanayacu, la ceniza de cabuya y las fibras PET recicladas. Además de los materiales empleados en los ensayos de laboratorio para la caracterización física y mecánica del suelo arcilloso para subrasante.

3.2.2. Métodos

El método para el desarrollo de la investigación, corresponden a la normativa nacional del Ministerio de Transportes y Comunicaciones que se adapta de la normativa internacional (ASTM y AASHTO) para la caracterización del suelo arcilloso y los requerimientos para una subrasante.

3.3. Desarrollo de la investigación

3.3.1. Generalidades

A. Ubicación

La carretera del tramo Socos – Yanayacu, políticamente se encuentra ubicada de la siguiente manera:

- Departamento : Ayacucho
- Provincia : Huamanga
- Distrito : Socos
- Lugar : Tramo Socos – Yanayacu

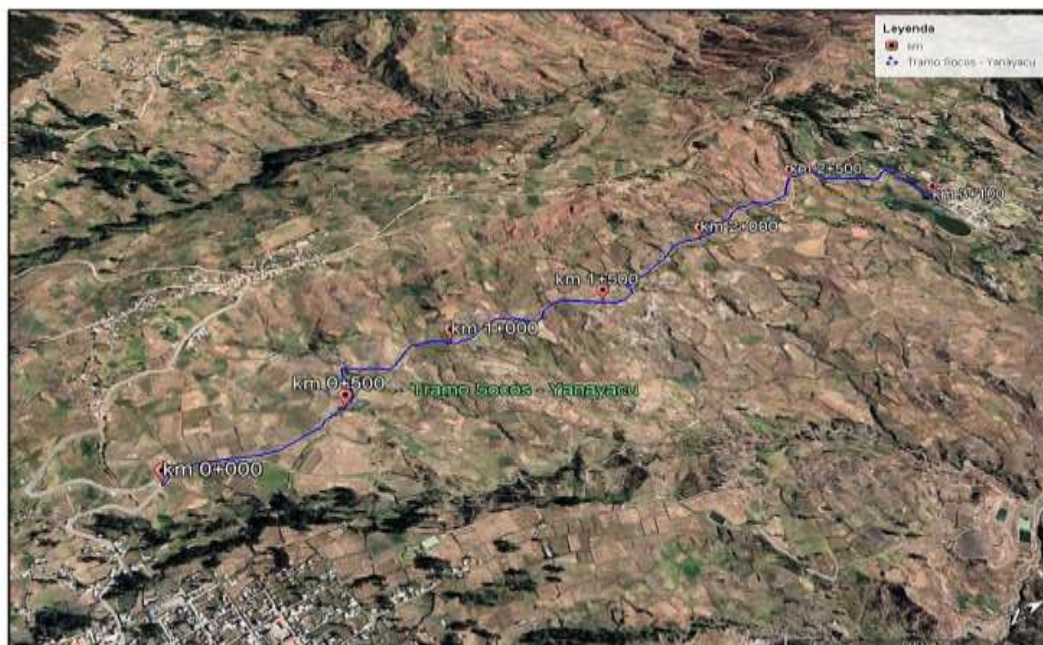


Figura 3. Vista satelital del tramo de la carretera Socos – Yanayacu.

Nota: Google Earth Pro-2019.

La carretera que abarca el tramo Socos-Yanayacu está situada en el distrito de Socos, perteneciente a la provincia de Huamanga. Desde una perspectiva geográfica, se encuentra en la región Quechua, destacando por pendientes moderadas a lo largo del tramo y una altitud promedio de 3,360 metros sobre el nivel del mar. Según datos del INEI hasta el año 2017, la población en esta área se estimaba en 5,952 habitantes.

3.3.2. Programa de investigaciones geotecnicas

En la fase inicial de recolección de información, se adaptó una metodología que combinó observaciones visuales in situ con un análisis exhaustivo de fichas técnicas de los ensayos de laboratorio. Esta aproximación permitió una comprensión más profunda de la realidad problemática del área, particularmente en lo que respecta a la manipulación del material de los suelos a nivel de la subrasante. Se llevaron a cabo inspecciones detalladas en el tramo en estudio, identificando progresivas y calicatas con excavaciones de 1.50 metros, según las especificaciones de la norma MTC-2014. Estas exploraciones proporcionaron

información valiosa sobre los diversos estratos que conforman los suelos en el camino vecinal del tramo Socos – Yanayacu.

Además de la observación directa, se recopiló material en cantidad suficiente para realizar diversos ensayos de laboratorio tanto en suelo natural como en suelos tratados con ceniza de cabuya y fibras de pet. Posteriormente, se trasladaron las muestras al laboratorio para llevar a cabo ensayos, como contenido de humedad natural, granulometría por tamizado, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad. Estos resultados permitieron clasificar los tipos de suelos según las normas AASHTO y SUCS.

Simultáneamente, se procedió a la incineración de la ceniza de cabuya y al picado del PET reciclado, obteniendo la cantidad necesaria según las dosificaciones propuestas (3% y 6% de ceniza de cabuya). Se realizaron ensayos químicos para determinar sus características, seguidos de otros ensayos, como plasticidad, Proctor modificado y CBR al suelo, con la adición de fibras de PET (5%) junto con la ceniza. Estos ensayos, ejecutados con diferentes dosificaciones, permitirán determinar la mejora alternativa según el tipo de suelo encontrado en el sector más crítico de todo el tramo de la carretera Socos – Yanayacu.

FASE I: Obtención y preparación de las muestras de suelo

Se llevó a cabo el reconocimiento del área designada para la recopilación de datos en el tramo de la carretera Socos – Yanayacu, específicamente del kilómetro 0+000 al km 3+000. La obtención de muestras se realizó mediante la excavación de calicatas con una profundidad máxima de 1.60 metros. Posteriormente, se llevó a cabo la descripción e identificación in situ de las calicatas, siguiendo la Norma ASTM D 2488, que establece estándares para la descripción e identificación de suelos mediante procedimientos visuales y manuales.

Durante este proceso, se registraron con detalle las características fundamentales del suelo, incluyendo el espesor de cada estrato, color, olor, consistencia, humedad, entre otros aspectos relevantes. Se identificó la presencia de un material con características de suelo limoso, de color rojizo y con una humedad moderada, encontrándose en un estado semi compacto.

Luego de la descripción in situ, se procedió a la selección de muestras de suelo extraídas de las 07 calicatas realizadas en el tramo de 3 kilómetros. Se acumularon

aproximadamente 50 kilogramos por cada calicata para su análisis posterior en laboratorio.



Figura 4. *Excavacion de las calicatas de estudio*

Nota: Elaboracion propia

Se llevaron a cabo las fases de obtención y transporte de las muestras representativas de suelo desde cada calicata, siguiendo las indicaciones detalladas en la Norma MTC E 104, que aborda la conservación y el transporte de las muestras de suelo. Para el ensayo de contenido de humedad natural, se utilizaron bolsas herméticas con el objetivo de prevenir la pérdida de humedad durante el transporte hacia el laboratorio. Este enfoque aseguró la integridad de las muestras, preservando adecuadamente su contenido de humedad para facilitar su análisis subsiguiente en el laboratorio.

FASE II: Ensayos de laboratorio

Se llevó a cabo una minuciosa preparación de las muestras de suelo para la realización de los ensayos de laboratorio, siguiendo estrictamente las directrices establecidas en las Normas MTC E105 (obtención de muestras representativas en laboratorio mediante el cuarteo) y MTC E 106 (preparación en seco de muestras para el análisis granulométrico y la determinación de las constantes del suelo).

Para garantizar la representatividad de las muestras, se aplicó el método de cuarteo según la Norma MTC E105, que implica la división cuidadosa de una muestra inicial en fracciones más pequeñas. Este enfoque asegura que cada porción sea una representación

precisa del suelo original, permitiendo que los resultados de los ensayos reflejen con precisión las características del suelo en el segmento crítico de la trocha carrozable.

Adicionalmente, siguiendo la Norma MTC E 106, las muestras de suelo fueron preparadas en seco para llevar a cabo el análisis granulométrico y determinar las constantes del suelo. La preparación en seco facilita la manipulación precisa de las muestras, un aspecto crucial para obtener resultados confiables en los ensayos de laboratorio.

El cumplimiento riguroso de estas normas y procedimientos asegura la calidad y representatividad de las muestras de suelo, factores esenciales para el estudio y diseño geotécnico de la subrasante en el tramo crítico de la zona en estudio.



Figura 5. Muestreo de material en laboratorio

Nota: Elaboracion propia

En una primera instancia, se llevaron a cabo los ensayos de análisis granulométrico, límite líquido y límite plástico con el objetivo de clasificar las muestras de suelo obtenidas de cada calicata.

- **Granulometría (MTC E – 107)**

La granulometría es un parámetro esencial para caracterizar la distribución de tamaños de partículas en un suelo. En el contexto de normativas peruanas, la Granulometría se determina siguiendo el método especificado por la norma MTC E-107. A continuación, se proporciona una descripción general de este concepto y cómo se aborda en dicha normativa:

La granulometría se refiere al análisis de la distribución de tamaños de partículas en un suelo. La información sobre el tamaño de las partículas es crucial para comprender el comportamiento del suelo en términos de permeabilidad, compactación y otros aspectos relevantes para la Ingeniería Civil y Geotécnica. La norma MTC E-107 establece los procedimientos para realizar el ensayo de granulometría en laboratorio. El método comúnmente utilizado es el llamado "Tamizado", que implica pasar la muestra de suelo a través de una serie de tamices de aberturas graduadas. Cada tamiz retiene partículas de un tamaño específico, y al pesar las fracciones retenidas en cada tamiz, se puede determinar la distribución de tamaños de partículas.

Procedimiento general:

1. Preparación de la muestra: Se toma una muestra representativa del suelo.
2. Secado de la muestra: La muestra se seca para obtener el peso seco inicial.
3. Tamizado: La muestra se pasa a través de una serie de tamices de aberturas graduadas.
4. Pesado de fracciones retenidas: Se pesan las fracciones retenidas en cada tamiz.
5. Cálculo de porcentajes acumulativos: Se calculan los porcentajes acumulativos restando el porcentaje de material retenido en cada tamiz del porcentaje retenido en el tamiz anterior.
6. Gráfica granulométrica: Los resultados se representan gráficamente en una curva granulométrica que muestra la distribución de tamaños de partículas.

El cumplimiento de la norma MTC E-107 garantiza que la determinación de la Granulometría se realice de manera estandarizada y precisa, proporcionando información valiosa para la interpretación de las propiedades físicas del suelo en proyectos de ingeniería.



Figura 6. *Ensayo de granulometría*

Nota: Elaboracion propia

- **Límite Líquido (Norma MTC E – 110)**

El Límite Líquido es una propiedad de los suelos que se determina mediante ensayos de laboratorio. La norma MTC E-110 establece los procedimientos para la determinación del Límite Líquido en suelos. Se presenta una descripción general de este concepto y cómo se aborda en la normativa:

El Límite Líquido (LL) es una propiedad índice que caracteriza la plasticidad de un suelo, es decir, su capacidad para cambiar de forma sin agrietarse. Se define como el contenido de agua expresado como porcentaje del peso seco del suelo en el cual el suelo pasa de un estado plástico a un estado semilíquido. En otras palabras, representa la cantidad de agua necesaria para que el suelo exhiba un comportamiento plástico.

La norma MTC E-110 establece los procedimientos para determinar el Límite Líquido de un suelo. Estos procedimientos suelen implicar la realización del ensayo de Casagrande, que consiste en determinar el contenido de humedad en el cual, una ranura hecha en una muestra de suelo se cierra por un recorrido de 13 mm debido a 25 golpes estándar.

El cumplimiento de la norma MTC E-110 garantiza que la determinación del Límite Líquido se realice de manera estandarizada y consistente, permitiendo una caracterización precisa de las propiedades de plasticidad del suelo.



Figura 7. Ensayo de limite liquido

Nota: Elaboracion propia

- **Límite plástico (Norma MTC E – 111)**

El Límite Plástico es otra propiedad índice de los suelos y su determinación se rige por la norma MTC E-111 en el contexto de normativas peruanas. SE proporciona una descripción general de este concepto y cómo se aborda en dicha normativa:

El Límite Plástico (LP) es una propiedad índice que también caracteriza la plasticidad de un suelo. Representa el contenido de agua expresado como porcentaje del peso seco del suelo en el cual el suelo cambia de un estado plástico a un estado semisólido y comienza a agrietarse al ser manipulado. Mientras que el Límite Líquido indica la transición de un estado plástico a un estado semilíquido, el Límite Plástico señala la transición a un estado más sólido.

La norma MTC E-111 establece los procedimientos para determinar el Límite Plástico de un suelo. El método comúnmente utilizado para este propósito es el ensayo de la cuchara de Casagrande, que implica el rodado de una muestra de suelo en forma de churro hasta que se rompe.



Figura 8. *Ensayo de limite plastico*

Nota: Elaboracion propia

- **Proctor Modificado (MTC E – 115)**

“Ensayo de Proctor tiene como objetivo determinar la humedad óptima de suelo por la cual este alcanza su densidad máxima seca. Este ensayo está en relación entre el contenido de humedad de suelo seco y el peso unitario de suelo compactado a una determinada humedad y a una energía de compactación determinada”.



Figura 9. *Ensayo de Proctor modificado*

Nota: Elaboracion propia

- **Ensayo CBR (MTC E – 132)**

“El propósito de la prueba CRB es determinar la resistencia del suelo y del agregado comprimido en el laboratorio con un contenido de humedad óptimo determinado por la prueba Proctor y varios grados de compresión”.



Figura 10. *Ensayo de C.B.R.*

Nota: Elaboracion propia

FASE III: Aplicación de los aditivos propuestos

A. Obtención de los polímeros reciclados

Se utilizaron envases reciclables de PET de botella reciclada, los cuales se obtuvieron de MMOLPLAST E.I.R.L. – Lima. Para volverlos aditivos se transportaron a una máquina trituradora y se obtuvo los polímeros en una sola dimensión.



Figura 11. *Plastico PET triturado en la planta industrial MMOLPLAST.*

Nota: Planta industrial MMOLPLAST.

B. Obtención de la ceniza de cabuya

El proceso de obtención de ceniza de cabuya involucró varias etapas clave. Inicialmente, se recolectaron hojas secas de cabuya, las cuales pasaron por un proceso que incluyó lavado, secado, incineración y tamizado. Finalmente, la ceniza resultante se incorporó al suelo natural para llevar a cabo los estudios correspondientes.



Figura 12. *Ceniza de cabuya*

Nota: Elaboración propia

C. Ensayos de laboratorio para el desarrollo de la investigación

La investigación se llevó a cabo mediante la realización de ensayos de laboratorio, siguiendo las pautas establecidas por el Manual de Suelos y Pavimentos del MTC (2014). Se consultó la tabla 12 de dicho manual para determinar las características específicas del suelo objeto de estudio.

Tabla 12. *Ensayos para el suelo a nivel de subrasante*

ENSAYOS	NORMA
Propiedades físicas	
Análisis granulométrico	MTC E 107
Contenido de Humedad	MTC E 108
Límite líquido	MTC E 110
Límite plástico	MTC E 111
Clasificación de suelos SUCS	NTP 339.134
Clasificación de suelos AASHTO	NTP 339.135
Propiedades mecánicas	
Proctor modificado	MTC E 115
CBR (California Bearing Ratio)	MTC E 132

Nota: Elaboración propia

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

4.1.1. Caracterización física de los suelos evaluados en estado natural

4.1.1.1. Análisis granulométrico de los suelos

El análisis granulométrico de las 7 calicatas del tramo Socos – Yanayacu, se muestra en la siguiente tabla con los porcentajes pasantes.

Tabla 13. *Análisis granulométrico Socos - Yanayacu*

MALLA		Porcentaje que pasa (%)						
		C - 01	C - 02	C - 03	C - 04	C - 05	C - 06	C - 07
Tamices	Abertura	E - 02	E - 02	E - 02	E - 02	E - 02	E - 02	E - 02
ASTM	(mm)							
¾"	19.000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
½"	12.5000	97.20	91.50	87.30	100.00	84.80	98.10	72.30
3/8"	9.5000	94.00	88.90	85.30	99.90	79.30	97.10	68.10
No 4	4.750	89.90	82.20	80.10	99.50	66.30	94.40	55.20
No 8	2.360	85.50	76.90	74.50	98.90	56.10	88.20	44.20
No 10	2.000	84.20	75.50	68.60	97.50	53.10	85.70	41.30
No 16	1.190	80.60	72.00	67.10	96.30	45.00	78.30	33.70
No 20	0.840	78.10	69.80	67.70	94.60	40.50	74.00	30.00
No 30	0.600	75.30	67.20	62.20	92.60	36.00	69.60	27.00
No 40	0.425	72.50	64.70	59.20	89.00	32.20	65.70	24.90
No 50	0.300	69.20	61.90	55.60	79.30	28.50	61.60	23.10
No 60	0.250	63.40	57.40	49.70	77.80	23.50	55.00	22.00
No 100	0.150	60.80	55.80	48.30	74.40	22.10	52.80	21.30
No 200	0.075	59.90	51.00	44.70	74.00	18.60	50.10	19.00

Nota: Elaboración propia

En la tabla 14, se aprecia que más del 50% del material pasa a través de la malla número 200. Esta observación implica una presencia notable de partículas finas, como limos, arcillas y arenas. Este contenido hace posible afirmar que los suelos en cuestión presentan susceptibilidad a la deformación bajo cargas aplicadas, lo que los hace menos resistentes.

Tabla 14. *Porcentaje de suelo (Grava, Arenas y Finos)*

Suelo	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05	C-06	C-07
Grava (No. 2” a No4)	3.00	2.67	3.23	1.50	33.07	3.03	26.93
Arena (No 4 a No 200)	37.10	46.33	52.07	24.50	48.33	46.87	54.07
Finos (menor a 200)	59.90	51.00	44.70	74.00	18.60	50.10	19.00

Nota: Elaboración propia

Al analizar la tabla 15, derivada de los estudios de las calicatas, es posible afirmar que las áreas críticas que exigen atención se encuentran en los tramos 0+000 (C-07), 0+500 (C-06), 1+000 (C-05), 2+000 (C-03) y 2+500 (C-02), debido a que en dichos tramos, se observó una predominancia marcada de arenas y finos.

Por lo cual, es necesario realizar la estabilización del suelo de la subrasante en el tramo Socos – Yanayacu, para fortalecer la capacidad de carga del suelo, además de mitigar los posibles efectos adversos de la presencia predominante de arenas y finos en los tramos identificados.

La siguiente figura, muestra la curva granulométrica del material encontrado en las 7 calicatas.

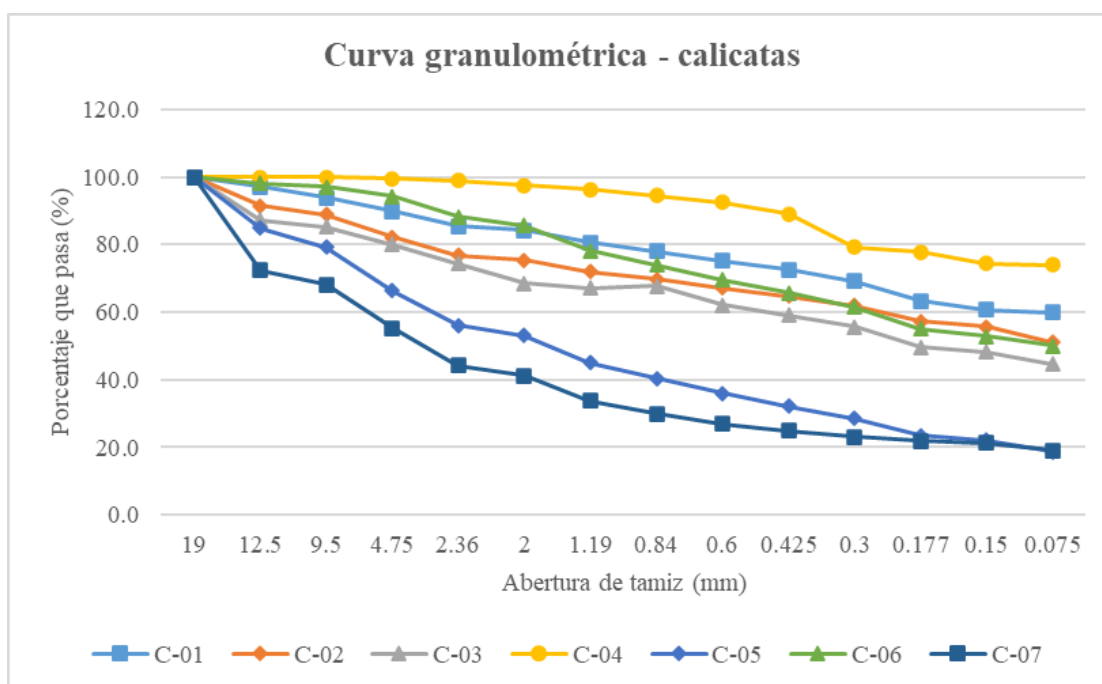


Figura 13. Curva granulométrica del material en las calicatas

Nota: Elaboración propia

4.1.1.2. Contenido de humedad

A través de la prueba de contenido de humedad, se puede determinar si el nivel de humedad natural en el suelo supera o está por debajo del punto óptimo. Con la finalidad de comprender las condiciones del suelo y tomar decisiones informadas sobre las medidas de corrección o ajuste necesarias. La siguiente tabla, proporciona un resumen detallado del contenido de humedad natural y óptimo en el suelo e las 7 calicatas.

Tabla 15. Contenido de humedad y humedad optima

Calicata	Progresiva	Estrato	Contenido de humedad (%)	Humedad óptima
C-01	0+000	E-02	17.00	15.66
C-02	0+500	E-02	18.40	16.25
C-03	1+000	E-02	14.10	15.74
C-04	1+500	E-02	13.80	13.33
C-05	2+000	E-02	5.20	8.55
C-06	2+500	E-02	14.20	15.41
C-07	3+000	E-02	9.80	11.38

Nota: Elaboración propia

De forma complementaria, se adjunta la siguiente figura referente al contenido de humedad natural y la humedad óptima del suelo.

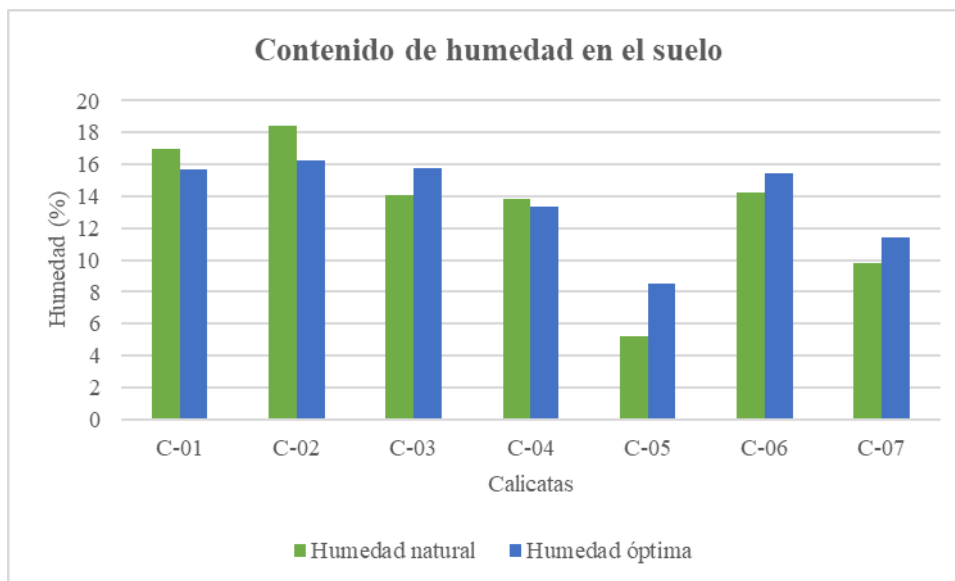


Figura 14. *Contenido de humedad natural y humedad óptima*

Nota: Elaboración propia

4.1.1.3. Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad

El límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad; son parámetros que permiten distinguir entre suelos arcillosos, limosos y arenosos, proporcionando información detallada sobre la capacidad del suelo para retener agua y la susceptibilidad a la deformación. Además de su contribución a la clasificación del suelo, los resultados de los ensayos de límites de consistencia desempeñan un papel importante para la estabilización del suelo. La tabla muestra los valores de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad obtenido del suelo de las 7 calicatas realizadas.

Tabla 16. *Límites de consistencia del suelo en estado natural*

Calicata	Estrato	Límite líquido (%)	Límite plástico(%)	Índice de plasticidad (%)
C-01	E-02	33.80	28.17	5.63
C-02	E-02	38.80	29.97	8.83
C-03	E-02	46.70	32.10	14.60
C-04	E-02	37.00	29.27	7.73
C-05	E-02	22.70	18.69	4.01
C-06	E-02	30.70	28.53	2.17
C-07	E-02	34.70	30.35	4.35

Nota: Elaboración propia

La siguiente figura muestra el índice de plasticidad del material encontrado en las calicatas estudiadas.

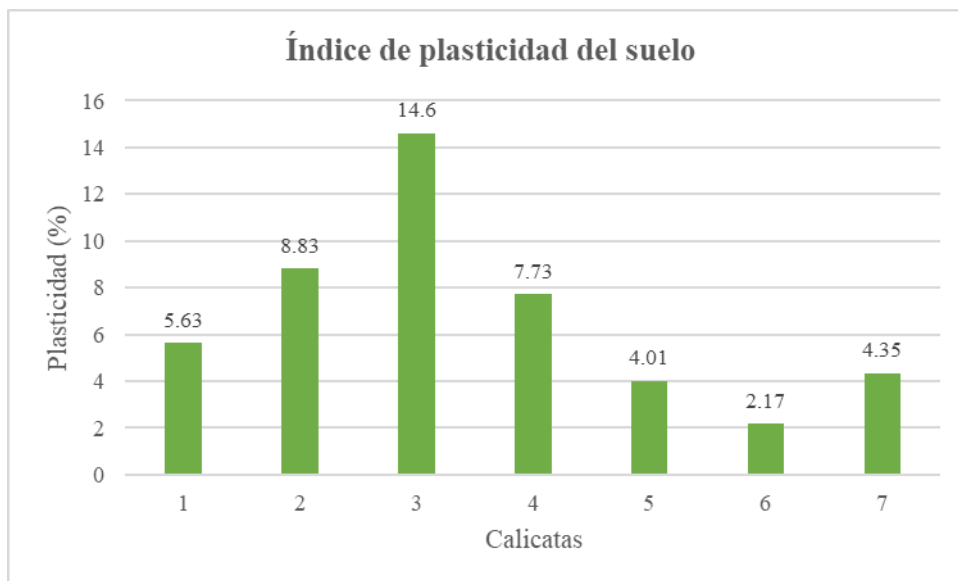


Figura 15. Relación porcentaje de humedad – número de golpes (calicata 1)

Nota: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla y figura adjuntas, el suelo evaluado en las 7 calicatas se puede clasificar con una plasticidad baja a media característico de los suelos arcillosos, de acuerdo con el Manual de suelos, geología, geotécnica y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

4.1.2. Caracterización mecánica de los suelos evaluados

4.1.2.1. Adición de ceniza de cabuya y fibras PET en la compactación del suelo arcilloso para subrasante

La prueba de compactación permite evaluar el contenido de humedad y la densidad seca máxima del suelo, así también desempeña un papel importante para garantizar la eficiencia y la durabilidad del suelo, en la tabla siguiente se detallan los resultados de los tratamientos aplicados.

Tabla 17. Óptimo contenido de humedad y Máxima densidad seca del suelo

Calicata	Estrato	Suelo natural		Suelo con 3% de CC+5% de PET		Suelo con 6% de CC+5% de PET	
		Humedad Optima	DMS	Humedad Optima	DMS	Humedad Optima	DMS
C-01	E-02	15.66	1.905	12.18	2.009	15.18	2.018
C-02	E-02	16.25	1.850	10.51	2.060	16.09	2.003
C-03	E-02	15.74	1.869	8.81	2.004	6.91	2.146
C-04	E-02	13.33	1.853	13.45	2.030	12.56	2.161
C-05	E-02	8.55	1.960	10.61	2.058	14.78	2.110
C-06	E-02	15.41	1.950	14.00	2.041	14.26	2.074
C-07	E-02	11.38	1.986	14.00	2.008	10.72	2.031

Nota: Elaboración propia

Las siguientes figuras muestran el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET.

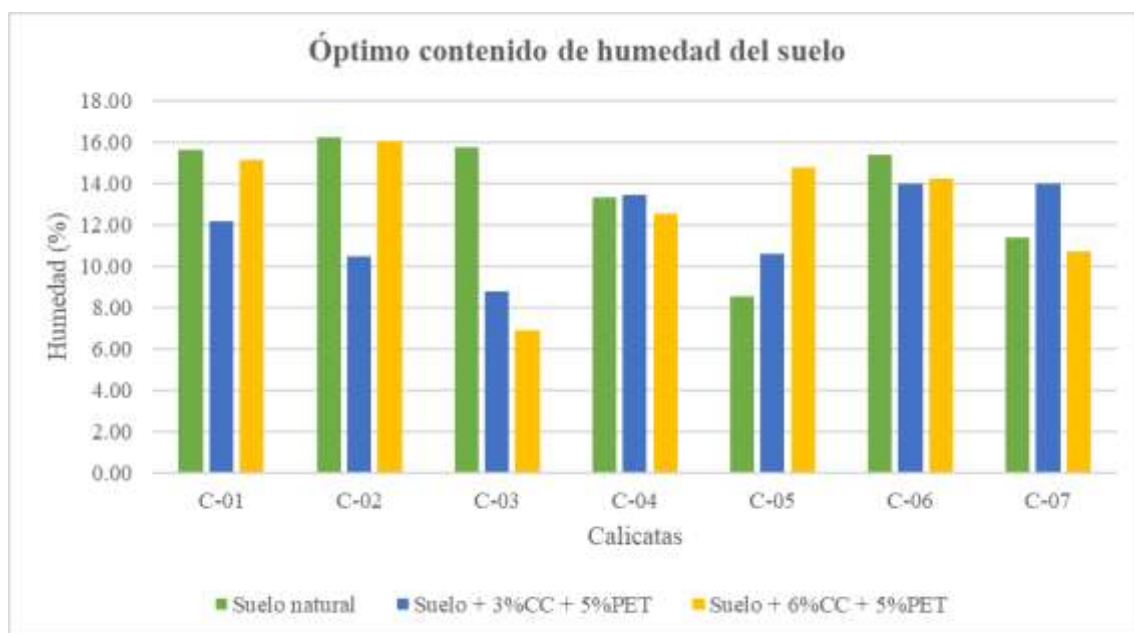


Figura 16. Óptimo contenido de humedad del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET

Nota: Elaboración propia

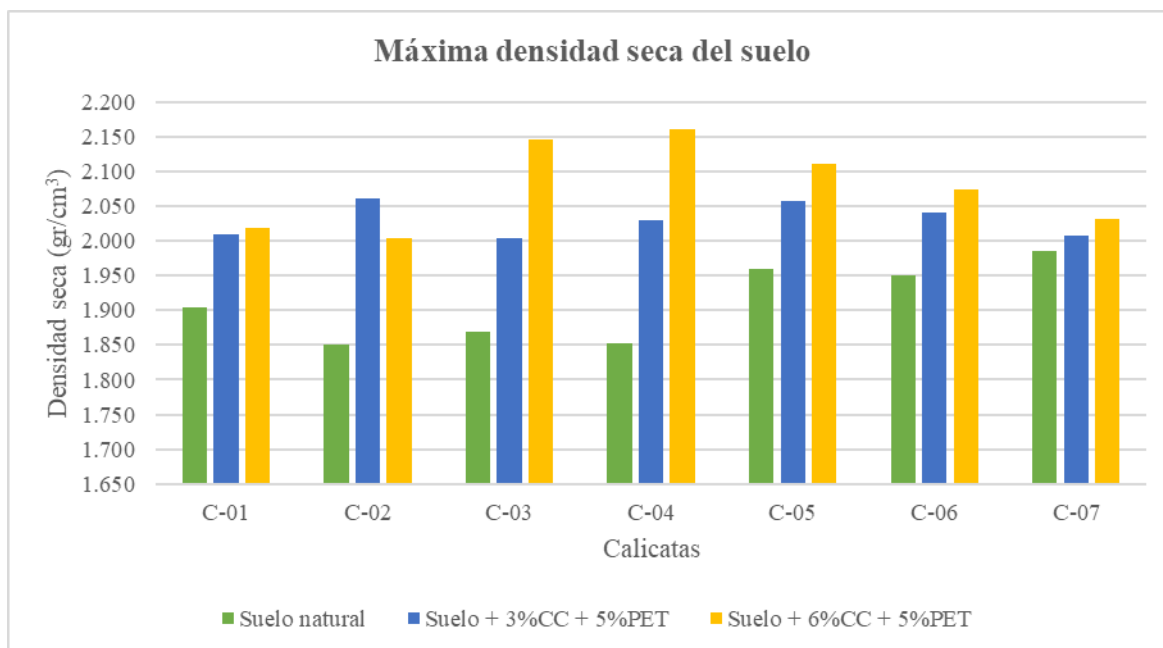


Figura 17. Máxima densidad seca del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET

Nota: Elaboración propia

Los resultados muestran el efecto de la adición de ceniza de cabuya (CC) y fibras PET en la humedad óptima y densidad máxima seca del suelo en siete calicatas del estrato E-02. En todos los casos, se observa el incremento de la máxima densidad seca al incorporar los estabilizantes, pasando de valores entre 1.850 y 1.986 g/cm³ en el suelo natural a valores que superan los 2.000 g/cm³ con las mezclas, alcanzando un máximo de 2.161 g/cm³ en C-04 con 6% CC + 5% PET, lo que indica una mayor compactación y mayor resistencia del suelo tratado. En cuanto a la humedad óptima, los cambios varían según la muestra, debido a que en algunas calicatas como C-01, C-02 y C-03 se evidenció una reducción significativa al tratarse con 3% CC + 5% PET, lo que implica menor necesidad de agua para alcanzar la máxima densidad; mientras que en el suelo de las calicatas C-05 y C-07 presentaron un aumento, posiblemente por la capacidad de absorción de las proporciones de CC y fibras PET. En conjunto, los resultados indican que la combinación de ceniza de cabuya y PET mejora las propiedades de compactación del suelo arcilloso, haciéndolo más adecuado como subrasante para carreteras rurales.

