

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“Estabilización de suelos cohesivos con ceniza de cal para
carreteras no pavimentadas en la carretera departamental
Emp.Hu-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km
19+500 en la región Huánuco”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Santiago Barrera, Maryory Xiomara

ASESOR: Taboada Trujillo, William Paolo

HUÁNUCO – PERÚ

2026

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANCAYO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Geotecnia
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 72883055

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 40847625

Grado/Título: Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002-4594-1491

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
2	Malpartida Valderrama, Yenerit Pamela	Grado de magíster en medio ambiente y desarrollo sostenible mención en gestión ambiental	22516875	0000-0003-2705-4300
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en Ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:00 horas del día viernes 27 de febrero de 2026, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA	PRESIDENTE
❖ MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA	SECRETARIO
❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 0219-2026-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO" presentado por el (la) Bachiller. Bach: Maryory Xiomara SANTIAGO BARRERA, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

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

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) Aprobado por Mayoría con el calificativo cuantitativo de 11 y cualitativo de Suficiente (Art. 47).

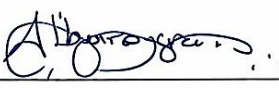
Siendo las 17:15 horas del día 27 del mes de febrero del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
DNI: 70502371
ORCID: 0000-0002-5650-3745
PRESIDENTE



MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA
DNI: 22516875
ORCID: 0000-0003-2705-4300
SECRETARIO (A)



MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA, de la investigación titulada "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA CARRETERA DEPARTAMENTAL EMP.HU-108 EN EL TRAMO DESDE EL KM 16+000 HASTA EL KM 19+500 EN LA REGIÓN HUÁNUCO", con asesor(a) WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2057-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 24 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

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

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

Huánuco, 31 de octubre de 2025



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



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

248. Maryory Xiomara Santiago Barrera.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%	25%	5%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	14%
2	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%



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



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

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mis padres Joel y Alicia, por su amor incondicional, por su respaldo en los momentos complicados, por proporcionarme los medios necesarios para continuar con mi formación académica y culminar con éxito mi carrera universitaria.

A mis hermanas, quienes han sido testigos de los enormes esfuerzos que realicé para alcanzar mis metas y por estar pendiente de mí en cada paso que doy en la vida.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría expresar mi gratitud a Dios, quien me brindo salud y fortaleza en el transcurso de toda mi carrera universitaria, a mis padres y hermanas, de quienes nunca me faltó apoyo incondicional en este camino largo.

A la Universidad de Huánuco, administrativos y docentes que la conforman, mi gratitud es con ellos por brindarme los conocimientos necesarios para la realización de esta tesis y por guiarnos en la senda adecuada de la investigación y la constancia.

Al laboratorio de suelos y concreto del Ingeniero Leónidas Villanueva Abal por la excelente atención de su personal y los equipos que me facilitaron. A los residentes de las áreas de colpa baja y asentamiento humano de las moras, les agradezco que me permitieran llevar a cabo las labores de extracción de calicatas.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I.....	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	16
1.3.OBJETIVO GENERAL.....	16
1.4.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.5.JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.6.LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.7.VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	18
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1.ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	19
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	21
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	23

2.2.BASES TEÓRICAS	26
2.2.1. SUELOS	26
2.2.2. CAMINOS DE ACCESO	27
2.2.3. SUBRASANTE.....	28
2.2.4. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS	28
2.2.5. CAL.....	29
2.2.6. ENSAYOS FUNDAMENTALES	31
2.3.DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	41
2.4.HIPÓTESIS	44
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	44
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	44
2.5.VARIABLES	45
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	45
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	45
2.6.OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	46
CAPÍTULO III.....	47
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
3.1.TIPO DE INVESTIGACIÓN	47
3.1.1. ENFOQUE	47
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	48
3.1.3. DISEÑO	48
3.2.POBLACIÓN Y MUESTRA.....	49
3.2.1. POBLACIÓN	49
3.2.2. MUESTRA	49
3.3.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS...	52
3.3.1. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	52
3.3.2. INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	52

3.3.3. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	55
3.3.4. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS ..	56
CAPÍTULO IV.....	60
RESULTADOS.....	60
4.1.PROCESAMIENTO DE DATOS.....	60
4.1.1. MATERIAL PROPIO	60
4.1.2. CENIZAS DE CAL	64
4.1.3. MATERIAL PROPIO + 10% DE CENIZA DE CAL	67
4.1.4. MATERIAL PROPIO + 20% DE CENIZA DE CAL	70
4.1.5. MATERIAL PROPIO + 30% DE CENIZA DE CAL	73
4.2.ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	76
4.2.1. ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD	76
4.2.2. ANÁLISIS DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR	77
4.3.CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	78
CAPÍTULO V.....	86
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	86
5.1.CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	86
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES.....	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Categorías de la Subrasante.....	28
Tabla 2 Clasificación de suelos en función del tamaño de las partículas	32
Tabla 3 Serie de mallas para tamices.....	32
Tabla 4 Clasificación de suelos según el índice de Plasticidad	34
Tabla 5 Clasificación de suelos según el Índice de Grupo.....	36
Tabla 6 Correlación de tipos de suelos ASHTO - SUCS	37
Tabla 7 Prefijos y sufijos de SUCS	38
Tabla 8 Nombres típicos de los materiales SUCS	38
Tabla 9 Operacionalización de Variables.....	46
Tabla 10 Número de muestras.....	50
Tabla 11 Número de calicatas para exploración de suelos.....	51
Tabla 12 Ensayo de análisis granulométrico del material proveniente de las calicatas N° 01, N° 02 y N° 03	60
Tabla 13 Límites de Atterberg del material proveniente de las calicatas N° 01, N° 02 y N° 03	62
Tabla 14 Límites de Atterberg del material con ceniza de cal correspondiente a las muestras N° 01 y N° 02.....	65
Tabla 15 Límites de Atterberg, Muestra N° 01, N° 02 y N° 03: MP + 10% de ceniza de cal.....	67
Tabla 16 Límites de Atterberg, Muestra N° 01, N° 02 y N° 03: MP + 20% de ceniza de cal.....	70
Tabla 17 Límites de Atterberg, Muestra N° 01, N° 02 y N° 03: MP + 30% de ceniza de cal.....	73
Tabla 18 Prueba de normalidad del Índice de plasticidad de los suelos.....	79
Tabla 19 Prueba de homogeneidad de varianzas del Índice de plasticidad de los suelos.....	79
Tabla 20 Prueba ANOVA del Índice de plasticidad de los suelos.....	80

Tabla 21 Comparaciones múltiples de la prueba HSD Tukey del Cu de los suelos	81
Tabla 22 Prueba de normalidad del CBR de los suelos.....	82
Tabla 23 Prueba de homogeneidad de varianzas del valor relativo de soporte CBR	82
Tabla 24 Prueba ANOVA del Índice de plasticidad de los suelos	83
Tabla 25 Comparaciones múltiples de la prueba HSD Tukey del Cu de los suelos	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Carta de plasticidad	35
Figura 2 Índice de Grupo	36
Figura 3 Carta de Plasticidad Ilustrada para suelos cohesivos.....	39
Figura 4 Gráfica de la curva contenido de humedad óptimo – densidad máxima	40
Figura 5 Formato para ensayo de granulometría.....	53
Figura 6 Formato para ensayo de Límites de Atterberg.....	54
Figura 7 Formato para ensayo de Proctor Modificado	54
Figura 8 Formato para ensayo de CBR	55
Figura 9 Curva de distribución granulométrico correspondiente a la Calicata N° 01 material propio	61
Figura 10 Curva de distribución granulométrico correspondiente a la Calicata N° 02 material propio	61
Figura 11 Curva de distribución granulométrico correspondiente a la Calicata N° 03 material propio	61
Figura 12 Representación de CBR material propio calicata N° 01	63
Figura 13 Representación de CBR material propio calicata N° 02	63
Figura 14 Representación de CBR material propio calicata N° 03	64
Figura 15 Gráfico del CBR correspondiente a la muestra N° 01 con adición de ceniza de cal	66
Figura 16 Gráfico del CBR correspondiente a la muestra N° 02 con adición de ceniza de cal	66
Figura 17 Representación de CBR, Muestra N° 01: MP + 10% de ceniza de cal	68
Figura 18 Representación de CBR, Muestra N° 02: MP + 10% de ceniza de cal	69
Figura 19 Representación de CBR, Muestra N° 03: MP + 10% de ceniza de cal	69

Figura 20 Gráfico de CBR, Muestra N° 01: MP + 20% de ceniza de cal	71
Figura 21 Representación de CBR, Muestra N° 02: MP + 20% de ceniza de cal	72
Figura 22 Representación de CBR, Muestra N° 03: MP + 20% de ceniza de cal	72
Figura 23 Representación de CBR, Muestra N° 01: MP + 30% de ceniza de cal	74
Figura 24 Representación de CBR, Muestra N° 02: MP + 30% de ceniza de cal	75
Figura 25 Representación de CBR, Muestra N° 03: MP + 30% de ceniza de cal	75
Figura 26 Índices de plasticidad.....	76
Figura 27 Valores relativos de soporte CBR.....	77

RESUMEN

La investigación titulada “Estabilización de suelos cohesivos con ceniza de cal para carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP.HU-108, en el tramo comprendido entre el km 16+000 y el km 19+500 en la región Huánuco” tiene el propósito principal de evaluar la estabilización de suelos cohesivos mediante la incorporación de ceniza de cal en vías no pavimentadas de la región. En este contexto, y tras el análisis de la variable independiente y la variable dependiente, se formuló el problema general en los siguientes términos: ¿Cuál es el nivel de estabilización que alcanzan los suelos cohesivos al incorporar ceniza de cal en la construcción de carreteras no pavimentadas en la región Huánuco? En correspondencia, se estableció la hipótesis general, la cual sostiene que la incorporación de ceniza de cal mejora significativamente la estabilización de los suelos cohesivos empleados en carreteras no pavimentadas de la región Huánuco.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque experimental y aplicado, empleando un suelo con elevado contenido de arcilla al cual se le incorporaron porcentajes de ceniza de cal del 10%, 20% y 30%, con el fin de evaluar su desempeño y verificar el cumplimiento de la calidad exigida para su utilización como material de afirmado en vías no pavimentadas.

Los resultados obtenidos evidencian que las proporciones de 20% y 30% de ceniza de cal son las más adecuadas para lograr una estabilización efectiva del material que presenta un elevado porcentaje de arcilla. Estas adiciones permitieron alcanzar suelos con una adecuada gradación, índices de plasticidad reducidos al 9% y 8%, y valores de CBR comprendidos entre 57.80%, 59.50%, 58.20%, 64.70%, 68.41% y 68.43%. Dichos resultados se ajustan a los estándares de calidad establecidos en el Manual de Especificaciones Técnicas para Carreteras EG (2013).

Palabras clave: Estabilización, suelos cohesivos, ceniza de cal, índice de plasticidad, CBR.

ABSTRACT

The research titled “Stabilization of Cohesive Soils with Lime Ash for Unpaved Roads on the Departmental Highway EMP.HU-108, in the Section between km 16+000 and km 19+500 in the Huánuco Region” aims to evaluate the stabilization of cohesive soils through the incorporation of lime ash in unpaved roads within the region. In this context, and after analyzing the independent and dependent variables, the main research question was formulated as follows: What is the level of stabilization achieved by cohesive soils when lime ash is incorporated in the construction of unpaved roads in the Huánuco region?

Accordingly, the general hypothesis states that the incorporation of lime ash significantly improves the stabilization of cohesive soils used in unpaved roads in the Huánuco region.

The study followed an experimental and applied approach, using a soil with a high clay content, to which lime ash was added in proportions of 10%, 20%, and 30% in order to assess its performance and verify compliance with the quality requirements for its use as a sub-base material in unpaved roads.

The results show that the 20% and 30% lime ash proportions are the most suitable for achieving effective stabilization of the material with a high clay content. These additions produced soils with proper gradation, plasticity indices reduced to 9% and 8%, and CBR values ranging from 57.80%, 59.50%, 58.20%, 64.70%, 68.41%, and 68.43%. These results meet the quality standards established in the Technical Specifications Manual for Roads EG (2013).

Keywords: Stabilization, cohesive soils, lime ash, plasticity index, CBR.

INTRODUCCIÓN

En el Perú, una gran parte de las vías de comunicación, especialmente en las regiones altoandinas como Huánuco, se encuentran en condición no pavimentada. Estas vías, fundamentales para el desarrollo económico y social de las poblaciones rurales, enfrentan severos problemas de transitabilidad, particularmente en temporadas de lluvia. La abundante presencia de suelos cohesivos con un elevado contenido de arcilla y bajo soporte estructural, se traduce en deformaciones, erosiones y lodazales, que limitan la conectividad y aumentan los costos de mantenimiento y transporte.

Para enfrentar esta problemática tenemos que encontrar soluciones técnicas viables, económicas y sostenibles para mejorar las características de los suelos utilizados en las capas de afirmado. La estabilización de suelos mediante la adición de materiales alternativos, como la ceniza de cal que es un residuo comúnmente disponible en muchas localidades rurales y representa una alternativa prometedora. Esta técnica no solo permite mejorar parámetros como el índice de plasticidad y la capacidad de soporte (CBR), sino que también contribuye al aprovechamiento de residuos sólidos, promoviendo un enfoque ambientalmente responsable.

La presente investigación se centra en evaluar el efecto de la adición de ceniza de cal en diferentes proporciones (10%, 20% y 30%) sobre suelos cohesivos representativos en la carretera departamental Emp.HU-108 (Huánuco), con el fin de determinar el nivel de mejora que puede alcanzarse para su uso en carreteras no pavimentadas. Realizando ensayos, se analizan las variaciones en las características físicas y mecánicas del terreno, contrastando los resultados obtenidos con los estándares establecidos por el Manual de Especificaciones Técnicas para Carreteras (EG, 2013).

Esta investigación contribuye con evidencia científica sobre una técnica de estabilización accesible y eficiente, con potencial de aplicación en múltiples zonas rurales del país. Asimismo, promueve el desarrollo de infraestructura vial más duradera y funcional, mejorando la calidad de vida de las comunidades beneficiadas y reduciendo los impactos negativos asociados a la transitabilidad deficiente.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el ámbito internacional, la estabilización de suelos cohesivos con insumos alternativos como la ceniza de cal ha cobrado una creciente importancia, especialmente en países con recursos limitados para la construcción de infraestructura vial. Investigaciones desarrolladas en Asia, África y América Latina han demostrado que este tipo de residuos industriales o subproductos pueden mejorar significativamente las propiedades de los suelos arcillosos, como la plasticidad, la resistencia al corte y la capacidad de soporte. Por ejemplo, Modak et al. (2020) demostraron que la adición de ceniza de cal a suelos expansivos redujo la plasticidad y aumentó el valor del CBR en un 65%. Asimismo, Omoniyi y Akinwumi (2019) encontraron que la mezcla de cenizas residuales con suelos lateríticos mejora las propiedades del suelo. Del mismo modo, Arora y Ayyappan (2018) analizaron la estabilización de suelos arcillosos con diversos residuos industriales, entre ellos la ceniza de cal, logrando mejoras considerables en la resistencia al corte y disminución de la expansividad del suelo. Por su parte, Rahman et al. (2021) destacaron que el uso de residuos como cenizas en caminos no pavimentados permite no solo mejorar la infraestructura vial rural sino también reducir el impacto ambiental, al reutilizar subproductos que de otro modo serían descartados. Todo esto demuestra que, en distintos contextos internacionales, la estabilización de suelos cohesivos con ceniza de cal constituye una solución viable, económica y ecológica.