4.1.2.2. Adición de ceniza de cabuya y fibras PET en la capacidad de soporte del suelo arcilloso para subrasante

La tabla siguiente muestra el resumen de los valores CBR del suelo con las proporciones de ceniza de cabuya y fibras PET.

Tabla 18. CBR del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET

Calicata	Suelo natural			Suelo + 3% CC+5% FP			Suelo + 6% CC+5% FP		
	CBR 1" 90%DM	CBR 1" 95%DM	CBR 1" 100%DM	CBR 1" 90%DM	CBR 1" 95%DM	CBR 1" 100%DM	CBR 1" 90%DM	CBR 1" 95%DM	CBR 1" 100%DM
C-01	2.2	4.0	5.1	23.4	27.6	29.7	32.4	36.6	40.8
C-02	2.2	4.1	5.7	20.9	25.4	28.2	53.8	57.0	64.4
C-03	2.6	3.7	5.8	52.6	57.8	63.0	57.5	75.6	85.0
C-04	3.1	4.0	5.4	28.2	35.9	55.6	55.7	68.3	89.6
C-05	4.1	5.1	6.0	27.9	35.6	41.1	44.2	58.9	77.0
C-06	2.8	3.4	4.9	28.9	33.1	38.9	36.4	51.0	69.5
C-07	3.5	4.8	5.7	30.3	38.0	47.2	42.7	60.8	82.7

Nota: Elaboración propia

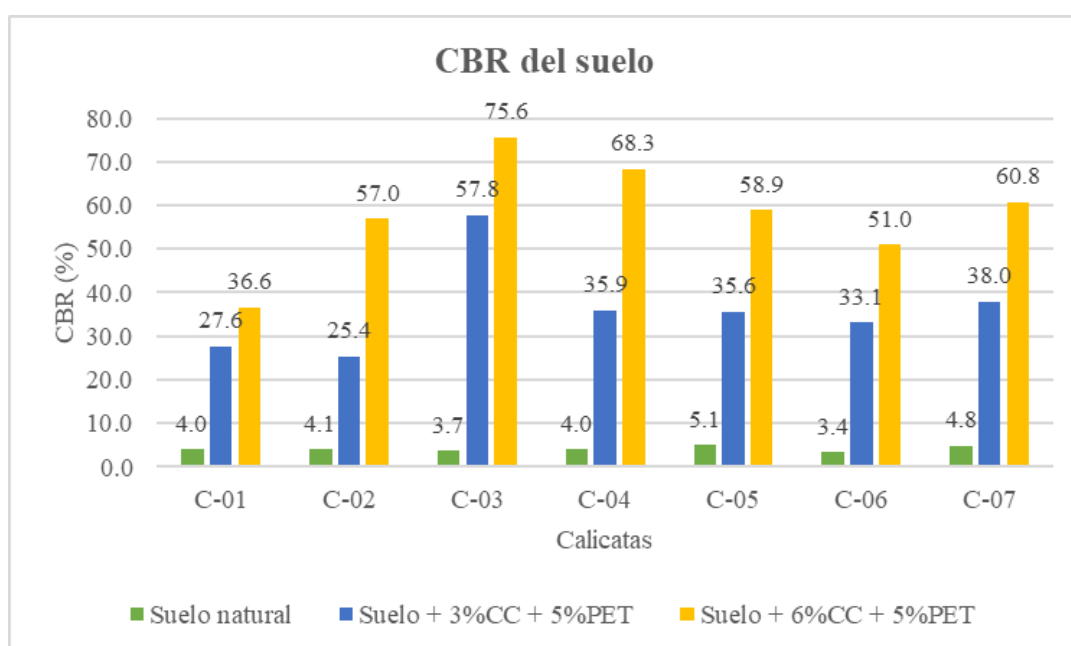


Figura 18. CBR del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET

Nota: Elaboración propia

La figura adjunta, muestra los valores de CBR (California Bearing Ratio) para las 7 calicatas (C-01 a C-07) con los 3 tratamientos: natural, con 3% de ceniza de cabuya y 5% de PET, y con 6% de ceniza de cabuya y 5% de PET. Se observa que el suelo natural tiene los valores más bajos de CBR, variando entre 3.7% y 5.1%, lo cual indica una subrasante de pobre. Al incorporar 3% de ceniza de cabuya y 5% de PET, el CBR del suelo mejora notablemente, alcanzando valores entre 25.4% y 57.8%, lo que sugiere una mejora significativa en la resistencia del suelo, además de clasificarse como una subrasante muy buena a excelente. La mayor mejora se observó al aplicar 6% de ceniza de cabuya y 5% de PET, donde los valores

de CBR llegan hasta 75.6% que se clasifica como una subrasante excelente, mostrando un incremento sustancial en todas las calicatas. Esto evidencia que la estabilización del suelo arcilloso con ceniza de cabuya y PET reciclado es efectiva, y que un mayor porcentaje de ceniza mejora la capacidad de soporte del suelo.

4.2. Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis se llevó a cabo por medio del diseño completamente al azar (DCA) para evaluar la influencia de la ceniza de cabuya y las fibras PET recicladas, de las cuales se obtuvo el análisis de varianza y la prueba de Duncan, para los resultados de compactación y capacidad de soporte.

4.2.1. Adición de ceniza de cabuya y fibras PET en la compactación del suelo arcilloso para subrasante

Las hipótesis a comprobar fueron las siguientes.

$$H0: u_1 = u_2 = u_3$$

$$H1: u_1 \neq u_2 \neq u_3$$

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza para el óptimo contenido de humedad de la compactación del suelo arcilloso con ceniza de cabuya y fibras PET.

Tabla 19. ANOVA: *óptimo contenido de humedad del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET*

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	222,357 ^a	8	27.795	2.614	.014
Intersección	14086.492	1	14086.492	1324.784	.000
Calicatas	175.429	6	29.238	2.750	.018
Tratamientos	46.929	2	23.464	2.207	.117
Error	797.479	75	10.633		
Total	15106.328	84			
Total corregido	1019.836	83			

Nota: Elaboración propia

Según el cuadro de análisis de varianza, el valor de F calculado para los tratamientos aplicados fue 2.207 y el valor de F tabulado (gl tratamiento 2; gl error 75) fue 3.126 que, al

ser mayor al valor F calculado, se acepta la hipótesis nula de que la ceniza de cabuya y las fibras PET no influyen significativamente en el óptimo contenido de humedad del suelo para subrasante. Para determinar las diferencias de los tratamientos aplicados se desarrolló la prueba de Duncan que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 20. Prueba de Duncan: *óptimo contenido de humedad del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET*

Tratamientos	N	Subconjunto
		1
2,00	28	12.153
1,00	28	12.747
,00	28	13.950
Sig.		.054

Nota: Elaboración propia

De la prueba de Duncan, se puede apreciar que los tratamientos aplicados son similares, donde el tratamiento 0 evidenció el mayor promedio en óptimo contenido de humedad con 13.950%, seguido de los tratamientos 1 y 2 con humedades óptimas de 12.747% y 12.153% respectivamente.

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza para la máxima densidad seca de la compactación del suelo arcilloso con ceniza de cabuya y fibras PET.

Tabla 21. ANOVA: *máxima densidad seca del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET*

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,431 ^a	8	.054	3.805	.001
Intersección	293.549	1	293.549	20721.571	.000
Calicatas	.170	6	.028	1.996	.077
Tratamientos	.262	2	.131	9.235	.000
Error	1.062	75	.014		
Total	295.043	84			
Total corregido	1.494	83			

Nota: Elaboración propia

Según el cuadro de análisis de varianza, el valor de F calculado para los tratamientos aplicados fue 9.235 y el valor de F tabulado (gl tratamiento 2; gl error 75) fue 3.126 que, al ser menor al valor F calculado, se acepta la hipótesis alterna de que la ceniza de cabuya y

fibras PET influyen significativamente en la máxima densidad seca del suelo para subrasante. Para determinar las diferencias de los tratamientos aplicados, se desarrolló la prueba de Duncan que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 22. *Prueba de Duncan: máxima densidad seca del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET*

Tratamientos	N	Subconjunto	
		1	2
,00	28	1.810	
1,00	28	1.854	
2,00	28		1.944
Sig.		.165	1.000

Nota: Elaboración propia

De la prueba de Duncan, se puede apreciar que los tratamientos 0 y 1 son similares, con densidades de 1.810 gr/cm³ y 1.854 gr/cm³ y el tratamiento 2 presentó una máxima densidad seca de 1.944 gr/cm³, evidenciando una mayor compactación del suelo arcilloso con ceniza de cabuya y fibras PET.

4.2.2. Adición de ceniza de cabuya y fibras PET en la capacidad de soporte del suelo arcilloso para subrasante

Las hipótesis a comprobar fueron las siguientes.

$$H0: u_1 = u_2 = u_3$$

$$H1: u_1 \neq u_2 \neq u_3$$

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza para la capacidad de soporte del suelo arcilloso con ceniza de cabuya y fibras PET.

Tabla 23. *ANOVA: CBR del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET*

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	11311,877 ^a	8	1413.985	25.213	.000
Intersección	22717.452	1	22717.452	405.077	.000
Calicatas	931.385	6	155.231	2.768	.063
Tratamientos	10380.492	2	5190.246	92.548	.000
Error	672.981	12	56.082		
Total	34702.310	21			
Total corregido	11984.858	20			

Nota: Elaboración propia

Según el cuadro de análisis de varianza, el valor de F calculado para los tratamientos aplicados fue 92.548 y el valor de F tabulado (gl tratamiento 2; gl error 12) fue 3.885 que, al ser menor al valor F calculado, se acepta la hipótesis alterna de que la ceniza de cabuya y fibras PET influyen significativamente en la capacidad de soporte del suelo estabilizado para subrasante. Para determinar las diferencias de los tratamientos aplicados, se desarrolló la prueba de Duncan que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 24. *Prueba de Duncan: CBR del suelo con ceniza de cabuya y fibras PET*

Tratamientos	N	Subconjunto		
		1	2	3
,00	7	4.157		
1,00	7		36.200	
2,00	7			58.314
Sig.		1.000	1.000	1.000

Nota: Elaboración propia

De la prueba de Duncan, se puede apreciar que los tratamientos aplicados son diferentes, donde el tratamiento 2 evidenció la mayor capacidad de soporte o CBR con 58.314%, seguido de los tratamientos 1 y con 36.200% y 4.157% respectivamente. De esta forma, se comprueba estadísticamente que la adición de ceniza de cabuya y fibras PET influye de forma significativa en la subrasante de un suelo arcilloso.

4.3. Discusión de resultados

El análisis granulométrico del suelo realizado en las siete calicatas del tramo Socos – Yanayacu permitió identificar la distribución de partículas en el suelo natural del estrato E-02. Los resultados evidenciaron que en todas las calicatas el 100% del material pasa por la malla de $\frac{3}{4}$ " (19 mm), lo cual indica la ausencia de grava gruesa. Al descender en la escala de tamices, se observó una disminución progresiva del porcentaje que pasa, siendo más notable en las calicatas C-05 y C-07, lo cual evidencia una mayor proporción de partículas gruesas. En contraste, las muestras C-01 a C-04 y C-06 presentaron porcentajes pasantes elevados en los tamices finos como el tamiz No. 200, lo cual refleja una mayor cantidad de limos y arcillas, que son materiales de baja resistencia y alta compresibilidad.

Estos resultados, se refuerzan con la tabla 14, donde se clasificó el material de acuerdo a las proporciones de grava, arena y finos. Las calicatas C-01, C-02, C-03, C-04 y C-06 presentaron más del 44% de finos, destacando la calicata C-04 con 74%, lo cual indica una

alta susceptibilidad a la deformación y pérdida de soporte bajo cargas. Por otro lado, el suelo de las calicatas C-05 y C-07 presentaron mayor proporción de grava y arena, lo cual sugiere un comportamiento más granular. Estos resultados permiten identificar como zonas críticas los tramos 0+000 (C-07), 0+500 (C-06), 1+000 (C-05), 2+000 (C-03) y 2+500 (C-02), debido a su alta proporción de arenas y finos, lo que justifica técnicamente la necesidad de estabilización del suelo de la subrasante.

Respecto al contenido de humedad, se observó que en la mayoría de las calicatas el contenido de humedad natural supera al contenido óptimo de compactación, especialmente en C-01, C-02 y C-06, lo que podría generar condiciones de sobrehumedecimiento si no se controla adecuadamente en obra. Solo las calicatas C-05 y C-07 presentaron contenidos de humedad natural significativamente por debajo del óptimo, lo cual puede influir en la compactación si no se corrige con humedecimiento.

Así también, los resultados de límites de consistencia como; el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad permitieron caracterizar los suelos como arcillosos de baja a media plasticidad, de acuerdo con el Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del (MTC, 2014). De este modo, se destaca que las calicatas C-03 con IP = 14.60% y C-02 con IP = 8.83% muestran los valores más altos, lo que indica mayor cohesividad, pero también mayor expansividad y retracción con cambios de humedad. A diferencia de la calicata C-06 con IP = 2.17% y C-05 con IP = 4.01% que presentan suelos de baja plasticidad, más frágiles pero con menor potencial de hinchamiento.

4.3.1. Adición de ceniza de cabuya y fibras PET en la compactación del suelo arcilloso para subrasante

La compactación del suelo es un proceso fundamental para el diseño y construcción de subrasantes, ya que influye directamente en la capacidad de soporte, la estabilidad estructural y la durabilidad del pavimento. Por lo que en la investigación, se evaluó el comportamiento del suelo arcilloso del segundo estrato en siete calicatas del tramo Socos – Yanayacu de 3 Km, aplicando tres tratamientos; T0 (suelo natural), T1 (suelo con 3% de ceniza de cabuya + 5% de fibras PET) y T2 (suelo con 6% de ceniza de cabuya + 5% de fibras PET). Los parámetros analizados fueron la humedad óptima (OCH) y la densidad máxima seca (MDS), obtenidos del ensayo Proctor modificado.

En cuanto a la densidad máxima seca (MDS), los resultados demostraron una mejora en todas las calicatas al añadir los estabilizantes. El suelo natural presentó densidades entre 1.850 g/cm^3 y 1.986 g/cm^3 , a diferencia del suelo con las proporciones de ceniza de cabuya y fibras PET, los valores se incrementaron por encima de 2.000 g/cm^3 , alcanzando un máximo de 2.161 g/cm^3 en la calicata C-04 con el tratamiento de 6% CC + 5% PET. Este aumento de la MDS refleja una mejor estructuración del suelo, lo que se traduce en mayor resistencia y menor deformación bajo cargas repetidas, que son factores críticos para el desempeño de la subrasante en vías rurales.

Respecto al contenido óptimo de humedad (OCH), se observaron variaciones en el material de las siete calicatas. En algunas calicatas como C-01, C-02 y C-03, la humedad óptima disminuyó significativamente con el tratamiento de 3% CC + 5% PET. Por ejemplo, en la calicata C-03 se redujo de 15.74% a 8.81%, lo cual implica que se requiere menos agua para alcanzar la máxima densidad, lo que puede ser ventajoso en contextos donde la disponibilidad de agua es limitada. En cambio, en otras calicatas como C-05 y C-07, se observó un incremento en la humedad óptima, lo cual podría estar relacionado con la mayor capacidad de absorción de los materiales incorporados, especialmente la ceniza de cabuya, que al tener una naturaleza vegetal porosa, puede demandar mayor humedad para alcanzar la compactación deseada.

La comparación entre ambos tratamientos demostró que el uso del 6% de ceniza de cabuya combinado con 5% de fibras PET genera los mejores resultados en términos de densidad máxima seca, sin comprometer significativamente la humedad óptima en la mayoría de los casos. Esto permite afirmar que, una mayor proporción de ceniza mejora el desempeño mecánico del suelo, debido al efecto puzolánico que contribuye a la reacción química con los finos del suelo, mejorando la cohesión y rigidez.

Los resultados del análisis estadístico mediante el análisis de varianza (ANOVA) para el óptimo contenido de humedad indican que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos aplicados con respecto a este parámetro. El valor de F calculado (2.207) fue menor al valor de F tabulado (3.126), por lo tanto, se aceptó la hipótesis nula (H_0), afirmando que la adición de ceniza de cabuya y fibras PET no influye significativamente en la humedad óptima del suelo arcilloso evaluado. Este resultado, se refuerzó con la prueba de Duncan, en la que los tres tratamientos (0%, 3% y 6% de ceniza de cabuya con 5% de PET) presentaron subconjuntos estadísticamente similares, aunque se observó una tendencia a la reducción de

la humedad óptima con el aumento del porcentaje de ceniza y fibras PET. Por lo que, la reducción se puede atribuir a una mayor eficiencia en la reorganización de las partículas del suelo al compactarse.

En contraste, el análisis de varianza aplicado a la densidad máxima seca (MDS) sí muestra diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, con un valor F calculado de 9.235, superior al F tabulado (3.126), lo que condujo a rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna (H_1). Esto implica afirmar que la adición de ceniza de cabuya y PET sí influye de manera significativa en la mejora de la compactación del suelo. Así también, la prueba de Duncan evidenció que el tratamiento con 6% de CC + 5% de PET (tratamiento 2) obtuvo la mayor densidad seca (1.944 g/cm^3), seguido del tratamiento con 3% de CC + 5% PET (1.854 g/cm^3), ambos superiores al suelo sin tratamiento (1.810 g/cm^3). Esta diferencia confirma que la combinación de ceniza de cabuya y PET reciclado mejora la estructura interna del suelo, favoreciendo la compactación y, en consecuencia, aumentando la resistencia mecánica de la subrasante, haciéndola más adecuada para soportar cargas vehiculares en carreteras rurales.

En conjunto, los resultados numéricos y estadísticos confirman que la combinación de ceniza de cabuya y PET reciclado es eficaz para mejorar las propiedades de compactación del suelo arcilloso, haciéndolo más adecuado para cumplir con los requisitos de una subrasante en carreteras rurales. Además, de promover el uso de materiales sostenibles y de bajo costo, contribuyendo a una infraestructura vial más ecológica y económica, especialmente en regiones con limitaciones técnicas y presupuestales.

La investigación coincide con los antecedentes revisados en cuanto a los efectos positivos del uso de materiales naturales y reciclados para mejorar las propiedades mecánicas de la subrasante. Así como, el estudio de Mishra y Kumar (2018), donde la combinación de fibra PET y ceniza volante mejoró significativamente la resistencia del suelo medida a través del CBR, los resultados del presente trabajo demostraron que la inclusión de 6% de ceniza de cabuya y 5% de fibras PET generó un incremento sustancial en la densidad máxima seca (hasta 2.161 g/cm^3), superando los valores del suelo natural. Aunque, en el estudio de Michra y Kumar no se reportó el CBR, la mejora en la compactación sugiere un incremento en la capacidad portante. Así también, el estudio de Tupia (2021) reportó un aumento del CBR y la MDS al incorporar ceniza de hojas de eucalipto. Al igual que el estudio de Hoyle y

Rodríguez (2019) quienes comprobaron que la mezcla de ceniza vegetal y fibras naturales mejoran la densidad y resistencia de los suelos en trochas carrozables.

No obstante, una diferencia clave entre los antecedentes y esta investigación radica en el efecto sobre el contenido óptimo de humedad (OCH). Pues, en el estudio de Tupia (2021), y Hoyle y Rodríguez (2019) se reportaron ligeros incrementos del OCH con sus aditivos naturales, en el presente estudio se observó que la adición de ceniza de cabuya y PET en proporción de 3% y 6% respectivamente produjo en varias calicatas una disminución notable del OCH, especialmente en C-03 (de 15.74% a 6.91%), lo que sugiere una mayor eficiencia de compactación con menor demanda de agua. Sin embargo, desde el punto de vista estadístico, dicha disminución no fue significativa, lo que se alinea parcialmente con los resultados de los antecedentes, donde el comportamiento del OCH no siempre es concluyente. En contraste, el aumento significativo de la densidad máxima seca encontrado en la investigación ($F = 9.235$; $p < 0.05$) se respalda por los estudios anteriores y demuestra que la combinación de residuos orgánicos y plásticos reciclados representa una estrategia técnica y sostenible para mejorar subrasantes arcillosas en vías rurales.

4.3.2. Adición de ceniza de cabuya y fibras PET en la capacidad de soporte del suelo arcilloso para subrasante

Los resultados obtenidos en el índice CBR (California Bearing Ratio) reflejan claramente el efecto positivo de la adición de ceniza de cabuya (CC) y fibras PET recicladas en la capacidad de soporte del suelo arcilloso para subrasante en el tramo Socos – Yanayacu. El suelo natural, sin tratamiento, presentó valores de CBR bajos, entre 3.7% y 5.1%, lo que indica un comportamiento pobre e insuficiente para resistir cargas vehiculares. Sin embargo, al aplicar el tratamiento con 3% de CC y 5% de fibras (Tratamiento 1), se logró una mejora significativa, ya que el valor de CBR se elevó en todas las calicatas hasta rangos entre 25.4% y 57.8%, lo que representa un nivel de resistencia adecuado y clasifica al suelo como una subrasante buena a excelente. La mayor mejora se obtuvo con 6% de CC y 5% de fibras (Tratamiento 2), alcanzando valores de CBR de hasta 89.6% en la calicata C-04, lo que indica un comportamiento sobresaliente del suelo estabilizado. Estos resultados evidenciaron que el aumento del porcentaje de ceniza de cabuya incrementa considerablemente la capacidad de soporte del suelo, gracias al comportamiento puzolánico y su interacción con las partículas finas del suelo, mientras que las fibras PET aportan refuerzo estructural al distribuir mejor las tensiones.

Desde el punto de vista estadístico, los resultados fueron igualmente concluyentes. El análisis de varianza (ANOVA) demostró una diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, con un valor de F calculado de 92.548, superior al valor F tabulado de 3.885, lo que llevó a rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alterna (H_1), confirmando que la combinación de ceniza de cabuya y fibras PET influyen significativamente en la mejora de la capacidad de soporte del suelo arcilloso. La prueba de Duncan complementó este análisis, demostrando tres subconjuntos claramente diferenciados: el tratamiento 0 (suelo natural) con un promedio de 4.157%, el tratamiento 1 con 36.200%, y el tratamiento 2 con 58.314% de CBR. Este incremento progresivo confirma que el tratamiento con 6% de CC + 5% de PET es el más eficiente para incrementar la resistencia del suelo, situándose muy por encima de los valores iniciales del suelo natural. En conjunto, estos resultados confirman que la estabilización con aditivos orgánicos y elementos reciclados representa una solución técnica, económica y ambientalmente viable para mejorar la subrasante en vías rurales.

Los resultados obtenidos en el tramo Socos – Yanayacu, con valores de CBR se incrementaron desde un mínimo de 3.7% (suelo natural) hasta un máximo de 89.6% con el tratamiento de 6% de ceniza de cabuya y 5% de PET, superando ampliamente los reportados en varios estudios previos. Por ejemplo, en el estudio de Ormeño (2020), al utilizar ceniza de cascarilla de arroz en proporciones de hasta 30%, logró mejorar el CBR del suelo, aunque también observó una disminución en la densidad seca. A diferencia de ello, en el estudio, no solo se incrementó de forma destacada el CBR, sino que además se conservaron o mejoraron las condiciones de compactación, lo que sugiere una mayor eficiencia del material combinado (ceniza de cabuya y fibras PET) como estabilizante. De manera similar, en la investigación de Tupia (2021) se empleó la ceniza de hojas de eucalipto, cuyo valor máximo de CBR fue 33.90% con 11% de ceniza, mientras que en el estudio se superó el rendimiento con menores porcentajes de adición, lo que refleja una mayor efectividad de los tratamientos aplicados en el suelo del tramo Socos – Yanayacu.

Asimismo, los resultados encontrados presentaron similitudes con el estudio de Terrones (2018), quien utilizando el 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar alcanzó un valor de CBR de 22.27%, lo que representa una mejora importante respecto al suelo natural, aunque también considerablemente inferior al máximo obtenido en la investigación. En este caso, la mezcla de material vegetal (ceniza de cabuya) con fibras sintéticas (PET reciclado) ha

generado una sinergia técnica, mejorando no solo la capacidad de soporte sino también la distribución de tensiones y la resistencia estructural ante cargas repetitivas en el suelo. Por su parte, en el estudio de Ramos (2022) se utilizó solo fibra de cabuya y se obtuvo un CBR máximo de 38.5% con 20% de fibras, resultado que se supera en el estudio incluso con proporciones mucho menores, lo que reafirma que la combinación con PET potencia el efecto estabilizante de la fibra natural. Finalmente, la investigación de Márquez (2019), enfocada en el uso de fibras PET recicladas, logró duplicar el CBR respecto al suelo natural, sin alterar significativamente la granulometría; sin embargo, el valor alcanzado fue menor al logrado en el estudio cuando se usó la mezcla con ceniza de cabuya, lo que demuestra que el refuerzo combinado es más eficaz que el uso individual de los componentes.

CONCLUSIONES

1. En el primer objetivo específico, se concluye que la adición de ceniza de cabuya y fibras PET influyen significativamente en la compactación del suelo arcilloso para subrasante, tal como lo demuestra el análisis estadístico aplicado a la densidad máxima seca, donde el tratamiento con 6% de ceniza de cabuya y 5% de PET alcanzó el mayor valor de 2.161 g/cm^3 , reflejando una mejor compactación del suelo y mayor capacidad portante. Aunque la variación en el contenido óptimo de humedad no resultó estadísticamente significativa, se evidenció una tendencia de disminución en varias calicatas, que representa una ventaja operativa en contextos con limitada disponibilidad de agua.
2. Para el segundo objetivo específico, se concluye que la adición de ceniza de cabuya y fibras PET influyen significativamente en la capacidad de soporte del suelo arcilloso para subrasante, tal como lo evidencia el incremento progresivo de los valores de CBR, pasando de un rango inicial entre 3.7% y 5.1% en el suelo natural, a valores que alcanzaron hasta 89.6% con el tratamiento de 6% de ceniza de cabuya y 5% de PET, clasificando al suelo como una subrasante excelente. Esta mejora sustancial fue respaldada estadísticamente por el análisis de varianza y la prueba de Duncan destacó al tratamiento 2 como el más eficaz.
3. De forma general, se concluye que la adición de ceniza de cabuya y fibras PET influyen significativamente en la mejora de la subrasante de suelo arcilloso en el tramo Socos – Yanayacu, Ayacucho, ya que los resultados obtenidos demostraron mejoras en los parámetros clave de comportamiento del suelo, como la densidad máxima seca (hasta 2.161 g/cm^3) y el índice CBR (hasta 89.6%), en comparación con el suelo natural. Estas mejoras reflejan una mayor capacidad de soporte, mejor compactación y mayor resistencia mecánica del suelo, para garantizar la estabilidad estructural y durabilidad del pavimento que se colocará. Además, el análisis estadístico confirmó la significancia de los tratamientos aplicados, además de demostrar que la combinación de ceniza de cabuya con fibras PET representa una alternativa técnica, económica y ambientalmente sostenible para el mejoramiento de subrasantes en vías rurales de la región.

RECOMENDACIONES

1. Para el primer objetivo específico, se recomienda utilizar la combinación de 6% de ceniza de cabuya y 5% de fibras PET recicladas como tratamiento estabilizante en suelos arcillosos destinados a subrasantes, ya que ha demostrado mejorar significativamente la densidad máxima seca del suelo, lo que se entiende como mayor capacidad de soporte y mejor comportamiento estructural. Además, esta alternativa permite promover el uso de materiales sostenibles y de bajo costo, aprovechando residuos orgánicos e inorgánicos disponibles localmente.
2. Para el segundo objetivo específico, se recomienda implementar la adición de 6% de ceniza de cabuya y 5% de fibras PET recicladas como técnica de estabilización para suelos arcillosos destinados a subrasantes de carreteras rurales, especialmente en zonas con baja capacidad portante, como se evidenció en el tramo Socos – Yanayacu. Para garantizar un adecuado proceso constructivo, se sugiere realizar una mezcla homogénea en seco del suelo con la ceniza y las fibras antes del proceso de compactación, seguido de la dosificación y control de humedad óptima en campo, asegurando una adecuada energía de compactación. Asimismo, se recomienda incluir esta metodología en los planes de mantenimiento y rehabilitación de caminos rurales, promoviendo el uso de materiales locales y reciclados para reducir costos y minimizar el impacto ambiental.
3. De forma general, se recomienda aplicar la adición de de ceniza de cabuya al 6% y fibras PET al 5% para el mejoramiento de subrasantes de suelos arcillosos, como el caso del tramo Socos – Yanayacu, Ayacucho, debido a los resultados positivos obtenidos en términos de compactación y capacidad de soporte (CBR). Para asegurar la correcta colocación de la subrasante, se debe controlar estrictamente el contenido óptimo de humedad y aplicar una energía de compactación adecuada, siguiendo los procedimientos del ensayo Proctor modificado, para lograr el máximo desempeño del material estabilizado. Finalmente, se sugiere fomentar el uso de residuos orgánicos y materiales reciclados como parte de una estrategia sostenible y de bajo costo para mejorar la infraestructura vial en regiones con recursos limitados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. (1991). Standard Specification for Classification of Soils and Soil. Estados Unidos de America.
- ANGULO, M., & ZAVALA, C. (2020). *Estabilización de suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas como capa de rodadura en la Prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan - Maynas - Iquitos, 2019*. Loreto.
- ASTM. (s.f.). *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes*. Estados Unidos de America.
- Bismarck, A., Aranberri, J., Springer, K., Mohanty, A., Misra, M., Hinrichsenand, G., & Czapla, S. (2001). *Surface characterization of natural fibers; surface properties and the water up-take behavior of modified sisal and coir fibers*. Green Chemistry.
- Condori Yalli, J. D., & Carlos Herrera, D. Q. (2016). *Propiedades mecánicas de los materiales*. Universidad Nacional de ingeniería.
- Cook, O. (1989). History of the Coconut Palm in América. XIV(Parte 2).
- CRESPO, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Mexico: Limusa.
- DAS, B. (2004). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*. Mexico: Limusa.
- Duarte, Queiroz, Sanches, Vicentini, & Dedini. (2012). *Ethnobotant of Natural Fibres-Bactris setosa (tucum) in a Traditional Rural Community*. Poland: Fibres & Textiles in Eastern Europe.
- Estrella, S. A. (2016). *Estudio de un material compuesto a base de fibras naturales de cabuya para mejorar las propiedades mecánicas de elementos de concreto reforzado*. Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo.
- Gomez Palacios, S. A. (2009). *Diseño, Experimentación y evaluación del sistema constructivo Sam (sistema de bloques fibrorreforzados con fibra del desecho del fruto del coco, para la construcción de vivienda)*. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2996_C.pdf
- Granados-Sánchez, D., & López-Ríos, G. (2002). Manejo de la palma de coco (*Cocos nucifera* L.) en México. 8(1).

- Gutierrez, A. (19 de Mayo de 2014). *Fibra de coco utilizada en la construcción*. Recuperado el 19 de Agosto de 2021, de <https://www.nuevamujer.com/lifestyle/2014/05/19/fibra-de-coco-utilizada-en-la-construccion.html>
- Hernández, (2016). Analisis Comparativo de un material estabilizado con Cal y Cemento [en linea]. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Mexico: Instituto Politécnico Nacional, 2016 Disponible en: https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/19529/Memoria%20de%20Experiencia%20Profesional_AHD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hernández , Fernández, & Baptista, (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: Jesús Mares Chacón.
- Instituto Nacional de defensa Civil. (2011). *Mapa de peligros, plan de usos de suelo ante desastes y medidas de mitigación de la ciudad de Huancayo*. Huancayo: Sistema nacional de defensa Civil.
- KRAEMER, C., & PARDILLO, J. y. (2004). *Ingenieria de Carreteras*. España: McGraw-Hill.
- Maya, J., & Sabu, T. (2008). Biofibres and biocomposites. *Carbohydrate Polymer*, 343-364.
- MTC. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: MTC.
- NTP 400.012. (2013). *Agregados. Analisis granulométrico*. Lima: INDECOPI.
- NTP 400.021. (2013). *Agreagados. Méthodod de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. Lima: INDECOPI.
- Perez, (2014). Mejoramiento de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada [en linea]. Lima-Perú, 2014 [fecha de consulta: 28 octubre 2023]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3259557>
- Quintero García, S. L., & González Salcedo, L. O. (2006). Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. *1*(20).
- RICO, A., & DEL CASTILLO, H. (2005). *La Ingenieria de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas*. México: Limusa.
- Silva , G., De Souza, D., Machado , J., & Hourston, D. (2000). *Mechanical and Thermal Characterization of Native Brazilian Coir Fiber*. Brazilian.

SOWER, G., & SOWER, G. (1972). *Introducción a la Mecanica de Suelos y Cimentaciones*. Mexico: Limusa.