En el contexto nacional, el Perú enfrenta grandes desafíos respecto a la conservación y transitabilidad de su red vial no pavimentada, especialmente en zonas de geografía accidentada y suelos cohesivos de baja calidad. Más del 70% de las vías departamentales presentan deficiencias estructurales, siendo las regiones andinas las más afectadas (MTC, 2022). Diversos estudios han evidenciado que la utilización de aditivos como la cal y las cenizas constituye una alternativa técnica efectiva para optimizar el desempeño mecánico de los suelos arcillosos peruanos. Por ejemplo, Vera y Zambrano (2019) demostraron que la incorporación de cenizas industriales en

suelos de la sierra central del país mejoró su CBR en más del 50%, validando su uso en caminos rurales con bajo tránsito. Asimismo, Huamán y Jara (2021) realizaron ensayos con mezclas de cal y cenizas volcánicas, comprobando mejoras en la resistencia a la compresión no confinada de suelos arcillosos de Ayacucho, lo que indica el potencial de estas técnicas para mejorar la infraestructura vial rural del país.

En el ámbito local, la región Huánuco presenta condiciones geotécnicas complejas debido a la predominancia de suelos cohesivos con baja capacidad portante, los cuales afectan negativamente la estabilidad y transitabilidad de las carreteras no pavimentadas. Desde el km 16+000 y el km 19+500 de la carretera EMP.HU-108, se ve afectado recurrentemente por la pérdida de soporte estructural del suelo, especialmente en épocas de lluvia, generando deterioros que comprometen el acceso de las comunidades rurales. Provias Nacional (2019) indica que la región Huánuco cuenta con 409 rutas departamentales, de los cuales la ruta denominada Emp.HU-108 (Huánuco) presentando una extensión total de 42 km a nivel de afirmado, en los cuales se distinguen diversos tipos de materiales de capa de rodadura, así como sectores con condiciones funcionales. En la sección que comprende los centros poblados de Colpa Baja, Las Moras y la ciudad de Huánuco, se identificaron fallas asociadas a procesos de deformación, erosión y lodazales, fenómenos que se manifiestan principalmente debido a las precipitaciones pluviales recurrentes durante la temporada de invierno.

Teniendo en cuenta que el material de base o afirmado ubicado en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 de la carretera departamental EMP.HU-108 es un material propio de la región con un elevado índice de plasticidad, es necesario incrementar su calidad. Este estudio trata la mezcla de ceniza de cal con el material base, el cual se deriva del residuo de la calcinación de los hornos de cal situados en la localidad de Sacra Familia. El material tiene un índice de plasticidad igual a cero, debido a deriva de rocas calizas y de cantos rodados, componente esencial en la producción de cal. Este material se caracteriza por ser un insumo estabilizante terrenos con alta concentración de arcillas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál será el nivel de estabilización de suelos cohesivos con la adición de ceniza de cal para carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP HU-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 en la región Huánuco?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

a) Problema Específico N°01

¿En qué medida los suelos cohesivos con la adición de ceniza de cal en las proporciones de 10%, 20% y 30% mejora el índice de plasticidad del suelo para carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP HU-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 en la región Huánuco?

b) Problema Específico N°02

¿En qué medida los suelos cohesivos con la adición de ceniza de cal en las proporciones de 10%, 20% y 30% incrementa el valor relativo de soporte CBR del suelo para carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP HU-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 en la región Huánuco?

1.3. OBJETIVO GENERAL

Realizar la estabilización de suelos cohesivos con la adición de ceniza de cal para carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP HU-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 en la región Huánuco.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Objetivo específico N°01

Realizar la estabilización de los suelos cohesivos con la adición de ceniza de cal en las proporciones de 10%, 20% y 30% mejorando el índice de plasticidad del suelo para carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP HU-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 en la región Huánuco.

b) Objetivo específico N°02

Realizar la estabilización de los suelos cohesivos con la adición de ceniza de cal en las proporciones de 10%, 20% y 30% incrementando el valor relativo de soporte CBR del suelo para carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP HU-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 en la región Huánuco.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Las vías no pavimentadas cuentan con una superficie de rodaje ubicada al nivel de la subrasante y/o del afirmado, los materiales de esta capa tienden a mostrar defectos y deterioro durante su vida útil. En tal sentido, resulta necesario mejorar estos suelos in situ mediante la incorporación o combinación de materiales locales disponibles en las zonas a intervenir, dado que la colocación de una reciente capa de afirmación implica costos de intervención más altos.

Las comunidades ubicadas en las áreas aledañas a estas vías enfrentan limitaciones en el desarrollo de sus actividades económicas, ya que los caminos de comunicación muestran con frecuencia fallas estructurales y lodazales, lo que dificulta la movilidad de personas y el transporte de mercancías.

En este contexto, optimizar la calidad del afirmado proveniente de suelos con elevado nivel de presencia de partículas arcillosas y la resistencia del terreno para soportar cargas reducida (CBR) es factible mediante la adición de distintos materiales, de acuerdo con las necesidades detectadas y los resultados obtenidos en ensayos como granulometría, índice de plasticidad y CBR. Bajo esta perspectiva, la ceniza constituye un insumo adecuado para mejorar los parámetros de calidad, dado que presenta plasticidad igual a cero (0) y, además, se trata de un residuo generado en los hogares de las localidades beneficiarias de dichas vías.

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La resistencia de los suelos arcillosos es baja debido a su granulometría fina, y la variabilidad de sus características físicas es elevada. Por este motivo,

resulta necesario incorporar partículas de mayor tamaño con el fin de incrementar su estabilidad física y mejorar sus características mecánicas.

JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El uso de ceniza de cal para estabilizar suelos representa una alternativa práctica y factible para optimizar las condiciones de transitabilidad en carreteras no pavimentadas, especialmente en regiones con alta presencia de suelos cohesivos como Huánuco. La ceniza de cal, al ser un subproducto fácilmente disponible y de bajo costo, puede ser utilizada como aditivo para modificar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, disminuyendo la plasticidad y aumentando la capacidad de soporte (CBR).

JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La investigación se enmarca en los métodos de indagación y en la validación del conocimiento mediante el proceso de contrastación o falsación.

JUSTIFICACIÓN SOCIAL

El aprovechamiento de los residuos generados en los hogares beneficiarios permitirá la estabilización de las vías de comunicación destinadas al uso de los habitantes.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En el desarrollo del presente estudio de investigación se identificó la siguiente limitación:

- Factores climáticos.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Durante el desarrollo del presente estudio se identificó las siguientes viabilidades:

- Se obtuvo amplia información sobre el tema en estudio.
- Se trabajó con manuales referente a la estabilización de suelos
- Se contó con los recursos humanos, materiales y financieros.
- Se estudió los amplios antecedentes sobre el tema en estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Duque et al. (2019) llevaron a cabo la investigación “Mejoramiento de subrasante en vías de tercer orden” como requisito para optar al título de Ingeniero Civil en la Universidad Libre, Seccional Pereira, Colombia, buscando optimizar las condiciones de la subrasante del camino Llano Grande mediante la adición de cemento, bajo un enfoque cuantitativo. El estudio consideró como muestras cuatro estratos denominados A, B, C y D, ubicados por toda la vereda Llano Grande. Los valores logrados en los ensayos de caracterización inicial fueron los siguientes: para la muestra A (Km 0+400) se registró un contenido de humedad del 76%, un límite líquido de 91.48%, un límite plástico de 83.33% y un índice de plasticidad de 8.15%; mientras que para la muestra B (Km 0+600) el valor del contenido de humedad es 71.37%, un límite plástico del 84.45%, un límite líquido del 88.72% y un índice de plasticidad del 4.27%; para la muestra C (Km 0+600), una plasticidad de 6.72%, un contenido de humedad del 45.28%, un límite plástico del 54.36% y un límite líquido del 61.08%; y para la muestra D (Km 0+800), un índice de plasticidad de 18.29%, un límite plástico de 44.05%, un límite líquido de 62.34% y una humedad del 38.11%. Posteriormente, se incorporaron porcentajes de 5%, 7% y 13% de cemento, lográndose una reducción del contenido de humedad del 45% en la muestra A, del 40% en la muestra B, y del 30% en las muestras C y D. En términos de resistencia, los valores alcanzados al 13% de adición de cemento fueron de 28,623.690 kg/m² para la muestra A; 19,618.016 kg/m² para la muestra B; 149,710.026 kg/m² para la muestra C; y 96,306.883 kg/m² para la muestra D. Se concluye que la adición del 13% de cemento en las muestras analizadas permite estabilizar adecuadamente la subrasante de la vía Llano Grande.

Ochoa (2019) llevó a cabo una investigación como condición para conseguir el título de Ingeniería Civil en Infraestructura en la Universidad

Federal de Integración Latinoamericana de Foz do Iguaçu – Brasil, titulada “Estudio experimental sobre la estabilización de una subrasante limo-arcillosa con RCD-concreto fino (partículas < 2 mm) utilizándolos en pavimentos”. El propósito principal fue evaluar el uso de los residuos de construcción y demolición (RCD) como opción para la estabilización de una subrasante. La investigación fue de naturaleza experimental y tuvo un enfoque cuantitativo. Se emplearon cinco muestras de ensayo con adiciones de RCD en proporciones de 0%, 20%, 40%, 60% y 100%, registrándose los resultados posteriores: en el ensayo de límite líquido, se lograron los siguientes porcentajes: al 0%, un 46.22%; al 20%, un 35.82%; y al 40%, un 24.67%. No se registraron valores a los niveles del 60% y del 100%. En el límite plástico, se obtuvo un 27.40% al 0%, un 22.94% al 20% y un 19.43% al 40%; no hubo resultados para los niveles del 60% y el 100%. En relación con el índice de plasticidad, se registró un 18.82% al 0%, un 12.88% al 20%, un 5.24% al 40%, y no hubo registros al 60% ni al 100%. La categorización de los suelos según SUCS y AASHTO fue: al 0%, CL y A-7-6 (13); al 20%, CL y A-6 (7); al 40%, SC-SM y A-4 (3); al 60%, SM y A-2-4 (0); y finalmente, al 100%, SP y A-3 (0). En términos de la humedad ideal, se registró un 28.41% al 0%, un 20.60% al 20%, un 18.60% al 40% y un 16.70% al 60%. El contenido de humedad fue de 20.68% al 0%, 18.95% al 20%, 21.58% al 40% y 14.04% al 60%. Finalmente, los valores de CBR fueron de 1.8% al 0%, 11.6% al 20%, 21.3% al 40% y 31.6% al 60%. Para resumir, la cantidad ideal de RCD para estabilizar la subrasante en pavimentos es del 60%.

Ramos y Lozano (2019) desarrolló una investigación titulada “Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos”, presentada como tesis para conseguir la licenciatura de Ingeniero Civil en la Universidad Católica de Colombia, que se propuso comprobar cómo el empleo de cal y cenizas de carbón puede optimizar las características de un suelo. La investigación fue de carácter experimental, empleando cinco muestras: una correspondiente al suelo natural (S100) y cuatro experimentales (S60-C40, S80-C20, S90-C1 0, S60-CCM40, S80-CCM20 y S90-CCM1 0). Los resultados alcanzados se presentan a continuación: en el ensayo de peso unitario seco máximo, en la muestra

S100 se registró 1.81%, en S60-C40 un 1.76%, en S80-C20 un 1.73%, en S90-C1 0 un 1.745%, en S60-CCM40 un 1.61%, en S80-CCM20 un 1.74% y en S90-CCM1 0 un 1.78%. Respecto a la humedad óptima, S100 presentó 22.59%, S60-C40 un 32%, S80-C20 un 35%, S90-C1 0 un 37%, S60-CCM40 un 26%, S80-CCM20 un 27% y S90-CCM1 0 un 28%. Finalmente, en el análisis de pH, S100 registró un valor de 12.48, S60-C40 un 12.41, S80-C20 un 11.44, S90-C1 0 un 6.29, S60-CCM40 un 6.27, S80-CCM20 un 6.26 y S90-CCM1 0 un 5.51. En conclusión, las mezclas más eficientes para la estabilización de la subrasante fueron el material natural al 90% con 10% de cal (S90-C1 0) y la mezcla de 60% de material natural con 40% de cal y caolín (S60-CCM40).

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Pareja (2022) llevó a cabo la investigación titulada “Estabilización de subrasante con adición de ceniza Schinus molle en la trocha carrozable Yanakillca, Provincia Antabamba, Apurímac-2022”, presentada como tesis para la obtención del título de Ingeniera Civil en la Universidad César Vallejo. El objetivo principal fue analizar la influencia de la ceniza de Schinus molle como aditivo estabilizador de una subrasante. El estudio se desarrolló bajo un enfoque descriptivo–experimental, donde se usó una muestra patrón y mezclas con adiciones de 3%, 5%, 7%, 10% y 13%. A estas muestras se les aplicaron diversos ensayos, obteniéndose los siguientes resultados: máxima densidad seca de 1.987 g/cm³, 2.068 g/cm³, 2.072 g/cm³, 2.086 g/cm³, 2.091 g/cm³ y 2.100 g/cm³; contenido de humedad de 1.888%, 11.67%, 12.20%, 13.02%, 14.36% y 14.60%; límite líquido de 31.6%, 31.1%, 27.5%, 32.4%, 30.7% y 36.8%; límite plástico de 22.5%, 19.6%, 18.5%, 20.8%, 21.2% y 28.1%; índice de plasticidad de 9.1%, 11.5%, 9%, 11.6%, 9.5% y 8.7%; y valores de CBR de 1.888%, 11.70%, 12.70%, 13.30%, 16.40% y 22.50%. En conclusión, mezclando con el 13% de ceniza de Schinus molle resultó ser la más adecuada para estabilizar el terreno, mejorando significativamente sus propiedades mecánicas y de soporte.

Albornoz (2022) realizó una investigación para conseguir el título de Ingeniera Civil en la Universidad César Vallejo, titulada “Propuesta de

estabilización de capa subrasante para mejorar el comportamiento de suelos, trocha carrozable Matcor - Independencia - Huaraz - Áncash – 2021”. Se utilizó un método experimental cuantitativo con el propósito esencial de estabilizar el terreno en la trocha Matcor. Se llevaron a cabo dos calicatas en el tramo de 1 km de vía comprendido entre Matcor y el río Rocchac. Los resultados que se obtuvieron fueron estos: la calicata 1 mostró un contenido de humedad del 4.52%, el límite plástico del 18.18%, el límite líquido del 30.80% y un índice de plasticidad del 12.62%. Según SUCS, se clasificó como SC, con una densidad máxima seca de 2.051 g/cm³, humedad óptima de 10.60% y un CBR al 100% de 19.8. En la calicata 2 se registraron los siguientes valores: 7.74% de humedad, 29.46% de límite líquido, 26.85% de límite plástico y 2.61% de índice de plasticidad. Este suelo se clasificó como SM (SUCS), con una densidad máxima de 1.980 g/cm³, humedad óptima de 11.10% y un CBR al 100% de 36.39. Posteriormente, a ambas muestras se les incorporaron adiciones de 10%, 15% y 20% de cal, así como mezclas equitativas de cal y cemento en proporciones de 5%, 7.5% y 10%. Los resultados evidenciaron que la combinación de 10% de cal y 10% de cemento fue la más efectiva para la estabilización de la subrasante. En la calicata 1, las propiedades que mejoraron fueron: el límite plástico (26.85%), el límite líquido (29.01%), el índice de plasticidad (2.16%), la humedad óptima (7.30%), la densidad máxima (2.136 g/cm³), el contenido de humedad (4.26%) y el CBR (51.9%). En la calicata 2, al agregar lo mismo, se determinó un CBR de 55.2%, una humedad óptima de 8.83%, un contenido de humedad del 7.49%, un límite líquido del 29.89%, un límite plástico del 27.78% y un índice de plasticidad de 2.11%. La densidad máxima fue de 2.154 g/cm³. Para concluir, la combinación de 10% de cal y 10% de cemento demostró ser apropiada para optimizar el comportamiento del terreno en la trocha Matcor.

Alva (2021) presentó la tesis titulada “Estabilización de subrasantes blandas con agregados binarios en trochas carrozables, carretera Sandia – Yanahuaya, Puno 2021” para la obtención del título de Ingeniero Civil en la Universidad César Vallejo. El propósito fundamental fue mejorar el terreno en la carretera Sandia utilizando insumos

obtenidos de una cantera con agregados de cerro (CA) y de otra cantera que contiene agregados fluviales (CB). La investigación tuvo un enfoque aplicado, un nivel explicativo y se desarrolló bajo un diseño experimental. Se llevó a cabo un muestreo en una sección de 1 km de la carretera Sandia, que va desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 1+000. En esta área se hicieron tres calicatas. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: 26.83% fue el promedio de humedad, 5% el CBR promedio, 1.407 g/cm³ la densidad máxima media y 7500 psi el módulo de resiliencia para el suelo natural. Se alcanzó una densidad máxima media de 1.520 g/cm³, un contenido de humedad del 23.31%, un CBR medio del 11.23% y un módulo de resiliencia de 14,450 psi con la mezcla de tierra natural + el 10% de CA + el 20% de CB. Para la dosificación de tierra natural + 15 % de CA + 15 % de CB, se anotó un CBR promedio del 14.77 %, una humedad del 23.55 %, una densidad máxima media de 1.510 g/cm³ y un módulo de resiliencia de 17,264.79 psi. Por último, en la dosificación de suelo natural + 20% de CA + 10% de CB, se logró un contenido de humedad del 24.33%, una densidad máxima promedio de 1.550 g/cm³, un CBR promedio del 7.47% y un módulo de resiliencia de 11,205 psi. Para resumir, la combinación experimental de suelo natural + 20% de CA + 10% de CB hizo posible que aumentara la densidad máxima de la subrasante (1.550 g/cm³), mientras que el compuesto de suelo natural + 15% de CA + 15% de CB presentó los resultados más positivos en lo concerniente a CBR (14.77%) y módulo resiliencia (17,264.79 psi).

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Jesús (2022) desarrolló la investigación titulada “Estabilización de suelos de fundación arcillosa con extracto de Schinus molle para subrasante, km 26+800 carretera Huánuco – Punto Unión, 2021”, presentada como tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Este estudio aborda la problemática de la construcción de carreteras, proponiendo una alternativa tecnológica para la estabilización de suelos deficientes, los cuales se caracterizan por poseer baja resistencia (CBR reducido) y altos

porcentajes de expansión. La propuesta consiste en emplear el propio suelo de baja calidad, que usualmente no cumple los estándares normativos, y mejorarlo mediante el uso de extracto de *Schinus molle* como agente estabilizador, evitando así el reemplazo total del material por otro más adecuado. El objetivo principal fue optimizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso que, en condiciones naturales, no es apto para su utilización en carreteras. Se realizaron los ensayos correspondientes al suelo natural y a las muestras tratadas con extracto de *Schinus molle*, siguiendo las especificaciones establecidas en el Manual de Ensayos de Carreteras. Los resultados evidenciaron que la aplicación del extracto vegetal mejora determinadas propiedades físicas y mecánicas, destacándose especialmente la reducción significativa de la expansión del suelo tratado.

Laos (2022) llevó a cabo la investigación titulada “Efectos de la ceniza de biomasa de palma aceitera en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante, Huánuco 2022”, presentada como tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. El propósito del estudio fue examinar el aumento de las características físicas y mecánicas de las muestras de suelo arcilloso, añadiendo ceniza de biomasa proveniente de palma aceitera para su uso en capas subrasantes. La ceniza que se empleó fue adquirida de la refinería Palmas de Espino, ubicada en Palmawasi (San Martín). Se examinaron cuatro tratamientos con adiciones de ceniza de biomasa del 0%, 15%, 20% y 25%, analizando la plasticidad (límites de Atterberg), la densidad (máxima seca y contenido óptimo de humedad) y la capacidad de soporte (CBR). Los hallazgos mostraron cambios relevantes: la capacidad de soporte aumentó del 1.53 % al 22.57 %, lo que implicó una transición de un terreno malo a otra de mejor calidad, el cual se multiplicó por catorce respecto a su valor inicial. En cuanto a la densidad máxima seca, esta disminuyó de 1.995 kg/cm³ a 1.768 kg/cm³, mientras que el contenido óptimo de humedad aumentó de 10.2% a 13.40% con la adición del 25%. Asimismo, el índice de plasticidad se redujo notablemente, pasando de 11.62% en las muestras sin adición a 4.23% con la adición del 15%. Se determina que la incorporación de ceniza de

biomasa de palma aceitera optimiza las características de los suelos arcillosos a nivel subrasante, convirtiéndose en una opción sostenible y sustentable para estabilizar este tipo de suelo en proyectos viales.

Bonifacio (2023) desarrolló la investigación titulada “Efectos del vidrio triturado en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante en el camino departamental UC-104 – Ucayali, 2023”, presentada como tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. El propósito principal consistió en analizar el efecto del vidrio triturado como insumo de mejora del terreno, con el objetivo de optimizar sus propiedades físicas y mecánicas, así como su capacidad de soporte. La metodología utilizada fue un estudio experimental, con un diseño explicativo y una perspectiva cuantitativa. Con las muestras de suelo arcilloso provenientes de la subrasante del camino UC-104, a las cuales se les incorporaron diferentes proporciones de vidrio triturado (0%, 8%, 12% y 16%). Posteriormente, se realizaron ensayos geotécnicos para evaluar variaciones en: a) límites de Atterberg (líquido y plástico), b) densidad máxima seca y contenido óptimo de humedad, y c) Coeficiente de Soporte California (CBR). Los resultados indicaron mejoras significativas en las propiedades del suelo. La capacidad portante aumentó del 3.01% en la muestra natural al 4.88% con la adición de 12% de vidrio triturado, lo que representa un aumento de 1.62 veces respecto a su valor inicial, aunque manteniéndose en la categoría de subrasante inadecuada. En cuanto a la densidad máxima seca, esta presentó una disminución de 1.723 kg/cm^3 a 1.668 kg/cm^3 en promedio, mientras que el contenido óptimo de humedad se incrementó de 17.75% (muestra natural) a 19.98% (muestra con 12% de adición). Asimismo, el índice de plasticidad se redujo de 42.61% (sin adición) a 35.57% (con 16% de vidrio triturado). En conclusión, la investigación demuestra que la incorporación de vidrio triturado ayuda a incrementar la estabilidad y la resistencia de los suelos arcillosos, configurándose como un insumo para la mejora de subrasantes en el camino departamental UC-104 de Ucayali.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. SUELOS

Se define como sedimentos sueltos formados por partículas sólidas que provienen de la desintegración de las rocas o que son movidas por elementos como el viento, el agua o el hielo. La gravedad opera como una fuerza selectiva en este proceso y el suelo puede incluir materia orgánica, lo que convierte en un sistema natural heterogéneo. (Duque Escobar & Duque Escobar, 2016). Los suelos cuentan con propiedades físico-químicas y mecánicas que los hacen adecuados para diversas obras, tales como edificios, carreteras y puentes. Su función principal es soportar las construcciones y absorber las cargas que estas generan (Duque Escobar & Duque Escobar, 2016).

ORIGEN DE LOS SUELOS

Son el resultado de la descomposición y transformación física o química de las rocas madre (metamórficas, sedimentarias o ígneas) a causa del intemperismo, lo cual cambia su mineralogía y composición, además de sus propiedades mecánicas y físicas con el paso del tiempo (Ibáñez, 2006). El origen de los suelos, según su formación, se clasifica en dos categorías: suelos residuales y suelos transportados. Los suelos residuales son los más antiguos y se generan por la desintegración mecánica y descomposición causada por el intemperismo o meteorización de las rocas. Suelen ser estables y firmes, ya que permanecen en su lugar de origen, presentando características de heterogeneidad y asentamiento. Por otro lado, los suelos transportados resultan de la descomposición de rocas que tienen sustancias orgánicas vegetales, y son desplazados de su lugar de origen por acciones eólicas o fluviales. A menudo, estos suelos son blandos y sueltos, lo que hace que no se recomiende su uso para obras civiles (Suarez, 2021).

TIPOS DE SUELOS

Existen varios tipos de suelos, entre los cuales se encuentran las gravas, siendo un conglomerado de trozos rocosos y trozos de feldespato, cuarzo y otros minerales. Debido al transporte por el agua,

las gravas suelen tener formas redondeadas y se localizan comúnmente en los lechos y márgenes de los ríos. También están las arenas, que son materiales de grano fino formados por la erosión de rocas o mediante procesos de trituración artificial. Otro tipo son los limos, que consisten en partículas finas con baja o nula plasticidad; se dividen en limos orgánicos e inorgánicos, y su plasticidad varía según su clasificación. Estos suelos no son recomendables para soportar cargas debido a su baja permeabilidad y alta compresibilidad, considerándose, así como suelos poco adecuados para cimentación. Por último, las arcillas provienen de partículas muy fina y se caracterizan por volverse muy plásticas al entrar en contacto con el agua. Las turbas, otro tipo de suelo, se forman por la descomposición de materiales vegetales y suelen tener un color marrón o negro; definitivamente, son considerados muy inadecuados para la construcción de obras civiles (Crespo Villalaz, 2004, pág. 22).

2.2.2. CAMINOS DE ACCESO

Se define como el camino de acceso a una zona o área terreno destinada al tránsito vehicular. En las áreas rurales, se les conoce como carreteras, mientras que en las zonas urbanas se les llama calles (MTC, 2013).

Estos caminos de acceso son esenciales porque facilitan el tránsito y el traslado de mercancías y personas, además de posibilitar el enlace entre comunidades y pueblos. Los caminos se dividen en dos categorías: aquellos con superficie de rodadura sin pavimentar y los que tienen superficie pavimentada (MTC, Manual de Carreteras, 2014).

En esta investigación, nos enfocaremos en las vías con superficie de rodadura sin pavimentar, que se clasifican en varios tipos. Los caminos de tierra son rutas rurales sin pavimentar, con un bajo nivel de tránsito, que permiten la conexión entre pueblos y comunidades. Su superficie está compuesta de arena, grava o una combinación de ambos. También existen caminos de grava, que generalmente tienen una capa de revestimiento de material propio seleccionado, lo que le proporciona mayor solidez y resistencia al desgaste. Por otro lado, los caminos afirmados cuentan con una capa de recubrimiento de material granular

comprimido, conformada por arena, piedra y finos o arcilla, lo que les otorga mayor resistencia y capacidad para soportar cargas pesadas generadas por el tránsito vehicular. Finalmente, están los caminos estabilizados, que están compuestos por una subrasante, una capa de subbase y una base, y se caracterizan por tener una superficie de rodadura consolidada con elementos como cal, cemento y aditivos (MTC, 2018).

2.2.3. SUBRASANTE

Se sitúa debajo del pavimento. Su evaluación se realiza a través de las características del suelo, así como su respuesta con esfuerzos aplicadas, deformaciones y otros factores. El comportamiento de la subrasante es fundamental para la integridad y durabilidad de la superficie de pavimento que se construye sobre ella. (MTC, Manual de Carreteras, 2013).

Las características de la subrasante se determinan con el ensayo CBR y los clasificamos así:

Tabla 1

Categorías de la Subrasante

Categorías de Subrasante	CBR
S 0: Subrasante Inadecuada	CBR < 3 %
S 1: Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3 % a CBR < 6 %
S 2: Subrasante Regular	De CBR ≥ 6 % a CBR < 10 %
S 3: Subrasante Buena	De CBR ≥ 10 % a CBR < 20 %
S 4: Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20 % a CBR < 30 %
S 5: Subrasante Extraordinaria	De CBR ≥ 30 %

Nota. Adaptado del Manual del Ministerio de Transporte y Carreteras, 2014, p.151, Lima, Perú.

2.2.4. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

Tiene la finalidad optimizar las características del terreno, ya sea mediante métodos mecánicos o mediante la inclusión de aditivos químicos, que pueden ser provenientes de fuentes naturales o sintéticas. Por lo general, se aplica a suelos con subrasantes deficientes o inadecuadas, con el fin de aumentar la resistencia mecánica y prolongar

la durabilidad de esa capa a lo largo del tiempo. (MTC, Manual de Carreteras, 2014).

Los suelos que tienen un CBR igual o superior a 6% se consideran aptos y son empleados para conformar el terreno que soporta el pavimento. En el caso de subrasante deficientes o inadecuadas, se llevará a cabo una estabilización de suelos. Por lo general, los suelos que se estabilizan son aquellos compuestos de arcillas, limos y arenas que contienen limo o arcilla. Por ende, para determinar un modelo de estabilización, se debe determinar el tipo de suelo (MTC, Manual de Carreteras, 2014, pág. 248).

2.2.5. CAL

ROCA CALIZA

Los depósitos rocosos que contienen calcita y/o aragonito, así como carbonato de calcio (CaCO_3), se clasifican como rocas sedimentarias que incluyen las calizas. De igual forma, existen minerales en escasas proporciones como la ankerita ($\text{Ca}_2\text{MgFe}(\text{CO}_3)_4$), la siderita (FeCO_3) y las dolomitas ($\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$).

Al ser abundantes y de fácil extracción, se emplean comúnmente como áridos en obras viales, bases estabilizadas, y en la producción de cemento Portland. Su dureza moderada y reacción con el agua ácida deben considerarse en el diseño de estructuras (Mamlouk, M. S., & Zaniewski, J. P., 2011).