USACE (US Army Corps Of Engineers, Estados Unidos de America). Soil Stabilization for Pavements: Mobilization Construction [en linea].Engineer Manual EM 110-3-137. Washington, Estados Unidos de America. Disponible en: http://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_1110-3-137.pdf?ver=2013-09-04-070839-903

Yuan, Q., Shi, C., De Schutter, G., Audenaert, K., & Deng , D. (Enero de 2009). *Chloride binding of cement-based materials subjected to external chloride environment*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095006180800055X>

ANEXOS

Anexo 1: Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala de medición
Variable independiente 1: Ceniza de cabuya	La ceniza de cabuya es un subproducto resultante de la combustión controlada de las fibras de Cabuya, utilizadas tradicionalmente para fabricar sogas o tejidos. Esta ceniza, rica en compuestos minerales como sílice, calcio y potasio, ha demostrado potencial como material puzolánico en la estabilización de suelos. En aplicaciones viales, se investiga su uso como aditivo natural y sostenible para mejorar las propiedades geotécnicas de suelos arcillosos, tales como la resistencia a la compresión y la reducción de la plasticidad, ofreciendo una alternativa ecológica y de bajo costo (Evaluación de la ceniza de cabuya como aditivo para la estabilización de suelos arcillosos, 2020).	La variable de ceniza de cabuya se operacionaliza y estudia por medio de las proporciones al 3% y 6% en la mezcla de suelo arcilloso para subrasante.	Proporción de ceniza de cabuya	3% de ceniza	Gr	Razón
				6% de ceniza	Gr	Razón
Variable independiente 2: Fibras PET	Las fibras PET (polietileno tereftalato) son materiales sintéticos obtenidos a partir del reciclaje de botellas plásticas, que se utilizan como refuerzo en mezclas de suelo o concreto en ingeniería vial. Estas fibras presentan alta resistencia a la tracción, estabilidad química y durabilidad, lo que las hace útiles para mejorar las propiedades mecánicas del suelo, como el aumento de la capacidad portante, la reducción de la deformación plástica y el control de fisuras (Uso de fibras PET recicladas en estabilización de suelos para aplicaciones viales, 2018).	La variable de fibras PET se operacionaliza y estudio por medio de la proporción del 5% en la mezcla de suelo arcilloso para subrasante.	Proporción de fibras PET	5% PET	Gr	Razón
Variable dependiente: Subrasante de suelo arcilloso	Capa natural o preparada, sobre la cual se apoya la estructura del pavimento en una carretera. Su función principal es proporcionar soporte estructural a las capas superiores, distribuyendo las cargas del tráfico hacia el terreno natural. Cuando esta subrasante está compuesta predominantemente por suelo arcilloso, se habla de una subrasante de suelo arcilloso, que requiere de tratamientos o estabilización para mejorar su comportamiento frente a cargas y condiciones climáticas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).	La variable de subrasante de suelo arcilloso, se operacionaliza y estudia por medio de las propiedades mecánicas de compactación y capacidad de soporte con las adiciones de ceniza de cabuya y fibras PET.	Compactación	Óptimo contenido de humedad	%	Razón
				Máxima densidad seca	%, gr/cm ³	Razón
			Capacidad de soporte	Capacidad de soporte (CBR)	%	Razón

Anexo 2: Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Problema general ¿De qué forma influye la adición de ceniza de cabuya y fibras PET para mejorar la subrasante de suelo arcilloso en el tramo Socos – Yanayacu, Ayacucho?	Objetivo general Determinar la influencia de la adición de ceniza de cabuya y fibras PET para mejorar la subrasante de suelo arcilloso en el tramo Socos – Yanayacu, Ayacucho.	Hipótesis general: La adición de ceniza de cabuya y fibras PET influyen significativamente en la mejora de la subrasante de suelo arcilloso en el tramo Socos – Yanayacu, Ayacucho.	V.I. 1: Ceniza de cabuya V.I. 2: Fibras PET V.D.: Subrasante de suelo arcilloso	D1: Proporción de ceniza de cabuya D2: Proporción de fibras PET D1: Compactación D2: Capacidad de soporte	I1: 3% de ceniza I2: 6% de ceniza I1: 5% PET I1: Óptimo contenido de humedad I2: Máxima densidad seca I2: Capacidad de soporte (CBR)	Método: Científico Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo Diseño: Experimental Población: Conformada por el suelo de la subrasante en la progresiva 0+000 km a 3+000 km de Socos – Yanayacu, Ayacucho Muestra: Delimitada por el suelo de las 7 calicatas dentro del tramo de estudio. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: La técnica corresponde a la observación directa y los instrumentos corresponden a los registros de los ensayos en laboratorio. Procesamiento de datos: El procesamiento de consistió en la organización y presentación de resultados en tablas y gráficos para la comprensión.
Problemas específicos a. ¿De qué forma influye la adición de ceniza de cabuya y fibras PET en la compactación del suelo arcilloso para subrasante? b. ¿De qué forma influye la adición de ceniza de cabuya y fibras PET en la capacidad de soporte del suelo arcilloso para subrasante?	Objetivos específicos a. Determinar la influencia de la adición de ceniza de cabuya y fibras PET en la compactación del suelo arcilloso para subrasante. b. Determinar la influencia de la adición de ceniza de cabuya y fibras PET en la capacidad de soporte del suelo arcilloso para subrasante.	Hipótesis específicas: a. La adición de ceniza de cabuya y fibras PET influyen significativamente en la compactación del suelo arcilloso para subrasante. b. La adición de ceniza de cabuya y fibras PET influyen significativamente en la capacidad de soporte del suelo arcilloso para subrasante.				

Anexo 3: Resultados de los ensayos de laboratorio

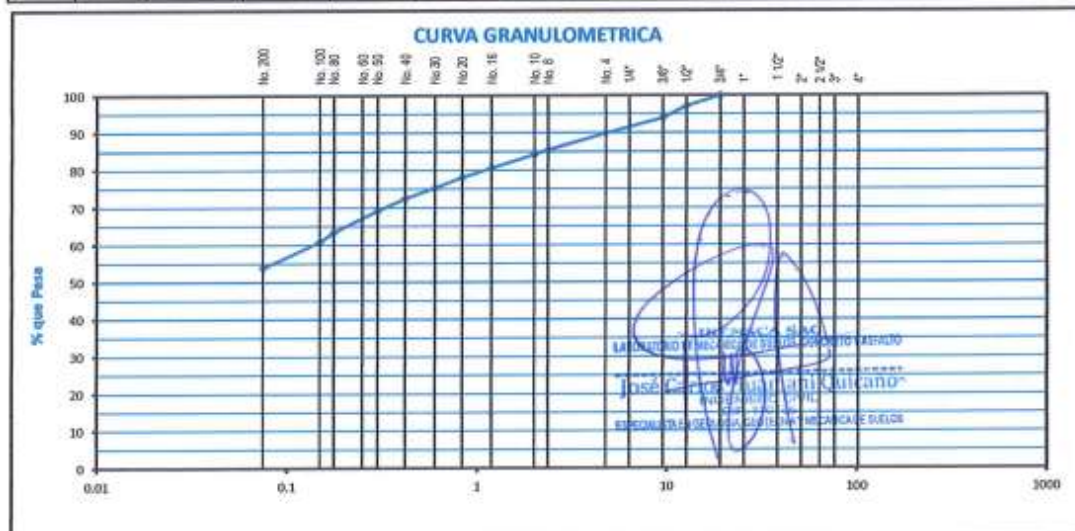


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107 - ASTM D 6913 - ASTM D 2487

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALCATA	: C-01		
LUGAR	: PROG. KM 0+000		
PROFUNDIDAD	: 1.60 m		

	Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones Obra	Descripción de Muestra
				Parcial	Acumulado			
GRAVA	4"	101.600						
	3"	76.200	0.0			0.0		Grava > 3"
	2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	0.0		Grava : 10.10 %
	2"	50.800	0.0	0.0	0.0	0.0		Arena : 36.00 %
	1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	0.0		Finos : 53.90 %
	1"	25.400	0.0	0.0	0.0	0.0		
	3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0		Humedad Natural : 17.00 %
	1/2"	12.700	35.0	2.8	2.8	97.2		
	3/8"	9.525	40.0	3.2	6.0	94.0		Límite Líquido : 33.80
	1/4"	6.350		0.0	0.0	0.0		Límite Plástico : 28.17
ARENA	No. 4	4.760	52.0	4.1	10.1	89.9		LP : 5.63
	GRUESA	No. 8	2.360	55.0	4.4	14.5	85.5	CLASIFICACION AASHTO: A-4(1)
		No. 10	2.000	16.0	1.3	15.8	84.2	
		No. 16	1.190	45.0	3.6	19.4	80.6	
	MEDIA	No. 20	0.834	31.0	2.5	21.9	78.1	CLASIFICACION SUCS: ML
		No. 30	0.600	36.0	2.8	24.7	75.3	
		No. 40	0.420	36.0	2.8	27.5	72.5	- Límite
	FINA	No. 50	0.300	42.0	3.3	30.8	69.2	Peso Inicial Seco (gr) : 1264.0
		No. 60	0.250	0.0	0.0	0.0		Peso Inicial lavado seco (gr) : 581.0
		No. 80	0.177	73.0	5.8	36.6	63.4	Peso Fracción (gr) : 1137.0
		No. 100	0.149	33.0	2.6	39.2	60.8	
		No. 200	0.075	87.0	6.9	46.1	53.9	
	-200	---	683.0	53.9	100.0			





CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D 2216 - MTC E-108

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-01		
LUGAR	: PROG. KM 0+000		
PROFUNDIDAD	: 1.60 m		

CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SUELOS MUESTRA INTEGRAL

Muestra	Nº	1			PROMEDIO
Recipiente	Nº	00			
Peso recipiente + suelo húmedo	gr	385.0			
Peso recipiente + suelo seco	gr	329.0			
Peso del recipiente	gr	0.0			
Peso de agua	gr	56.0			
Peso del suelo seco	gr	329.0			
Contenido de Humedad	%	17.0			17.0

Observaciones:


 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 José Carlos Huanani Quicaño
 INGENIERO CIVIL
 CIP 114704
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D 4318

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CARUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS- YANAYACU- AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CAJICATA	: C-01		
LÍGAR	: PROG. KM 0+030		
PROFUNDIDAD	: 1.60 m		

LÍMITE PLÁSTICO MYC E 111

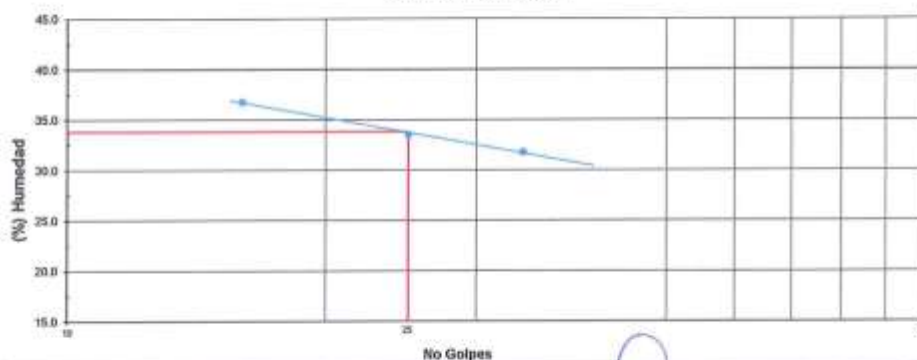
Capítulo Nro	4	5	PROMEDIO
Peso de la Capícula (gr)	14.78	13.91	
Peso de la Capícula+Suelo Humedo (gr)	16.62	16.52	
Peso de la Capícula+Suelo Seco (gr)	16.22	15.94	
Peso del Agua (gr)	0.40	0.50	
Peso del Suelo Seco (gr)	1.44	2.03	
Contenido de Humedad (%)	27.78	29.57	28.17

LÍMITE LÍQUIDO MYC E 118

Capítulo Nro	1	2	3
Peso de la Capícula (gr)	14.74	14.53	15.00
Peso de la Capícula+Suelo Humedo (gr)	23.63	24.40	25.08
Peso de la Capícula+Suelo Seco (gr)	21.24	21.92	22.65
Número de Golpes	16	25	34
Peso del agua (g)	2.39	2.48	2.43
Peso del Suelo Seco (gr)	6.50	7.39	7.65
Contenido de Humedad (%)	36.77	33.56	31.76

	RESULTADOS	ESPECIFICADO
L.L.:	33.88	
I.P.:	28.17	
I.P.:	5.69	

GRÁFICO DE LÍMITE LÍQUIDO



OBSERVACIONES:

JHONATAN AYALA GUEVARA
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 José Carlos Quintanilla Quicaño
 INGENIERO CIVIL
 CIP 112754
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, GEOTECNIA Y MECÁNICA DE SUELOS



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)																							
ASTM - 1557 MTC E 115																							
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"																						
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA																						
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO			FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023																			
CALICATA	: C-01																						
LUGAR	: PROG. KM 0+000																						
PROFUNDIDAD	: 1.60 m																						
<table border="1"> <tr> <td>Metodo de compactacion</td> <td colspan="5">C</td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes</td> <td colspan="5">56</td> </tr> <tr> <td>Numero de capas</td> <td colspan="5">5</td> </tr> </table>						Metodo de compactacion	C					Numero de golpes	56					Numero de capas	5				
Metodo de compactacion	C																						
Numero de golpes	56																						
Numero de capas	5																						
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA																							
1. Peso suelo humedo, + molde	gr	11205	11372	11439	11239																		
2. Peso del molde	gr	6760	6760	6760	6760																		
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124																		
4. Peso suelo humedo	gr	4445	4612	4679	4479																		
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	2.09	2.17	2.20	2.11																		
CALCULO DE HUMEDAD																							
6. Capsula N°																							
7. Peso del suelo humedo + capsula	gr	502.0	512.0	526.0	515.0																		
8. Peso del suelo seco + capsula	gr	443.0	446.0	452.0	438.0																		
9. Peso del agua	gr	59.0	66.0	74.0	77																		
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0																		
11. Peso del suelo seco	gr	443.0	446.0	452.0	438.0																		
12. Contenido de humedad	%	13.32	14.80	16.37	17.58																		
12. Contenido de Humedad	%	13.32	14.80	16.37	17.58																		
CALCULO DE DENSIDAD SECA																							
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.847	1.891	1.893	1.793																		
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">RESULTADOS</th> </tr> <tr> <td>Humedad optima</td> <td>15.66%</td> </tr> <tr> <td>Densidad Maxima</td> <td>1.905</td> </tr> </table>						RESULTADOS		Humedad optima	15.66%	Densidad Maxima	1.905												
RESULTADOS																							
Humedad optima	15.66%																						
Densidad Maxima	1.905																						
JOSÉ CARLOS JUANANI QUICAÑO INGENIERO CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, GEODINAMICA Y MECANICA DE SUELOS																							



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)
ASTM D1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"	
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA	
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023

CALCATA : C-01
LUGAR : PROG. ICM 0+000
PROFUNDIDAD : 1.60 m

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.965
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	15.66 %

Molde N°	1		2		3	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13018	13267		12592	
Peso de molde	gr.	8470	8668		8491	
Peso del suelo húmedo	gr.	4548	4599		4101	
Volumen del molde	cm³	2124	2124		2124	
Densidad húmeda	gr./cm³	2.141	2.165		1.931	

CALCULO DE HUMEDAD

Tarro N°				
Tarro + Suelo húmedo	gr.	210.0	465.0	424.0
Tarro + Suelo seco	gr.	193.0	402.0	389.0
Peso del Agua	gr.	17.0	63.0	35.0
Peso del tarro	gr.	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	gr.	193.0	402.0	389.0
Humedad	%	8.81	15.67	9.00
Densidad seca	gr/cm ³	1.968	1.872	1.772

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%

NO EXPANSIVO

- JESUS ALVARO GARCIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Jose Carlos Quintana Quispe
Ingeniero Civil
CIP 110334
Especialista en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto

PENETRACION

PENETRACION														
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3				
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	
0.00		0	0			0	0			0	0			
0.63		21	82			15	59			11	43			
1.27		35	137			26	101			17	66			
1.90		56	219			37	144			28	109			
2.54	70.3	78	305	3.6	5.1	68	266	2.8	4.0	47	183	1.8	2.3	
3.17		103	403			84	328			67	262			
3.81	105.5	156	610	8.0	7.6	104	407	6.1	5.8	93	363	3.6	3.5	
5.08		232	918			168	658			144	571			
7.62		432	1702			318	1249			255	1000			
10.16		574	2270			464	1829			396	1559			
12.70		643	2547			543	2145			453	1786			

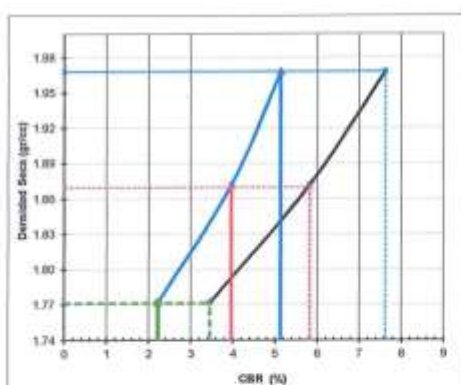
Asociación Miraflores Mz. N1 Lote 02 - San Juan Bautista - Ayacucho
Cel. 954000684 - RPM #954000684 E-mail: jkemsca@hotmail.com

3023



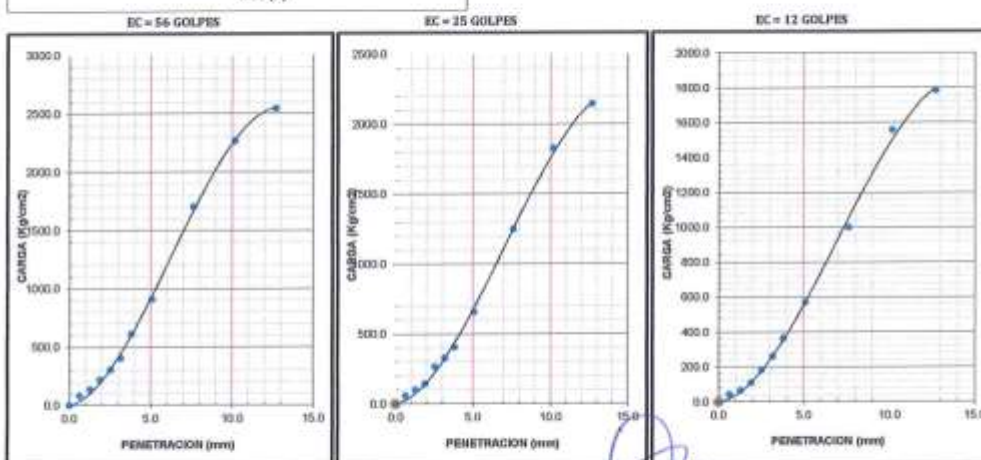
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR
ASTM D 1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CAHUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-01		
LUGAR	: PROG. KM 0+000		
PROFUNDIDAD	: 1.60 m		



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	5.1	0.2"	7.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	4.0	0.2"	5.8
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1"	2.2	0.2"	3.5

OBSERVACIONES:



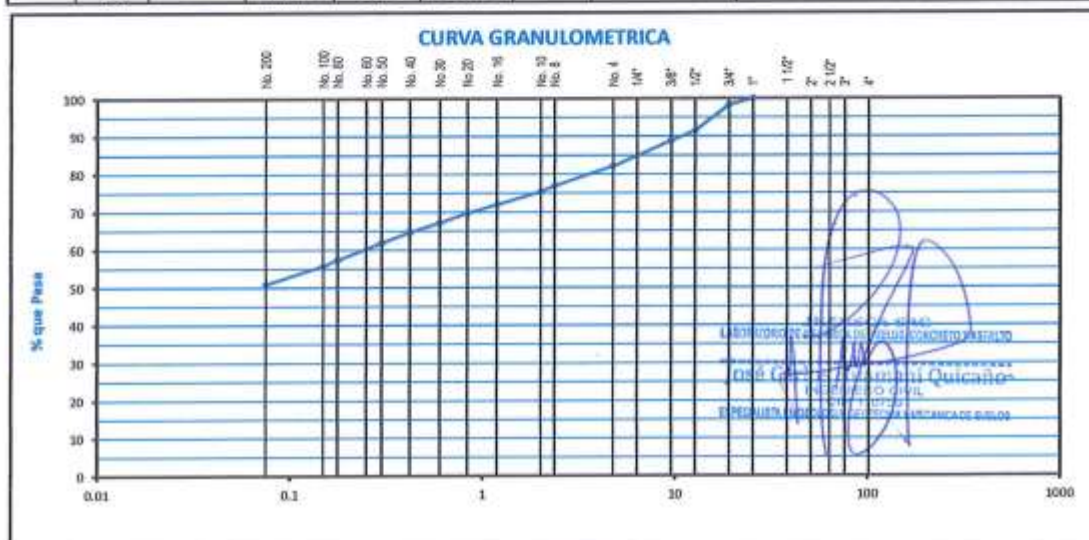
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
José Carlos Ayala Quiceno
Ingeniero Civil
Especialidad en Geotecnia y Mecánica de Suelos

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107 - ASTM D 6913 - ASTM D 2487

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-02		
LUGAR	: PROG. KM 0+500		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

		Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones Obra	Descripción de Muestra
					Parcial	Acumulado			
GRAVA	PIEDRA O CANTOS	4"	101.600						
		3"	76.200	0.0			0.0	Grava > 3"	
	GRUESA	2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	0.0	Grava : 17.80 %	
		2"	50.800	0.0	0.0	0.0	0.0	Arena : 31.20 %	
		1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	0.0	Finos : 51.00 %	
		1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0		
		3/4"	19.050	22.0	1.6	1.6	98.4	Humedad Natural : 18.40 %	
	FINA	1/2"	12.700	92.0	6.9	8.5	91.5		
		3/8"	9.525	35.0	2.6	11.1	88.9	Limite Liquido : 38.80	
		1/4"	6.350		0.0	0.0	0.0	Limite Plastico : 29.97	
No. 4		4.760	90.0	6.7	17.8	82.2	LP : 8.83		
ARENA	GRUESA	No. 8	2.360	71.0	5.3	23.1	76.9	CLASIFICACION AASHTO: A-4(3)	
		No. 10	2.000	19.0	1.4	24.5	75.5		
		No. 16	1.190	47.0	3.5	28.0	72.0	CLASIFICACION SUCS: ML	
	MEDIA	No. 20	0.834	30.0	2.2	30.2	69.8		
		No. 30	0.600	35.0	2.6	32.8	67.2	- Limo	
		No. 40	0.420	33.0	2.5	35.3	64.7		
		FINA	No. 50	0.300	37.0	2.8	38.1	61.9	Peso Inicial Seco (gr) : 1342.0
	No. 60		0.250	0.0	0.0	0.0	0.0	Peso Inicial lavado seco(gr) : 656.0	
	No. 80		0.177	60.0	4.5	42.6	57.4	Peso Fracción (gr) : 1103.0	
	No. 100		0.149	21.0	1.6	44.2	55.8		
No. 200	0.075		64.0	4.8	49.0	51.0			
	-200	----	686.0	51.0	100.0				





CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D 2216 - MTC E-108

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-02		
LUGAR	: PROG. KM 0+500		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SUELOS MUESTRA INTEGRAL

Muestra	Nº	1			PROMEDIO
Recipiente	Nº	00			
Peso recipiente + suelo húmedo	gr	379.0			
Peso recipiente + suelo seco	gr	320.0			
Peso del recipiente	gr	0.0			
Peso de agua	gr	59.0			
Peso del suelo seco	gr	320.0			
Contenido de Humedad	%	18.4			18.4

Observaciones:

JKEMSCA S.A.C.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
José Carlos Huamani Quicaño
INGENIERO CIVIL
CIR 110746
ESPECIALISTA EN INVESTIGACIONES Y MECANICA DE SUELOS



DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D 4318

CIEBA	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CINIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	G-02		
LUGAR	PROG. KM 0+500		
PROFUNDIDAD	1.50 m		

LIMITE PLASTICO MTC E 111

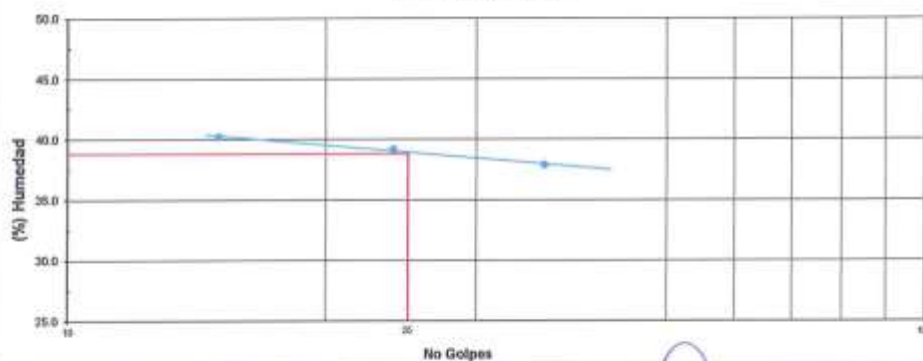
Capítulo No.	9	10	PROMEDIO
Peso de la Capula (gr)	14.58	14.19	
Peso de la Capula + Suelo Humedo (gr)	16.77	16.03	
Peso de la Capula + Suelo Seco (gr)	16.26	15.61	
Peso del Agua (gr)	0.51	0.42	
Peso del Suelo Seco (gr)	1.68	1.42	
Contenido de Humedad (%)	30.36	29.58	29.97

LIMITE LIQUIDO MTC E 110

Capítulo No.	6	7	8
Peso de la Capula (gr)	14.71	14.52	14.81
Peso de la Capula + Suelo Humedo (gr)	24.12	23.68	23.88
Peso de la Capula + Suelo Seco (gr)	21.42	21.38	21.31
Numero de Golpes	15	24	36
Peso del agua (g)	2.70	2.58	2.69
Peso del Suelo seco (gr)	6.71	6.58	7.10
Contenido de Humedad (%)	40.24	39.21	37.89

	RESULTADOS	ESPECIFICADO
L.L.:	38.80	-----
L.P.:	29.97	-----
I.P.:	8.83	-----

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



OBSERVACIONES:

(Firma)
 JHONATAN AYALA GUEVARA
 TECNICO EN MECANICA DE SUELOS
 INSTITUTO TECNICO DE AYACUCHO



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)																							
ASTM - 1557 MTC E 115																							
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CINIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"																						
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA																						
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO			FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023																			
CALICATA	: C-02																						
LUGAR	: PROG. KM 0+500																						
PROFUNDIDAD	: 1.50 m																						
<table border="1"> <tr> <td>Metodo de compactacion</td> <td colspan="5">C</td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes</td> <td colspan="5">56</td> </tr> <tr> <td>Numero de capas</td> <td colspan="5">5</td> </tr> </table>						Metodo de compactacion	C					Numero de golpes	56					Numero de capas	5				
Metodo de compactacion	C																						
Numero de golpes	56																						
Numero de capas	5																						
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA																							
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	11016	11148	11341	11054																		
2. Peso del molde	gr	6760	6760	6760	6760																		
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124																		
4. Peso suelo humedo	gr	4256	4388	4581	4294																		
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	2.00	2.07	2.16	2.02																		
CALCULO DE HUMEDAD																							
6. Capsula N°																							
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	518.0	536.0	476.0	519.0																		
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	459.0	470.0	408.0	434.0																		
9. Peso del agua	gr	59.0	66.0	68.0	85																		
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0																		
11. Peso del suelo seco	gr	459.0	470.0	408.0	434.0																		
12. Contenido de humedad	%	12.85	14.04	16.67	19.59																		
12. Contenido de Humedad	%	12.85	14.04	16.67	19.59																		
CALCULO DE DENSIDAD SECA																							
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.776	1.812	1.849	1.691																		

CURVA DENSIDAD SECA - HUMEDAD

DENSIDAD gr/cm³

PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD %

RESULTADOS	
Humedad optima	16.25%
Densidad Maxima	1.850

José Carlos Juanquani Quicaño
INGENIERO CIVIL
CIPR 110204
ESPECIALIDAD EN MECANICA DE SUELOS Y MECANICA DE SUELOS



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)
ASTM D1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"	
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEYARA	
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023

CALICATA : C-02
LUGAR : PROG. KM 0+500
PROFUNDIDAD : 1.50 m

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.850
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	10.25 %

Molde Nº		1		2		3	
Nº Capa		5		5		5	
Golpes por capa Nº		56		25		12	
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13112		12900		12969	
Peso de molde	gr.	8611		8471		8668	
Peso del suelo húmedo	gr.	4501		4437		4301	
Volumen del molde	cm³	2124		2124		2124	
Densidad húmeda	gr/cm³	2.119		2.080		2.025	
CALCULO DE HUMEDAD							
Tarro Nº							
Tarro + Suelo húmedo	gr.	859.0		772.0		692.0	
Tarro + Suelo seco	gr.	795.0		689.0		602.0	
Peso del Agua	gr.	64.0		83.0		90.0	
Peso del tarro	gr.	0.0		0.0		0.0	
Peso del suelo seco	gr.	795.0		689.0		602.0	
Humedad	%	8.05		12.05		14.95	
Densidad seca	gr/cm³	1.961		1.864		1.762	

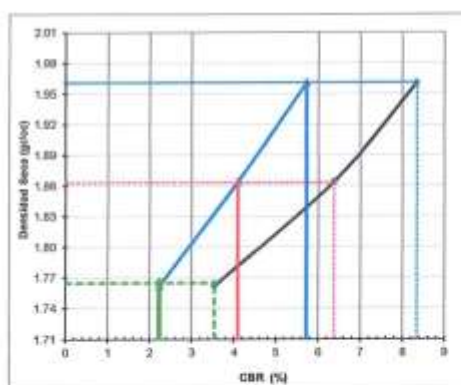
EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
			NO EXPANSIVO								

PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.00		0	0			0	0			0	0		
0.63		14	55			11	43			9	35		
1.27		33	129			20	78			23	90		
1.90		58	226			40	156			41	160		
2.54	70.9	84	329	4.0	5.7	79	309	2.9	4.1	85	315	1.6	2.2
3.17		100	422			121	472			73	285		
3.81	105.5	143	559	0.8	8.3	185	724	6.7	6.4	103	403	3.7	3.5
5.08		229	898			275	1079			153	599		
7.62		443	1746			476	1877			314	1233		
10.16		616	2438			646	2558			443	1746		
12.70		753	2991			732	2906			521	2057		



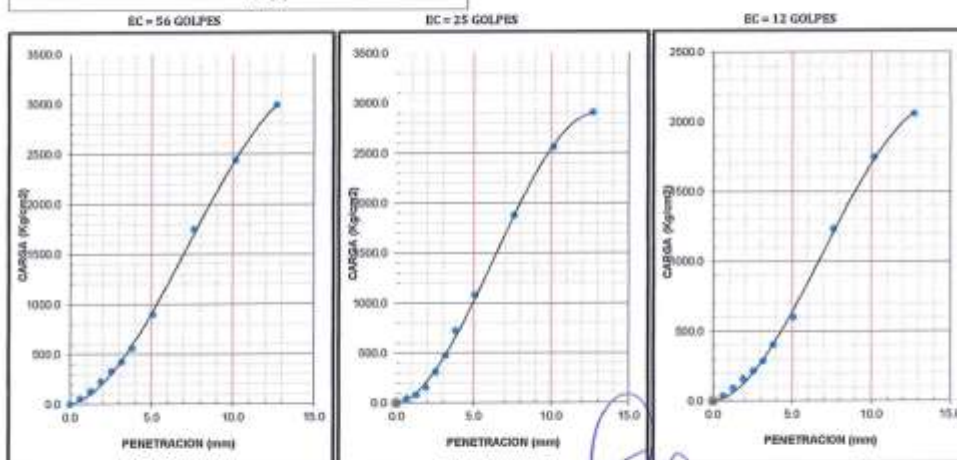
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR ASTM D 1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CAIRUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA :	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-02		
LUGAR	: PROG. KM 0+500		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	5.7	0.2"	8.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	4.1	0.2"	6.8
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1"	3.3	0.2"	3.5

OBSERVACIONES:

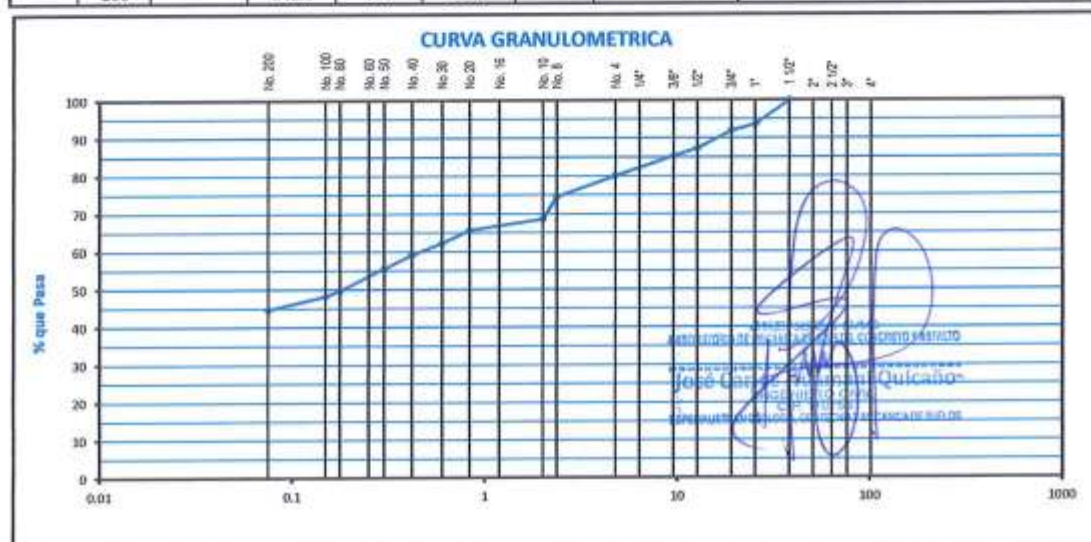


INSTITUTO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 JHONATAN AYALA GUEVARA
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALIDAD EN GEOTECNIA Y MECÁNICA DE SUELOS

MTC E 107 - ASTM D 6913 - ASTM D 2487

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-03		
LUGAR	: PROG. KM 1+000		
PROFUNDIDAD	: 1.55 m		

		Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones Obra	Descripción de Muestra
					Parcial	Acumulado			
PIEDRA O CANTOS		4"	101.600						
		3"	76.200	0.0			0.0		Grava > 3"
GRAVA	GRUESA	2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	0.0		Grava : 19.90 %
		2"	50.800	0.0	0.0	0.0	0.0		Arena : 35.40 %
		1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0		Finos : 44.70 %
		1"	25.400	90.0	6.3	6.3	93.7		
		3/4"	19.050	25.0	1.7	8.0	92.0		Humedad Natural : 14.10 %
	FINA	1/2"	12.700	68.0	4.7	12.7	87.3		
		3/8"	9.525	28.0	2.0	14.7	85.3		Limite Líquido : 46.70
		1/4"	6.350		0.0	0.0	0.0		Limite Plástico : 32.10
		No. 4	4.760	75.0	5.2	19.9	80.1		LP : 14.60
ARENA	GRUESA	No. 8	2.360	80.0	5.6	25.5	74.5		CLASIFICACION AASHTO: A-7-5(4)
		No. 10	2.000	84.0	5.9	31.4	68.6		
		No. 16	1.190	0.0	0.0	0.0	0.0		CLASIFICACION SUCS: SM
		No. 20	0.834	42.0	2.9	34.3	65.7		
	MEDIA	No. 30	0.600	50.0	3.5	37.8	62.2		- Arcos finos
		No. 40	0.420	43.0	3.0	40.8	59.2		
		No. 50	0.300	52.0	3.6	44.4	55.6		Peso Inicial Seco (gr) : 1434.0
		No. 60	0.250	0.0	0.0	0.0	0.0		Peso Inicial lavado seco(gr) : 792.0
		No. 80	0.177	84.0	5.9	50.3	49.7		Peso Fracción (gr) : 1140.0
		No. 100	0.149	20.0	1.4	51.7	48.3		
		No. 200	0.075	51.0	3.6	55.3	44.7		
		-200	----	642.0	44.7	100.0			





CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D 2216 - MTC E-108

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO,2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO		FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-03		
LUGAR	: PROG. KM 1+000		
PROFUNDIAD	: 1.55 m		

CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SUELOS MUESTRA INTEGRAL

Muestra	Nº	1			PROMEDIO
Recipiente	Nº	00			
Peso recipiente + suelo húmedo	gr	404.0			
Peso recipiente + suelo seco	gr	354.0			
Peso del recipiente	gr	0.0			
Peso de agua	gr	50.0			
Peso del suelo seco	gr	354.0			
Contenido de Humedad	%	14.1			14.1

Observaciones:


 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 José Antonio Aguilar Quijano
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALIDAD EN GEOTECNIA Y MECANICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D 4318

OBRA	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CAHUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACO, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	SOCOS-VANAYACO-AYACUCHO	FECHA	NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-03		
LUGAR	: PROG. KM 1+000		
PROFUNDIDAD	: 1.55 m		

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111)

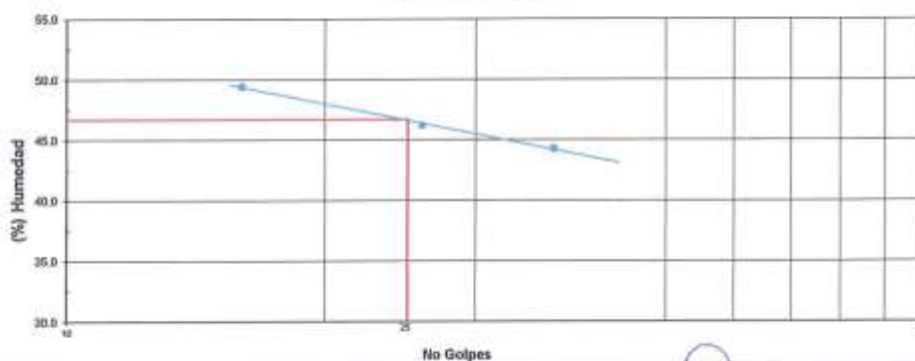
Capítulo No.	19	18	PROMEDIO
Peso de la Capucha (gr)	25.79	26.07	
Peso de la Capucha+Suelo Humedo (gr)	27.64	28.22	
Peso de la Capucha+Suelo Seco (gr)	27.18	27.71	
Peso del Agua (gr)	0.46	0.51	
Peso del Suelo Seco (gr)	1.39	1.64	
Contenido de Humedad (%)	33.09	31.10	32.10

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110)

Capítulo No.	15	16	17
Peso de la Capucha (gr)	25.90	32.31	28.17
Peso de la Capucha+Suelo Humedo (gr)	32.91	40.63	36.99
Peso de la Capucha+Suelo Seco (gr)	31.26	38.00	34.22
Numero de Golpes	16	26	37
Peso del agua (g)	2.05	2.63	2.68
Peso del Suelo Seco (gr)	5.36	5.69	6.05
Contenido de Humedad (%)	49.44	46.72	44.70

	RESULTADOS	ESPECIFICADO
L.L.:	46.70	-----
L.P.:	32.10	-----
I.P.:	14.60	-----

GRÁFICO DE LÍMITE LÍQUIDO



OBSERVACIONES:

JKEMSCA S.A.C.
 LABORATORIO DE PRUEBAS DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 José Carlos Quintana Quintana
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALIDAD EN GEOTECNIA Y ASFALTOS
 RUC: 20574756303

Asociación Miraflores Mz. N1 Lote 02 - San Juan Bautista - Ayacucho
 Cel. 954000684 - RPM # 954000684 E-mail: jkemsca@hotmail.com

2023



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)																							
ASTM - 1557 MTC E 115																							
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABIUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"																						
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA																						
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO			FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023																			
CALICATA	: C-03																						
LUGAR	: PROG. KM 1+000																						
PROFUNDIDAD	: 1.55 m																						
<table border="1"> <tr> <td>Metodo de compactacion</td> <td colspan="5">C</td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes</td> <td colspan="5">56</td> </tr> <tr> <td>Numero de capas</td> <td colspan="5">5</td> </tr> </table>						Metodo de compactacion	C					Numero de golpes	56					Numero de capas	5				
Metodo de compactacion	C																						
Numero de golpes	56																						
Numero de capas	5																						
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA																							
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	10719	11262	11341	10954																		
2. Peso del molde	gr	6759	6759	6759	6759																		
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124																		
4. Peso suelo humedo	gr	3960	4503	4582	4195																		
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.86	2.12	2.16	1.98																		
CALCULO DE HUMEDAD																							
6. Capsula Nº																							
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	514.0	517.0	568.0	517.0																		
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	459.0	450.0	488.0	439.0																		
9. Peso del agua	gr	55.0	67.0	80.0	78.0																		
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0																		
11. Peso del suelo seco	gr	459.0	450.0	488.0	439.0																		
12. Contenido de humedad	%	11.98	14.89	16.39	17.77																		
12. Contenido de Humedad	%	11.98	14.89	16.39	17.77																		
CALCULO DE DENSIDAD SECA																							
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.665	1.845	1.853	1.677																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Humedad optima</td> <td>15.74%</td> </tr> <tr> <td>Densidad Maxima</td> <td>1.869</td> </tr> </tbody> </table>						RESULTADOS		Humedad optima	15.74%	Densidad Maxima	1.869												
RESULTADOS																							
Humedad optima	15.74%																						
Densidad Maxima	1.869																						



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)
ASTM D1883 MYC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"	
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA	
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-03	
LUGAR	: PRDGL KM 1+000	
PROFUNDIDAD	: 1.55 m	

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.869
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	15.74 %

Molde N°		1		2		3	
N° Capa		5		5		5	
Golpes por capa N°		56		25		12	
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13215		12799		12623	
Peso de molde	gr.	8827		8612		8616	
Peso del suelo húmedo	gr.	4388		4187		4007	
Volumen del molde	cm ³	2124		2124		2124	
Densidad húmeda	gr/cm ³	2.066		1.971		1.887	
CALCULO DE HUMEDAD							
Tarro N°							
Tarro + Suelo húmedo	gr.	406.0		491.0		447.0	
Tarro + Suelo seco	gr.	373.0		448.0		405.0	
Peso del Agua	gr.	33.0		43.0		42.0	
Peso del tarro	gr.	0.0		0.0		0.0	
Peso del suelo seco	gr.	373.0		448.0		405.0	
Humedad	%	8.85		9.60		10.37	
Densidad seca	gr/cm ³	1.898		1.798		1.710	

FECHA	HORA	TIEMPO hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%

NO EXPANSIVO

PENETRACION	CARGA kg/cm ²	PENETRACION											
		MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION
mm		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.00		0	0			0	0			0	0		
0.63		20	78			15	59			12	47		
1.27		42	164			28	109			16	62		
1.90		57	223			37	144			28	109		
2.54	70.3	88	244	4.1	5.0	61	239	3.0	3.7	44	160	1.0	2.0
3.17		122	477			85	332			62	242		
3.81	105.5	160	626	9.0	8.6	123	481	5.9	5.6	78	305	4.1	3.9
5.08		243	953			206	807			131	512		
7.62		494	1949			342	1344			229	890		
10.16		678	2688			473	1865			317	1245		
12.70		831	3307			523	2065			353	1388		

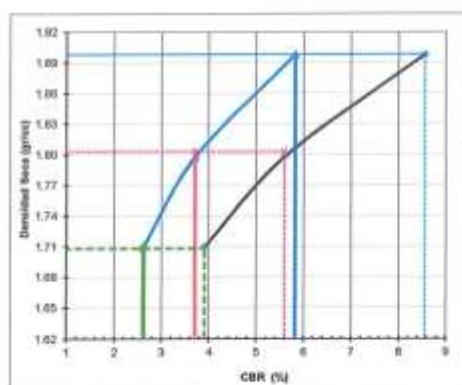
Asociación Miraflores Mz. N1 Lote 02 - San Juan Bautista - Ayacucho
Cel. 954000684 - RPM # 954000684 E-mail: jkemsca@hotmail.com

2023

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR
ASTM D 1883 MTCE-132

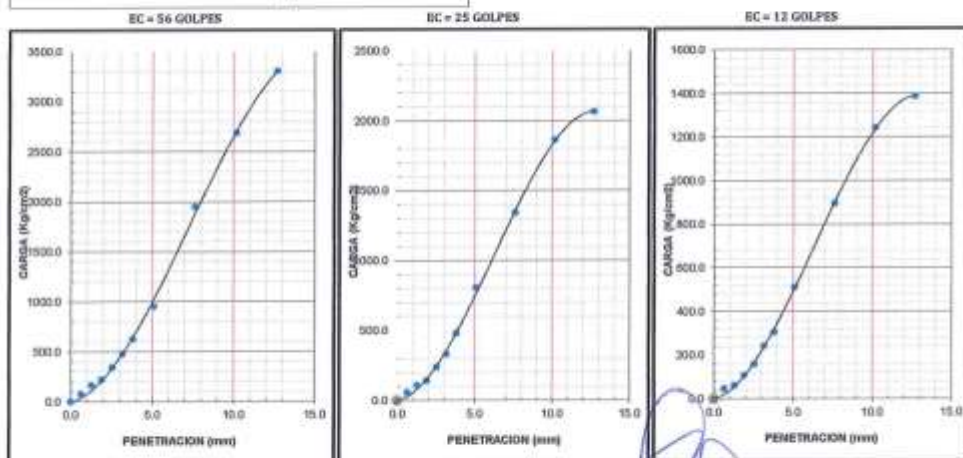
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO,2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO		FECHA : : NOVIEMBRE DEL 2023

CALICATA	: C-03
LUGAR	: PROG. KM 1+000
PROFUNDIAD	: 1.55 m



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1 ^a	5.0	0.2 ^a	8.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1 ^a	3.7	0.2 ^a	5.6
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1 ^a	2.6	0.2 ^a	3.9

OBSERVATIONS:



José Carlos Arzuaga Quiñero
INGENIERO CIVIL
CALLE 2068
ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AUTOMATICA DE SISTEMAS

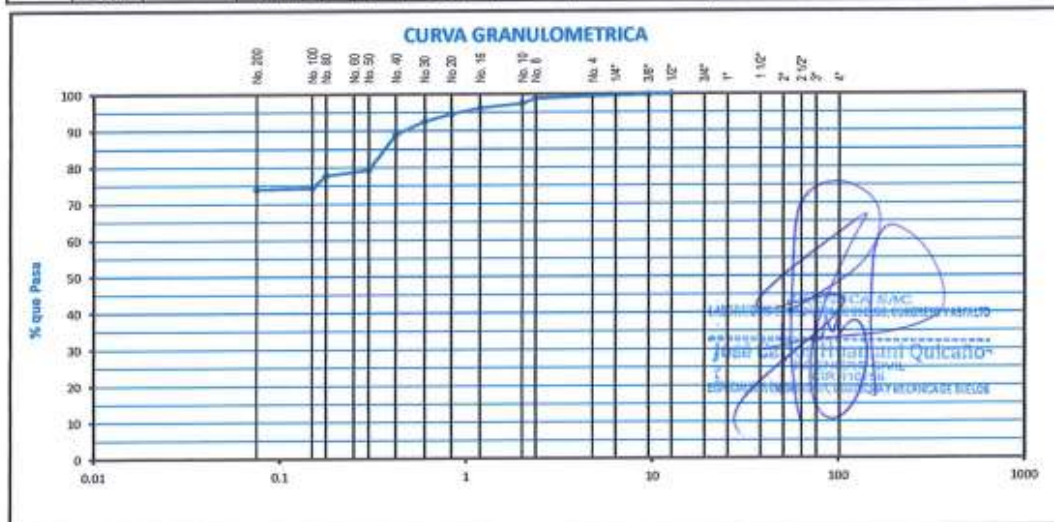


ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107 - ASTM D 6913 - ASTM D 2487

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-04		
LUGAR	: PROG. KM 1+500		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

	Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones Obra	Descripción de Muestra
				Parcial	Acumulado			
PIEDRA O CANTOS	4"	101.600						
	3"	76.200	0.0			0.0		Grava > 3"
GRAVA	GRUESA	2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0		Grava : 0.50 %
		2"	50.800	0.0	0.0	0.0		Arena : 25.50 %
		1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0		Finos : 74.00 %
		1"	25.400	0.0	0.0	0.0		
		3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0		Humedad Natural : 13.80 %
	FINA	1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0		
		3/8"	9.525	1.0	0.1	99.9		Límite Líquido : 37.00
		1/4"	6.350		0.0	0.0		Límite Plástico : 29.27
		No. 4	4.760	5.0	0.4	99.5		LP : 7.73
ARENA	GRUESA	No. 8	2.360	8.0	0.6	98.9		CLASIFICACION AASHTO: A-4(6)
		No. 10	2.000	20.0	1.4	97.5		
		No. 16	1.190	16.0	1.2	96.3		CLASIFICACION SOCS: ML
		No. 20	0.834	23.0	1.7	94.6		
		No. 30	0.600	28.0	2.0	92.6		
	FINA	No. 40	0.420	49.0	3.6	89.0		- Limo
		No. 50	0.300	134.0	9.7	79.3		Peso Inicial Seco (gr) : 1380.0
		No. 60	0.250	0.0	0.0	0.0		Peso Inicial lavado seco(gr) : 357.0
		No. 80	0.177	21.0	1.5	77.8		Peso Fracción (gr) : 1374.0
		No. 100	0.149	47.0	3.4	74.4		
		No. 200	0.075	5.0	0.4	26.0		
	-200		1023.0	74.0	100.0			



OBS. :

Asociación Miraflores Mz. N1 Lote 02 - San Juan Bautista - Ayacucho
Cel. 954000684- RPM #954000684 E-mail: jkemsca@hotmail.com

2023



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D 2216 - MTC E-108

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-04		
LUGAR	: PROG. KM 1+500		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SUELOS MUESTRA INTEGRAL

Muestra	Nº	1			PROMEDIO
Recipiente	Nº	00			
Peso recipiente + suelo húmedo	gr	478.0			
Peso recipiente + suelo seco	gr	420.0			
Peso del recipiente	gr	0.0			
Peso de agua	gr	58.0			
Peso del suelo seco	gr	420.0			
Contenido de Humedad	%	13.8			13.8

Observaciones:


 JOSE CARLOS PARRAMA QUICAÑO
 INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL
 C. 150154
 REGISTRO NACIONAL DE INGENIEROS Y ARQUITECTOS



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318

OBRA	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	SOCOS- YANAYACU- AYACUCHO	FECHA	NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-04		
LUGAR	: PROG. KM 1+500		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111)

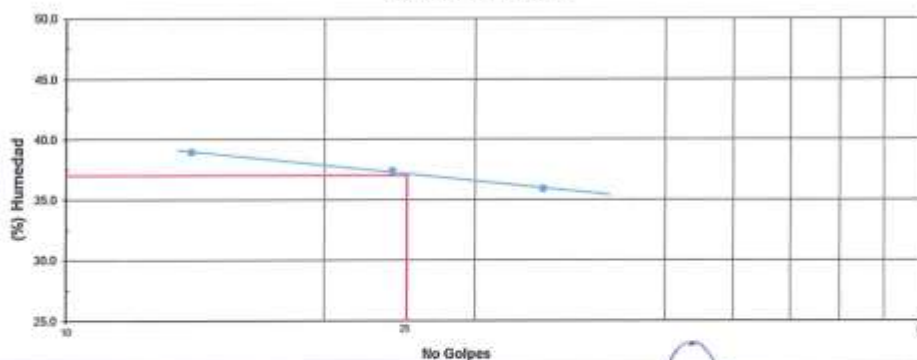
Capítulo Nro	13	14	PROMEDIO
Peso de la Capucha (gr)	26.92	29.38	
Peso de la Capucha+Suelo Humedo (gr)	28.88	31.20	
Peso de la Capucha+Suelo Seco (gr)	28.40	30.00	
Peso del Agua (gr)	0.48	0.40	
Peso del Suelo Seco (gr)	1.58	1.62	
Contenido de Humedad (%)	38.38	28.17	29.27

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110)

Capítulo Nro	24	23	22
Peso de la Capucha (gr)	25.58	25.66	26.69
Peso de la Capucha+Suelo Humedo (gr)	33.59	32.98	33.59
Peso de la Capucha+Suelo Seco (gr)	31.38	30.93	31.70
Número de Golpes	14	24	36
Peso del agua (g)	2.22	1.97	1.89
Peso del Suelo Seco (gr)	5.70	5.27	5.01
Contenido de Humedad (%)	38.95	37.38	35.93

	RESULTADOS	ESPECIFICADO
L.L.:	37.60	-----
L.P.:	29.27	-----
L.P.:	7.73	-----

GRÁFICO DE LÍMITE LÍQUIDO



OBSERVACIONES:

JKEMSCA, SAC
ASOCIACIÓN MIRAFLORES MZ. N1 LOTE 02 - SAN JUAN BAUTISTA - AYACUCHO
José Carlos Huamani Quicaño
INGENIERO CIVIL
C. 102770
EDIFICIO INGENIERÍA, CALLE DE LA INDEPENDENCIA 1027

Asociación Miraflores Mz. N1 Lote 02 - San Juan Bautista - Ayacucho
Cel. 954000684 - RPM # 954000684 E-mail: jkemsca@hotmail.com

3421



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)																				
ASTM - 1557 MTC E 115																				
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"																			
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA																			
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO			FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023																
CALICATA	: C-04																			
LUGAR	: PROG. KM 1+500																			
PROFUNDIDAD	: 1.50 m																			
<table border="1"> <tr> <td>Metodo de compactacion</td> <td colspan="4">C</td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes</td> <td colspan="4">56</td> </tr> <tr> <td>Numero de capas</td> <td colspan="4">5</td> </tr> </table>						Metodo de compactacion	C				Numero de golpes	56				Numero de capas	5			
Metodo de compactacion	C																			
Numero de golpes	56																			
Numero de capas	5																			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA																				
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	10769	11142	11155	10965															
2. Peso del molde	gr	6759	6759	6759	6759															
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124															
4. Peso suelo humedo	gr	4010	4383	4396	4206															
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.89	2.06	2.07	1.98															
CALCULO DE HUMEDAD																				
6. Capsula N°																				
7. Peso del suelo hámido,+ capsula	gr	587.0	511.0	519.0	512.0															
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	532.0	455.0	449.0	437.0															
9. Peso del agua	gr	55.0	56.0	70.0	75															
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0															
11. Peso del suelo seco	gr	532.0	455.0	449.0	437.0															
12. Contenido de humedad	%	10.34	12.31	15.59	17.16															
12. Contenido de Humedad	%	10.34	12.31	15.59	17.16															
CALCULO DE DENSIDAD SECA																				
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.711	1.837	1.791	1.690															

CURVA DENSIDAD SECA - HUMEDAD

RESULTADOS	
Humedad óptima	13.33%
Densidad Maxima	1.853

INGENIERO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 José Carlos Ramírez Quicano
 RUC: 20574756303
 ESPECIALISTA EN MEJORA DE SUELOS Y OBRAS DE SUELO



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)
ASTM D1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEYARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023	

CALICATA : C-04
LUGAR : PRDG. KM 1+500
PROFUNDIDAD : 1.50 m

DATOS DEL PROCTOR

MÁXIMA DENSIDAD SECA	:	1.853
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	12.33 %

Molde N°		1		2		3	
Nº Capa		5		5		5	
Golpes por capa N°		56		25		12	
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13205		12902		12978	
Peso de molde	gr.	8611		8471		8668	
Peso del suelo húmedo	gr.	4594		4431		4310	
Volumen del molde	cm³	2124		2124		2124	
Densidad húmeda	gr/cm³	2.163		2.086		2.029	
CALCULO DE HUMEDAD							
Tarro N°							
Tarro + Suelo húmedo	gr.	552.0		485.0		698.0	
Tarro + Suelo seco	gr.	512.0		443.0		621.0	
Peso del Agua	gr.	40.0		42.0		77.0	
Peso del tarro	gr.	0.0		0.0		0.0	
Peso del suelo seco	gr.	512.0		443.0		621.0	
Humedad	%	7.81		9.48		12.40	
Densidad seca	gr/cm³	2.006		1.905		1.885	

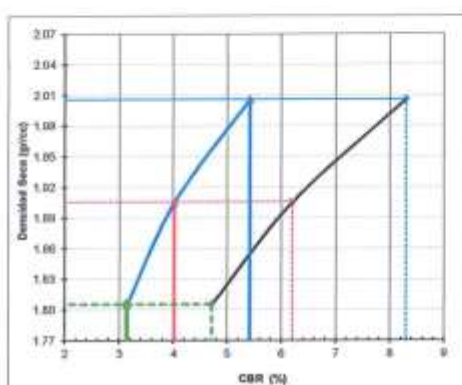
EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
			NO EXPANSIVO								

PENETRACION												
PENETRACION mm	CARGA kg/cm²	MOLDE N° 1					MOLDE N° 2				MOLDE N° 3	
		STAND.	CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION
			Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²
0.00			0	0			0	0			0	0
0.63			21	84			9	35			5	20
1.27			42	168			27	105			15	59
1.90			74	291			49	191			31	121
2.54	70.3		102	408	3.8	5.4	76	297	2.8	4.0	54	212
3.17			144	565			113	442			75	293
3.81	105.5		190	744	8.8	13	151	591	6.5	6.2	107	418
5.08			312	1225			256	1004			153	599
7.62			572	2261			418	1646			284	1115
10.16			765	3041			578	2284			379	1490
12.70			851	3388			614	2438			421	1658



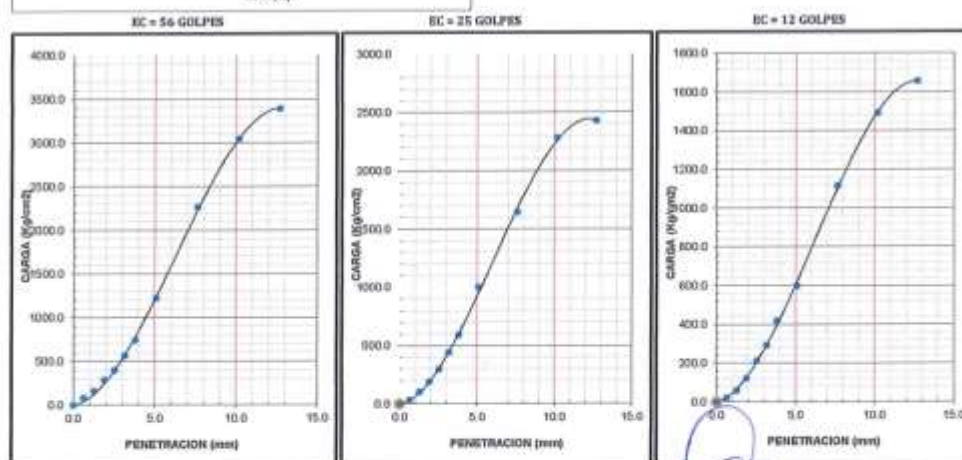
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR
ASTM D 1883 MTCE-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA :	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-04		
LUGAR	: PROG. KM 1+500		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	5.4	0.2"	8.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	4.0	0.2"	6.2
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1"	3.1	0.2"	4.7

OBSERVACIONES:



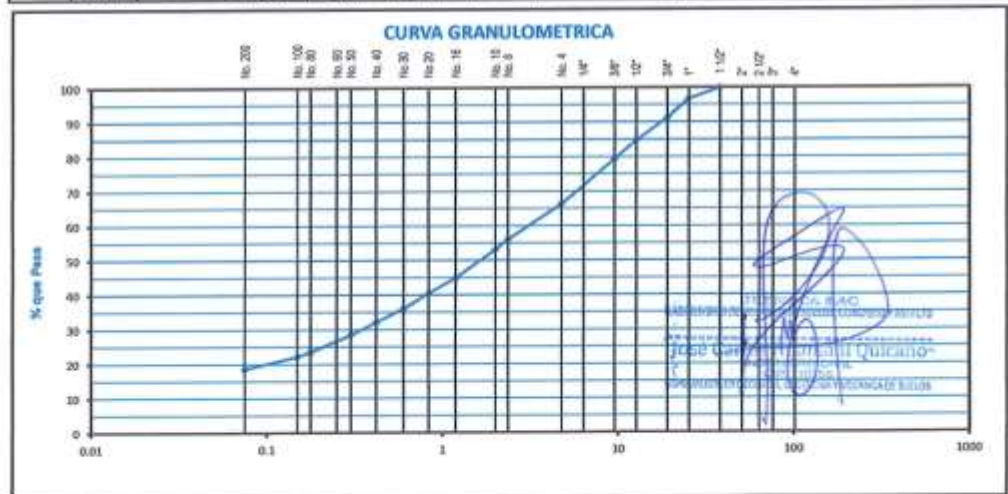
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
JOSÉ L. AYALA GUEVARA
ING. CIVIL
DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS Y RECONSTRUCCIÓN



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MTC E 107 - ASTM D 6913 - ASTM D 2487

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-05		
LOGAR	: PROG. KM 2+000		
PROFUNDIDAD	: 1.60 m		

	Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones Obras	Descripción de Muestra
				Parcial	Acumulado			
PIEDRA O CAVITOS	4"	101.600						
	3"	76.200	0.0			0.0		Grava > 3"
GRASA	2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	0.0		Grava : 33.70 %
	2"	50.800	0.0	0.0	0.0	0.0		Arena : 47.70 %
	1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0		Finos : 18.60 %
	1"	25.400	43.0	3.1	3.1	96.9		
	3/4"	19.050	77.0	5.6	8.7	91.3		Humedad Natural : 5.20 %
	1/2"	12.700	89.0	6.5	15.2	84.8		
	3/8"	9.525	75.0	5.5	20.7	79.3		Limite Líquido : 22.70
	1/4"	6.350		0.0	0.0	0.0		Limite Plástico : 18.69
	No. 4	4.760	178.0	13.0	33.7	66.3		LP : 4.01
	No. 8	2.360	140.0	10.2	43.9	56.1		CLASIFICACION AASHO: A-1-b(0)
ARENA	No. 10	2.000	41.0	3.0	46.9	53.1		
	No. 16	1.190	111.0	8.1	55.0	45.0		CLASIFICACION SUCS: SC-SM
	No. 20	0.834	62.0	4.5	59.5	40.5		
	No. 30	0.600	62.0	4.5	64.0	36.0		Arena fino arcillosa
	No. 40	0.420	52.0	3.8	67.8	32.2		
	No. 50	0.300	50.0	3.7	71.5	28.5		Peso Inicial Seco (gr) : 1367.0
	No. 60	0.250	0.0	0.0	0.0	0.0		Peso Inicial lavado seco (gr) : 1116.0
	No. 80	0.177	69.0	5.0	76.5	23.5		Peso Fracción (gr) : 905.0
	No. 100	0.149	19.0	1.4	77.9	22.1		
	No. 200	0.075	48.0	3.5	81.4	18.6		
	-200	---	251.0	18.6	100.0			



OBS.:

Asociación Miraflores Mz. N1 Lote 02 - San Juan Bautista - Ayacucho
Cel. 954000684 - RPM #954000684 E-mail: jkemsca@hotmail.com

2024



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D 2216 - MTC E-108

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-05		
LUGAR	: PROG. KM 2+000		
PROFUNDIDAD	: 1.60 m		

CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SUELOS MUESTRA INTEGRAL

Muestra	Nº	1			PROMEDIO
Recipiente	Nº	00			
Peso recipiente + suelo húmedo	gr	526.0			
Peso recipiente + suelo seco	gr	500.0			
Peso del recipiente	gr	0.0			
Peso de agua	gr	26.0			
Peso del suelo seco	gr	500.0			
Contenido de Humedad	%	5.2			5.2

Observaciones:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Jose Carlos Quintana Quicanda
 INGENIERO CIVIL
 INGENIERO EN GEOTECNIA Y MECANICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318

OBRA	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS-YANAYACIL, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	SOCOS-YANAYACIL-AYACUCHO	FECHA	NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	C-05		
LUGAR	PROG. KM 2+000		
PROFUNDIDAD	1.60 m		

LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111

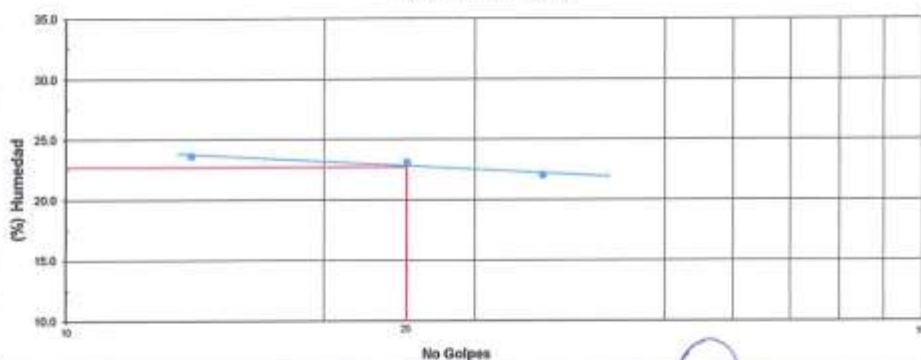
Capítulo No	20	23	PROMEDIO
Peso de la Capota (gr)	27.04	25.66	
Peso de la Capota+Suelo Humedo (gr)	30.16	28.33	
Peso de la Capota+Suelo Seco (gr)	29.68	27.90	
Peso del Agua (gr)	0.48	0.43	
Peso del Suelo Seco (gr)	2.64	2.24	
Contenido de Humedad (%)	18.10	19.20	18.69

LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110

Capítulo No	11	12	7
Peso de la Capota (gr)	14.33	14.50	14.52
Peso de la Capota+Suelo Humedo (gr)	24.80	25.40	23.93
Peso de la Capota+Suelo Seco (gr)	22.15	23.42	22.39
Numero de Golpes	14	25	36
Peso del agua (g)	1.85	3.86	1.70
Peso del Suelo Seco (gr)	7.80	8.92	7.71
Contenido de Humedad (%)	23.66	23.09	22.05

	RESULTADOS	ESPECIFICADO
L.L.:	22.70	-----
L.P.:	18.69	-----
L.P.:	4.01	-----

GRÁFICO DE LÍMITE LÍQUIDO



OBSERVACIONES:

INSTITUTO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
José Carlos Huamán Quicanda
 INGENIERO CIVIL
 C.O.P. 15127
 ESPECIALIDAD EN SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Asociación Miraflores Mz. N1 Lote 02 - San Juan Bautista - Ayacucho
 Cel. 954000684 - RPM #954000684 E-mail: jkemsca@hotmail.com

2023



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)																																																																																																																													
ASTM - 1557 MYC E 115																																																																																																																													
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCHILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"																																																																																																																												
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA																																																																																																																												
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO				FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023																																																																																																																								
CALICATA	: C-05																																																																																																																												
LUGAR	: PROG. KM 2+000																																																																																																																												
PROFUNDIDAD	: 1.60 m																																																																																																																												
<table border="1"> <tr> <td>Metodo de compactacion</td> <td colspan="4"></td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes</td> <td colspan="4"></td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>Numero de capas</td> <td colspan="4"></td> <td>5</td> </tr> <tr> <td colspan="6">CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA</td> </tr> <tr> <td>1. Peso suelo humedo. + molde</td> <td>gr</td> <td>10950</td> <td>11155</td> <td>11215</td> <td>11154</td> </tr> <tr> <td>2. Peso del molde</td> <td>gr</td> <td>6759</td> <td>6759</td> <td>6759</td> <td>6759</td> </tr> <tr> <td>3. Volumen del molde</td> <td>cc</td> <td>2124</td> <td>2124</td> <td>2124</td> <td>2124</td> </tr> <tr> <td>4. Peso suelo humedo</td> <td>gr</td> <td>4191</td> <td>4396</td> <td>4456</td> <td>4395</td> </tr> <tr> <td>5. Densidad suelo humedo</td> <td>gr/cc</td> <td>1.97</td> <td>2.07</td> <td>2.10</td> <td>2.07</td> </tr> <tr> <td colspan="6">CALCULO DE HUMEDAD</td> </tr> <tr> <td>6. Capsula N°</td> <td colspan="4"></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7. Peso del suelo humedo.+ capsula</td> <td>gr</td> <td>514.0</td> <td>579.0</td> <td>530.0</td> <td>527.0</td> </tr> <tr> <td>8. Peso del suelo seco+capsula</td> <td>gr</td> <td>486.0</td> <td>541.0</td> <td>471.0</td> <td>462.0</td> </tr> <tr> <td>9. Peso del agua</td> <td>gr</td> <td>28.0</td> <td>38.0</td> <td>59.0</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>10. Peso de la capsula</td> <td>gr</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>11. Peso del suelo seco</td> <td>gr</td> <td>486.0</td> <td>541.0</td> <td>471.0</td> <td>462.0</td> </tr> <tr> <td>12. Contenido de humedad</td> <td>%</td> <td>5.76</td> <td>7.02</td> <td>12.53</td> <td>14.07</td> </tr> <tr> <td>12. Contenido de Humedad</td> <td>%</td> <td>5.76</td> <td>7.02</td> <td>12.53</td> <td>14.07</td> </tr> <tr> <td colspan="6">CALCULO DE DENSIDAD SECA</td> </tr> <tr> <td>13. Densidad seca del suelo</td> <td>gr/cc</td> <td>1.866</td> <td>1.934</td> <td>1.864</td> <td>1.814</td> </tr> </table>						Metodo de compactacion					C	Numero de golpes					56	Numero de capas					5	CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA						1. Peso suelo humedo. + molde	gr	10950	11155	11215	11154	2. Peso del molde	gr	6759	6759	6759	6759	3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124	4. Peso suelo humedo	gr	4191	4396	4456	4395	5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.97	2.07	2.10	2.07	CALCULO DE HUMEDAD						6. Capsula N°						7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	514.0	579.0	530.0	527.0	8. Peso del suelo seco+capsula	gr	486.0	541.0	471.0	462.0	9. Peso del agua	gr	28.0	38.0	59.0	65	10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0	11. Peso del suelo seco	gr	486.0	541.0	471.0	462.0	12. Contenido de humedad	%	5.76	7.02	12.53	14.07	12. Contenido de Humedad	%	5.76	7.02	12.53	14.07	CALCULO DE DENSIDAD SECA						13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.866	1.934	1.864	1.814
Metodo de compactacion					C																																																																																																																								
Numero de golpes					56																																																																																																																								
Numero de capas					5																																																																																																																								
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA																																																																																																																													
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	10950	11155	11215	11154																																																																																																																								
2. Peso del molde	gr	6759	6759	6759	6759																																																																																																																								
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124																																																																																																																								
4. Peso suelo humedo	gr	4191	4396	4456	4395																																																																																																																								
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.97	2.07	2.10	2.07																																																																																																																								
CALCULO DE HUMEDAD																																																																																																																													
6. Capsula N°																																																																																																																													
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	514.0	579.0	530.0	527.0																																																																																																																								
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	486.0	541.0	471.0	462.0																																																																																																																								
9. Peso del agua	gr	28.0	38.0	59.0	65																																																																																																																								
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0																																																																																																																								
11. Peso del suelo seco	gr	486.0	541.0	471.0	462.0																																																																																																																								
12. Contenido de humedad	%	5.76	7.02	12.53	14.07																																																																																																																								
12. Contenido de Humedad	%	5.76	7.02	12.53	14.07																																																																																																																								
CALCULO DE DENSIDAD SECA																																																																																																																													
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.866	1.934	1.864	1.814																																																																																																																								
CURVA DENSIDAD SECA - HUMEDAD DENSIDAD g/cm³ PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD % <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Humedad optima</td> <td>8.55%</td> </tr> <tr> <td>Densidad Maxima</td> <td>1.960</td> </tr> </tbody> </table>						RESULTADOS		Humedad optima	8.55%	Densidad Maxima	1.960																																																																																																																		
RESULTADOS																																																																																																																													
Humedad optima	8.55%																																																																																																																												
Densidad Maxima	1.960																																																																																																																												
JKEMSCA S.A.C. ASOCIACIÓN MIRAFLORES MZ. N1 LOTE 02 - SAN JUAN BAUTISTA - AYACUCHO Jose Carlos Quintana Quisano ING. CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, GEODINAMICA Y MECANICA DE SUELOS																																																																																																																													