En el sector de la construcción, la caliza puede utilizarse para la producción de:

a) Cemento: Constituye el principal componente en la producción de cemento, proceso que se lleva a cabo mediante la calcinación, utilizando una proporción aproximada del 75% de caliza y un 25% de materiales complementarios. En este contexto, se presentan las concentraciones mínimas de CaO que forman parte del cemento Portland. (Ingemmet, 2018)

b) Cal Viva: El óxido de calcio es el producto derivado de la calcinación de la caliza, proceso en el cual se libera dióxido de carbono

para dar origen a la cal viva. Este material se emplea principalmente en suelos con elevada presencia de arcillas y altos niveles de humedad. Para su aplicación, se utiliza cal viva con un contenido de CaO superior al 90%, que se combina con el terreno natural y después se compacta. Esta técnica disminuye la proporción de arcillas y mejora las propiedades de resistencia del terreno, permitiendo su estabilización y garantizando un mejor desempeño en proyectos de infraestructura como carreteras, cimentaciones, presas, terraplenes y otras obras civiles.

c) Vidrio: El vidrio se obtiene mediante la fusión de una mezcla compuesta principalmente por sílice proveniente de la arena, carbonato de sodio (Na_2CO_3) y carbonato de calcio (CaCO_3). Este proceso se lleva a cabo en hornos que alcanzan temperaturas elevadas, generalmente entre 1400 °C y 1600 °C, lo que permite la formación de una masa vítrea homogénea.

d) Agregado: Los agregados elaborados de forma artificial en las plantas de trituración a menudo son el resultado del proceso de trituración de rocas calizas, las cuales se emplean en la producción de concreto.

CENIZA DE CAL

Es el subproducto generado durante el proceso de calcinación de la piedra caliza y del canto rodado, materiales que son sometidos a combustión en hornos artesanales. Este residuo se obtiene principalmente en la zona urbana de Sacra Familia, perteneciente al distrito de Simón Bolívar, en la provincia y región Pasco.

El Centro Poblado de Sacra Familia está situado a una altura de 4,076 m s. n. m., en las coordenadas UTM 8796600 N y 333765 E, correspondiente a la zona 18 (22-j). En esta área, las formaciones calcáreas pertenecen a la edad Jumasha (Ks-j), consideradas como las más representativas de la región.

a) Obtención de la Ceniza de Cal: Es el subproducto resultante del proceso de calcinación de la piedra caliza en hornos de tipo artesanal, contruidos generalmente de manera empírica.

b) Uso general de la Ceniza de Cal: Ya que es un subproducto de los hornos artesanales y se obtiene sin costo alguno en la localidad de Sacra Familia, utilizada desde tiempos pasados en la construcción de viviendas mediante la técnica de tapia con ceniza de cal, así como en la preparación de morteros destinados a la colocación de bloques de hormigón.

Los terrenos estabilizados con cal exhiben una disminución en la plasticidad, dado que reducen el límite líquido y potencian el límite plástico. Esto mejora la productividad, dado que disminuye la humedad del terreno, lo que simplifica y agiliza el proceso de compactación. Adicionalmente, se nota una reducción en el potencial de contracción de la expansión, además de un aumento en el CBR, acompañado de un incremento en la resistencia a la tracción (Escobar Sulca & Quispe Sánchez, 2020).

2.2.6. ENSAYOS FUNDAMENTALES

2.2.6.1. GRANULOMETRÍA DEL SUELO

El ensayo de granulometría por tamizado continúa siendo un procedimiento esencial para identificar la gradación o proporción de tamaños de las partículas en suelos cuya fracción supera los 0,075 mm (tamiz N.º 200). La metodología consiste en someter una muestra representativa, previamente secada y pesada, a una serie de tamices dispuestos con aberturas progresivamente menores, aplicando agitación mecánica a la columna. Posteriormente, se determina el peso del material que permanece en cada tamiz, sobre el cual se determina su porcentaje acumulado y pasante. Con esta información se elabora la curva granulométrica, representada en un gráfico semilogarítmico que muestra la relación entre el porcentaje acumulado que pasa y el tamaño de abertura del tamiz. Este método sigue el estándar ASTM D6913 / AASHTO T88, aplicable a partículas de hasta 75 μm ; para materiales más finos (limos y arcillas), se recurre al ensayo por hidrómetro ASTM D7928 (Gutiérrez, 2023).

Tabla 2*Clasificación de suelos en función del tamaño de las partículas*

Tipo de material	Tamaño de las Partículas (mm)
Grava	75 mm - 4.75 mm
Arena	Arena gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm
	Arena media: 2.00 mm - 0.075 mm
	Arena fina: 0.425 mm - 0.075 mm
Material Fino	Limo: 0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla: menor a 0.005 mm

Nota. Adaptado del Manual del Ministerio de Transporte y Carreteras, 2014, p.36, Lima, Perú.

2.2.6.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.128

La Norma Técnica Peruana (NTP) 339.128 define la metodología de cálculo de la proporción de partículas del suelo que atraviesan los diferentes tamices de la serie que se emplean, hasta el tamiz con una abertura de 0,074 mm. (N.º 200).

Tabla 3*Serie de mallas para tamices*

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75.000
2"	50.800
1 1/2"	38.100
1"	25.400
3/4"	19.000
3/8"	9.500
Nº4	4.760
Nº10	2.000
Nº20	0.840
Nº40	0.425
Nº60	0.260
Nº140	0.106
Nº200	0.075

Nota. Adapto del Manual de Carreteras Ministerio de Transporte y Carreteras, 2016, p.44, Lima, Perú.

2.2.6.3. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO (MTC E108)

El contenido de humedad se entiende como una propiedad física que refleja la proporción de agua existente en un material o sustancia, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100 (\%)$$

Teniendo:

- W_w : Peso del agua en la muestra de suelo
- W_s : Peso de sólidos en la muestra de suelo
- W : Porcentaje de contenido de humedad en el suelo

2.2.6.4. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

Los límites de Atterberg corresponden a los valores de humedad en los que un suelo fino cambia de un estado a otro, permitiendo su clasificación y evaluación para fines de ingeniería. Estos abarcan el límite de contracción, el límite líquido y el límite plástico (Braja M Das, 2015). Atterberg cuantifica las propiedades plásticas con tres límites:

LÍMITE LÍQUIDO (LL)

Se define como la transición entre los estados semilíquido y plástico, correspondiente al porcentaje de humedad en el suelo que le permite exhibir una respuesta plástica. En otras palabras, constituye el punto en el que el material puede ser moldeado (Braja M Das, 2015).

El límite líquido se establece a través de un ensayo de laboratorio conforme a la norma ASTM D-4318.

LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Límite de los estados plástico y semi – sólido, El umbral plástico es el porcentaje de humedad que provoca la desintegración del suelo, al ser enrollado y rodado repetidas veces, perdiendo su plasticidad (Braja M Das, 2015).

LÍMITE DE CONTRACCIÓN (LC)

Es la transición entre los estados sólidos y semi – sólido; además, puede definirse como el límite de humedad que tiene el

suelo cuando deja de encogerse al perder agua (Braja M Das, 2015).

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

El índice de plasticidad se obtiene al restar el Límite Líquido del Límite Plástico, y refleja la cantidad de arcilla presente en un suelo (Braja M Das, 2015).

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP: Índice de Plasticidad

LL: Límite Líquido

LP: Límite Plástico

Tabla 4

Clasificación de suelos según el Índice de Plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Características
IP>20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP≤20 Y IP>7	Media	Suelos arcillosos
IP<7	Baja	Suelos poco arcillosos, plasticidad
IP=0	No Plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

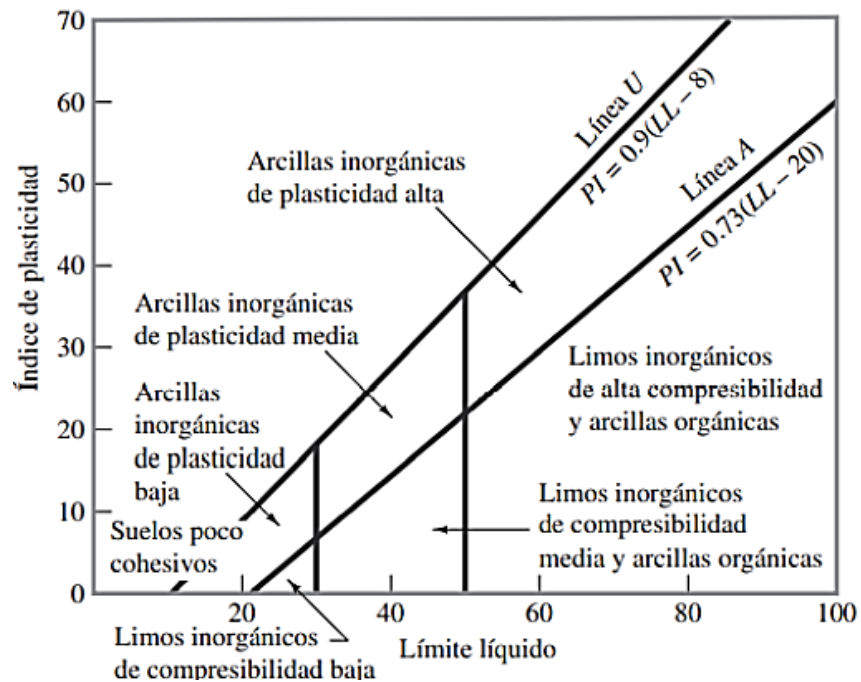
Nota. Adaptado del Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Carreteras, 2014, p.37, Lima, Perú.

Un mayor índice de plasticidad indica que la muestra contiene mayor cantidad de arcilla y si se tiene una baja cantidad se sugiere que se trata de un suelo con bajo contenido de arcilla (MTC, Manual de Carreteras, 2014).

Para interpretar también los resultados y clasificar los suelos finos se usa el gráfico realizado por Casagrande, este gráfico nos permite obtener el IP mediante los ensayos que fueron cuantificados.

Figura 1

Carta de plasticidad



Nota. Recuperado de “Límites de Atterberg”; Braja M Das, 2015.

ÍNDICE DE GRUPO

Este índice normado por AASHTO se determina usando una fórmula fundamentada en los límites de Atterberg, para clasificar el suelo.

$$IG = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01 (bd)$$

Donde:

$a = F - 35$, donde F corresponde a la fracción porcentual que atraviesa el tamiz N.º 200 (74 micras). El valor de “ a ” se expresa como un valor entero mayor que cero que esté comprendido entre 1 y 40.

$b = F - 15$, donde F representa la fracción porcentual que pasa por el tamiz N.º 200 (74 micras). El valor de “ b ” se expresa como un valor entero mayor que cero que se encuentra entre 1 y 40.

$c = LL - 40$, donde LL corresponde al límite líquido del suelo. El valor de c se expresa como un valor entero mayor que cero que se encuentra entre 0 y 20.

$d = IP - 10$, donde IP es el índice de plasticidad. El valor de d se representa como un valor entero mayor que cero que se encuentra entre 0 y 20, pudiendo incluso alcanzar valores superiores.

Figura 2

Índice de Grupo

(IG)=0.2(a) + 0.005(a)(c) + 0.01(b)(d)		
% que pasa Tamiz N°200		
35 % (min)	a	75% (máx.)
0		40
% que pasa Tamiz N°200		
15% (min)	b	55% (máx.)
0		40
Limite Liquido%		
40% (min)	c	60% (máx.)
0		20
Índice Plástico%		
10% (min)	d	30% (máx.)
0		20

El índice de grupo es mayor que cero que fluctúa entre 0 y más de 20. Si resulta negativo, se registra como cero, lo que indica que el suelo es de muy buena calidad. En cambio, un índice superior a 20 indica que el suelo no es adecuado para la construcción de caminos (MTC, Manual de Ensayo de Materiales, 2016, pág. 38).

Tabla 5

Clasificación de suelos según el Índice de Grupo

Índice de Grupo	Suelo de subrasante
IG>9	Muy Pobre
IG esta entre 4 a 9	Pobre
IG esta entre 2 a 4	Regular
IG esta entre 1 a 2	Bueno
IG esta entre 0 a 1	Muy bueno

Nota. Adaptado del Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Carreteras, 2014, p.38, Lima, Perú.

2.2.6.5. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Una vez que hayamos analizado y determinado las características del suelo mediante ensayos, podremos clasificar el tipo de suelo y entender su comportamiento. En la página 39 del manual de carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, se expone la relación entre los sistemas de clasificación más empleados, AASHTO y ASTM (SUCS).

Tabla 6

Correlación de tipos de suelos ASHTO - SUCS

Clasificación de suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de suelos SUCS ASTM-D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
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. Adaptado del Manual de Carreteras del MTC, 2014, p.38.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN ASSTHO

La clasificación AASHTO permite analizar la calidad de los suelos que se utilizan para terraplenes, subrasantes, subbases y bases. Esta metodología clasifica los suelos inorgánicos en siete categorías., designadas del A-1 al A-7, donde el grupo A-1 corresponde a los materiales más apropiados para subrasante, conformados principalmente por gravas y arenas, y considerados de calidad que varía entre excelente y buena. En contraste, el grupo A-7 es considerado regular a malo para su uso en subrasantes, ya que se caracteriza por su naturaleza arcillosa. Los suelos orgánicos se clasifican como A-8 (Duque Escobar & Duque Escobar, 2016).

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCS

El sistema de clasificación SUCS agrupa los suelos en dos categorías principales: los granulares y los finos. Un suelo se

clasifica como granular si más del 50% del material queda retenido en el tamiz N.º 200, mientras que se clasifica como fino cuando el 50% o más atraviesa dicho tamiz. Este sistema se estructura mediante un conjunto de prefijos y sufijos que permiten identificar las características particulares del suelo.

Tabla 7

Prefijos y sufijos de SUCS

Prefijos		Sufijos	
G (grava)	< del 50% pasa el tamiz N°200	W	Bien gradado
		P	Mal gradado
S (arena)		M	Limoso
	> 50% pasa el tamiz N°200	C	Arcilloso
M (limo)		L	Baja plasticidad
C (arcilla)		H	Alta plasticidad
O (orgánico)			
Pt	Turba		

Nota. Recuperado de “Libro de Geomecánica”; Duque y Escobar, 2016.