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)
ASTM D1883 MTG E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"	
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA	
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023

CALICATA : C-05
LUGAR : PROG. KM 2+000
PROFUNDIDAD : 1.60 m

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.960
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	8.55 %

Molde Nº		1		2		3	
Nº Capa		5		5		5	
Golpes por capa Nº		56		25		12	
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13346		13656		13605	
Peso de molde	gr.	8470		8611		8616	
Peso del suelo húmedo	gr.	4876		5045		4989	
Volumen del molde	cm ³	2124		2124		2124	
Densidad húmeda	gr/cm ³	2.296		2.375		2.349	
CALCULO DE HUMEDAD							
Tarro Nº							
Tarro + Suelo húmedo	gr.	469.0		419.0		499.0	
Tarro + Suelo seco	gr.	434.0		357.0		406.0	
Peso del Agua	gr.	35.0		62.0		93.0	
Peso del tarro	gr.	0.0		0.0		0.0	
Peso del suelo seco	gr.	434.0		357.0		406.0	
Humedad	%	8.06		17.37		22.91	
Densidad seca	gr/cm ³	2.125		2.024		1.911	

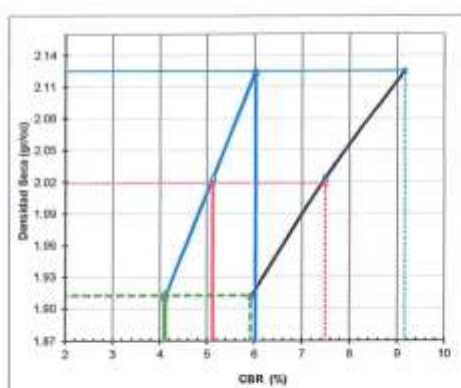
EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hrs.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
			NO EXPANSIVO								

PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA kg/cm2	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
		STAND. CARGA kg/cm2	CORRECCION			STAND. CARGA kg/cm2	CORRECCION			STAND. CARGA kg/cm2	CORRECCION		
			Dial (div)	kg/cm2	%		Dial (div)	kg/cm2	%		Dial (div)	kg/cm2	%
0.00		0	0			0	0			0	0		
0.63		22	06			15	59			12	47		
1.27		35	137			27	105			20	70		
1.90		67	262			50	195			41	160		
2.54	70.3	107	419	4.2	6.0	72	291	3.0	3.1	60	107	2.9	4.1
3.17		148	579			94	367			65	254		
3.81	105.5	210	854	9.7	9.2	136	532	7.9	7.5	94	367	6.2	5.9
5.08		321	1200			201	787			154	603		
7.62		591	2337			373	1467			270	1091		
10.16		764	3037			470	1853			364	1432		
12.70		830	3303			569	2209			432	1702		



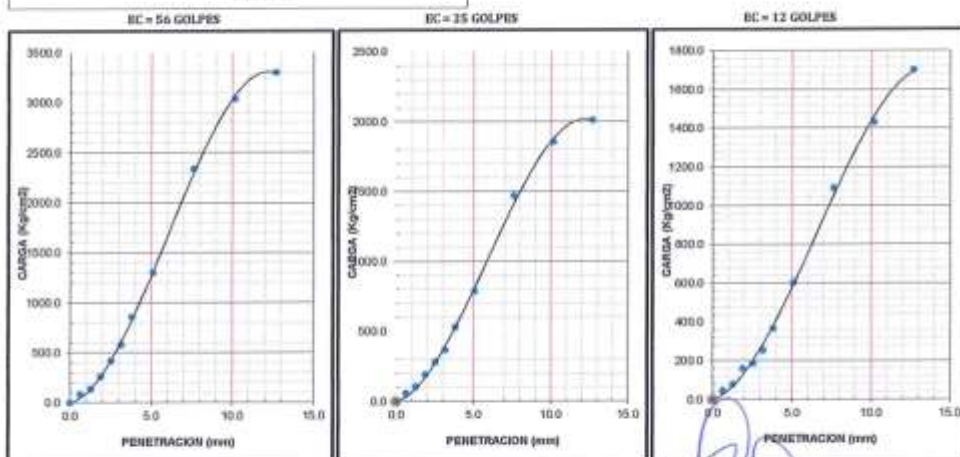
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR
ASTM D 1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CAHIYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"	
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA	
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA : : NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-05	
LUGAR	: PROG. KM 2+000	
PROFUNDIDAD	: 3.60 m	



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	6.0	0.2"	9.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	5.1	0.2"	7.5
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1"	4.1	0.2"	5.9

OBSERVACIONES:



ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
JOSÉ CARLOS HUAMANI QUILCANO
INGENIERO CIVIL
Especialista en Geotecnia, Obras de Infraestructura de Suelo

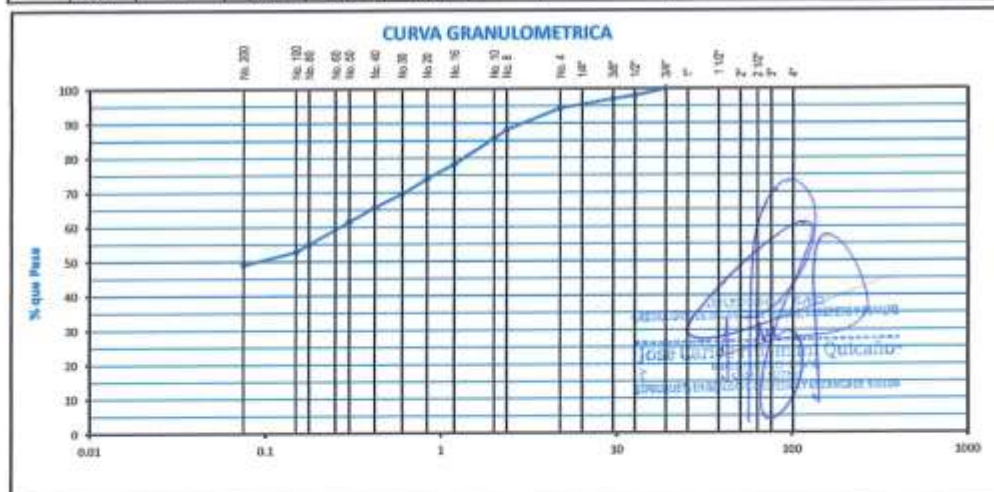


ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTCE 107 - ASTM D 6913 - ASTM D 2487

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CAIRUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-06		
LUGAR	: PROG. KM 2+500		
PROFUNDIDAD	: 1.55 m		

	Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones Obra	Descripción de Muestra
				Parcial	Acumulado			
GRASA CANTOS	4"	101.600						
	3"	76.200	0.0			0.0		Grava > 3"
	2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	0.0		Grava : 5.60 %
	2"	50.800	0.0	0.0	0.0	0.0		Arenea : 45.30 %
	1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	0.0		Finos : 49.10 %
	1"	25.400	0.0	0.0	0.0	0.0		
	3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0		Humedad Natural : 14.20 %
	1/2"	12.700	33.0	1.9	1.9	98.1		Limite Liquido : 30.70
	3/8"	9.525	18.0	1.0	2.9	97.1		Limite Plastico : 28.53
	1/4"	6.350		0.0	0.0	0.0		LP : 2.17
	No. 4	4.760	47.0	2.7	5.6	94.4		
	No. 8	2.360	107.0	6.2	11.8	88.2		CLASIFICACION AASHTO: A-4(0)
	No. 10	2.000	43.0	2.5	14.3	85.7		
	No. 16	1.190	127.0	7.4	21.7	78.3		CLASIFICACION SUCE: SM
ARENA	No. 20	0.834	74.0	4.3	26.0	74.0		
	No. 30	0.600	76.0	4.4	30.4	69.6		
	No. 40	0.420	68.0	3.9	34.3	65.7		
	No. 50	0.300	70.0	4.1	38.4	61.6		
	No. 60	0.250	0.0	0.0	0.0	0.0		
	No. 80	0.177	113.0	6.6	45.0	55.0		
	No. 100	0.149	38.0	2.2	47.2	52.8		
	No. 200	0.075	64.0	3.7	50.9	49.1		
	-200	----	847.0	49.1	100.0			



ORS :

Asociación Miraflores Mz. N1 Lote 02 - San Juan Bautista - Ayacucho
Cel. 954000684 - RPM #954000684 E-mail: jkemsca@hotmail.com

2023



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D 2216 - MTC E-108

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-06		
LUGAR	: PROG. KM 2+500		
PROFUNDIDAD	: 1.55 m		

CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SUELOS MUESTRA INTEGRAL

Muestra	Nº	1			PROMEDIO
Recipiente	Nº	00			
Peso recipiente + suelo húmedo	gr	425.0			
Peso recipiente + suelo seco	gr	372.0			
Peso del recipiente	gr	0.0			
Peso de agua	gr	53.0			
Peso del suelo seco	gr	372.0			
Contenido de Humedad	%	14.2			14.2

Observaciones:

JKEMSCA - IAC
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Jorge Cordero Quispe
Ingeniero Civil
Especialista en Mecánica de Suelos y Asfalto



DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318

TITULO	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CARUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU- AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	SOCOS- YANAYACU- AYACUCHO	FECHA	NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-06		
LUGAR	: PROG. KM 2+500		
PROFUNDIDAD	: 1.55 m		

LIMITE PLASTICO MTC R 111

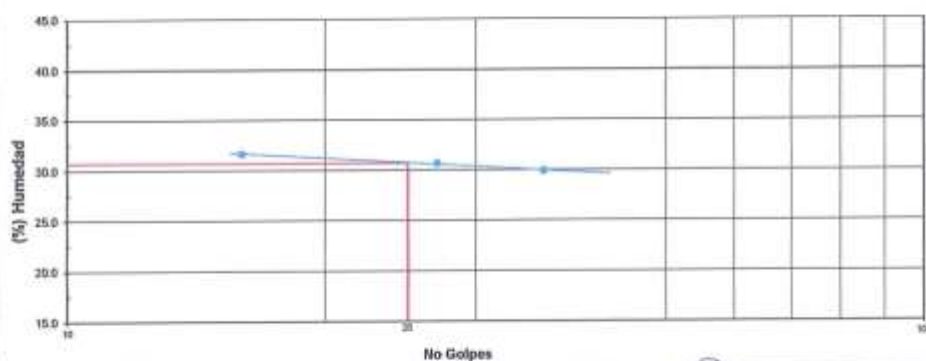
Capítulo No	4	5	PROMEDIO
Peso de la Caputla (gr)	14.78	13.91	
Peso de la Caputla + Suelo Humedo (gr)	17.23	16.55	
Peso de la Caputla + Suelo Seco (gr)	16.69	15.96	
Peso del Agua (gr)	0.54	0.59	
Peso del Suelo Seco (gr)	1.91	2.05	
Contenido de Humedad (%)	20.27	20.70	20.53

LIMITE LIQUIDO MTC R 110

Capítulo No	1	2	3
Peso de la Caputla (gr)	14.74	14.51	15.00
Peso de la Caputla + Suelo Humedo (gr)	23.60	23.33	24.25
Peso de la Caputla + Suelo Seco (gr)	21.47	21.36	22.12
Numero de Golpes	16	27	36
Peso del agua (g)	2.13	2.07	2.13
Peso del Suelo Seco (gr)	6.73	6.75	7.12
Contenido de Humedad (%)	31.65	30.67	29.92

	RESULTADOS	ESPECIFICADO
L.L.:	30.70	-----
L.P.:	20.53	-----
I.P.:	2.17	-----

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



OBSERVACIONES:

INGENIERO CIVIL
 JONATAN AYALA GUEVARA
 INGENIERO CIVIL
 JONATAN AYALA GUEVARA

Asociación Miraflores Mz. N1 Lote 02 - San Juan Bautista - Ayacucho
 Cel. 954000684 - RPM #954000684 E-mail: jkemsca@hotmail.com

2023



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)																							
ASTM - 1557 MTC E 115																							
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CARUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"																						
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA																						
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO				FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023																		
CALICATA	: C-06																						
LUGAR	: PROG. KM 2+500																						
PROFUNDIDAD	: 1.55 m																						
<table border="1"> <tr> <td>Metodo de compactacion</td> <td colspan="5">C</td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes</td> <td colspan="5">56</td> </tr> <tr> <td>Numero de capas</td> <td colspan="5">5</td> </tr> </table>						Metodo de compactacion	C					Numero de golpes	56					Numero de capas	5				
Metodo de compactacion	C																						
Numero de golpes	56																						
Numero de capas	5																						
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA																							
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	11040	11387	11408	11154																		
2. Peso del molde	gr	6759	6759	6759	6759																		
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124																		
4. Peso suelo humedo	gr	4281	4628	4729	4395																		
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	2.02	2.18	2.23	2.07																		
CALCULO DE HUMEDAD																							
6. Capsula N°																							
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	485.0	519.0	512.0	521.0																		
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	437.0	457.0	436.0	437.0																		
9. Peso del agua	gr	48.0	62.0	76.0	84																		
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0																		
11. Peso del suelo seco	gr	437.0	457.0	436.0	437.0																		
12. Contenido de humedad	%	10.98	13.57	17.43	19.22																		
12. Contenido de Humedad	%	10.98	13.57	17.43	19.22																		
CALCULO DE DENSIDAD SECA																							
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.816	1.919	1.896	1.736																		
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">RESULTADOS</th> </tr> <tr> <td>Humedad optima</td> <td>15.41%</td> </tr> <tr> <td>Densidad Maxima</td> <td>1.950</td> </tr> </table>						RESULTADOS		Humedad optima	15.41%	Densidad Maxima	1.950												
RESULTADOS																							
Humedad optima	15.41%																						
Densidad Maxima	1.950																						



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)
ASTM D1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUJERASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEYARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023

CALICATA : C-06
LUGAR : PROG. KM 2+500
PROFUNDIDAD : 1.55 m.

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.958
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	15.41 %

Molde N°		1		2		3	
N° Capa		5		5		5	
Golpes por capa N°		56		25		12	
Cond. de la muestra		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO	
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13459		13204		13379	
Peso de molde	gr.	8511		8471		8668	
Peso del suelo húmedo	gr.	4940		4813		4711	
Volumen del molde	cm ³	2124		2124		2124	
Densidad húmeda	gr/cm ³	2.282		2.266		2.218	

CALCULO DE HUMEDAD

Tarro N°							
Tarro + Suelo húmedo	gr.	724.0		409.0		525.0	
Tarro + Suelo seco	gr.	685.0		370.0		460.0	
Peso del Agua	gr.	39.0		39.0		65.0	
Peso del tarro	gr.	0.0		0.0		0.0	
Peso del suelo seco	gr.	685.0		370.0		460.0	
Humedad	%	5.69		10.54		14.13	
Densidad seca	gr/cm ³	2.159		2.050		1.943	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
			NO EXPANSIVO								

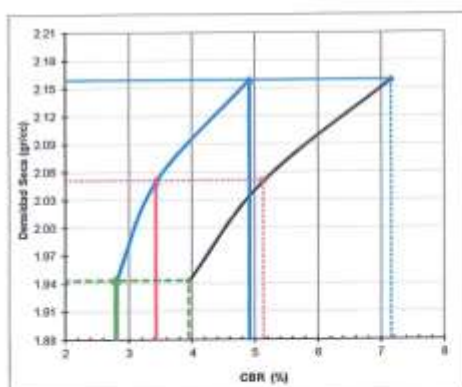
PENETRACION

PENETRADOR mm	CARGA kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.00		0	0			0	0			0	0		
0.62		13	51			10	39			7	27		
1.27		29	113			22	86			12	47		
1.90		51	199			38	109			27	105		
2.54	70.3	67	262	3.5	4.9	64	250	2.4	3.4	38	109	2.0	2.0
3.17		94	367			83	324			40	156		
3.81	105.5	123	481	7.6	7.2	108	422	5.4	5.1	61	238	4.2	4.0
5.08		201	787			167	654			102	399		
7.62		365	1436			317	1245			117	457		
10.16		528	2085			432	1702			297	1166		
12.70		627	2483			502	1981			333	1309		



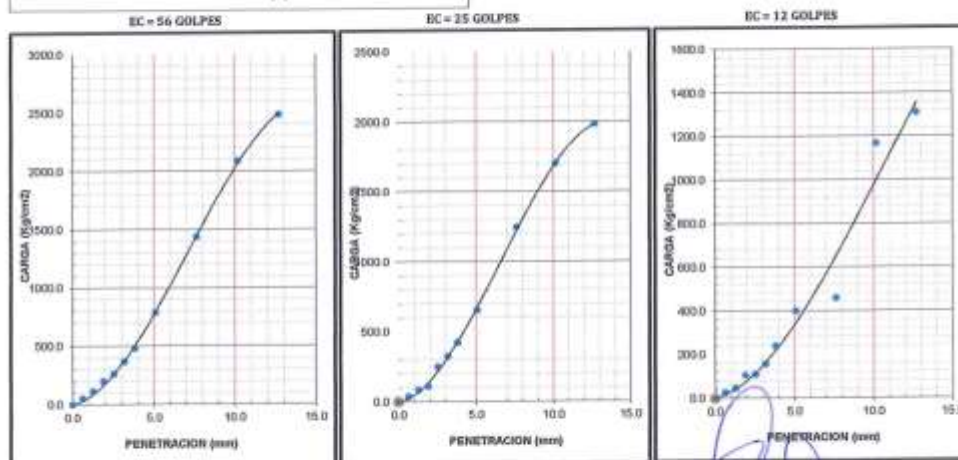
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR ASTM D 1983 MTCE-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUSTRANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- VANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-VANAYACU-AYACUCHO	FECHA:	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-06		
LUGAR	: PROG. KM 2+500		
PROFUNDIDAD	: 1.55 m		



CBR AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	4.9	0.2"	7.2
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	3.4	0.2"	5.1
CBR AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1"	2.8	0.2"	4.0

OBSERVACIONES:



JKEMSCA S.A.C.
INGENIEROS DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
JOSÉ CÉSAR AYALA GUEVARA
Ingeniero Civil
C.O.P.E. N° 110-201
CALLE 1001 ENTRE CALLES 1000 Y 1002, LIMA 1000

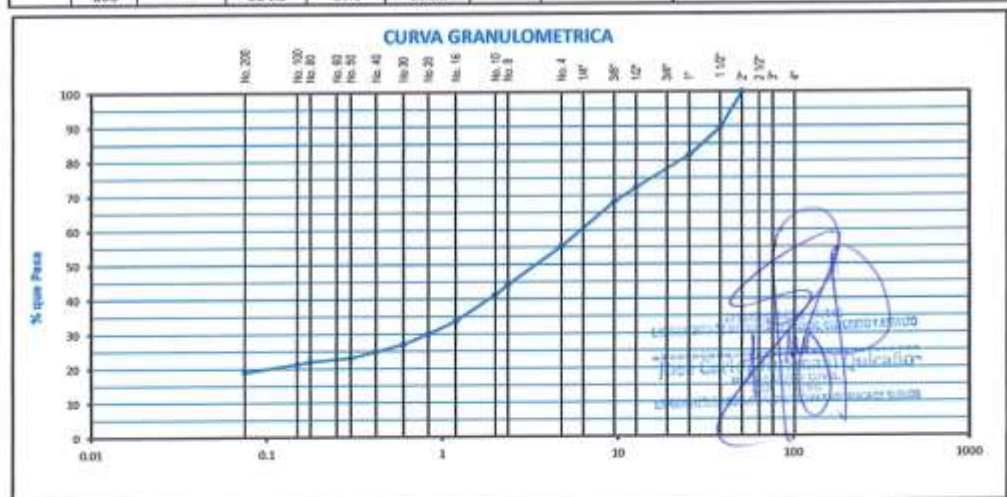


ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTS E 107 - ASTM D 6913 - ASTM D 2487

OBRA	: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-07		
LUGAR	: PROG. KM 3+000		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

	Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones Obras	Descripción de Muestra
				Parcial	Acumulado			
GRASA	4"	101.600						
	3"	76.200	0.0			0.0		Grava > 3"
	2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	0.0		Grava : 44.80 %
	2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0		Arena : 36.20 %
	1 1/2"	38.100	183.0	10.4	10.4	89.6		Finos : 19.00 %
	1"	25.400	142.0	8.0	18.4	81.6		
	3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	0.0		Humedad Natural : 9.80 %
	1/2"	12.700	165.0	9.3	27.7	72.3		
	3/8"	9.525	74.0	4.2	31.9	68.1		Limite Liquido : 34.70
	1/4"	6.350		0.0	0.0	0.0		Limite Plastico : 30.35
ARENA	No. 4	4.760	228.0	12.9	44.8	55.2		LP : 4.35
	No. 8	2.360	195.0	11.0	55.8	44.2		CLASIFICACION AASHTO: A-1-b(0)
	No. 10	2.000	52.0	2.9	58.7	41.3		
	No. 16	1.190	134.0	7.6	66.3	33.7		CLASIFICACION SUES: GM
	No. 20	0.850	65.0	3.7	70.0	30.0		
	No. 30	0.600	53.0	3.0	73.0	27.0		- Grava limosa
	No. 40	0.420	37.0	2.1	75.1	24.9		
	No. 50	0.300	31.0	1.8	76.9	23.1		Peso Inicial Seco (gr) : 1766.0
	No. 60	0.250	0.0	0.0	0.0	0.0		Peso Inicial lavado seco (gr) : 1432.0
	No. 80	0.175	20.0	1.1	78.0	22.0		Peso Fracción (gr) : 974.0
	No. 100	0.149	12.0	0.7	78.7	21.3		
	No. 200	0.075	41.0	2.3	81.0	19.0		
	-200	---	334.0	19.0	100.0			



OBS. :

Asociación Miraflores Mz. N1 Lote 02 - San Juan Bautista - Ayacucho
Cel. 954000684 - RPM # 954000684 E-mail: jkemsca@hotmail.com

2/23



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D 2216 - MTC E-108

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-07		
LUGAR	: PROG. KM 3+000		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SUELOS MUESTRA INTEGRAL

Muestra	Nº	1			PROMEDIO
Recipiente	Nº	00			
Peso recipiente + suelo húmedo	gr	402.0			
Peso recipiente + suelo seco	gr	366.0			
Peso del recipiente	gr	0.0			
Peso de agua	gr	36.0			
Peso del suelo seco	gr	366.0			
Contenido de Humedad	%	9.8			9.8

Observaciones:


 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 José Carlos Quispe Quispe
 TECNICO EN MECANICA DE SUELOS
 ESPECIALIDAD EN MECANICA DE SUELOS Y FUNDACIONES



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D 4318

CORRE	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CAHUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACO, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	SOCOS-YANAYACO-AYACUCHO	FECHA	NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	C-07		
LUGAR	PROG. KM 3+080		
PROFUNDIDAD	1.50 m		

LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111

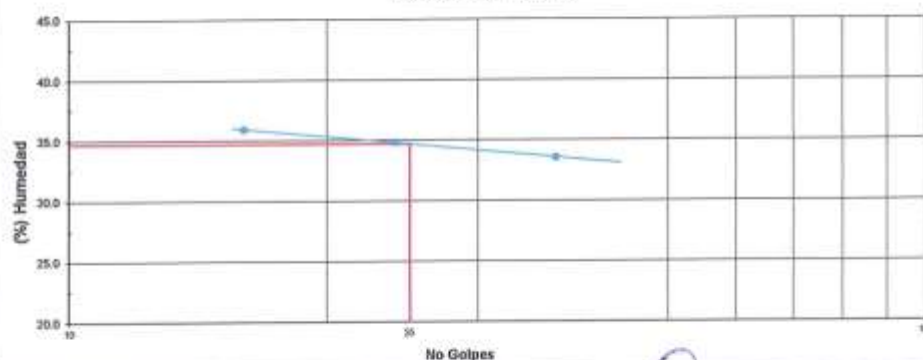
Capítulo No	13	14	PROMEDIO
Peso de la Capilla (gr)	26.82	29.38	
Peso de la Capilla + Suelo Humedo (gr)	28.94	31.68	
Peso de la Capilla + Suelo Seco (gr)	28.46	31.13	
Peso del Agua (gr)	0.48	0.55	
Peso del Suelo Seco (gr)	1.64	1.75	
Contenido de Humedad (%)	29.27	31.43	30.35

LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110

Capítulo No	6	8	9
Peso de la Capilla (gr)	14.69	14.91	14.58
Peso de la Capilla + Suelo Humedo (gr)	24.41	24.38	23.89
Peso de la Capilla + Suelo Seco (gr)	21.04	21.70	21.55
Numero de Golpes	16	24	37
Peso del agua (g)	2.57	2.68	2.34
Peso del Suelo Seco (gr)	7.15	7.69	6.97
Contenido de Humedad (%)	35.94	34.85	33.57

	RESULTADOS	ESPECIFICADO
L.L.:	34.70	
L.P.:	30.35	
L.P.:	4.35	

GRÁFICO DE LÍMITE LÍQUIDO



OBSERVACIONES:

JORDY GARCIA GARCIA
 INGENIERO CIVIL
 SUPLENTE EN EL CARGO DE TECNICO DE SUELOS



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)					
ASTM - 1557 MTC E 115					
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"				
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA				
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO			FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023	
CALICATA	: C-07				
LUGAR	: PROG. KM 3+000				
PROFUNDIDAD	: 1.50 m				

Método de compactación					C
Numero de golpes					56
Numero de capas					5

CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo húmedo. + molde	gr	10585	11246	11478	10856
2. Peso del molde	gr	6759	6759	6759	6759
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124
4. Peso suelo húmedo	gr	3826	4487	4719	4097
5. Densidad suelo húmedo	gr/cc	1.80	2.11	2.22	1.93

CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°					
7. Peso del suelo húmedo + capsula	gr	431.0	564.0	502.0	538.0
8. Peso del suelo seco + capsula	gr	404.0	516.0	446.0	449.0
9. Peso del agua	gr	27.0	48.0	56.0	89
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0
11. Peso del suelo seco	gr	404.0	516.0	446.0	449.0
12. Contenido de humedad	%	6.68	9.30	12.56	19.82
12. Contenido de Humedad	%	6.68	9.30	12.56	19.82

CALCULO DE DENSIDAD SECA					
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.688	1.933	1.974	1.610

RESULTADOS	
Humedad optima	11.38%
Densidad Maxima	1.986

INGENIERIA CIVIL
 LICENCIADO DE INGENIERIA CIVIL CUSTO Y MENDI
 José Carlos Huamani Quicazo
 INGENIERO CIVIL
 CIP 11076
 CONSULTOR EN INGENIERIA CIVIL Y MECANICA DE SUELOS



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)
ASTM D1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO		FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-07		
LUGAR	: PROG. KM 3+000		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.986
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	11.38 %

Molde N°	1		2		3	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13264	12922		12823	
Peso de molde	gr.	9826	8652		8616	
Peso del suelo húmedo	gr.	4438	4270		4207	
Volumen del molde	cm³	2124	2124		2124	
Densidad húmeda	gr/cm³	2.609	2.010		1.981	
CALCULO DE HUMEDAD						
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo	gr.	412.0	464.0		412.0	
Tarro + Suelo seco	gr.	379.0	422.0		359.0	
Peso del Agua	gr.	33.0	42.0		53.0	
Peso del tarro	gr.	0.0	0.0		0.0	
Peso del suelo seco	gr.	379.0	422.0		359.0	
Humedad	%	8.71	9.95		14.76	
Densidad seca	gr/cm³	1.922	1.828		1.726	

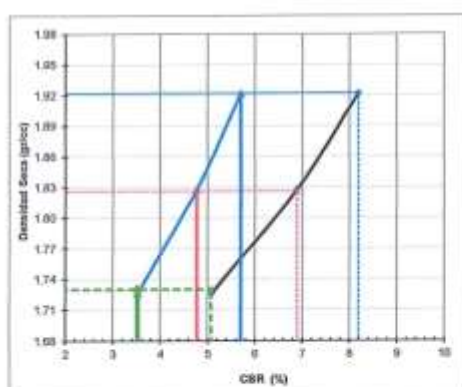
EXPANSION									
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL
				mm	%		mm	%	
				NO EXPANSIVO					

PENETRACION												
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 1					MOLDE N° 2				MOLDE N° 3	
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	%	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	%	%
0.00		0	0				0	0	0	0		
0.63		15	59				12	47	8	31		
1.27		31	121				24	94	14	55		
1.90		53	207				41	160	32	125		
2.54	70.3	69	269	4.0	5.7		66	258	34	140	2.8	3.5
3.17		96	375				85	332	63	246		
3.81	105.5	125	489	8.6	11.2		111	434	73	284	5.4	5.1
5.08		205	803				171	669	124	485		
7.62		367	1443				321	1261	224	878		
10.16		530	2094				436	1717	300	1170		
12.70		630	2495				502	1981	335	1317		



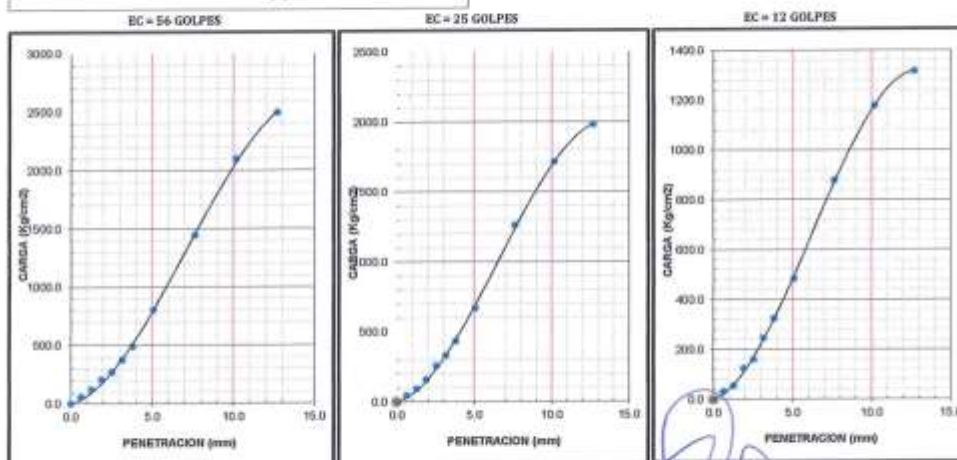
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR ASTM D 1983 MTCE-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA :	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-07		
LUGAR	: PROG. KM 3+000		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		



CBR AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	5.7	0.2"	8.2
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	4.0	0.2"	6.9
CBR AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1"	3.5	0.2"	5.1

OBSERVACIONES:



INSTITUTO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 Jhonatan Ayala Guevara
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALIDAD EN MECÁNICA DE SUELOS



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)																																																																																																																													
ASTM - 1557 MTC E 115																																																																																																																													
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CAHUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"																																																																																																																												
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA																																																																																																																												
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO				FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023																																																																																																																								
CALCATA	: C-01																																																																																																																												
LUGAR	: PROG. KM 0+000																																																																																																																												
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CAHUYA Y 5% PET																																																																																																																												
<table border="1"> <tr> <td>Metodo de compactacion</td> <td colspan="5">C</td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes</td> <td colspan="5">56</td> </tr> <tr> <td>Numero de capas</td> <td colspan="5">5</td> </tr> <tr> <td colspan="6">CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA</td> </tr> <tr> <td>1. Peso suelo humedo. + molde</td> <td>gr</td> <td>10805</td> <td>11331</td> <td>11335</td> <td>10752</td> </tr> <tr> <td>2. Peso del molde</td> <td>gr</td> <td>6579</td> <td>6579</td> <td>6579</td> <td>6579</td> </tr> <tr> <td>3. Volumen del molde</td> <td>cc</td> <td>2124</td> <td>2124</td> <td>2124</td> <td>2124</td> </tr> <tr> <td>4. Peso suelo humedo</td> <td>gr</td> <td>4226</td> <td>4752</td> <td>4756</td> <td>4173</td> </tr> <tr> <td>5. Densidad suelo humedo</td> <td>gr/cc</td> <td>1.99</td> <td>2.24</td> <td>2.24</td> <td>1.96</td> </tr> <tr> <td colspan="6">CALCULO DE HUMEDAD</td> </tr> <tr> <td>6. Capsula N°</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7. Peso del suelo humedo + capsula</td> <td>gr</td> <td>689.0</td> <td>789.0</td> <td>890.0</td> <td>847.0</td> </tr> <tr> <td>8. Peso del suelo seco + capsula</td> <td>gr</td> <td>621.0</td> <td>705.0</td> <td>710.0</td> <td>740.0</td> </tr> <tr> <td>9. Peso del agua</td> <td>gr</td> <td>68.0</td> <td>84.0</td> <td>90.0</td> <td>107.0</td> </tr> <tr> <td>10. Peso de la capsula</td> <td>gr</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>11. Peso del suelo seco</td> <td>gr</td> <td>621.0</td> <td>705.0</td> <td>710.0</td> <td>740.0</td> </tr> <tr> <td>12. Contenido de humedad</td> <td>%</td> <td>10.95</td> <td>11.91</td> <td>12.68</td> <td>14.46</td> </tr> <tr> <td>12. Contenido de Humedad</td> <td>%</td> <td>10.95</td> <td>11.91</td> <td>12.68</td> <td>14.46</td> </tr> <tr> <td colspan="6">CALCULO DE DENSIDAD SECA</td> </tr> <tr> <td>13. Densidad seca del suelo</td> <td>gr/cc</td> <td>1.793</td> <td>1.999</td> <td>1.987</td> <td>1.716</td> </tr> </table>						Metodo de compactacion	C					Numero de golpes	56					Numero de capas	5					CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA						1. Peso suelo humedo. + molde	gr	10805	11331	11335	10752	2. Peso del molde	gr	6579	6579	6579	6579	3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124	4. Peso suelo humedo	gr	4226	4752	4756	4173	5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.99	2.24	2.24	1.96	CALCULO DE HUMEDAD						6. Capsula N°						7. Peso del suelo humedo + capsula	gr	689.0	789.0	890.0	847.0	8. Peso del suelo seco + capsula	gr	621.0	705.0	710.0	740.0	9. Peso del agua	gr	68.0	84.0	90.0	107.0	10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0	11. Peso del suelo seco	gr	621.0	705.0	710.0	740.0	12. Contenido de humedad	%	10.95	11.91	12.68	14.46	12. Contenido de Humedad	%	10.95	11.91	12.68	14.46	CALCULO DE DENSIDAD SECA						13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.793	1.999	1.987	1.716
Metodo de compactacion	C																																																																																																																												
Numero de golpes	56																																																																																																																												
Numero de capas	5																																																																																																																												
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA																																																																																																																													
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	10805	11331	11335	10752																																																																																																																								
2. Peso del molde	gr	6579	6579	6579	6579																																																																																																																								
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124																																																																																																																								
4. Peso suelo humedo	gr	4226	4752	4756	4173																																																																																																																								
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.99	2.24	2.24	1.96																																																																																																																								
CALCULO DE HUMEDAD																																																																																																																													
6. Capsula N°																																																																																																																													
7. Peso del suelo humedo + capsula	gr	689.0	789.0	890.0	847.0																																																																																																																								
8. Peso del suelo seco + capsula	gr	621.0	705.0	710.0	740.0																																																																																																																								
9. Peso del agua	gr	68.0	84.0	90.0	107.0																																																																																																																								
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0																																																																																																																								
11. Peso del suelo seco	gr	621.0	705.0	710.0	740.0																																																																																																																								
12. Contenido de humedad	%	10.95	11.91	12.68	14.46																																																																																																																								
12. Contenido de Humedad	%	10.95	11.91	12.68	14.46																																																																																																																								
CALCULO DE DENSIDAD SECA																																																																																																																													
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.793	1.999	1.987	1.716																																																																																																																								
CURVA DENSIDAD SECA - HUMEDAD RESULTADOS <table border="1"> <tr> <td>Humedad optima</td> <td>12.19%</td> </tr> <tr> <td>Densidad Maxima</td> <td>2.009</td> </tr> </table>						Humedad optima	12.19%	Densidad Maxima	2.009																																																																																																																				
Humedad optima	12.19%																																																																																																																												
Densidad Maxima	2.009																																																																																																																												



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

ASTM D1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALCATA	: C-01		
LUGAR	: PROG. KM 0+000		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.609
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	: 12.19 %

Molde N°	1	2	3
N° Capa	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr. 13289	13319	13560
Peso de molde	gr. 8496	8547	8856
Peso del suelo húmedo	gr. 4793	4772	4704
Volumen del molde	cm³ 2124	2124	2124
Densidad húmeda	gr/cm³ 2.257	2.247	2.215
CALCULO DE HUMEDAD			
Tarro N°			
Tarro + Suelo húmedo	gr. 689.0	458.0	578.0
Tarro + Suelo seco	gr. 632.0	401.0	487.0
Peso del Agua	gr. 57.0	57.0	91.0
Peso del tarro	gr. 0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	gr. 632.0	401.0	487.0
Humedad	% 9.02	14.21	18.69
Densidad seca	gr/cm³ 2.070	1.967	1.866

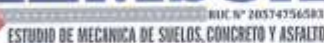
EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Sec.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
			NO EXPANSIVO								

NO EXPANSIVO

PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.00		0	0			0	0			0	0		
0.63		42	164			36	141			24	94		
1.27		47	185			41	162			29	115		
1.90		91	354			85	331			73	284		
2.54	70.3	128	490	20.9	29.7	119	466	19.4	27.4	107	419	16.5	23.4
3.17		158	618			152	594			140	547		
3.81	105.5	186	730	41.6	39.4	180	706	30.7	30.7	168	659	32.9	31.2
5.08		230	903			224	880			212	832		
7.62		327	1284			321	1260			309	1213		
10.16		397	1561			391	1538			379	1490		
12.70		480	1895			474	1871			462	1823		

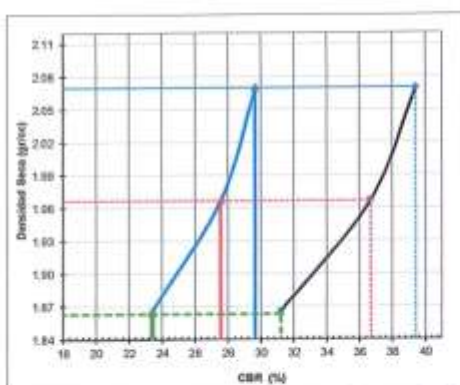
Asociación Miraflores Mz. N1 Lote 02 - San Juan Bautista - Ayacucho
Cel. 954000684 - RPM #954000684 E-mail: jkemsca@hotmail.com

2/13

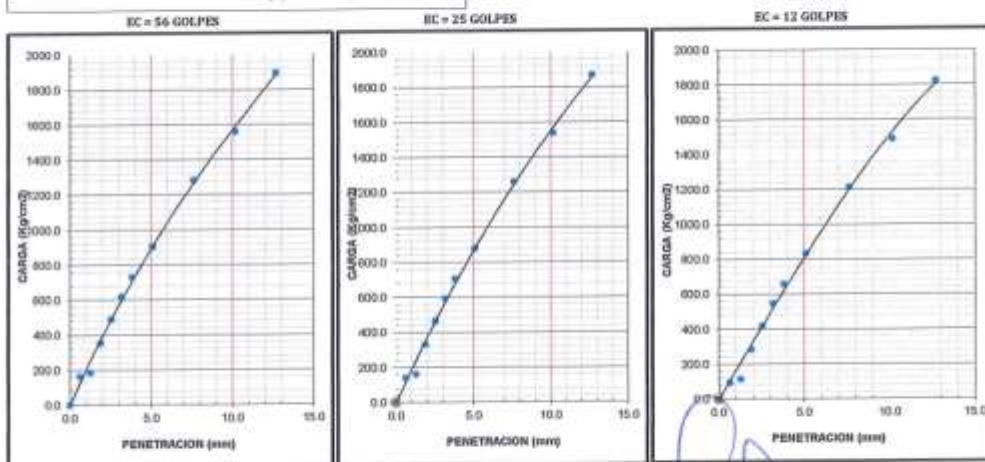


ASTM D 1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-01		
LUGAR	: PROG. KM 0+000		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		



CRR, AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1%	29.7	0.2%	39.4
CRR, AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1%	27.6	0.2%	36.7
CRR, AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1%	23.4	0.2%	31.3

CONSIDERACIONES:

Jose Carlos Pineda Quiñonez
DIRECTOR GENERAL DE LA
SECRETARÍA DE ECONOMÍA



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)					
ASTM - 1557 MTC E 115					
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"				
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA				
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO			FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023	
CALICATA	: C-01				
LUGAR	: PROG. KM 0+000				
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET				

Metodo de compactacion					C
Numero de golpes					56
Numero de capas					5

CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	10981	11342	11447	11039
2. Peso del molde	gr	6579	6579	6579	6579
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124
4. Peso suelo humedo	gr	4402	4763	4868	4460
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	2.07	2.24	2.29	2.10

CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°					
7. Peso del suelo humedo + capsula	gr	519.0	516.0	515.0	515.0
8. Peso del suelo seco + capsula	gr	456.0	451.0	444.0	438.0
9. Peso del agua	gr	63.0	65.0	71.0	77
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0
11. Peso del suelo seco	gr	456.0	451.0	444.0	438.0
12. Contenido de humedad	%	13.82	14.41	15.99	17.58
12. Contenido de Humedad	%	13.82	14.41	15.99	17.58

CALCULO DE DENSIDAD SECA					
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.821	1.960	1.976	1.706

RESULTADOS	
Humedad optima	15.18%
Densidad Maxima	2.018



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)
ASTM D1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CAJICATA	: C-01		
LDGAR	: PROG. KM 0+000		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.819
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	15.10%

Molde N°		1		2		3	
Nº Capa		5		5		5	
Golpes por capa N°		56		25		12	
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12393		12400		12216	
Peso de molde	gr.	8624		8652		8638	
Peso del suelo húmedo	gr.	3769		3748		3578	
Volumen del molde	cm³	2124		2124		2124	
Densidad húmeda	gr/cm³	1.774		1.765		1.685	
CALCULO DE HUMEDAD							
Tarro N°							
Tarro + Suelo húmedo	gr.	371.0		363.0		436.0	
Tarro + Suelo seco	gr.	344.0		322.0		383.0	
Peso del Agua	gr.	27.0		41.0		53.0	
Peso del tarro	gr.	0.0		0.0		0.0	
Peso del suelo seco	gr.	344.0		322.0		383.0	
Humedad	%	7.85		12.73		13.84	
Densidad seca	gr/cm³	1.645		1.566		1.400	

EXPANSION									
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL
				mm	%		mm	%	

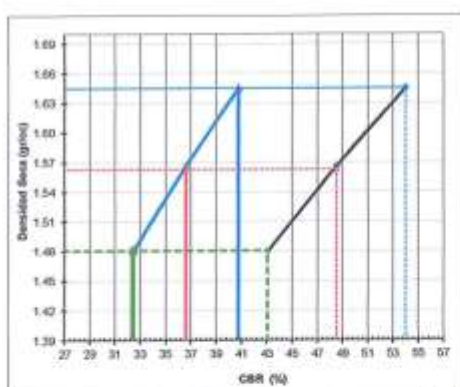
NO EXPANSIVO

PENETRACION													
	CARGA	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
PENETRACION mm	STAND. kg/cm2	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.00		0	0			0	0			0	0		
0.63		38	149			26	102			14	55		
1.27		83	326			71	279			59	232		
1.90		127	495			115	448			103	401		
2.54	70.3	161	621	30.7	40.0	149	584	25.7	36.0	127	537	22.0	32.4
3.17		194	759			182	712			170	665		
3.81	105.5	222	871	57.0	54.0	210	824	51.2	48.5	198	777	45.4	43.1
5.08		266	1045			254	998			242	951		
7.62		363	1427			351	1379			339	1332		
10.16		433	1705			421	1657			409	1609		
12.70		516	2039			504	1991			492	1943		



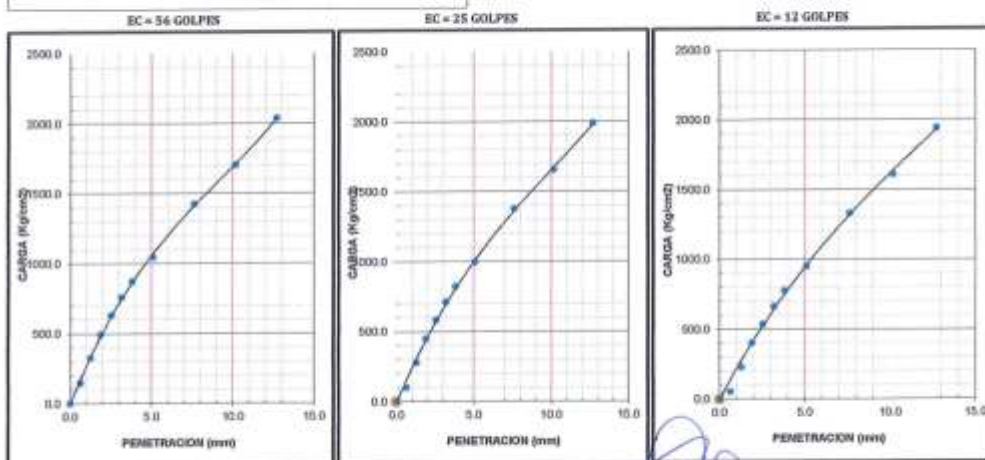
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR
ASTM D 1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-01		
LUGAR	: PROG. KM 0+000		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	40.8	0.2"	54.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	36.6	0.2"	48.5
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1"	32.4	0.2"	43.1

OBSERVACIONES:



JOSE CESAR QUICENO
INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS
C. 10116
C. 10116
C. 10116



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)											
ASTM - 1557 MTC E 115											
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"										
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA										
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO			FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023							
CALICATA	: C-02										
LUGAR	: PRDG. KM 0+500										
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Metodo de compactacion</td> <td style="width: 40%;">C</td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>Numero de capas</td> <td>5</td> </tr> </table>						Metodo de compactacion	C	Numero de golpes	56	Numero de capas	5
Metodo de compactacion	C										
Numero de golpes	56										
Numero de capas	5										
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA											
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	10557	11055	11174	10999						
2. Peso del molde	gr	6701	6701	6701	6701						
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124						
4. Peso suelo humedo	gr	3856	4354	4473	4298						
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.82	2.05	2.11	2.02						
CALCULO DE HUMEDAD											
6. Capsula Nº											
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	513.0	517.0	525.0	508.0						
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	451.0	450.0	449.0	434.0						
9. Peso del agua	gr	62.0	67.0	76.0	74						
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0						
11. Peso del suelo seco	gr	451.0	450.0	449.0	434.0						
12. Contenido de humedad	%	13.75	14.89	16.93	17.05						
12. Contenido de Humedad	%	13.75	14.89	16.93	17.05						
CALCULO DE DENSIDAD SECA											
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.596	1.704	1.801	1.729						
CURVA DENSIDAD SECA - HUMEDAD DENSIDAD gr/cc PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD % <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">RESULTADOS</th> </tr> <tr> <td style="width: 60%;">Humedad optima</td> <td style="width: 40%;">16.09%</td> </tr> <tr> <td>Densidad Maxima</td> <td>2.003</td> </tr> </table> Jose Carlos Quispe Ingeniero Civil Especialista en Mecánica de Suelos						RESULTADOS		Humedad optima	16.09%	Densidad Maxima	2.003
RESULTADOS											
Humedad optima	16.09%										
Densidad Maxima	2.003										



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)
ASTM D1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO		FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023
CALCATA	: C-02		
LUGAR	: PROG. ICM D+500		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.003
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	15.09 %

Molde Nº		1		2		3	
Nº Capa		5		5		5	
Golpes por capa Nº		56		25		12	
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13015		13263		12589	
Peso de molde	gr.	8470		8668		8491	
Peso del suelo húmedo	gr.	4545		4595		4098	
Volumen del molde	cm³	2124		2124		2124	
Densidad húmeda	gr/cm³	2.140		2.163		1.920	
CALCULO DE HUMEDAD							
Tarro Nº							
Tarro + Suelo húmedo	gr.	211.0		466.0		425.0	
Tarro + Suelo seco	gr.	194.0		403.0		390.0	
Peso del Agua	gr.	17.0		63.0		35.0	
Peso del tarro	gr.	0.0		0.0		0.0	
Peso del suelo seco	gr.	194.0		403.0		390.0	
Humedad	%	8.76		15.63		8.97	
Densidad seca	gr/cm³	1.960		1.871		1.770	

EXPANSION									
FECHA	HORA	TIEMPO hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL
				mm	%		mm	%	

NO EXPANSIVO

PENETRACION													
	CARGA	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
PENETRACION mm	STAND. kg/cm2	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.00		0	0			0	0			0	0		
0.63		39	152			31	121			18	70		
1.27		41	160			33	129			20	78		
1.90		87	340			79	309			66	258		
2.54	70.3	110	461	19.0	20.2	110	430	17.9	25.4	97	379	14.7	20.9
3.17		149	583			141	552			128	501		
3.81	105.5	178	697	39.5	37.4	170	665	35.6	33.8	157	614	29.4	27.9
5.00		227	890			219	858			206	807		
7.62		317	1245			309	1214			296	1162		
10.16		385	1515			377	1483			364	1432		
12.70		478	1885			470	1853			457	1802		

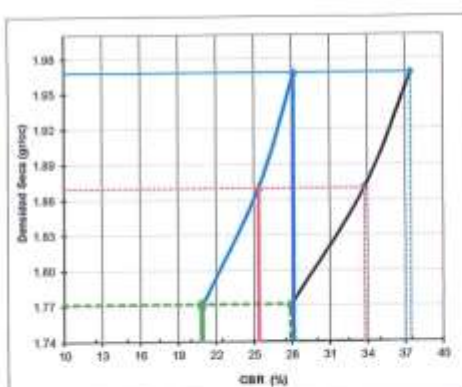
Asociación Miraflores Mz. N1 Lote 02 - San Juan Bautista - Ayacucho
Cel. 954000684 - RPM #954000684 E-mail: jkemsca@hotmail.com

2023



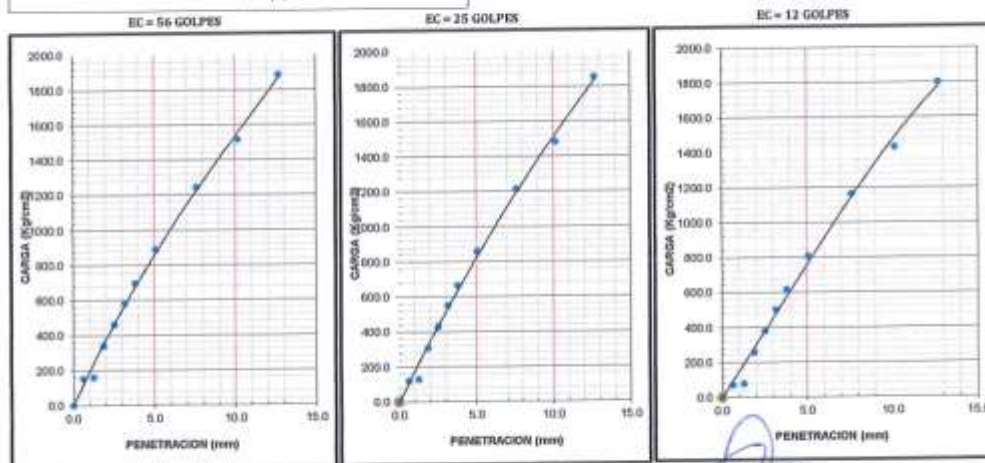
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR ASTM D 1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-02		
LUGAR	: PROG. KM 0+500		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	28.2	0.2"	37.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	25.4	0.2"	33.8
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1"	20.9	0.2"	27.9

OBSERVACIONES:



JHONATAN AYALA GUEVARA
 INGENIERO CIVIL
 INGENIERO EN VIALS, OBRAS DE VIALS Y ASFALTO
 Jhonatan Ayala Guevara Quicalán
 INGENIERO CIVIL
 INGENIERO EN VIALS, OBRAS DE VIALS Y ASFALTO



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)					
ASTM - 1557 MTC E 115					
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"				
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA				
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO			FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023	
CALICATA	: C-02				
LUGAR	: PROG. KM 0+500				
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET				

Metodo de compactacion	C
Numero de golpes	56
Numero de capas	5

CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	10325	11487	11525	10924
2. Peso del molde	gr	6701	6701	6701	6701
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124
4. Peso suelo humedo	gr	3624	4786	4824	4223
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.71	2.25	2.27	1.99

CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula Nº					
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	687.0	624.0	578.0	534.0
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	641.0	567.0	521.0	475.0
9. Peso del agua	gr	46.0	57.0	57.0	59
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0
11. Peso del suelo seco	gr	641.0	567.0	521.0	475.0
12. Contenido de humedad	%	7.18	10.05	10.94	12.42
12. Contenido de Humedad	%	7.18	10.05	10.94	12.42

CALCULO DE DENSIDAD SECA					
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.592	2.047	2.047	1.769

CURVA DENSIDAD SECA - HUMEDAD

DENSIDAD g/cm³

PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD %

RESULTADOS	
Humedad optima	10.51%
Densidad Maxima	2.060

JUAN CARLOS HUAMANI QUISPE
 INGENIERO CIVIL
 REGISTRO PROFESIONAL N° 10456
 C.O.E.



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)
ASTM D1883 MTC E-132

OBRA	1 "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	1 JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	1 SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO		FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	1 C-02		
LUGAR	1 PROG. KM 0+500		
MATERIAL	1 SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	1	2.068
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	1	10.51 %

Molde N°		1		2		3	
N° Caps		5		5		5	
Golpes por capa N°		56		25		12	
Cond. de la muestra		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO	
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13018		13154		12976	
Peso de molde	gr.	8470		8668		8491	
Peso del suelo húmedo	gr.	4548		4486		4485	
Volumen del molde	cm³	2124		2124		2124	
Densidad húmeda	gr/cm³	2.141		2.112		2.112	

CALCULO DE HUMEDAD

Tarro N°							
Tarro + Suelo húmedo	gr.	200.0		425.0		455.0	
Tarro + Suelo seco	gr.	187.0		385.0		389.0	
Peso del Agua	gr.	13.0		40.0		66.0	
Peso del tarro	gr.	0.0		0.0		0.0	
Peso del suelo seco	gr.	187.0		385.0		389.0	
Humedad	%	6.95		10.39		16.97	
Densidad seca	gr/cm³	2.002		1.913		1.806	

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
				NO EXPANSIVO							

PENETRACION mm	CARGA kg/cm²	PENETRACION											
		MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION
		Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%
0.00		0	0			0	0			0	0		
0.63		13	52			9	35			7	25		
1.27		77	302			66	259			44	173		
1.90		171	668			113	443			138	538		
3.54	70.3	253	990	45.3	44.4	228	895	40.1	57.0	219	859	37.8	53.8
3.17		310	1219			305	1199			277	1089		
3.81	105.5	352	1386	89.9	85.2	347	1366	79.7	75.5	319	1255	75.2	71.3
5.00		487	1602			402	1582			374	1470		
7.62		460	1815			455	1795			427	1684		
10.16		514	2028			509	2008			481	1896		
12.70		570	2251			565	2231			537	2119		

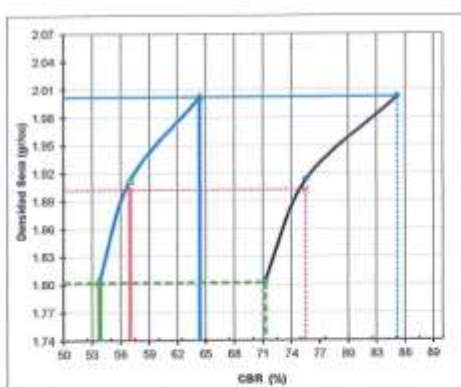
Asociación Miraflores Mz. N1 Lote 02 - San Juan Bautista - Ayacucho
Cel. 954000684 - RPM #954000684 E-mail: jkemsca@hotmail.com

2023



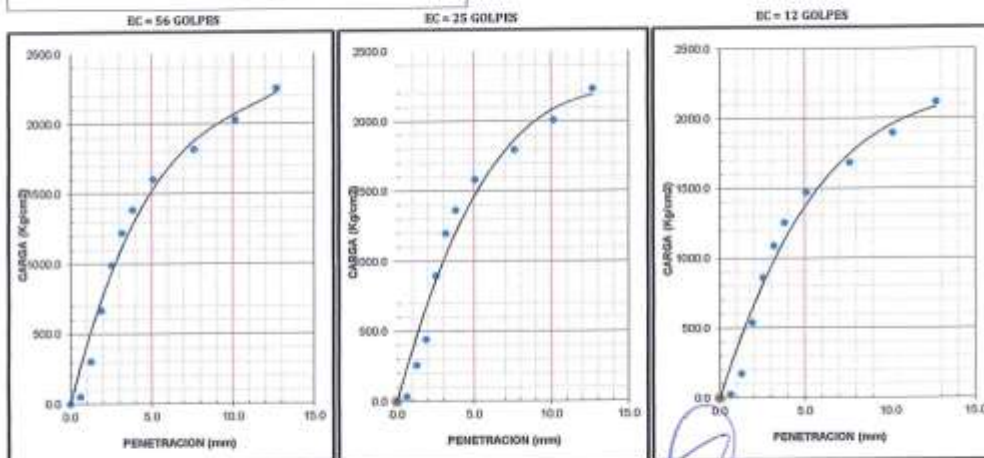
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR
ASTM D 1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-02		
LUGAR	: PROG. KM 0+500		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		



C.B.R. AL 100% DE M.D.S (%)	0.1"	64.4	0.2"	83.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S (%)	0.1"	57.0	0.2"	75.5
C.B.R. AL 90% DE M.D.S (%)	0.1"	53.8	0.2"	71.3

OBSERVACIONES:



INSTITUTO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
JKEMSCA
JOSÉ CARLOS GARCÍA QUICHUO
ING. CIVIL
C. U. P. 1000 000
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE VÍAS



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)					
ASTM - 1557 MTC E 115					
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"				
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA				
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO				FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023
CALIGATA	: C-03				
LUGAR	: PROG. KM 1+000				
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET				

Metodo de compactacion	C				
Numero de golpes	56				
Numero de capas	5				
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	10425	11022	11145	10587
2. Peso del molde	gr	6701	6701	6701	6701
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124
4. Peso suelo humedo	gr	3724	4321	4444	3886
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.75	2.03	2.09	1.83
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula Nº					
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	gr	745.0	640.0	574.0	478.0
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	701.0	603.0	522.0	431.0
9. Peso del agua	gr	44.0	45.0	52.0	47
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0
11. Peso del suelo seco	gr	701.0	603.0	522.0	431.0
12. Contenido de humedad	%	6.28	7.46	9.96	10.90
12. Contenido de Humedad	%	6.28	7.46	9.96	10.90
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.650	1.893	1.903	1.650

RESULTADOS	
Humedad optima	9.91%
Densidad Maxima	2.004

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 José Carlos Hernández Quicón
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

ASTM D1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABIUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-03		
LUGAR	: PROG. KM 1+000		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CABIUYA Y 5% PET		

DATOS DEL PROCTOR

MÁXIMA DENSIDAD SECA	:	2.004
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	8.91 %

Molde N°		1	2	3
Nº Capa		5	5	5
Golpes por capa N°		56	25	12
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13767	13700	13440
Peso de molde	gr.	8470	8668	8491
Peso del suelo húmedo	gr.	5297	5040	4949
Volumen del molde	cm³	2124	2124	2124
Densidad húmeda	gr/cm³	2.494	2.373	2.330
CÁLCULO DE HUMEDAD				
Tarro N°				
Tarro + Suelo húmedo	gr.	480.0	448.0	466.0
Tarro + Suelo seco	gr.	431.0	401.0	403.0
Peso del Agua	gr.	49.0	47.0	63.0
Peso del tarro	gr.	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	gr.	431.0	401.0	403.0
Humedad	%	11.37	11.72	15.63
Densidad seca	gr/cm³	2.239	2.124	2.015

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%

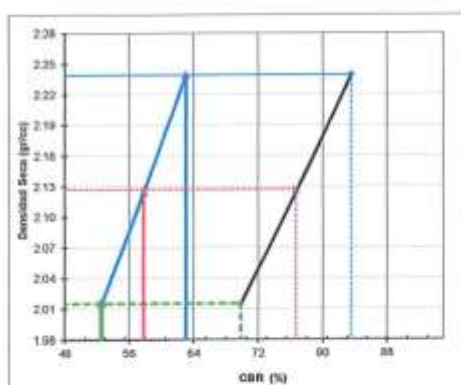
NO EXPANSIVO

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		STAND.	CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION		
			kg/cm2	Dial (div)		kg/cm2	%		Dial (div)	kg/cm2		kg/cm2	%
mm													
0.00			0	0			0	0			0	0	
0.63			90	382			83	324			68	265	
1.27			135	520			120	469			105	410	
1.90			191	748			176	689			161	630	
2.54		70.3	257	1000	44.3	63.0	242	949	40.4	57.8	227	890	37.0
3.17			304	1194			289	1135			274	1075	
3.81		105.5	343	1348	88.1	83.6	328	1289	80.9	76.7	313	1229	73.6
5.08			416	1638			401	1579			386	1519	
7.62			529	2089			514	2029			499	1968	
10.16			670	2656			655	2595			640	2535	
12.70			705	2795			690	2735			675	2674	



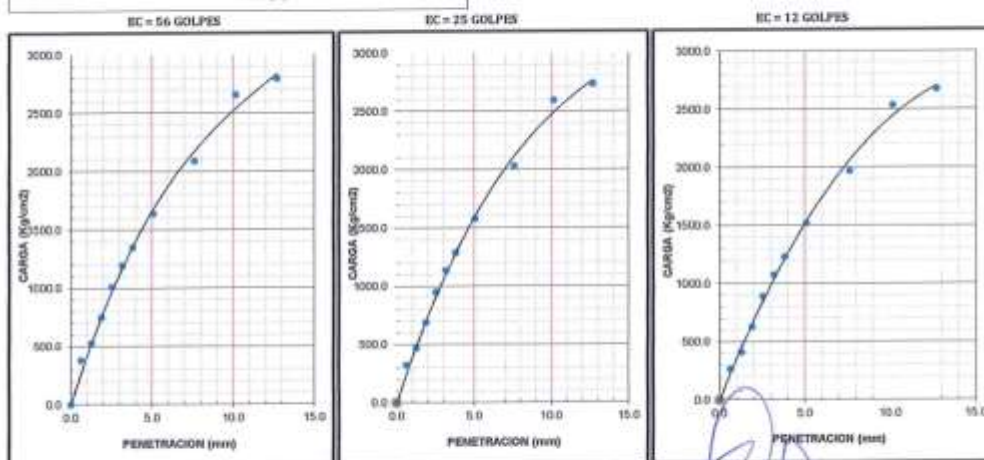
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR ASTM D 1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-03		
LIGAR	: PROG. KM 1+000		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	63.0	0.2"	83.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	57.8	0.2"	76.7
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1"	52.6	0.2"	69.8

OBSERVACIONES:



INGENIERO CIVIL
 JOSE GUILLERMO AYALA GUEVARA
 INGENIERO CIVIL
 JOSE GUILLERMO AYALA GUEVARA



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)					
ASTM - 1557 MTCE 115					
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"				
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA				
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO				FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-03				
LUGAR	: PROG. KM 1+000				
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET				
Metodo de compactacion					C
Numero de golpes					56
Numero de capas					5
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	10836	11444	11557	10997
2. Peso del molde	gr	6701	6701	6701	6701
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124
4. Peso suelo humedo	gr	4135	4743	4856	4296
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.95	2.23	2.29	2.02
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°					
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	635.0	621.0	598.0	423.0
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	612.0	587.0	555.0	385.0
9. Peso del agua	gr	23.0	34.0	43.0	38.0
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0
11. Peso del suelo seco	gr	612.0	587.0	555.0	385.0
12. Contenido de humedad	%	3.76	5.79	7.75	9.87
12. Contenido de Humedad	%	3.76	5.79	7.75	9.87
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.876	2.111	2.122	1.841

CURVA DENSIDAD SECA - HUMEDAD

DENSIDAD gr/cc

PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD %

RESULTADOS	
Humedad optima	6.91%
Densidad Maxima	2.146

JOSE CARLOS QUICALLO
 INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS, CEMENTO EMPLEADO
 JOSE CARLOS QUICALLO
 INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS, CEMENTO EMPLEADO
 OFICINA DE INGENIERIA DE SUELOS Y CIMENTACION



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

ASTM D1883 MTC E-132

OBRA	: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023*		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023	

CALICATA	: C-03
LUGAR	: PROG. KM 1+000
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.146
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	: 6.91 %

Molde N°		1		2		3	
N° Capa		5		5		5	
Golpes por capa N°		56		25		12	
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13956		14008		13899	
Peso de molde	gr.	8470		8668		8491	
Peso del suelo húmedo	gr.	5486		5340		5408	
Volumen del molde	cm ³	2124		2124		2124	
Densidad húmeda	gr/cm ³	2.583		2.514		2.546	
CALCULO DE HUMEDAD							
Tarro N°							
Tarro + Suelo húmedo	gr.	521.0		625.0		698.0	
Tarro + Suelo seco	gr.	501.0		587.0		612.0	
Peso del Agua	gr.	20.0		38.0		86.0	
Peso del tarro	gr.	0.0		0.0		0.0	
Peso del suelo seco	gr.	501.0		587.0		612.0	
Humedad	%	3.99		6.47		14.05	
Densidad seca	gr/cm ³	2.404		2.361		2.232	

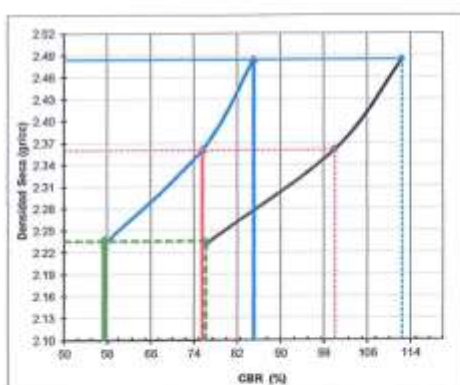
EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%

PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA kg/cm²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%
0.09		0	0			0	0			0	0		
0.63		161	630			134	524			82	320		
1.27		198	775			171	669			119	465		
1.90		254	996			227	889			175	685		
2.54	70.3	380	1257	59.0	85.0	293	1150	53.2	75.4	241	945	40.4	37.5
3.17		367	1443			340	1336			288	1131		
3.81	105.5	406	1598	110.6	112.4	379	1491	105.5	100.0	327	1285	89.4	76.2
5.08		479	1889			452	1782			400	1575		
7.62		592	2342			565	2233			513	2025		
10.16		733	2910			706	2801			654	2591		
12.70		768	3050			741	2941			689	2730		



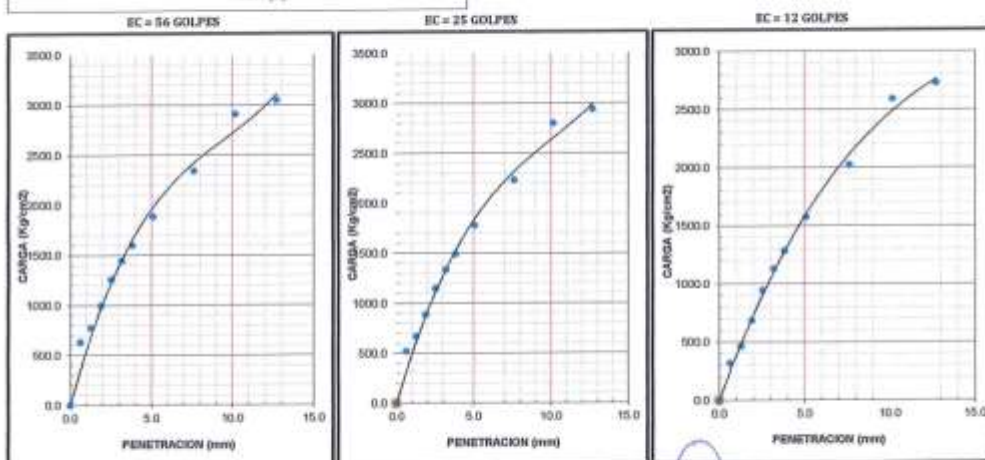
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR ASTM D 1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCHILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-03		
LUGAR	: PROG. KM 1+000		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	85.0	0.2"	112.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	75.6	0.2"	100.0
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1"	57.5	0.2"	76.2

OBSERVACIONES:



José Carlos Alvarado Quicala
 INGENIERO CIVIL
 INGENIERO EN VÍAS, PUENTES Y OBRAS DE BARRIO



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)											
ASTM - 1557 MTC E 115											
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"										
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA										
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO				FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023						
CALICATA	: C-04										
LUGAR	: PROG. KM 1+500										
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET										
Metodo de compactación					C						
Numero de golpes					56						
Numero de capas					5						
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA											
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	10774	11394	11565	10774						
2. Peso del molde	gr	6701	6701	6701	6701						
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124						
4. Peso suelo humedo	gr	4073	4693	4864	4073						
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.92	2.21	2.29	1.92						
CALCULO DE HUMEDAD											
6. Capsula N°											
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	587.0	510.0	507.0	512.0						
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	531.0	455.0	443.0	435.0						
9. Peso del agua	gr	56.0	55.0	64.0	77						
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0						
11. Peso del suelo seco	gr	531.0	455.0	443.0	435.0						
12. Contenido de humedad	%	10.55	12.09	14.45	17.70						
12. Contenido de Humedad	%	10.55	12.09	14.45	17.70						
CALCULO DE DENSIDAD SECA											
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.735	1.971	2.001	1.629						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Humedad optima</td> <td>13.45%</td> </tr> <tr> <td>Densidad Maxima</td> <td>2.030</td> </tr> </tbody> </table>						RESULTADOS		Humedad optima	13.45%	Densidad Maxima	2.030
RESULTADOS											
Humedad optima	13.45%										
Densidad Maxima	2.030										



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

ASTM D1883 MYC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALCATA	: C-04		
LUGAR	: PRDG. KM 1+500		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.630
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	13.45 %

Molde N°	1		2		3	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12881	12865		12498	
Peso de molde	gr.	8470	8668		8491	
Peso del suelo húmedo	gr.	4411	4197		4007	
Volumen del molde	cm³	2124	2124		2124	
Densidad húmeda	gr/cm³	2.077	1.976		1.887	

CALCULO DE HUMEDAD

Tarro N°				
Tarro + Suelo húmedo	gr.	400.0	370.0	397.0
Tarro + Suelo seco	gr.	350.0	323.0	344.0
Peso del Agua	gr.	50.0	47.0	53.0
Peso del tarro	gr.	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	gr.	350.0	323.0	344.0
Humedad	%	14.29	14.55	15.41
Densidad seca	gr/cm³	1.817	1.725	1.635

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%

NO EXPANSIVO

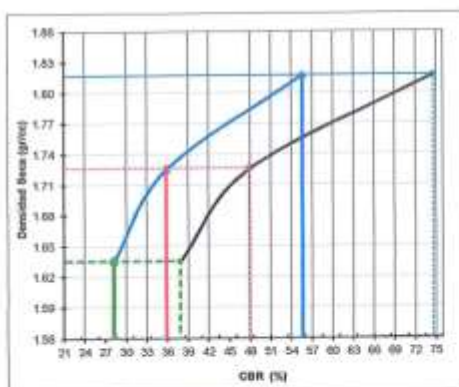
PENETRACION

	CARGA	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
PENETRACION mm	STAND. kg/cm2	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.08		0	0			0	0			0	0		
0.63		30	117			20	78			11	43		
1.27		88	345			57	222			44	171		
1.90		132	516			113	441			87	340		
2.54	70.3	220	862	39.1	55.0	179	701	25.2	35.9	183	599	19.0	28.2
3.17		408	1606			226	886			200	783		
3.81	105.5	486	1917	78.7	74.0	265	1040	50.5	47.8	239	937	39.9	37.9
5.08		629	2491			338	1328			312	1226		
7.62		825	3204			451	1778			425	1674		
10.16		987	3947			592	2342			566	2237		
12.70		1099	4409			627	2481			601	2376		



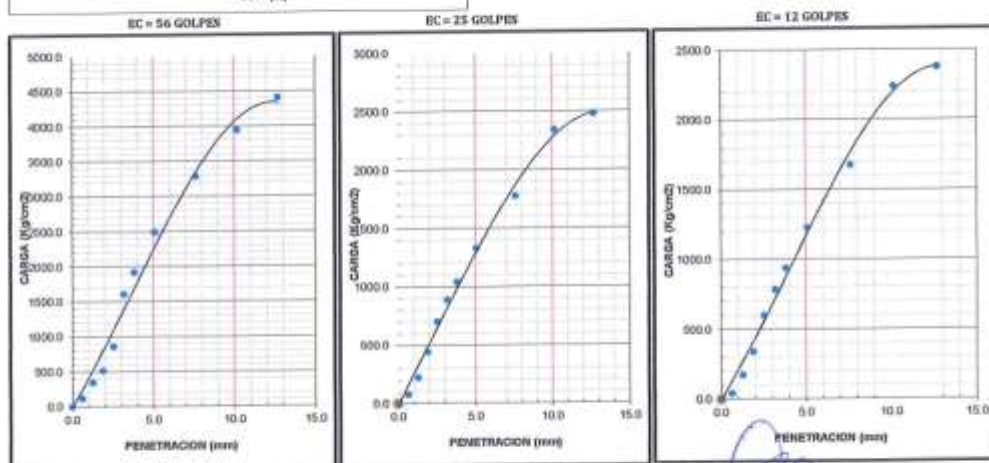
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR ASTM D 1083 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-04		
LUGAR	: PRDL KM 1+500		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	55.6	0.2"	74.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	38.9	0.2"	47.9
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1"	28.2	0.2"	37.9

OBSERVACIONES:



INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS
 JHONATAN AYALA GUEVARA
 INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)																																																																																																																													
ASTM - 1557 MTC E 115																																																																																																																													
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CARUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"																																																																																																																												
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA																																																																																																																												
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO			FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023																																																																																																																									
CALICATA	: C-04																																																																																																																												
LUGAR	: PROG. KM 1+500																																																																																																																												
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CARUYA Y 5% PET																																																																																																																												
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Método de compactación</td> <td colspan="4">C</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Número de golpes</td> <td colspan="4">56</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Número de capas</td> <td colspan="4">5</td> </tr> <tr> <td colspan="6">CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA</td> </tr> <tr> <td>1. Peso suelo húmedo + molde</td> <td>gr</td> <td>10907</td> <td>11582</td> <td>11791</td> <td>10947</td> </tr> <tr> <td>2. Peso del molde</td> <td>gr</td> <td>6701</td> <td>6701</td> <td>6701</td> <td>6701</td> </tr> <tr> <td>3. Volumen del molde</td> <td>cc</td> <td>2124</td> <td>2124</td> <td>2124</td> <td>2124</td> </tr> <tr> <td>4. Peso suelo húmedo</td> <td>gr</td> <td>4206</td> <td>4881</td> <td>5090</td> <td>4246</td> </tr> <tr> <td>5. Densidad suelo húmedo</td> <td>gr/cc</td> <td>2.02</td> <td>2.30</td> <td>2.40</td> <td>2.00</td> </tr> <tr> <td colspan="6">CALCULO DE HUMEDAD</td> </tr> <tr> <td>6. Capsula N°</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7. Peso del suelo húmedo + capsula</td> <td>gr</td> <td>606.0</td> <td>620.0</td> <td>600.0</td> <td>611.0</td> </tr> <tr> <td>8. Peso del suelo seco + capsula</td> <td>gr</td> <td>632.0</td> <td>561.0</td> <td>532.0</td> <td>522.0</td> </tr> <tr> <td>9. Peso del agua</td> <td>gr</td> <td>54.0</td> <td>59.0</td> <td>76.0</td> <td>89</td> </tr> <tr> <td>10. Peso de la capsula</td> <td>gr</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>11. Peso del suelo seco</td> <td>gr</td> <td>632.0</td> <td>561.0</td> <td>532.0</td> <td>522.0</td> </tr> <tr> <td>12. Contenido de humedad</td> <td>%</td> <td>8.54</td> <td>10.52</td> <td>14.29</td> <td>17.05</td> </tr> <tr> <td>12. Contenido de Humedad</td> <td>%</td> <td>8.54</td> <td>10.52</td> <td>14.29</td> <td>17.05</td> </tr> <tr> <td colspan="6">CALCULO DE DENSIDAD SECA</td> </tr> <tr> <td>13. Densidad seca del suelo</td> <td>gr/cc</td> <td>1.859</td> <td>2.079</td> <td>2.097</td> <td>1.708</td> </tr> </table>						Método de compactación		C				Número de golpes		56				Número de capas		5				CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA						1. Peso suelo húmedo + molde	gr	10907	11582	11791	10947	2. Peso del molde	gr	6701	6701	6701	6701	3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124	4. Peso suelo húmedo	gr	4206	4881	5090	4246	5. Densidad suelo húmedo	gr/cc	2.02	2.30	2.40	2.00	CALCULO DE HUMEDAD						6. Capsula N°						7. Peso del suelo húmedo + capsula	gr	606.0	620.0	600.0	611.0	8. Peso del suelo seco + capsula	gr	632.0	561.0	532.0	522.0	9. Peso del agua	gr	54.0	59.0	76.0	89	10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0	11. Peso del suelo seco	gr	632.0	561.0	532.0	522.0	12. Contenido de humedad	%	8.54	10.52	14.29	17.05	12. Contenido de Humedad	%	8.54	10.52	14.29	17.05	CALCULO DE DENSIDAD SECA						13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.859	2.079	2.097	1.708
Método de compactación		C																																																																																																																											
Número de golpes		56																																																																																																																											
Número de capas		5																																																																																																																											
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA																																																																																																																													
1. Peso suelo húmedo + molde	gr	10907	11582	11791	10947																																																																																																																								
2. Peso del molde	gr	6701	6701	6701	6701																																																																																																																								
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124																																																																																																																								
4. Peso suelo húmedo	gr	4206	4881	5090	4246																																																																																																																								
5. Densidad suelo húmedo	gr/cc	2.02	2.30	2.40	2.00																																																																																																																								
CALCULO DE HUMEDAD																																																																																																																													
6. Capsula N°																																																																																																																													
7. Peso del suelo húmedo + capsula	gr	606.0	620.0	600.0	611.0																																																																																																																								
8. Peso del suelo seco + capsula	gr	632.0	561.0	532.0	522.0																																																																																																																								
9. Peso del agua	gr	54.0	59.0	76.0	89																																																																																																																								
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0																																																																																																																								
11. Peso del suelo seco	gr	632.0	561.0	532.0	522.0																																																																																																																								
12. Contenido de humedad	%	8.54	10.52	14.29	17.05																																																																																																																								
12. Contenido de Humedad	%	8.54	10.52	14.29	17.05																																																																																																																								
CALCULO DE DENSIDAD SECA																																																																																																																													
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.859	2.079	2.097	1.708																																																																																																																								
CURVA DENSIDAD SECA - HUMEDAD PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD % <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Humedad optima</td> <td>12.56%</td> </tr> <tr> <td>Densidad Maxima</td> <td>2.161</td> </tr> </tbody> </table>						RESULTADOS		Humedad optima	12.56%	Densidad Maxima	2.161																																																																																																																		
RESULTADOS																																																																																																																													
Humedad optima	12.56%																																																																																																																												
Densidad Maxima	2.161																																																																																																																												



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.) ASTM D1863 MTC 6-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CAHUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023	
CALICATA	: C-04		
LUGAR	: PROG. KM 1+500		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CAHUYA Y 5% PET		

DATOS DEL PROYECTO		
MAXIMA HUMEDAD SECA	:	2.341
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	12.56 %

Molde N°		1	2	3	
N° Capa		5	5	5	
Golpes por capa N°		56	25	12	
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13978	13956	13402	
Peso de molde	gr.	8470	8660	8491	
Peso del suelo húmedo	gr.	5508	5296	5111	
Volumen del molde	cm³	2124	2124	2124	
Densidad húmeda	gr/cm³	2.593	2.490	2.406	
CALCULO DE HUMEDAD					
Tarro N°					
Tarro + Suelo húmedo	gr.	500.0	469.0	487.0	
Tarro + Suelo seco	gr.	452.0	420.0	426.0	
Peso del Agua	gr.	48.0	49.0	61.0	
Peso del tarro	gr.	0.0	0.0	0.0	
Peso del suelo seco	gr.	452.0	420.0	426.0	
Humedad	%	10.62	11.67	14.32	
Densidad seca	gr/cm³	2.344	2.230	2.105	

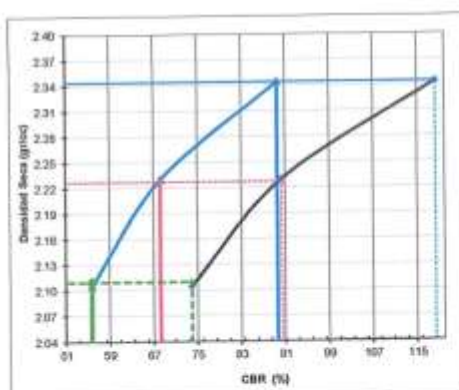
EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
		Hr.		mm	%		mm	%		mm	%
			NO EXPANSIVO								

PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA kg/cm²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		STAND.	CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION		
			Dial (div)	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	%		Dial (div)	kg/cm²	%	
0.60			0	0		0	0			0	0		
0.63			174	681		113	441			77	309		
1.27			211	826		150	587			114	445		
1.90			267	1047		206	807			170	665		
2.54	70.3		333	1289	63.0	272	1067	60.0	68.3	236	925	39.2	85.7
3.17			390	1495		319	1253			283	1111		
3.81	105.5		419	1650	124.9	358	1400	95.4	90.4	322	1265	78.0	73.9
5.08			492	1941		431	1690			395	1555		
7.62			605	2394		544	2149			568	2205		
10.16			746	2963		685	2716			649	2571		
12.70			781	3103		726	2856			684	2710		



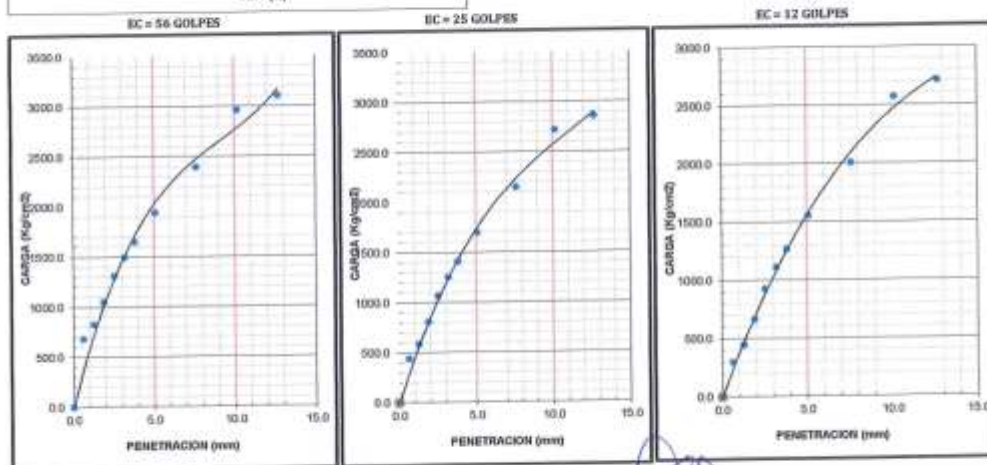
GRAFICO DE PENETRACIÓN DE CBR ASTM D 1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-04		
LUGAR	: PROG. KM 1+500		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	89.6	0.2"	118.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	68.3	0.2"	90.4
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1"	55.7	0.2"	73.9

OBSERVACIONES:



JKEMSCA S.R.L.
INGENIERIA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
JOSÉ LUIS GARCÍA GARCÍA
PROFESOR C.R.A.
PROFESOR C.R.A.
PROFESOR C.R.A.



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)																							
ASTM - 1557 MTC E 115																							
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"																						
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA																						
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO				FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023																		
CALICATA	: C-05																						
LOGAR	: PROG. KM 2+000																						
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET																						
<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Método de compactación</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Numero de golpes</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Numero de capas</td> <td>5</td> </tr> </table>						Método de compactación					C	Numero de golpes					56	Numero de capas					5
Método de compactación					C																		
Numero de golpes					56																		
Numero de capas					5																		
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA																							
1. Peso suelo húmedo. + molde	gr	10861	11387	11391	10808																		
2. Peso del molde	gr	6579	6579	6579	6579																		
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124																		
4. Peso suelo húmedo	gr	4282	4808	4812	4229																		
5. Densidad suelo húmedo	gr/cc	2.02	2.26	2.27	1.99																		
CALCULO DE HUMEDAD																							
6. Capsula Nº																							
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	gr	689.0	789.0	880.0	847.0																		
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	631.0	715.0	720.0	750.0																		
9. Peso del agua	gr	58.0	74.0	80.0	97																		
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0																		
11. Peso del suelo seco	gr	631.0	715.0	720.0	750.0																		
12. Contenido de humedad	%	9.19	10.35	11.11	12.93																		
12. Contenido de Humedad	%	9.19	10.35	11.11	12.93																		
CALCULO DE DENSIDAD SECA																							
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.846	2.051	2.039	1.763																		

CURVA DENSIDAD SECA - HUMEDAD

DENSIDAD gr/cc

PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD %

RESULTADOS	
Humedad optima	10.61%
Densidad Maxima	2.058

JOSE CARLOS QUINTERO
 INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
 INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
 INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)
ASTM D1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CAHUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-05		
LUGAR	: PROG. KM 2+000		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CAHUYA Y 5% PET		

DATOS DEL PROCTOR	
MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.858
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	: 18.61 %

Molde Nº	1		2		3	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13345		13375		13616
Peso de molde	gr.	8496		8547		8856
Peso del suelo húmedo	gr.	4849		4828		4760
Volumen del molde	cm³	2124		2124		2124
Densidad húmeda	gr/cm³	2.283		2.273		2.241

CALCULO DE HUMEDAD

Tarro Nº		1	2	3
Tarro + Suelo húmedo	gr.	685.0	453.0	578.0
Tarro + Suelo seco	gr.	616.0	388.0	477.0
Peso del Agua	gr.	69.0	65.0	101.0
Peso del tarro	gr.	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	gr.	616.0	388.0	477.0
Humedad	%	11.20	16.75	21.17
Densidad seca	gr/cm³	2.053	1.947	1.849

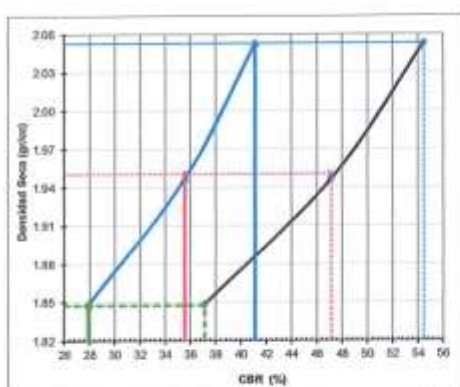
EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
		Hc.		mm	%		mm	%		mm	%
				NO EXPANSIVO							

PENETRACION													
PENETRACION mm	STAND. kg/cm²	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%
0.00		0	0			0	0			0	0		
0.63		75	293			59	230			37	144		
1.27		80	314			64	252			42	166		
1.90		124	483			108	421			86	334		
2.54	70.3	160	619	20.9	41.1	142	556	25.0	35.6	128	470	19.6	27.9
3.17		191	740			175	685			153	590		
3.81	105.5	219	859	57.4	54.5	203	796	49.7	47.2	181	710	39.2	37.1
5.08		263	1033			247	970			225	884		
7.62		360	1415			344	1351			322	1264		
10.16		430	1693			414	1629			392	1542		
12.70		513	2027			497	1963			475	1875		



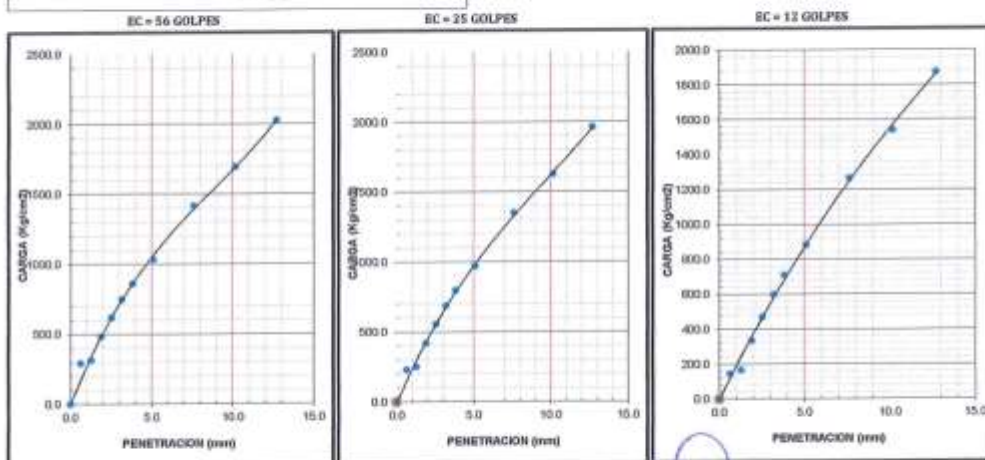
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR
ASTM D 1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-05		
LUGAR	: PROG. KM 2+000		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	41.1	0.2"	54.5
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	35.6	0.2"	47.2
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1"	27.9	0.2"	37.1

OBSERVACIONES:



JKEMSCA S.A.C.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 José Carlos Huamani Quicaño
 INGENIERO CIVIL
 C.R. 110726
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, DISEÑO Y MECÁNICA DE SUELOS



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)					
ASTM - 1557 MTC E 115					
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"				
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA				
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO				FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-05				
LUGAR	: PROG. KM 2+000				
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET				

Método de compactación		C			
Número de golpes		56			
Número de capas		3			

CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo húmedo + molde	gr	11193	11554	11659	11351
2. Peso del molde	gr	6579	6579	6579	6579
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124
4. Peso suelo húmedo	gr	4614	4975	5080	4772
5. Densidad suelo húmedo	gr/cc	2.17	2.34	2.39	2.25

CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula Nº					
7. Peso del suelo húmedo + capsula	gr	531.0	528.0	527.0	527.0
8. Peso del suelo seco + capsula	gr	468.0	463.0	456.0	450.0
9. Peso del agua	gr	63.0	65.0	71.0	77
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0
11. Peso del suelo seco	gr	468.0	463.0	456.0	450.0
12. Contenido de humedad	%	13.46	14.04	15.57	17.11
12. Contenido de Humedad	%	13.46	14.04	15.57	17.11

CALCULO DE DENSIDAD SECA					
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.915	2.054	2.069	1.918

RESULTADOS	
Humedad óptima	14.78%
Densidad Máxima	2.110

JKEMSCA S.A.C.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
José Carlos Huatani Quicaño
 INGENIERO CIVIL
 (COP. 140756)
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y MEJORA DE SUELOS



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

ASTM D1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-05		
LUGAR	: PROG. KM 2+600		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.118
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	14.78 %

Molde Nº	1		2		3	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Coord. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12498		12505		12321
Peso de molde	gr.	8624		8652		8638
Peso del suelo húmedo	gr.	3874		3853		3683
Volumen del molde	cm ³	2124		2124		2124
Densidad húmeda	gr/cm ³	1.824		1.814		1.734

CALCULO DE HUMEDAD

Tarro Nº				
Tarro + Suelo húmedo	gr.	381.0	373.0	446.0
Tarro + Suelo seco	gr.	355.0	332.0	393.0
Peso del Agua	gr.	26.0	41.0	53.0
Peso del tarro	gr.	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	gr.	355.0	332.0	393.0
Humedad	%	7.32	12.35	13.49
Densidad seca	gr/cm ³	1.700	1.615	1.528

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION
		Hr.		mm %		mm %		mm %

NO EXPANSIVO

JKEMSCA SAC
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
José Carlos Huamán Quiñón
INGENIERO CIVIL
CIP 115736
COMPROMETIDO CON LA CALIDAD Y SEGURIDAD DE LOS SUELOS

PENETRACION

	CARGA	HOLDE Nº	1	HOLDE Nº	2	HOLDE Nº	3
PENETRACION	STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION
mm	kg/cm ²	Dial (div)	kg/cm ² %	Dial (div)	kg/cm ² %	Dial (div)	kg/cm ² %
0.00		0	0	0	0	0	0
0.63		142	556	90	352	48	188
1.27		187	734	135	530	93	365
1.90		231	904	179	699	137	534
2.54	70.3	268	1043	213	825	171	670
3.17		298	1170	246	964	204	799
3.81	105.5	326	1282	274	1076	232	911
5.08		370	1457	318	1251	276	1085
7.62		467	1841	415	1633	373	1467
10.16		537	2120	485	1912	443	1745
12.70		620	2456	568	2247	526	2079

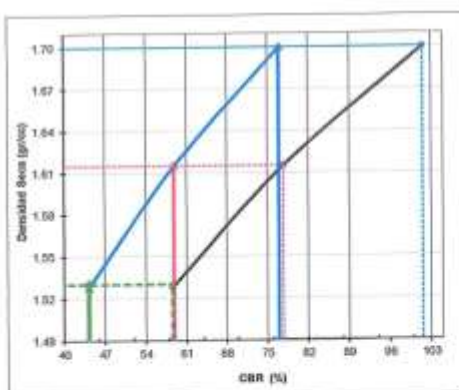
Asociación Miraflores Mz. N1 Lote 02 - San Juan Bautista - Ayacucho
Cel. 954000684 - RPM #954000684 E-mail: jkemsca@hotmail.com

3023



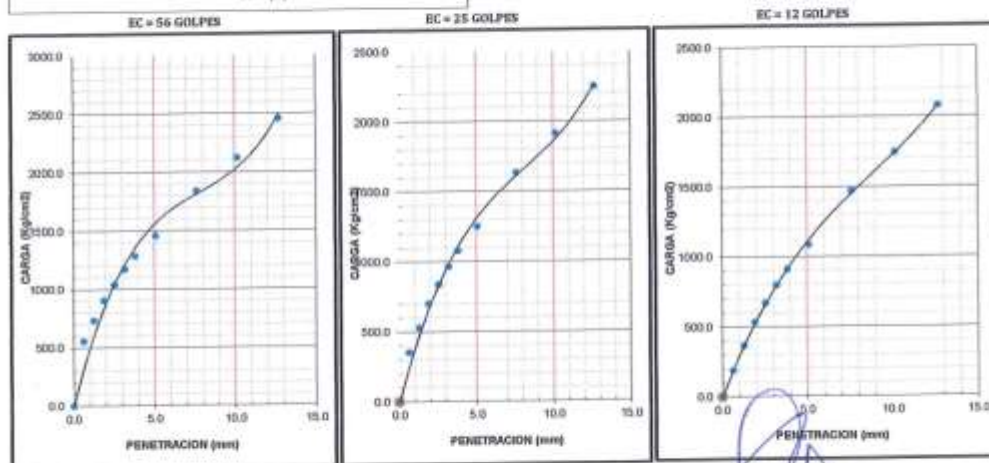
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR
ASTM D 1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-05		
LUGAR	: PROG. KM 2+000		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	77.0	0.2"	101.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	58.9	0.2"	77.8
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1"	44.2	0.2"	58.6

OBSERVACIONES:



JKEMSCA SAC
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
José Carlos Huamani Quicaño
INGENIERO CIVIL
CIP 96750
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y MECANICA DE SUELOS



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)					
ASTM - 1557 MTC E 115					
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"				
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA				
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO				FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-06				
LUGAR	: PROG. KM 2+500				
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET				

Metodo de compactacion	C				
Numero de golpes	56				
Numero de capas	5				
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	11176	11534	11633	11233
2. Peso del molde	gr	6701	6701	6701	6701
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124
4. Peso suelo humedo	gr	4475	4833	4932	4532
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	2.11	2.28	2.32	2.13
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°					
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	517.0	529.0	516.0	535.0
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	463.0	468.0	450.0	460.0
9. Peso del agua	gr	54.0	61.0	66.0	75
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0
11. Peso del suelo seco	gr	463.0	468.0	450.0	460.0
12. Contenido de humedad	%	11.66	13.03	14.67	16.30
12. Contenido de Humedad	%	11.66	13.03	14.67	16.30
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.887	2.013	2.025	1.835

RESULTADOS	
Humedad optima	14.00%
Densidad Maxima	2.041

JKEMSCA S.A.C.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

José Carlos Huamani Quicaño
INGENIERO CIVIL
CIP: 112758
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y MECANICA DE SUELOS



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)
ASTM D1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO		FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023
CALCATA	: C-06		
LUGAR	: PROG. KM 2+500		
MATERIAL	: SUBRASANTE ÷ 3 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		

DATOS DEL PROCTOR		
MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.941
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	14.80 %

Molde Nº		1	2	3
Nº Capa		5	5	5
Golpes por capa Nº		56	25	12
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12758	12719	12394
Peso de molde	gr.	8610	8665	8638
Peso del suelo húmedo	gr.	4148	4054	3756
Volumen del molde	cm³	2124	2124	2124
Densidad húmeda	gr/cm³	1.953	1.900	1.768
CALCULO DE HUMEDAD				
Tarro Nº				
Tarro + Suelo húmedo	gr.	316.0	440.0	400.0
Tarro + Suelo seco	gr.	253.0	342.0	319.0
Peso del Agua	gr.	63.0	98.0	81.0
Peso del tarro	gr.	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	gr.	253.0	342.0	319.0
Humedad	%	24.90	28.65	25.39
Densidad seca	gr/cm³	1.564	1.484	1.410

EXPANSION									
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL
				mm	%		mm	%	

NO EXPANSIVO

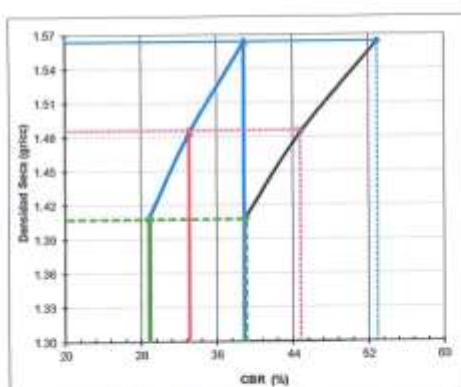
JKEMSCA SAC
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 José Carlos Huamán Quiñones
 INGENIERO CIVIL
 C.R. 110224
 ESPECIALISTA EN LOGISTICA, GESTION Y MANEJO DE SUELOS

PENETRACION												
PENETRACION mm	CARGA kg/cm²	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3		
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION
		Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²
0.00		0	0			0	0			0	0	
0.63		54	211			35	137			31	121	
1.27		71	277			65	254			51	199	
1.90		152	595			113	442			91	356	
2.54	70.3	269	819	27.4	30.9	176	689	23.3	33.1	148	567	20.3
3.17		326	1281			217	850			184	721	
3.81	105.5	441	1738	55.8	52.9	396	1559	47.3	44.8	365	1436	41.2
5.08		651	2579			483	1905			405	1594	
7.62		928	3705			701	2781			620	2454	
10.16		1086	4355			884	3525			725	2870	
12.70		1178	4737			1007	4029			834	3321	



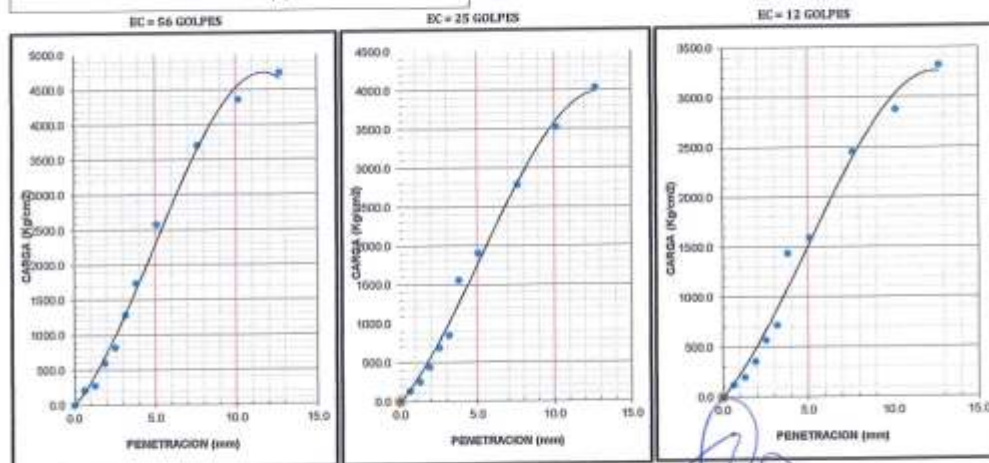
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR ASTM D 1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-D6		
LUGAR	: PROG. KM 2+500		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	30.9	0.2"	52.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	33.1	0.2"	44.8
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1"	28.9	0.2"	39.1