Tabla 8

Nombres típicos de los materiales SUCS

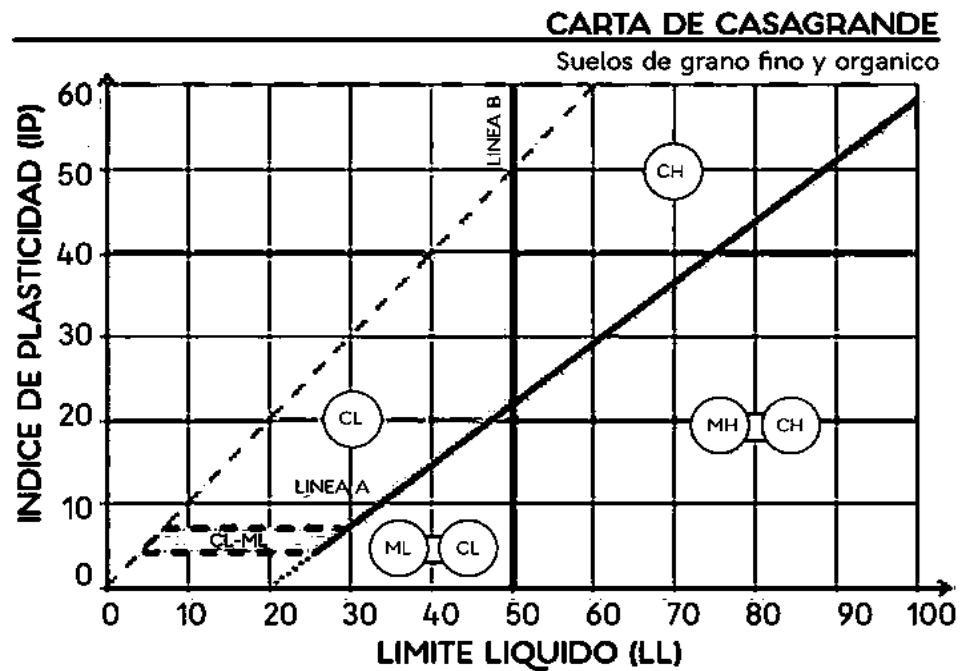
Grupo	Nombres típicos del Material
GW	Grava bien gradada, mezclas gravosas, poco o ningún fino
GP	Grava mal gradada, mezclas grava-arena, poco o ningún fino
GM	Grava limosa, mezclas grava, arena, limo
GC	Grava arcillosa, mezclas grava-arena arcillosas
SW	Arena bien gradada
SP	Arena mal gradada, poco o ningún fino
SM	Arenas limosas, mezclas arena-limo
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena arcilla
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas
CL	Arcillas orgánicas de baja a media plasticidad
OL	Limos orgánicos baja plasticidad
MH	Limos inorgánicos de alta plasticidad
CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
OH	Arcillas orgánicas de alta plasticidad
Pt	Turba

Nota. Recuperado de “Libro de Geomecánica”; Duque y Escobar, 2016.

El índice de plasticidad y el límite líquido constituyen la base de este sistema para clasificar suelos, utilizando la prueba plasticidad de Atterberg.

Figura 3

Carta de Plasticidad Ilustrada para suelos cohesivos



Nota. Recuperado de "Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento", de Bañón, L. y Beviá, J., 2000, p.22, España, Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.

2.2.6.6. ENSAYO PROCTOR

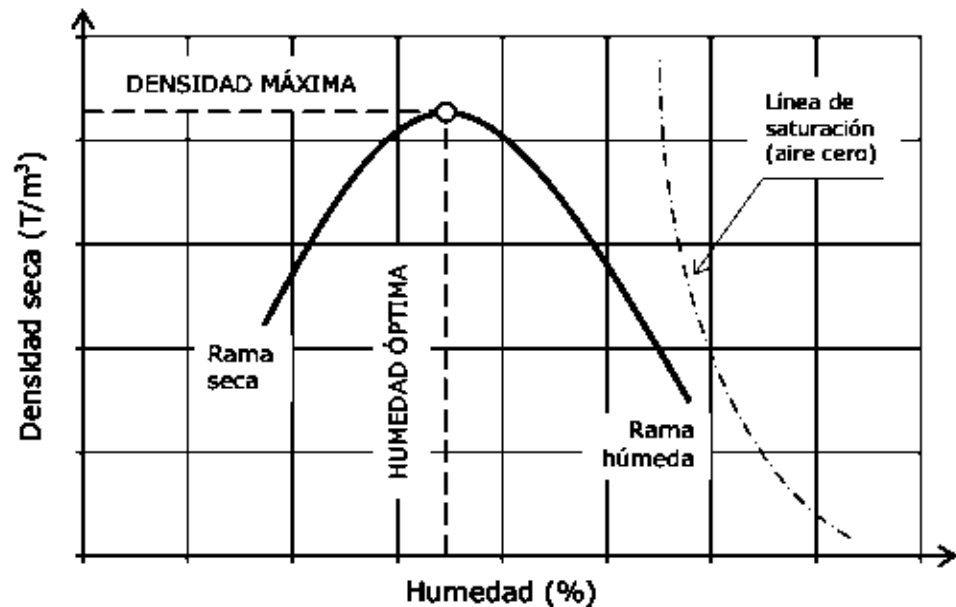
La compactación de los suelos mediante energía mecánica, incrementa el peso unitario y elimina el aire atrapado en el suelo, este proceso hace que aumente la resistencia de los suelos (DAS, 2013, pág. 91).

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

Según MTC (2016) la curva de compactación se obtiene al realizar el ensayo Proctor modificado, que nos muestra la relación entre el contenido de humedad y la densidad seca del suelo. Su propósito fundamental es determinar la máxima densidad seca correspondiente a un contenido óptimo de humedad.

Figura 4

Gráfica de la curva contenido de humedad óptimo – densidad máxima



Nota. Adaptado del “Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento”, de Bañón, L. y Beviá, J., 2000, p.13, España, Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.

2.2.6.7. CAPACIDAD DE SOPORTE - ENSAYOS CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)-ASTM D-1883

Nos permitirá determinar la propiedad más crucial del suelo: su habilidad de soporte o resistencia, la cual está vinculada con el 95% de la máxima densidad seca (MDS) y una penetración de carga de 2.54 mm. Esto significa que el valor, conocido como índice de CBR, es un porcentaje que refleja la fuerza que se debe aplicar a un pistón de 19.35 m² para lograr una penetración de 2.54 mm en el suelo (Braja M Das, 2015).

Mientras el valor del CBR sea más alto, la calidad del suelo aumenta y se califica como un suelo de regular a excelente, por el contrario, si el valor del CBR se aproxima más 0% la calidad del suelo baja calificándola como un suelo pobre (MTC, Manual de Carreteras, 2014).

Para la obtención del valor CBR, se debe tener en cuenta los aspectos que se detallan a continuación:

- En las zonas donde se hayan ejecutado seis o más ensayos de CBR sobre un suelo representativo o en tramos que presenten condiciones homogéneas, se establecerá el valor de diseño del CBR para la subrasante a partir del promedio de los resultados obtenidos en cada sector homogéneo (MTC, Manual de Carreteras, 2014).
- En los sectores donde se hayan ejecutado menos de seis ensayos de CBR sobre un suelo representativo o en tramos con características homogéneas, el valor de diseño del CBR para la subrasante se establecerá bajo criterios específicos: si los resultados obtenidos presentan valores semejantes, se adoptará el promedio; en caso contrario, se considerará el valor crítico. Alternativamente, se puede subdividir la sección para clasificar subsectores según sus valores de CBR semejantes y así establecer el valor medio (MTC, Manual de Carreteras, 2014).
- Se determina mediante el ensayo de laboratorio de Capacidad de Soporte CBR (ASTM D-1883).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

CBR (California Bearing Ratio)

Según MTC (2018) es un parámetro clave en el diseño de pavimentos, ya que proporciona una medida de la resistencia relativa de la subrasante o base que se está evaluando. Para calcular este valor, se lleva a cabo un ensayo que recibe el mismo nombre.

Compactación de Suelos

Según DAS (2013) se define como la eliminación del aire presente en el suelo, a través de la aplicación de cargas mecánicas y la incorporación de agua, que actúa como un agente para unir las partículas. En otras palabras, es el proceso de densificación de los suelos de manera mecánica.

Contenido de humedad

Según Toledo (2021) es una propiedad del suelo que mide el contenido total de humedad que se evaporará en una muestra cuando se le aplique el

secado. Esto alude a la conexión entre el suelo en su estado natural y la proporción de agua que presente, expresándose en porcentaje.

Densidad

Según Domingo (2011) existen tres tipos principales de densidad. En primer lugar, la densidad absoluta, que es la cantidad de masa que se encuentra dentro de un volumen determinado, excluyendo los espacios vacíos. En segundo lugar, la densidad aparente, definida como la cantidad de masa del material en un volumen, considerando espacios entre partículas presentes. La densidad relativa de un sólido se define, por último, como la proporción entre la densidad del sólido y la densidad absoluta del agua destilada a 4 °C.

Estabilización física y mecánica

Según Romero (2019) se refiere a la estabilización del suelo mediante mezcla consiste en combinar dos o más tipos de suelos naturales con el propósito de modificar su gradación y, de este modo, optimizar sus propiedades físicas y mecánicas. Este procedimiento se complementa con consolidación mecánica, reduciendo la proporción de vacíos en la masa del suelo y contribuye a mejorar significativamente sus parámetros de resistencia.

Estabilización química

Según Jhonathan (2020) es una forma de estabilización de suelos que utiliza compuestos o combinaciones químicas, lo que supone alteraciones en las características geotécnicas, las cuales suelen ser más intrincadas que la alteración mecánica. Esta estabilización mejora la resistencia y durabilidad de los suelos, reduce el polco y mejora la trabajabilidad, además de permitir la disminución del grosor del pavimento. Los agentes o compuestos químicos más habituales son los productos asfálticos, la cal y el cemento en polvo con base de calcio.

Estructura

Según Ramon (2016) la estructura del suelo se define como la agrupación de partículas en fragmentos más grandes, que están unidos por

coloides presentes en la superficie terrestre. Hay diversas estructuras según la forma de los bloques, tales como granular, prismática y laminar.

Granulometría

Según MTC (2008) alude al análisis de las dimensiones de las partículas presentes en un suelo y su distribución. Dado que la masa del suelo está compuesta por granos de diferentes dimensiones, es importante conocer su distribución granulométrica para clasificarlo adecuadamente. Para ellos, se lleva a cabo el ensayo granulométrico utilizando tamices.

Gravedad específica

Según Centroamericana (2022), la gravedad específica de los sólidos presentes en el suelo se entiende como la relación entre el peso unitario de un material y la densidad del agua en condiciones de laboratorio, propiedad que se vincula directamente con el peso unitario del suelo. Esta magnitud, expresada en kg/cm^3 , resulta de gran importancia en múltiples cálculos de la mecánica de suelos y puede ser determinada con exactitud mediante ensayos de laboratorio especializados.

Permeabilidad

Según Torres (2010) se refiere al flujo de agua a través del suelo, es decir, a la capacidad del suelo para permitir que el agua atraviese sus poros. Por lo general, el tamaño y la conectividad de los poros determinan si el suelo tiene una alta o baja permeabilidad.

Plasticidad

Según Zapata (2018) es una propiedad del suelo que está determinada por las partículas finas que contiene, lo que le permite alcanzar un cierto grado de humedad y mantenerlo de manera estable. Esta propiedad puede expresarse a través de los límites de Atterberg: el límite líquido y el límite plástico.

Porosidad

De acuerdo con Huerta (2018), el volumen de vacíos corresponde al espacio existente entre las partículas sólidas del suelo. Esta característica

reviste importancia, ya que condiciona la capacidad de retención de agua y, en consecuencia, influye en el volumen total del suelo.

Proctor Modificado

Según Maldonado (2019) el ensayo que determina esta humedad óptima en cuanto a la densidad, se trata del ensayo Proctor, que puede ser el tipo estándar o modificado.

Textura

Según Das y Sobhan (2018), la textura del suelo hace referencia a la proporción relativa en que se encuentran las partículas minerales de distintos tamaños que lo componen. Esta propiedad afecta directamente su comportamiento mecánico e hidráulico, incluyendo la compactación, resistencia al corte y permeabilidad.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

HG: La adición de cenizas de cal mejora significativamente el nivel de estabilización de los suelos cohesivos utilizados en carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP HU-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 en la región Huánuco.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

HE1: Los suelos cohesivos con la adición de cenizas de cal en las proporciones de 10%, 20% y 30% mejora el índice de plasticidad del suelo para carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP HU-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 en la región Huánuco.

HE2: Los suelos cohesivos con la adición de cenizas de cal en las proporciones de 10%, 20% y 30% incrementa el valor relativo de soporte CBR del suelo para carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP HU-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 en la región Huánuco.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

$Y=F(X)$ =Estabilización de suelos cohesivos.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

X =Ceniza de Cal.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 9

Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variables Independiente: Ceniza de Cal	La ceniza de cal es un insumo fino derivado de la calcinación de la caliza, rico en óxidos de calcio y sílice reactiva, utilizado en ingeniería civil para estabilizar suelos al mejorar su granulometría, reducir plasticidad y aumentar la resistencia mecánica mediante reacciones pozolánicas, Means (2021)	Material producto de la calcinación de la piedra caliza y canto rodado que provienen del interior de los hornos de calcinación.	Adición de ceniza de cal en 10%, 20% y 30%	Granulometría	Uso
				Índice de plasticidad	Porcentaje
				CBR	Porcentaje
				Desgaste los ángeles	Porcentaje
Variables Dependiente: Estabilización de suelos arcillosos	Mejoramiento de las propiedades físicas a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Glosario de términos de usos frecuentes MTC (2018).	Mejorar las condiciones de calidad de los materiales especialmente en la cantidad de arcillas y resistencia mecánica CBR.	Granulometría	Uso A-1 Uso A-2 Uso C Uso D Uso E Uso F	Uso
				<4% 4 – 9% > 9%	Porcentaje
			CBR	< 40% > 40%	Porcentaje
			Desgaste los ángeles	< 50% > 50%	Porcentaje

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según Hernández et al. (2014) la investigación fue de tipo aplicada, ya que se orientó a resolver un problema práctico y específico: la estabilización de suelos. En contraste con la investigación básica, que tiene como objetivo incrementar el saber teórico, la investigación aplicada emplea ese conocimiento para generar soluciones prácticas y efectivas en contextos reales, como la ingeniería civil. En este caso, permitió ampliar el conocimiento sobre las cenizas de cal y sus aplicaciones en la mejora del comportamiento del suelo.

Esta investigación es del tipo aplicada ya que resuelve el problema de estabilización de suelos ampliando el conocimiento de las cenizas de cal y sus aplicaciones.

3.1.1. ENFOQUE

El enfoque cuantitativo es un método de investigación que se enfoca en la obtención y procesamiento de información cuantitativa con el objetivo de esclarecer y comprender fenómenos específicos. Este enfoque utiliza la medición y la estadística para probar hipótesis previamente formuladas, identificar patrones y establecer relaciones entre variables. Se caracteriza por ser estructurado, secuencial y riguroso, permitiendo generalizar los resultados a poblaciones mayores cuando se cumplen los criterios de validez y confiabilidad (Hernández, 2014).

La presente investigación adoptó un enfoque cuantitativo, ya que se compuso de una serie de procesos que fueron secuenciales y probatorios. Cada etapa siguió a la anterior, sin omitir ningún paso. El proceso de investigación comenzó con una idea inicial que se fue precisando progresivamente; una vez delimitada, se definieron las metas y las cuestiones de investigación, se llevó a cabo el análisis de la bibliografía relevante y se desarrolló el marco teórico. A partir de las preguntas formuladas, se plantearon hipótesis y se identificaron las variables, para posteriormente diseñar un plan que permitiera su

verificación; se realizaron mediciones de las variables dentro de un contexto determinado; se analizaron los datos obtenidos mediante el uso de técnicas estadísticas, y finalmente se extrajeron conclusiones sobre las hipótesis formuladas.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Los estudios explicativos se adentran en la comprensión de conceptos, ya que buscan identificar los factores que originan los eventos y fenómenos físicos o sociales. Su punto de vista se enfoca en describir las razones por las cuales se produce un fenómeno, bajo qué circunstancias aparece y la forma en que dos o más variables se relacionan (Hernández, 2014).

Esta investigación tiene un enfoque explicativo, pues se examinó y describió el comportamiento de las propiedades mecánicas y físicas de la subrasante en el área de estudio al agregar cal. Este análisis se llevó a cabo utilizando métodos sistemáticos, como evaluación de una sección de prueba y ensayos en laboratorio.

3.1.3. DISEÑO

El diseño fue cuasiexperimental, porque el sujeto de estudio estuvo claramente definido. La variable independiente correspondió a la ceniza de cal, y la variable dependiente fue la estabilización de los suelos arcillosos. Se manipuló la variable independiente en diferentes porcentajes preestablecidos y se observó su efecto en relación con la variable dependiente. Esto se llevó a cabo mediante comparaciones de las características físicas y mecánicas del terreno y la ejecución de un tramo de prueba, lo que permitió validar la hipótesis. El elemento objeto de estudio consistió en las muestras extraídas de la subrasante de la carretera departamental Emp. HU-108 (Huánuco) y sus combinaciones con diferentes porcentajes de ceniza de cal.

Los cuasi-experimentos son diseños de investigación que comparten muchas características con los experimentos, salvo que no garantizan la equivalencia inicial de los grupos de tratamiento debido a la ausencia de asignación aleatoria (Cook y Campbell, 1986). Según

Campbell (1988), lo que distingue a los cuasi-experimentos de los experimentos verdaderos es precisamente la falta de aleatorización en la asignación de las unidades experimentales a los tratamientos. En este tipo de investigaciones, los sujetos no se distribuyen al azar entre los grupos, lo que obliga al investigador a identificar y aislar los efectos del tratamiento de otros factores que puedan influir sobre la variable dependiente. (Pedhazur y Schmelkin, 1991).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

De acuerdo con Hernández et al. (2014), la población en una investigación se entiende como la totalidad de sujetos, componentes, sucesos o datos que tienen en común una o varias características importantes para la investigación y sobre los cuales se busca generalizar los resultados obtenidos. Esta puede ser finita o infinita, y su correcta delimitación es esencial para garantizar la validez de la investigación.

La población estuvo constituida por los suelos cohesivos presentes en la capa de afirmado de la carretera departamental EMP. HU-108, específicamente en el tramo comprendido entre el km 16+000 y el km 19+500, en la región Huánuco. Esta delimitación responde al ámbito real de la investigación, en el cual se identificaron sectores con presencia de material arcilloso y deterioros superficiales que evidencian la necesidad de estabilización.

3.2.2. MUESTRA

Se entiende por muestra a un segmento o parte de la población que es representativo y se elige con el fin de recopilar datos y permitir que los resultados obtenidos sean aplicables a toda la población. La calidad de una muestra depende de su tamaño, su representatividad y el método de muestreo utilizado (Hernández, 2014).

Según Hernández et al. (2014) una muestra no probabilística es aquella en la que los elementos no se seleccionan al azar, sino que su elección depende del criterio del investigador, el propósito del estudio o la disponibilidad de los participantes. Este tipo de muestreo es común en

investigaciones exploratorias, cualitativas o aplicadas, donde no es posible acceder a toda la población.

El muestreo utilizado fue de tipo no probabilístico, dado que el propósito de la investigación se centró en la estabilización de suelos cohesivos mediante la adición de ceniza de cal en carreteras no pavimentadas de la región Huánuco. Por ello, la finalidad de las muestras fue obtener suelos arcillosos a los que se les pudiera adicionar ceniza de cal y, posteriormente, determinar las mejoras en sus características físicas y mecánicas.

La muestra está conformada por el material de suelo cohesivo extraído de tres calicatas ubicadas en los km 16+460, 17+520 y 18+790 del tramo en estudio. A partir de estas calicatas se obtuvieron muestras representativas del material propio, las cuales fueron evaluadas en estado natural y con adición de ceniza de cal en proporciones de 10%, 20% y 30%. En total, se trabajó con 12 unidades experimentales para los ensayos de índice de plasticidad y CBR.

Tabla 10

Número de muestras

Descripción	Material Propio	Adición de ceniza de cal			MUESTRAS TOTALES
		10%	20%	30%	
Índice de plasticidad	3	3	3	3	12
CBR	3	3	3	3	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11

Número de calicatas para exploración de suelos

Tipo de carretera	Profundidad(m)	Número mínimo de calicatas	Observación
Autopistas: carreteras que tienen dos o más carriles por sentido y calzadas separadas, y que tienen un índice medio diario anual (IMDA) de más de 6000 vehículos diarios.	A una altura de 1,50 m por encima del nivel de la subrasante definido en el proyecto.	Para calzadas de 2 carriles por sentido: se realizarán 4 calicatas por kilómetro y por sentido.	Las calicatas se dispondrán de manera longitudinal y alternada a lo largo del tramo de estudio.
		Para calzadas de 3 carriles por sentido: se efectuarán 4 calicatas por kilómetro y por sentido.	
		Para calzadas de 4 carriles por sentido: se llevarán a cabo 6 calicatas por kilómetro y por sentido Calzadas de 2 carriles por sentido: se realizarán 4 calicatas por kilómetro en cada sentido.	
Carreteras de doble o múltiple carril: carreteras que tienen un índice medio diario anual (IMDA) de entre 4,001 y 6,000 vehículos al día y que cuentan con calzadas separadas, cada una con al menos dos carriles.	A una altura de 1,50 m por encima del nivel de la subrasante establecido en el proyecto.	Calzadas de 3 carriles por sentido: se efectuarán 4 calicatas por kilómetro en cada sentido.	
		Calzadas de 4 carriles por sentido: se llevarán a cabo 6 calicatas por kilómetro en cada sentido.	
Carreteras de primera clase: son aquellas que registran un Índice Medio Diario Anual (IMDA) de entre 2,001 y 4,000 vehículos por día y cuentan con una calzada conformada por dos carriles.	1.50 m sobre la cota de subrasante prevista en el proyecto.	Se realizarán 4 calicatas por kilómetro.	Las calicatas se dispondrán a lo largo del tramo de estudio, siguiendo un patrón longitudinal y alternado.
Carreteras de segunda clase: vías que tienen entre 401 y 2.000 vehículos diarios, con dos carriles en su calzada	1.50 m sobre la cota de subrasante prevista en el proyecto.	Se realizarán 3 calicatas por kilómetro.	

Carreteras de tercera clase: vías que tienen una calzada con dos carriles y un IMDA que oscila entre 201 y 400 vehículos diarios.	1.50 m sobre la cota de subrasante prevista en el proyecto.	Se realizarán 2 calicatas por kilómetro.
Carreteras de bajo volumen de tránsito: vías con un IMDA inferior a 200 vehículos por día, con una sola calzada.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto.	Se realizarán 1 calicatas por kilómetro.

Fuente: (MTC, 2014).

Nuestro tramo en estudio es una carretera de bajo volumen de tránsito con IMDA menor que 200 veh/día, por lo que se realizaron 3 calicatas.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Según Hernández et al. (2014) la técnica de recolección de datos es el conjunto de procedimientos y herramientas utilizadas por el investigador para obtener información confiable y válida respecto a las variables de estudio. Estas técnicas pueden ser de tipo cualitativo o cuantitativo, y su selección depende del enfoque metodológico de la investigación.

Se prepararon 3 muestras de terreno en su estado natural y 9 muestras con diferentes porcentajes de adición de ceniza de cal (10%, 20% y 30%) de las cuales se obtuvieron su propiedades físico mecánicas realizando los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométrico por tamizado - NTP 339.128
- Límites de Atterberg - NTP 339.129 y ASTM D-423 y 424
- Proctor Modificado - MTC E 115
- Valor relativo de soporte (CBR) - ASTM D-1883

3.3.2. INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Las herramientas empleadas para la recopilación de datos son herramientas físicas o digitales que se utilizan para registrar la

información obtenida a través de una técnica específica, como cuestionarios, guías de entrevista, listas de cotejo u hojas de observación. Estos instrumentos deben ser válidos y confiables para asegurar la calidad de los datos recolectados (Hernández, 2014).

Los instrumentos fueron formatos para ingresar los datos obtenidos durante la ejecución de los ensayos, que son los siguientes:

Figura 5

Formato para ensayo de granulometría

PESO INICIAL:		2138.3 Gr.		% DE HUMEDAD :		8.98%		MUESTRA HUMEDA INICIAL		1220.7 Gr.	
FRACCION:		2138.3 Gr.						MUESTRA SECA INICIAL:		1120.1 Gr.	

TAMIZ Nº	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DETALLES Y DESCRIPCION	
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00	Material granular equivalente a: 93.51%	
2 1/2"	63.5	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.1	77.20	3.61	3.61	96.39		
1"	25.4	120.50	5.64	9.25	90.75		
3/4"	19.05	62.70	2.93	12.18	87.82	Observaciones :	
1/2"	12.7	166.70	7.80	19.97	80.03		
3/8"	9.525	151.20	7.07	27.04	72.96		
1/4"	6.35	152.40	7.13	34.17	65.83		
No 4	4.75	156.00	7.33	41.50	58.50		
No 5	2.6	299.70	14.02	55.52	44.48	Módulo de fineza (MF) 5.57 Límite líquido LL 35.36 Límite plástico LP 22.90 Índice plasticidad IP 12.46 Pasa tamiz Nº 4 (5mm): 58.50 % Pasa tamiz Nº 200 (0.080 mm): 6.49 % D60: 5.09 mm D30: 1.16 mm D10 (diámetro efectivo): 0.17 mm Coeficiente de uniformidad (Cu): 29.52 Grado de curvatura (Cc): 1.53	
No 10	2	97.40	4.56	60.08	39.92		
No 16	1.18	203.50	9.52	69.59	30.41		
No 20	0.85	127.40	5.96	75.55	24.45		
No 30	0.6	90.00	4.24	79.79	20.21		
No 40	0.425	78.50	3.67	83.46	16.54		
No 50	0.3	70.30	3.29	86.75	13.25		
No 60	0.25	30.70	1.44	88.19	11.82		
No 80	0.18	30.40	1.42	89.60	10.40		
No 100	0.15	33.10	1.55	91.15	8.85		
No 200	0.075	50.50	2.36	93.51	6.49		
CAZOLETA	0.000	138.7	6.49	100.00	0.00		
TOTAL		2138.3	100.00				

Clasificación AASHTO

Material granular
Excelente a bueno como subgrado
A-2-6 (0) Grava y arena arcillosa o limosa

Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Suelo de partículas gruesas. (Nomenclatura con símbolo doble).
Arena bien graduada con arcilla con grava SW BC

Granulometría

The graph plots 'Pasa (%)' on the y-axis (0.00 to 100.00) against 'Tamiz (mm)' on the x-axis (logarithmic scale from 100 to 0.001). The data points from the table are plotted, showing a smooth curve that represents the soil's gradation.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6

Formato para ensayo de Límites de Atterberg

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423			
Nº DE GOLPES	35	24	15
Suelo Húmedo + Tarro	28.30	27.62	29.24
Suelo seco + Tarro	23.97	23.34	24.39
Peso de Tarro	11.40	11.16	11.33
Peso del Agua	4.32	4.29	4.85
Peso de Suelo Seco	12.57	12.17	13.05
HUMEDAD %	34.38	35.22	37.19

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424		
MUESTRA	01	02
Suelo Húmedo + Tarro	18.38	18.13
Suelo seco + Tarro	17.05	16.83
Peso de Tarro	11.22	11.17
Peso del Agua	1.33	1.30
Peso de Suelo Seco	5.83	5.67
HUMEDAD %	22.86	22.93

DETALLE	RESULTADOS	
Límite líquido LL	35.36	%
Límite plástico LP	22.90	%
Índice plasticidad IP	12.46	%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 7

Formato para ensayo de Proctor Modificado

PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	8835	9285	10229	9677	8976
PESO DEL MOLDE	gr.	6065.00	6065.00	6065.00	6065.00	6065.00
PESO MUESTRA HÚMEDA	gr.	2770.07	3219.63	4164.24	3611.93	2911.10
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3.	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr	2503.79	2872.99	3606.96	3090.06	2457.16
DENSIDAD HÚMEDA	gr/c3.	1.32	1.53	1.98	1.72	1.39
Nº DE TARA		1	2	3	4	5
DETERMINACIÓN		HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD
PESO MUEST. HÚMEDA + TARA	gr.	439.9	425.9	442.2	437.9	449.2
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	397.6	380.0	383.0	374.6	379.1
PESO DE LA TARA	gr.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DEL AGUA	gr.	42.29	45.85	59.17	63.27	70.04
PESO MUESTRA SECA	gr.	397.60	380.03	383.00	374.63	379.14
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	10.64	12.07	15.45	16.89	18.47
DENSIDAD SECA	gr/c3.	1.19	1.37	1.72	1.47	1.17

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8

Formato para ensayo de CBR

MOLDE.	4				5				6			
N. GOLPES.	56				25				12			
CONDICION	SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO	
Peso del molde + suelo humedo	10466		10569		10493		10734		9596		9892	
Peso del molde	6096		6096		6227		6227		6339		6339	
Peso del suelo humedo	4370		4473		4266		4507		3257		3553	
Volumen del molde	2120		2120		2113		2113		2113		2113	
Densidad humeda	2.06		2.11		2.02		2.13		1.54		1.68	
Humedad	14.80%				14.80%				14.79%			
Densidad seca	1.756				1.720				1.313			
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo humedo	356.5	341.8			385.6	342.8			347.8	352.9		
Peso tara + suelo seco	310.6	297.7			335.9	298.6			303.0	307.4		
Peso del agua	45.90	44.10	0.00	0.00	49.70	44.20	0.00	0.00	44.80	45.50	0.00	0.00
Peso de los solidos	310.60	297.70	0.00	0.00	335.90	298.60	0.00	0.00	303.00	307.40	0.00	0.00
humedad	14.78	14.81			14.80	14.80			14.79	14.80		
Humedad	14.80%				14.80%				14.79%			

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
04/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
05/02/2025	08:00 p.m.	24	12	0.12	0.10	18	0.18	0.15	24	0.24	0.21
06/02/2025	08:00 p.m.	48	16	0.16	0.14	21	0.21	0.18	56	0.56	0.48
07/02/2025	08:00 p.m.	72	21	0.21	0.18	29	0.29	0.25	74	0.74	0.64
08/02/2025	08:00 p.m.	96	29	0.29	0.25	34	0.34	0.29	85	0.85	0.73

PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01				LECTURA DIAL	MUESTRA N° 02				LECTURA DIAL	MUESTRA N° 03			
		LIBRAS	Lb/Pulg.2.				LIBRAS	Lb/Pulg.2.				LIBRAS	Lb/Pulg.2.		
0.00	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0			
0.03	7	65.4	21.8	22.0	5	54.2	18.1	18.0	4	35.4	11.8	12.0			
0.05	12	122.7	40.9	41.0	10	103.0	34.3	34.0	7	73.3	24.4	24.0			
0.08	17	171.8	57.3	57.0	15	150.8	50.3	50.0	11	107.9	36.0	36.0			
0.10	22	220.9	73.6	74.0	19	191.1	63.7	64.0	14	140.8	46.9	47.0			
0.13	26	261.8	87.3	87.0	22	225.1	75.0	75.0	17	169.5	56.5	56.0			
0.15	29	294.5	98.2	98.0	25	255.9	85.3	85.0	19	195.5	65.2	65.0			
0.20	37	368.1	122.7	123.0	30	304.7	101.6	102.0	24	237.8	79.3	79.0			
0.30	46	466.2	155.4	155.0	38	385.5	128.5	128.0	30	298.4	99.5	99.0			
0.40	55	548.0	182.7	183.0	45	447.0	149.0	149.0	35	347.3	115.8	116.0			
0.50	60	605.3	201.8	202.0	49	493.8	164.6	165.0	38	382.7	127.6	128.0			

Fuente. Elaboración propia.