OBSERVACIONES:



JKEMSCA SAC
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
José Carlos Huamani Quicaño
INGENIERO CIVIL
CIP 110064
ESPECIALISTA EN MECÁNICA, SECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

ASTM D1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEYARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALCATA	: C-06		
LUGAR	: PROG. KM 2+500		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		

DATOS DEL PRODUCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.074
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	14.26 %

Molde Nº	1	2	3
Nº Capa	5	5	5
Golpes por capa Nº	56	25	12
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr. 13079	13040	12715
Peso de molde	gr. 8610	8665	8638
Peso del suelo húmedo	gr. 4469	4375	4077
Volumen del molde	cm³ 2124	2124	2124
Densidad húmeda	gr/cm³ 2.104	2.060	1.919
CALCULO DE HUMEDAD			
Tarro Nº			
Tarro + Suelo húmedo	gr. 316.0	440.0	400.0
Tarro + Suelo seco	gr. 281.0	380.0	351.0
Peso del Agua	gr. 35.0	60.0	49.0
Peso del tarro	gr. 0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	gr. 281.0	380.0	351.0
Humedad	% 12.46	15.79	13.96
Densidad seca	gr/cm³ 1.971	1.779	1.684

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
				NO EXPANSIVO							

PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA ETAND. kg/cm²	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%
0.00		0	0			0	0			0	0		
0.63		89	348			63	246			34	133		
1.27		125	489			81	316			54	211		
1.90		201	787			110	430			86	336		
3.64	70.3	334	1313	48.8	65.5	303	795	36.9	51.8	179	701	25.6	36.4
3.17		451	1778			355	1396			235	982		
3.81	105.5	566	2237	98.3	93.2	534	2109	72.4	68.6	345	1356	51.7	49.0
5.08		776	3085			621	2458			502	1981		
7.62		1053	4219			839	3341			623	2466		
10.16		1211	4874			1022	4091			728	2899		
12.70		1303	5259			1145	4600			837	3333		

Asociación Miraflores Mz. N1 Lote 02 - San Juan Bautista - Ayacucho
Cel. 954000684 - RPM #954000684 E-mail: jkemsca@hotmail.com

3/23



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)					
ASTM - 1557 MYC E 115					
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"				
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA				
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO			FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023	
CALICATA	: C-06				
LUGAR	: PROG. KM 2+500				
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET				

Método de compactación		C			
Número de golpes		56			
Número de capas		5			

CÁLCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo húmedo. + molde	gr	11258	11625	11725	11325
2. Peso del molde	gr	6701	6701	6701	6701
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124
4. Peso suelo húmedo	gr	4557	4924	5024	4624
5. Densidad suelo húmedo	gr/cc	2.15	2.32	2.37	2.18

CÁLCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°					
7. Peso del suelo húmedo + capsula	gr	507.0	519.0	506.0	525.0
8. Peso del suelo seco + capsula	gr	453.0	458.0	440.0	450.0
9. Peso del agua	gr	54.0	61.0	66.0	75.0
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0
11. Peso del suelo seco	gr	453.0	458.0	440.0	450.0
12. Contenido de humedad	%	11.92	13.32	15.00	16.67
12. Contenido de Humedad	%	11.92	13.32	15.00	16.67

CÁLCULO DE DENSIDAD SECA					
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.917	2.046	2.057	1.866

CURVA DENSIDAD SECA - HUMEDAD

DENSIDAD gr/cc

PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD %

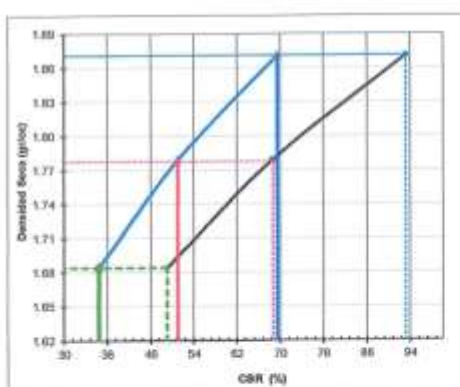
RESULTADOS	
Humedad óptima	14.26%
Densidad Máxima	2.074

JKEMSCA SAC
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
José Carlos Huamán Quicaño
INGENIERO CIVIL
CIP: 112786
ESPECIALISTA EN MECÁNICA, GEOTECNIA Y MECÁNICA DE SUELOS



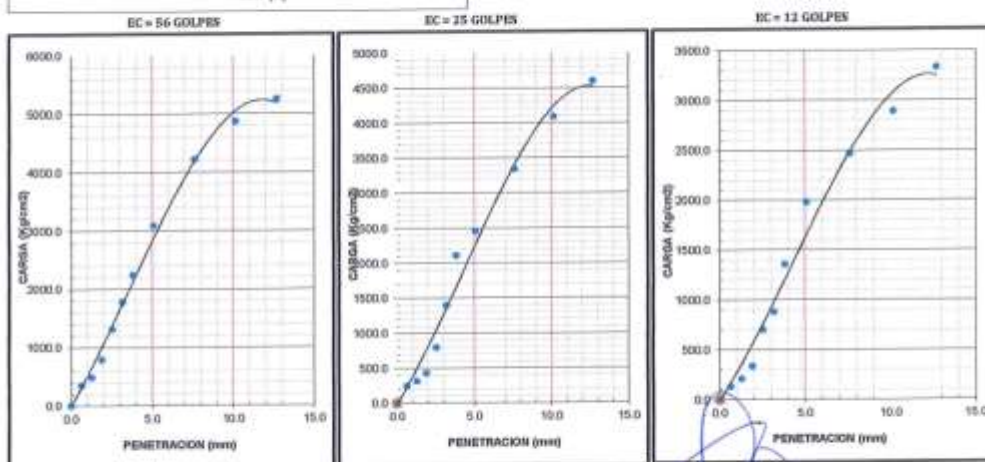
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR ASTM D 1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-06		
LUGAR	: PROG. KM 2+500		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	69.5	0.2"	92.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	51.0	0.2"	66.6
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1"	36.4	0.2"	49.0

OBSERVACIONES:



JKEMSCA S.A.C.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
José Carlos Huamán Quicaño
INGENIERO CIVIL
C.R. 110786
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y MECÁNICA DE SUELOS



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)					
ASTM - 1557 MTC E 115					
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CAHIYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"				
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA				
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO				FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-07				
LUGAR	: PROG. KM 3+000				
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CAHIYA Y 5% PET				
Método de compactación					C
Número de golpes					56
Número de capas					5
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo húmedo, + molde	gr	11128	11420	11498	11409
2. Peso del molde	gr	6701	6701	6701	6701
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124
4. Peso suelo húmedo	gr	4427	4719	4797	4708
5. Densidad suelo húmedo	gr/cc	2.08	2.22	2.26	2.22
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula Nº					
7. Peso del suelo húmedo + capsula	gr	598.0	516.0	516.0	525.0
8. Peso del suelo seco + capsula	gr	472.0	470.0	461.0	461.0
9. Peso del agua	gr	36.0	46.0	55.0	64
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0
11. Peso del suelo seco	gr	472.0	470.0	461.0	461.0
12. Contenido de humedad	%	7.63	9.79	11.93	13.88
12. Contenido de Humedad	%	7.63	9.79	11.93	13.88
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.937	2.024	2.010	1.946

RESULTADOS	
Humedad óptima	10.72%
Densidad Máxima	2.031

JKEMSCA S.A.C.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
José Carlos Huamani Quicano
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 110756
 ESPECIALIDAD: INGENIERÍA DE GEOTECNIA Y MECÁNICA DE SUELOS



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

ASTM D1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-07		
LUGAR	: PROG. KM 3+000		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		

DATOS DEL PROCTOR

MÁXIMA DENSIDAD SECA	:	2.831
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	10.72 %

Molde N°		1	2	3
N° Capa		5	5	5
Golpes por capa N°		56	25	12
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13250	13112	12835
Peso de molde	gr.	8610	8665	8638
Peso del suelo húmedo	gr.	4640	4447	4197
Volumen del molde	cm³	2124	2124	2124
Densidad húmeda	gr/cm³	2.185	2.094	1.976
CALCULO DE HUMEDAD				
Tarro N°				
Tarro + Suelo húmedo	gr.	316.0	440.0	400.0
Tarro + Suelo seco	gr.	278.0	384.0	350.0
Peso del Agua	gr.	38.0	56.0	50.0
Peso del tarro	gr.	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	gr.	278.0	384.0	350.0
Humedad	%	13.67	14.58	14.29
Densidad seca	gr/cm³	1.922	1.828	1.729

EXPANSION									
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL
				mm	%		mm	%	

NO EXPANSIVO

JKEMSCA SAC
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
JOSÉ GARCÍA MURILLO QUIERO
INGENIERO CIVIL

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		mm	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2
0.80		0	0			0	0			0	0		
0.63		127	497			91	356			53	203		
1.27		163	638			199	426			72	281		
1.90		239	937			238	540			104	407		
2.54	70.3	372	1462	50.2	82.7	231	906	82.7	80.0	197	778	30.0	42.7
3.17		489	1929			383	1507			243	953		
3.81	115.5	604	2390	116.6	110.6	562	2221	85.9	81.4	363	1428	65.4	57.2
5.08		814	3239			649	2571			520	2053		
7.62		1091	4376			867	3455			641	2539		
10.16		1249	5033			1058	4206			746	2963		
12.70		1341	5419			1173	4716			855	3406		

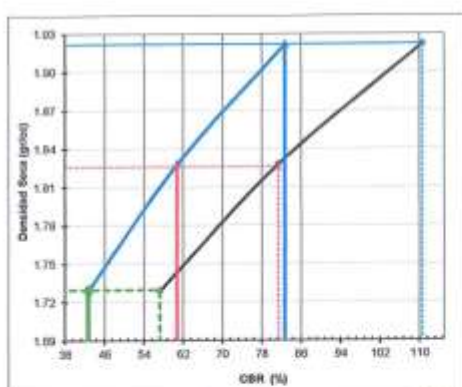
Asociación Miraflores Mz. N1 Lote 02 - San Juan Bautista - Ayacucho
Cel. 954000684 - RPM # 954000684 E-mail: jkemsca@hotmail.com

20/23



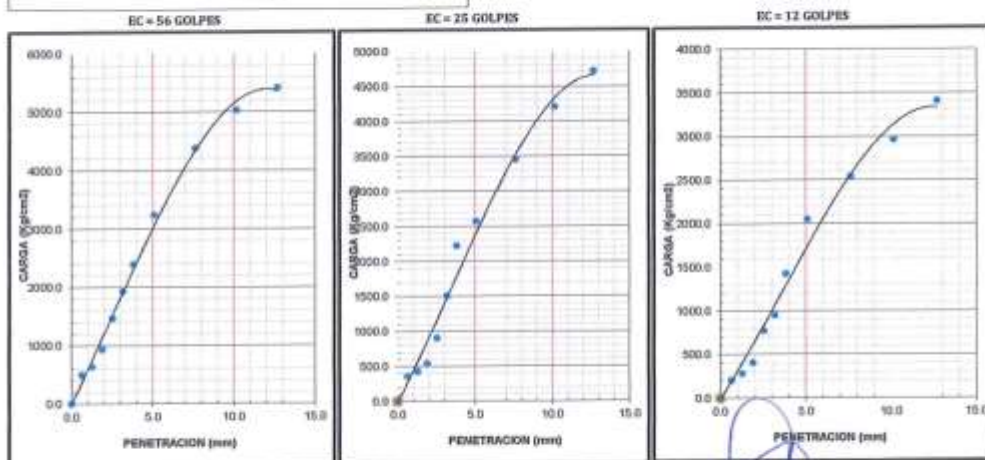
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR ASTM D 1883 MTC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2023
CALICATA	: C-07		
LUGAR	: PROG. KM 3+000		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 6 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		



C.B.R. AL 100% DE M.D.S (%)	0.1"	82.7	0.2"	110.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S (%)	0.1"	60.8	0.2"	81.4
C.B.R. AL 90% DE M.D.S (%)	0.1"	42.7	0.2"	57.3

OBSERVACIONES:



JKEMSCA S.A.C.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
José Carlos Huamani Quicahua
INGENIERO CIVIL
CMI 110758
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y MECÁNICA DE SUELOS



RELACION HUMEDAD DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)											
ASTM - 1557 MTC E 115											
OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"										
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA										
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO				FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023						
CALICATA	: C-07										
LUGAR	: PROG. KM 3+000										
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Metodo de compactacion</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Numero de golpes</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>Numero de capas</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>						Metodo de compactacion	C	Numero de golpes	56	Numero de capas	5
Metodo de compactacion	C										
Numero de golpes	56										
Numero de capas	5										
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA											
1. Peso suelo humedo, + molde	gr	11096	11454	11553	11153						
2. Peso del molde	gr	6701	6701	6701	6701						
3. Volumen del molde	cc	2124	2124	2124	2124						
4. Peso suelo humedo	gr	4395	4753	4852	4452						
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	2.07	2.24	2.28	2.10						
CALCULO DE HUMEDAD											
6. Capsula N°											
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	517.0	529.0	516.0	535.0						
8. Peso del suelo seco+ capsula	gr	463.0	468.0	450.0	460.0						
9. Peso del agua	gr	54.0	61.0	66.0	75						
10. Peso de la capsula	gr	0.0	0.0	0.0	0.0						
11. Peso del suelo seco	gr	463.0	468.0	450.0	460.0						
12. Contenido de humedad	%	11.66	13.03	14.67	16.30						
12. Contenido de Humedad	%	11.66	13.03	14.67	16.30						
CALCULO DE DENSIDAD SECA											
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.853	1.980	1.992	1.802						
CURVA DENSIDAD SECA - HUMEDAD DENSIDAD gr/cc PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD % <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Humedad optima</td> <td>14.00%</td> </tr> <tr> <td>Densidad Maxima</td> <td>2.008</td> </tr> </tbody> </table>						RESULTADOS		Humedad optima	14.00%	Densidad Maxima	2.008
RESULTADOS											
Humedad optima	14.00%										
Densidad Maxima	2.008										
JKEMSCA S.A.C. LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO José Carlos Huamani Quicaño ING. CIVIL Especialista en Mecánica de Suelos											



ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)
ASTM D1883 MYC E-132

OBRA	: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CABUYA Y FIBRAS DE PET PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO EN EL TRAMO SOCOS- YANAYACU, AYACUCHO, 2023"		
SOLICITANTE	: JHONATAN AYALA GUEVARA		
UBICACIÓN	: SOCOS-YANAYACU-AYACUCHO	FECHA : NOVIEMBRE DEL 2023	
CALICATA	: C-07		
LUGAR	: PROG. KM 3+000		
MATERIAL	: SUBRASANTE + 3 % CENIZA DE CABUYA Y 5% PET		

DATOS DEL PROCTOR

MÁXIMA DENSIDAD SECA	:	2.098
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	14.00 %

Molde N°		1		2		3	
Nº Capa		5		5		5	
Golpes por capa N°		56		25		12	
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12816		12777		12452	
Peso de molde	gr.	8610		8665		8638	
Peso del suelo húmedo	gr.	4206		4112		3814	
Volumen del molde	cm ³	2124		2124		2124	
Densidad húmeda	gr/cm ³	1.980		1.936		1.796	
CALCULO DE HUMEDAD							
Tarro N°							
Tarro + Suelo húmedo	gr.	316.0		440.0		400.0	
Tarro + Suelo seco	gr.	254.0		343.0		319.0	
Peso del Agua	gr.	62.0		97.0		81.0	
Peso del tarro	gr.	0.0		0.0		0.0	
Peso del suelo seco	gr.	254.0		343.0		319.0	
Humedad	%	24.41		28.28		25.39	
Densidad seca	gr/cm ³	1.592		1.509		1.432	

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

INSTITUTO TECNOLÓGICO
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE MATERIALES DE CONCRETO Y ASFALTO
CALLE 130 No. 130-10, Zona Industrial, San José, Costa Rica
TEL: (506) 2222-1111 FAX: (506) 2222-1112
E-MAIL: info@itcr.ac.cr
CIP: 1421999

Jose Carlos Huamani Quirano

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	PENETRACION											
		MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.00		0	0			0	0			0	0		
0.63		78	305			49	191			35	137		
1.27		95	371			79	309			55	215		
1.90		176	689			127	497			95	371		
2.54	70.3	239	912	33.2	47.2	199	744	26.7	38.0	149	583	21.3	30.3
3.17		350	1376			231	906			188	736		
3.81	105.5	465	1833	67.4	63.9	410	1614	54.0	51.2	369	1451	43.2	40.9
5.08		675	2676			497	1961			409	1610		
7.62		952	3803			715	2838			624	2470		
10.16		1110	4454			898	3502			729	2894		
12.70		1202	4837			1021	4007			838	3337		

Anexo 4: Certificados de calibración de equipos



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-122-2023
 Pág. 1 de 3

Expediente:	01142-2023		
OBJETO DE PRUEBA:	MAQUINA DE ENSAYOS C.B.R.		
Rangos	5 000	kgf	
Dirección de carga	Ascendente		
FABRICANTE	METROTEST		
Modelo	MS-9		
Serie	483		
Indicador Digital (modelo / Serie)	315-X6 / HIW0193		
Celda de Carga (modelo / Serie)	A-FED / 5X70838		
Ubicación	Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L.		
Código Identificación	NO INDICA		
Norma utilizada	ASTM E4 // ISO 7500-1		
Intervalo calibrado	Escala (s)	5 000	kgf
	De 500 a 4500 kgf		10% A 100%
Temperatura de prueba °C	Inicial	19,5	Final 19,1
Inspección general	La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento		
Solicitante	JKEMSCA S.A.C.		
Dirección	MZA. N1 LOTE. 02 ASOC. MIRAFLORES ALTA - AYACUCHO - HUAMANGA - SAN JUAN BAUTISTA		
Ciudad	AYACUCHO		
PATRON(ES) UTILIZADO(S)	Tipo / Modelo	CELDA "S"	
	No. serie	J10CC13261	
	Certif. de calibr.	INF-LE-381-16A PUCP	
Unidades de medida	Sistema Internacional de Unidades (SI)		
FECHA DE CALIBRACION	2023/05/05		
FECHA DE EMISION	2023/05/05		
FIRMAS AUTORIZADAS	Jefe de Metrología Luiggi Asenjo G. 		



Jr. Aristides Sologuren 484 Dpto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos
 Telf.: 528-7898 Telefax: 528-3324 Email: 997 045 343 / #962 889 991
 www.metrotesteirl.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteirl.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL



Metrotest

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-122-2023

Pág. 2 de 3

Método de calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE

DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA: 049 **kN** Resolución: 0,05 **kN** Dirección de la carga: Ascendente
 5 000 **kgf** 0 005 **kgf** Factor de conversión: 0,00 ss **kN/kgf**

Indicación de la máquina (F _i)			Indicaciones del patrón (series de mediciones)				
%	kN	kgf	0°	120°	No aplica	240°	Accesorios
10	4,90	500	4,92	4,93	No aplica	4,95	No aplica
20	9,81	1 000	9,82	9,83	No aplica	9,84	No aplica
30	14,71	1 500	14,75	14,77	No aplica	14,78	No aplica
40	19,61	2 000	19,62	19,63	No aplica	19,65	No aplica
50	24,52	2 500	24,50	24,51	No aplica	24,51	No aplica
60	29,42	3 000	29,39	29,40	No aplica	29,41	No aplica
70	34,32	3 500	34,29	34,30	No aplica	34,31	No aplica
80	39,23	4 000	39,15	39,15	No aplica	39,17	No aplica
90	44,13	4 500	44,04	44,05	No aplica	44,07	No aplica
Indicación después de carga			0,00	0,00	0,00	0,00	No aplica

ESCALA: 049,03 **kN** Incertidumbre del patrón: ± 0,096 %

Indicación de la máquina (F _i)			Cálculo de errores relativos				Resolución
%	kN	kgf	Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Accesorios	
10	4,90	500	-0,56	0,60	No aplica	No aplica	1,00
20	9,81	1 000	-0,22	0,20	No aplica	No aplica	0,50
30	14,71	1 500	-0,39	0,13	No aplica	No aplica	0,33
40	19,61	2 000	-0,10	0,15	No aplica	No aplica	0,25
50	24,52	2 500	0,02	0,04	No aplica	No aplica	0,20
60	29,42	3 000	0,08	0,07	No aplica	No aplica	0,17
70	34,32	3 500	0,06	0,06	No aplica	No aplica	0,14
80	39,23	4 000	0,18	0,05	No aplica	No aplica	0,13
90	44,13	4 500	0,18	0,07	No aplica	No aplica	0,11
Error de cero f ₀ (%)			0 000	0 000	0 000	No aplica	Err máx. (0) = 0,00

FIRMAS AUTORIZADAS



Jefe de Metrología
Luiggi Asenjo G.



Metrotest

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-122-2023

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE

MAQUINA DE ENSAYOS C.B.R.

Errores relativos máximos absolutos hallados

ESCALA 5 000 kgf

Error de exactitud -0,56 %

Error de cero 0

Error de repetibilidad 0,60 %

Error por accesorio 0 %

Error de Reversibilidad No aplica

Resolución 0,50 En el 20 %

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica colombiana NTC - ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica:

ESCALA 5 000 kgf Ascendente

TRAZABILIDAD

METROTEST E.I.R.L. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados y certificados por la Pontificia Universidad Católica de Perú y la SNM INDECOPI.

OBSERVACIONES

1. Los cartas de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1).
3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (ISO 7500-1).
4. Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Los resultados contenido parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.

FIRMAS AUTORIZADAS



Jefe de Metrología
Luiggi Asenjo G.

LABORATORIO DE METROLOGÍA



AG4

INGENIERÍA & METROLOGÍA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CT-132-2023

Página 1 de 5

Solicitante : JKEMSCA S.A.C.

Dirección : MZA. N1 LOTE. 02 ASOC. MIRAFLORES ALTA - AYACUCHO - HUAMANGA - SAN JUAN BAUTISTA

Expediente : V-00582-2023

Equipo de Medición : HORNO ELECTRICO

Marca : AG4 INGENIERIA

Modelo : AS-H80

Procedencia : PERÚ

Código de Ident. : NO INDICA

Número de Serie : 846

T° de trabajo : 110 °C $\pm$ 5 °C

Ventilación : Natural

Lugar de Calibración : Lab.Temperatura AG4 INGENIERIA

Fecha de Calibración : 2023-05-05

Fecha de Emisión : 2023-05-05

Nombre	Marca	Modelo	Código de identificación	Alcance de indicación	División mínima	Tipo de indicación
Termometro controlador	NO INDICA	HSG	NO INDICA	200°C	1°C	Digital

Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó tomando como referencia el Método de Comparación entre las indicaciones de lectura del termometro controlador del equipo a calibrar con Termometro patrón con 10 termopares utilizando el "Procedimiento de INDECOP/INM PC-005 1ª Ed. "Procedimiento para la Calibración de Hornos".

Observaciones

- (*) Identificación grabada en una etiqueta adherida en el instrumento.
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.
- (*) Código asignado por AG4 INGENIERÍA & METROLOGÍA S.R.L.



Luigi Asenjo G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERÍA Y METROLOGÍA S.R.L.

01 622 5224

997 045 343
961 739 849
955 851 191ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com

www.ag4ingenieria.com

LABORATORIO DE METROLOGÍA



AG4

INGENIERÍA & METROLOGÍA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CT-132-2023

Página 2 de 5

Condiciones Ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22.3	22.8
Humedad (%)	54	56

Resultados de la calibración:

CALIBRACION PARA 110 °C ± 5 °C

TIEMPO (min.)	T ind. (°C) Termómetro del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom. (°C)	Tmax-Tmin (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110	113.9	118.0	115.8	113.5	113.9	114.7	114.8	114.8	114.7	113.8	114.8	4.5
02	110	114.1	117.9	115.8	113.7	114.1	115.1	114.4	114.8	114.8	113.7	114.8	4.2
04	110	114.0	117.8	115.7	113.7	114.1	115.0	114.4	114.9	114.6	113.8	114.8	4.1
06	110	114.1	117.7	115.6	113.6	114.1	114.9	114.6	115.0	114.7	113.7	114.8	4.1
08	110	114.0	117.8	115.7	113.7	114.0	115.0	114.7	115.1	114.8	113.7	114.9	4.1
10	110	113.9	117.9	115.6	113.7	113.9	115.1	114.2	115.3	114.9	113.6	114.8	4.3
12	110	114.1	117.8	115.6	113.6	113.9	115.0	114.9	115.2	114.9	113.6	114.9	4.2
14	110	113.9	117.7	115.9	113.8	114.0	115.1	114.4	115.1	115.0	113.4	114.8	4.3
16	110	113.9	118.0	115.8	113.8	114.1	115.1	114.6	115.0	114.9	113.4	114.9	4.6
18	110	114.2	118.1	116.0	113.9	113.9	115.2	114.4	115.0	114.7	113.4	114.9	4.7
20	110	114.1	117.9	115.8	113.5	114.0	115.1	114.7	115.1	114.7	114.0	114.9	4.4
22	110	114.2	117.8	115.8	113.7	114.0	115.0	114.8	115.1	114.6	113.9	114.9	4.1
24	110	114.1	117.8	115.7	113.7	114.1	115.0	114.9	114.9	114.7	113.8	114.9	4.1
26	110	113.9	117.7	115.6	113.6	114.0	114.9	114.8	114.9	114.6	113.8	114.8	4.1
28	110	114.0	117.8	115.5	113.7	114.1	115.0	114.8	114.8	114.8	113.8	114.8	3.9
30	110	114.1	117.7	115.6	113.7	114.1	115.1	114.2	114.8	114.9	113.8	114.8	4.0
32	110	113.8	117.8	115.8	113.8	114.0	115.0	114.9	114.8	114.9	113.8	114.8	4.0
34	110	113.8	117.7	115.9	113.8	114.0	115.0	114.4	114.9	115.0	113.7	114.8	4.0
36	110	113.9	118.0	115.8	113.6	114.1	114.9	114.6	114.9	114.9	113.7	114.9	4.3
38	110	114.0	118.1	115.7	113.9	114.1	115.0	114.4	114.9	114.7	113.7	114.9	4.4
40	110	114.1	117.8	115.6	113.5	114.0	115.0	114.6	114.6	115.0	114.1	114.8	4.1
42	110	114.1	117.8	115.8	113.7	114.0	115.1	114.6	114.8	114.9	114.0	114.9	4.1
44	110	114.1	117.7	115.9	113.7	114.0	115.0	114.7	114.6	114.9	113.9	114.9	4.0
46	110	114.0	117.5	115.6	113.6	113.7	114.9	114.7	114.8	115.1	114.2	114.8	3.9
48	110	114.0	117.5	115.6	113.7	113.6	115.0	114.7	114.6	115.3	114.4	114.9	3.8
50	110	113.9	117.6	115.8	113.7	113.9	115.0	114.2	114.7	114.9	114.1	114.8	3.9
52	110	113.9	117.7	115.8	113.8	114.0	115.0	114.9	114.8	114.9	114.0	114.9	3.9
54	110	113.9	117.8	115.7	113.8	114.0	114.9	114.4	114.7	115.0	114.0	114.8	4.0
56	110	114.0	118.0	115.7	113.8	113.7	114.9	114.6	114.6	114.9	113.9	114.8	4.3
58	110	113.9	118.1	115.6	113.9	113.8	115.1	114.4	114.6	114.7	113.9	114.8	4.3
60	110	114.0	117.9	115.5	113.7	113.9	115.1	114.6	114.6	114.8	114.0	114.8	4.2
T.PROM	110	114.0	117.8	115.7	113.7	114.0	115.0	114.6	114.8	114.8	113.8	114.8	
T.MAX	110	114.2	118.1	116.0	113.9	114.1	115.2	114.9	115.3	115.3	114.4		
T.MIN	110	113.8	117.5	115.5	113.5	113.7	114.7	114.2	114.6	114.8	113.4		



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERÍA Y METROLOGÍA S.R.L.

01 622 5224

997 045 343
961 739 849
955 851 191ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com

www.ag4ingenieria.com

LABORATORIO DE METROLOGÍA



AG4

INGENIERÍA & METROLOGÍA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CT-132-2023

Página 3 de 5

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrón de referencia Nacional	Termómetro de indicación Digital con sensores	CTM-001-2023
Patrón de referencia Nacional	Termómetro de indicación digital	T-1174-2023

PARÁMETRO	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	118.1	0.3
Minima Temperatura Medida	113.4	0.3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	4.1	0.3
Estabilidad	± 0.50	0.04
Uniformidad	4.7	0.3

T.PROM.: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

T.prom.: Promedio de la temperatura en las 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 esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas 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 isoterma: 0.5 °C

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 $\pm 1/2$ máx. DTT.



Luigi Ajenio G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERÍA Y METROLOGÍA S.R.L.

01 622 5224

997 045 343
961 739 849
955 851 191

ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com

www.ag4ingenieria.com

LABORATORIO DE METROLOGÍA

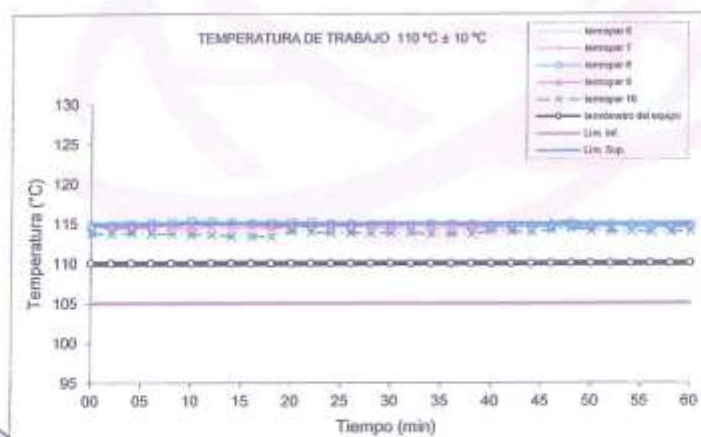
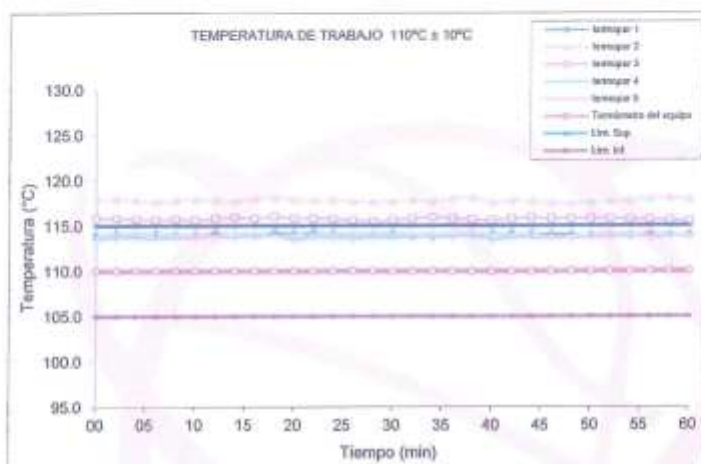


AG4

INGENIERÍA & METROLOGÍA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CT-132-2023

Página 4 de 5



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERÍA Y METROLOGÍA S.R.L.

01 622 5224

997 045 343
961 739 849
955 851 191ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com

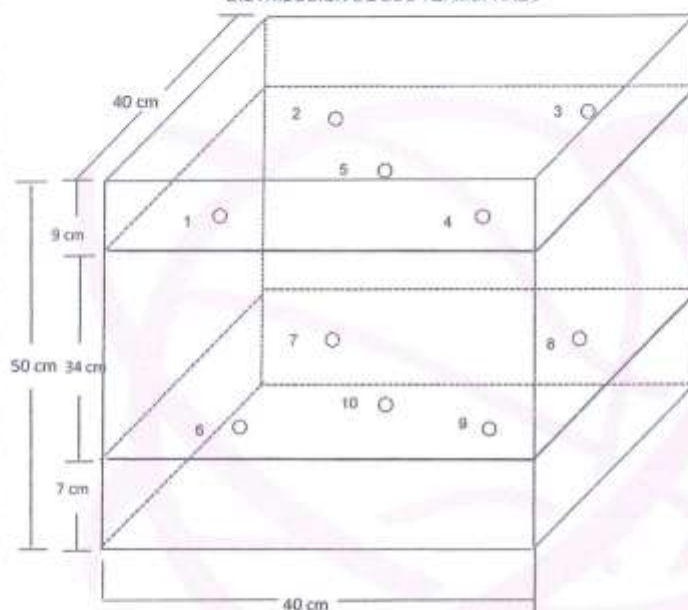
www.ag4ingenieria.com

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4
INGENIERÍA & METROLOGÍA S.R.L.CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CT-132-2023

Página 5 de 5

DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los termopares 5 y 10 están ubicados en el centro de los planos inferior y superior.

Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 10 están ubicados a 9 cm de las paredes laterales.

Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 10 están ubicados a 10 cm y a 12 cm respectivamente de la parte superior e inferior del horno tal como se muestra en el dibujo.



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERÍA Y METROLOGÍA S.R.L.

01 622 5224

997 045 343
961 739 849
955 851 191ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com

www.ag4ingenieria.com

Anexo 5: Panel Fotografico



Fotografía 01: Reconocimiento del tramo de estudio.



Fotografía 02: Ejecucion de las calicatas de evauacion.



Fotografía 02: Determinacion de la profundidad de excavación



Fotografía 04: Recojo de muestras de suelo.



Fotografía 05: Acondicionamiento de las muestras de suelo para traslado.



Fotografía 06: Ejecucion del ensayo CBR prog. 0+500



Fotografía 07: Ejecucion del ensayo CBR prog. 1+500



Fotografía 07: Ejecucion del ensayo CBR prog. 2+000