Estos formatos están acompañados de sus gráficos procesados en los anexos de los ensayos de suelos.

3.3.3. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Según Hernández et al. (2014) las herramientas de presentación de datos son medios gráficos, textuales o numéricos que permiten organizar, resumir y mostrar la información obtenida en una investigación de manera clara y comprensible. Estos instrumentos incluyen tablas, gráficos, diagramas, mapas y otros recursos visuales que facilitan la interpretación de los resultados.

Se emplearon tablas y gráficos estadísticos mediante el software de Microsoft Excel y IBM SPSS para presentar los datos de manera organizada y visualmente comprensible los cuales se muestran en el capítulo de resultados.

3.3.4. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Los métodos aplicados para la obtención de los resultados variaron según el tipo de ensayo realizado:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128)

1. Preparación de la muestra: Se seca la muestra con una temperatura de 110 ± 5 °C hasta lograr una masa estable, y luego se procedió a pesarla en condición seca.

2. Selección de tamices: Se eligió una serie de tamices con aberturas decrecientes, tales como: 2", 1½", 1", ¾", ½", 3/8", No. 4, No. 10, No. 40 y No. 200. Los tamices se colocaron en orden descendente de tamaño, incluyendo una charola inferior para recolectar el material que pasó por el último tamiz.

3. Colocación y tamizado: Se vertió la muestra sobre el tamiz superior. Luego, se colocó la tapa y se procedió a agitar manualmente o con agitador mecánico durante un tiempo aproximado de 10 a 15 minutos.

4. Pesado de retenidos: Se pesó con exactitud el material que quedó en cada tamiz y se anotaron los pesos individuales respectivos.

5. Cálculos: Se determinó el porcentaje de material que quedó retenido en cada tamiz, además de los porcentajes retenidos acumulados y los porcentajes que pasaron a través de cada tamiz.

6. Graficado: Se elaboró la curva granulométrica utilizando papel semilogarítmico, representando la abertura del tamiz en el eje X (logarítmico) y el porcentaje que pasa en el eje Y. Finalmente, se identificó el tipo de gradación del suelo: bien graduado, uniformemente graduado o pobremente graduado.

LÍMITES DE ATTERBERG - NTP 339.129 Y ASTM D-423 Y 424

A. LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D423 / NTP 339.129 - PARTE I)

1. Preparación de la muestra: Se seleccionó el porcentaje de suelo que pasó por el tamiz N.º 40 (0,425 mm) y se mezcló con agua destilada hasta formar una pasta homogénea.

2. Colocación en la copa de Casagrande: La mezcla de suelo se depositó en la copa de Casagrande y se dividió mediante una ranura estándar utilizando la herramienta ranuradora, conforme a la norma ASTM. Posteriormente, la copa se golpeó a una velocidad constante de aproximadamente 2 impactos por segundo hasta que la ranura se cerró a lo largo de 13 mm ($\frac{1}{2}$ pulgada).

3. Registro de datos: Los golpes aplicados fueron anotados y, posteriormente, se extrajo una muestra de la pasta utilizada, determinando el contenido de humedad.

4. Repetición del proceso: El procedimiento se repitió con distintos contenidos de agua, al menos tres veces, con el objetivo de obtener la curva que relaciona los golpes realizados con el contenido de humedad. Se estableció el contenido de humedad asociado a 25 golpes, considerándose como el límite líquido (LL) del suelo.

B. LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D424 / NTP 339.129 - PARTE II)

1. Preparación de la muestra: Se seleccionó el suelo que pasó por el tamiz N.º 40 y se mezcló con agua hasta formar una pasta plástica y homogénea.

2. Formación de cilindros: Se tomaron pequeñas porciones de la pasta y se moldearon manualmente formando cilindros de aproximadamente 3 mm ($\frac{1}{8}$ ") de diámetro sobre una superficie no porosa.

3. Enfriamiento y agrietamiento: Se continuó el amasado de los cilindros hasta que comenzaron a desmoronarse o agrietarse. En ese punto, se tomó una muestra del material Y se calculó su contenido de humedad.

4. Resultado: El valor obtenido en ese momento se consideró como el límite plástico (PL) del suelo.

PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)

1. Preparación de la muestra: Se tomó una muestra representativa del suelo, asegurándose de que pasara por el tamiz de 3" (75 mm), y se conservó el material que pasó por el tamiz No. 4 (4.75 mm). En caso de que la muestra presentara humedad excesiva, se secó al aire o en horno a una temperatura que no superó los 60 °C.

2. División de la muestra: Se dividió la muestra en un mínimo de cinco partes y se humedeció progresivamente cada una de ellas con el objetivo de obtener diferentes contenidos de humedad.

3. Compactación de cada parte: Cada parte de la muestra se colocó en un molde cilíndrico de 4 pulgadas (101.6 mm) de diámetro y 4.6 pulgadas de altura. Se utilizó un martillo de 10 lb (4.54 kg), el cual fue dejado caer desde una altura de 18 pulgadas (457 mm). El suelo se compactó en cinco capas, aplicando 25 golpes por capa de forma uniforme.

4. Determinación del peso húmedo y contenido de humedad: Una vez compactado el suelo, se pesó el molde con el material para obtener el peso húmedo total. A continuación, se extrajo una porción del suelo y se determinó su contenido de humedad a través del secado en horno a una temperatura de 110 ± 5 °C hasta alcanzar masa constante.

5. Repetición del procedimiento: Se repitió el procedimiento para las otras cuatro muestras, cada una con un contenido de agua diferente. Para cada ensayo, se registraron los siguientes datos:

- Peso húmedo
- Contenido de humedad
- Capacidad del molde
- Cálculo de la densidad seca

6. Elaboración de la curva de compactación: Se graficó la curva de compactación. A partir de la curva, se determinó la densidad seca máxima y la humedad óptima de compactación del suelo evaluado.

CBR (ASTM D-1883)

1. Acondicionamiento de la muestra: Se secó el suelo y se tamizó utilizando el tamiz de $\frac{3}{4}$ " (19 mm). Posteriormente, se mezcló la muestra con agua alcanzando la humedad deseada.

Luego, se compactó en un molde cilíndrico de 6 pulgadas de diámetro, en tres capas, aplicando 56 golpes por capa con un martillo Proctor modificado. Una vez compactado, se instaló el anillo de carga y la placa de carga. En caso de requerirse la condición saturada, se colocó la muestra bajo inmersión en agua durante 96 horas.

2. Preparación para la prueba: Transcurrido el tiempo de inmersión, se retiró la muestra del agua (en caso de haber sido sumergida) y se colocó en el aparato de carga CBR. Se ubicó una placa de carga circular sobre la muestra y se ajustó un dial comparador para medir la penetración. Además, se colocó un peso de sobrecarga simulado (por ejemplo, 10 lb) en caso de que se buscara representar el efecto del tránsito vehicular.

3. Aplicación de la carga: Se aplicó una carga vertical manteniendo la velocidad de 1,27 mm por minuto (0,05 in/min). Durante el ensayo, se registraron las cargas correspondientes a las distintas profundidades de penetración:

- 0.64 mm (0.025")
- 1.27 mm (0.05")
- 1.91 mm (0.075")
- 2.54 mm (0.1")
- ... hasta alcanzar 12.7 mm (0.5")

4. Cálculos del CBR: El CBR se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{CBR} = \left(\frac{\text{Carga medida}}{\text{Carga estándar}} \right) \times 100$$

Carga unitaria estándar:

- Para 2.54 mm (0.1"): 1500 lb/in² (10.3 MPa)
- Para 5.08 mm (0.2"): 4500 lb/in² (31 MPa)

Se reportó como resultado final el valor más alto entre el CBR correspondiente a 0.1" y el correspondiente a 0.2".

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. MATERIAL PROPIO

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

Se ejecuto de acuerdo con las pautas establecidas en la NTP 339.128, la ASTM D-422 y el Manual de Ensayos de Materiales E-107.

Se tomaron en cuenta tres calicatas, situadas en las progresivas 16+460, 17+520 y 18+790, mientras se realizaban trabajos de exploración de campo.

Los hallazgos obtenidos de la prueba de granulometría del material extraído de las tres calicatas se muestran a continuación.

Tabla 12

Ensayo de análisis granulométrico del material proveniente de las calicatas N° 01, N° 02 y N° 03

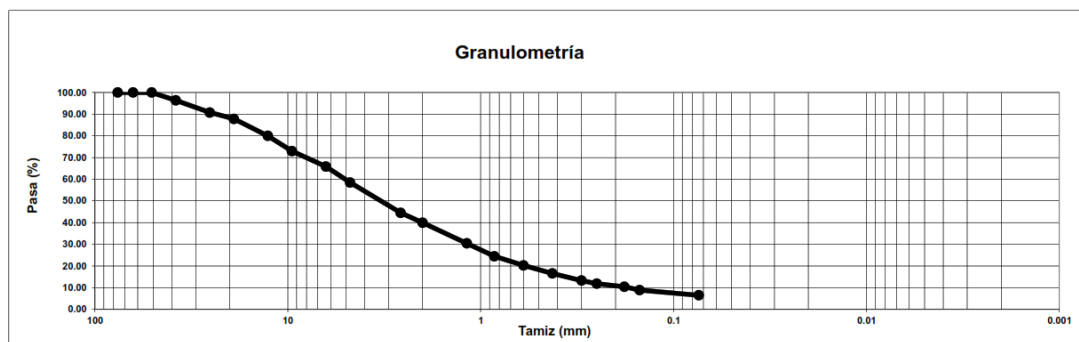
Muestras	Clasificación		Cu	HUSO
	SUC	AASHTO		
MP-M 1 (16+460)	SC	A-2-6 (0)	29.52	A-1
MP-M 2 (17+520)	SC	A-2-6 (0)	20.16	A-1
MP-M 3 (18+790)	SC	A-2-6 (0)	23.93	A-1

Fuente: Producción Propia.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, los suelos tienen una cantidad importante de arcilla, de acuerdo a las clasificaciones AASHTO y SUCS. Asimismo, el coeficiente de uniformidad es mayor a 6, lo que señala que el suelo está bien gradado. Se tuvo en cuenta que el tamaño máximo del agregado es de 1 ½ pulgadas para realizar la curva granulométrica. Según lo establecido en la tabla 301-01 del Manual de Carreteras, se establece el uso de un afirmado granulométrico tipo A-1 (EG, 2018).

Figura 9

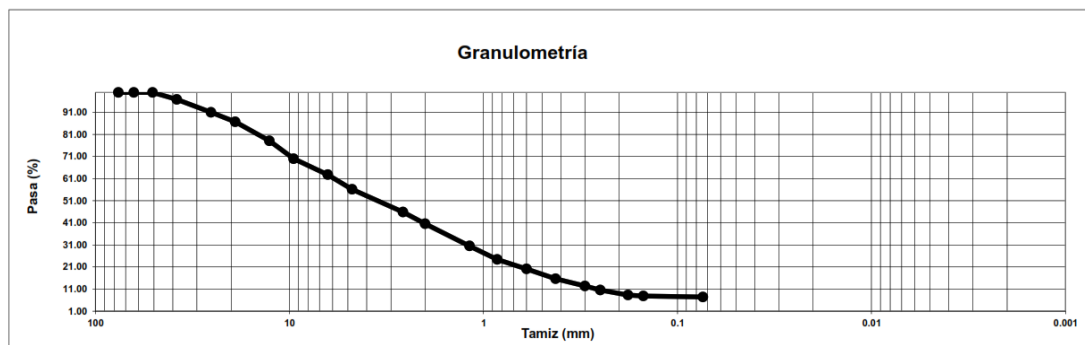
Curva de distribución granulométrico correspondiente a la Calicata N°01 material propio



Fuente: Producción Propia.

Figura 10

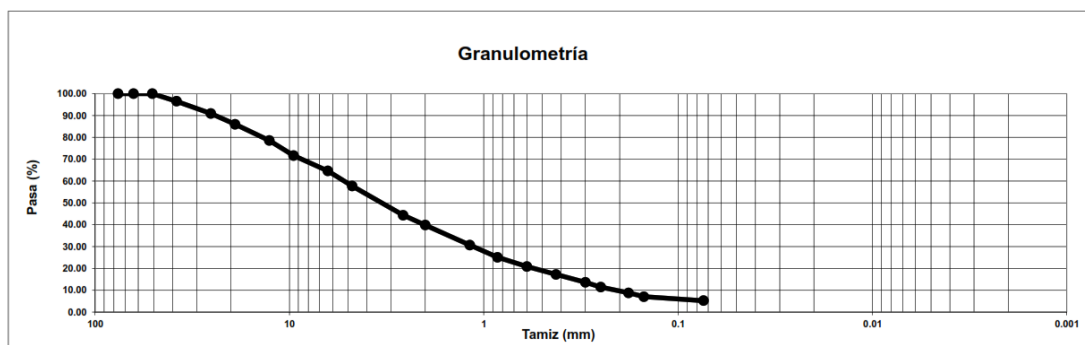
Curva de distribución granulométrico correspondiente a la Calicata N°02 material propio



Fuente: Producción Propia.

Figura 11

Curva de distribución granulométrico correspondiente a la Calicata N°03 material propio



Fuente: Elaboración Propia.

Observamos que las muestras no se ajustan completamente a los rangos granulométricos permitidos para el tipo de uso A-1, establecidos en la sección 301 del Manual de Especificaciones para Carreteras Afirmadas (EG, 2013). Se determina que los materiales procedentes de las tres calicatas no cumplen con los requisitos para ser empleados en vías sin pavimentos existentes.

LÍMITES DE ATTERBERG

Fue realizado con las pautas definidas por la norma ASTM D4318, la NTP 339.129 y el Manual de Ensayos de Materiales E 110 - E 111.

Los valores obtenidos de los ensayos de límites de Atterberg aplicados al material procedente de las tres calicatas, situadas en las progresivas 16+460, 17+520 y 18+790 y que se muestran a continuación.

Tabla 13

Límites de Atterberg del material proveniente de las calicatas N°01, N°02 y N°03

Muestras	Índice de plasticidad
MP-M 1 (16+460)	12%
MP-M 2 (17+520)	12%
MP-M 3 (18+790)	11%

Fuente: Elaboración Propia.

Según se desprende de la tabla anterior, el índice de plasticidad del terreno en las tres muestras es superior al 9%, cifra que sobrepasa el límite permitido para los materiales afirmados, que debería estar entre un 4% y un 9%. De igual manera, de acuerdo con la categorización de suelos según su índice de plasticidad que se encuentra en el Manual de Carreteras (MTC, 2014), los terrenos examinados pertenecen al rango correspondiente a los suelos arcillosos.

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

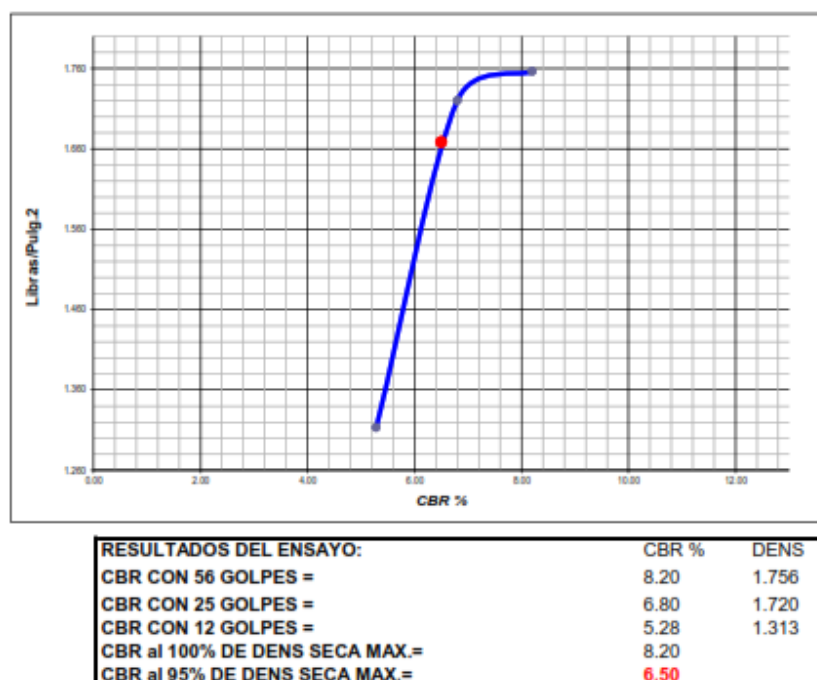
Fue realizado de acuerdo con las pautas definidas en el Manual de Ensayos de Materiales E 132, la NTP 339.145 y la ASTM D 1883.

Los moldes de CBR fueron compactados a una densidad máxima seca (MDS) de 1.98 gr/cm³ y un contenido de humedad de 14.50%, valores determinados in situ según las características del terreno. Asimismo, durante el control diario de expansión, se observaron variaciones volumétricas típicas de suelos con contenido de arcillas.

Los hallazgos de los ensayos CBR realizados al material procedente de las tres calicatas, localizadas en las progresivas 16+460, 17+520 y 18+790, se muestran a continuación.

Figura 12

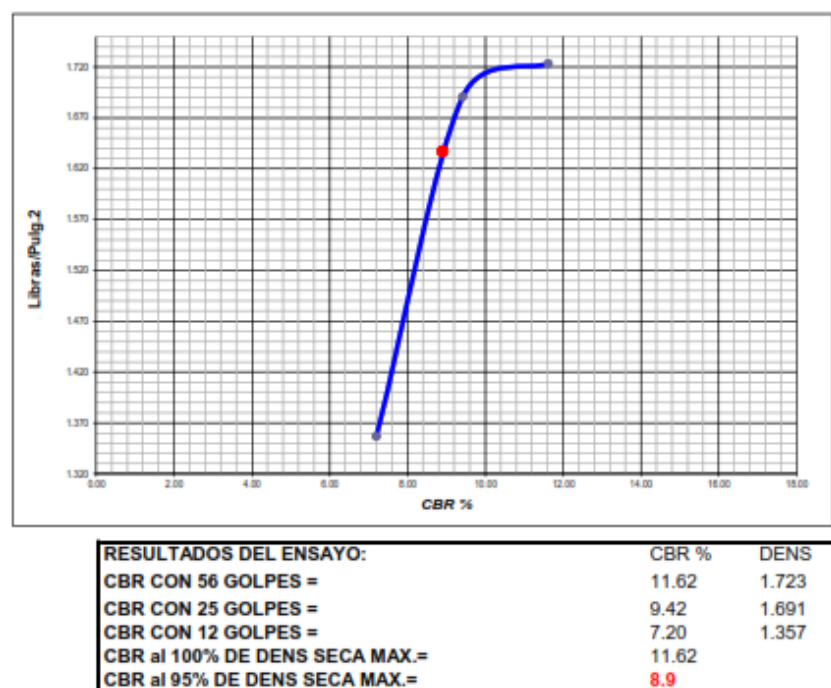
Representación de CBR material propio calicata N°01



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 13

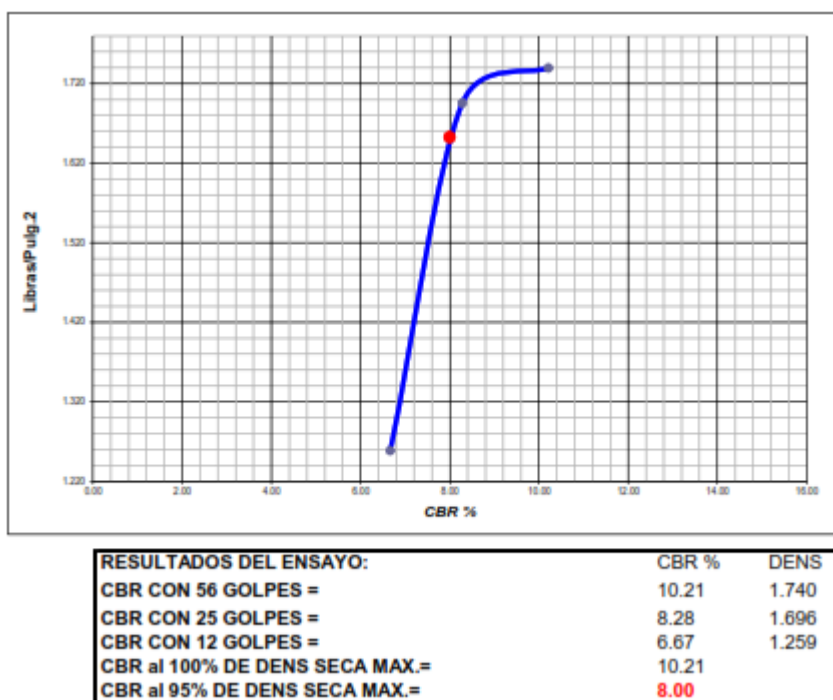
Representación de CBR material propio calicata N°02



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 14

Representación de CBR material propio calicata N°03



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con las características obtenidas tras el análisis de los materiales de las calicatas N°01 (16+460), N°02 (17+520) y N°03 (18+790), mediante la obtención del CBR, se observó que las muestras presentaron valores de 6.5%, 8.9% y 8%, respectivamente. Según el cuadro N°4.11 del Manual de Carreteras (MTC, 2014), estos valores están dentro del rango de subrasante pobre, considerando que un CBR inferior al 6% requiere estabilización. Adicionalmente, los resultados de CBR obtenidos no cumplen con los criterios de calidad establecidos en la sección 301 del Manual de Carreteras (EG, 2013), donde se exige un valor mínimo de CBR de 40% para carreteras afirmadas.

4.1.2. CENIZAS DE CAL

En el transcurso de la investigación se realizó una visita a la zona de Sacra Familia, en particular a las instalaciones de la compañía Inversiones Rodríguez. Allí se recolectó el residuo proveniente de sus hornos, correspondiente a ceniza de cal, el cual posteriormente fue trasladado al laboratorio para la realización de los estudios y ensayos pertinentes.

LÍMITES DE ATTERBERG

El ensayo se realizó de acuerdo con el Manual de ensayos de materiales E 110 – E 111, la norma NTP 339.129 y ASTM D 4318.

Los resultados conseguidos a partir de los ensayos de límites de Atterberg para las muestras de ceniza de cal N°01 y N°02 se presentan a continuación.

Tabla 14

Límites de Atterberg del material con ceniza de cal correspondiente a las muestras N°01 y N°02

Muestras	LL	LP	Índice de plasticidad
CC-M 1	NP	NP	NP
CC-M 2	NP	NP	NP

Fuente: Producción Propia.

Vemos que las muestras de ceniza de cal N°01 y N°02 no tienen límite plástico ni límite líquido, lo que lleva a un índice de plasticidad del 0%. Determinamos que el material no tiene arcillas. Por ende, se cree que la ceniza de cal puede ayudar a reducir el índice de plasticidad del material utilizado en las secciones estudiadas.

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

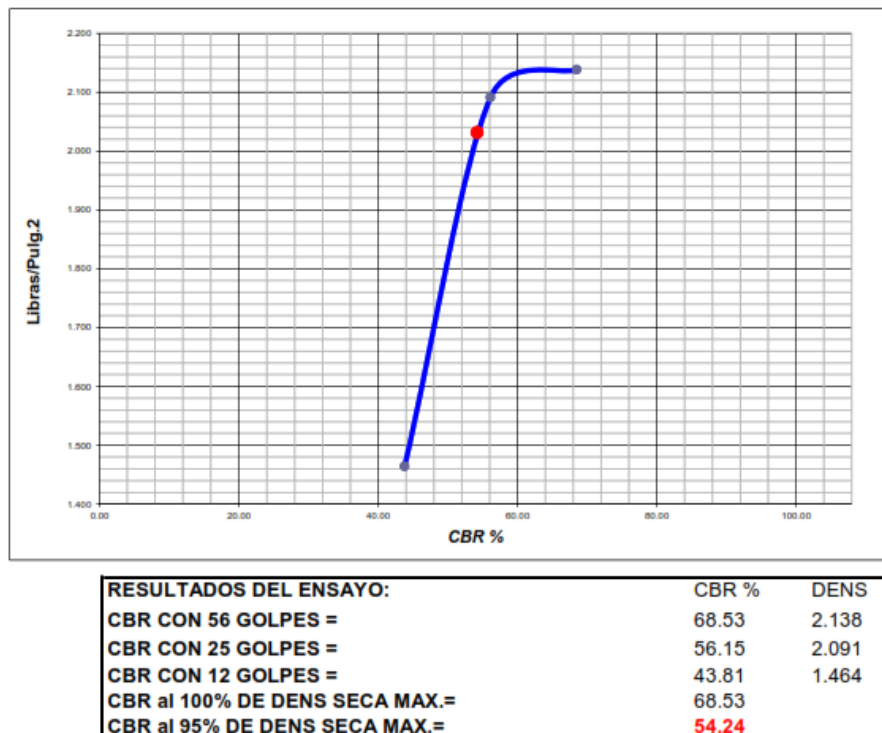
El presente ensayo se llevó a cabo conforme a los lineamientos establecidos en las normas ASTM D1883, NTP 339.145 y en el Manual de Ensayos de Materiales E-132.

Los hallazgos de los ensayos CBR para las muestras de ceniza de cal N°01 y N°02 se muestran a continuación.

Los ensayos se realizaron tomando en cuenta una densidad seca máxima (MDS) de 1.62 gr/cm³ y un contenido de humedad del 13.80%, cifras que se obtuvieron mediante la aplicación del ensayo de Proctor modificado aplicado a la ceniza de cal. A lo largo de la elaboración del ensayo, no se notaron alteraciones importantes en la expansión del material.

Figura 15

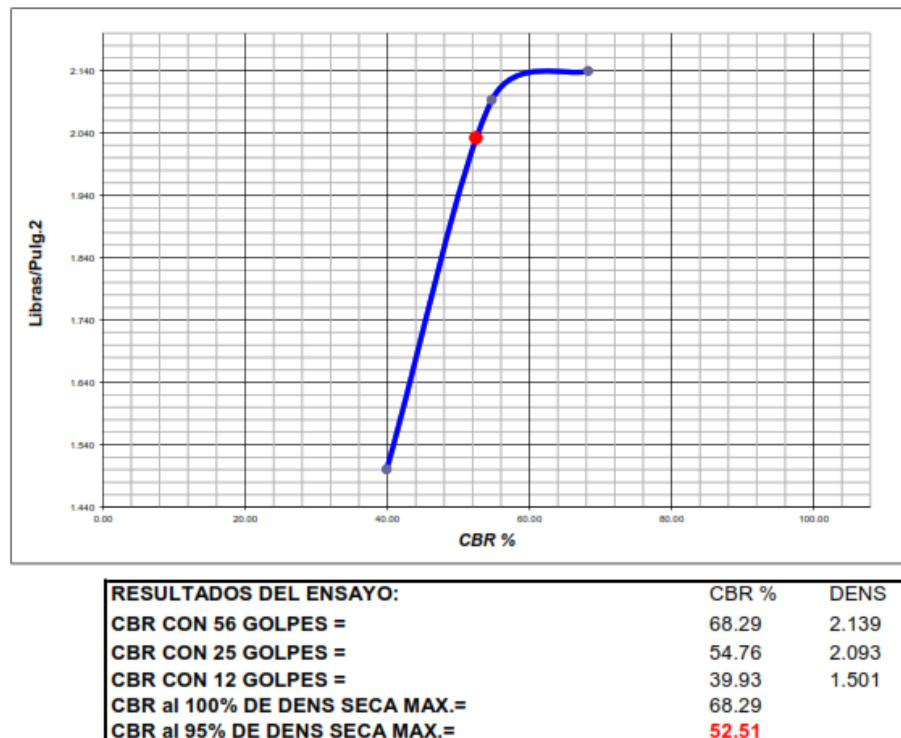
Gráfico del CBR correspondiente a la muestra N°01 con adición de ceniza de cal



Fuente: Producción Propia.

Figura 16

Gráfico del CBR correspondiente a la muestra N°02 con adición de ceniza de cal



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con los análisis realizados al insumo de ceniza de cal de las muestras N°01 y N°02, los valores de Coeficiente de Soporte California obtenidos fueron de 54.2% y 52.5%, respectivamente. Según el cuadro N°4.11 del Manual de Carreteras (MTC, 2014), estos valores se ubican en la categoría de subrasante excelente, ya que superan el 30% de CBR. Además, los resultados obtenidos exceden el valor mínimo exigido por la sección 301 del Manual de Carreteras (EG, 2013) para carreteras afirmadas, que establece un CBR mínimo de 40%.

4.1.3. MATERIAL PROPIO + 10% DE CENIZA DE CAL

Buscando mejorar las características del afirmado para caminos no pavimentados, se llevaron a cabo mezclas experimentales que incluían un 10% de ceniza de cal, después de estudiar las propiedades del insumo natural y los resultados obtenidos en las pruebas con la ceniza de cal. Los hallazgos de los ensayos de laboratorio pertinentes se exponen a continuación.

LÍMITES DE ATTERBERG

Este ensayo se realizó conforme a lo establecido en la norma ASTM D 4318, la NTP 339.129 y el Manual de ensayos de materiales E 110 – E 111.

Se presentan a continuación los hallazgos de las pruebas de límites de Atterberg para las combinaciones del material propio con un 10% de ceniza de cal, que corresponden a las muestras número 01, 02 y 03.

Tabla 15

Límites de Atterberg, Muestra N°01, N°02 y N°03: MP + 10% de ceniza de cal

Muestras	Índice de plasticidad
C 10%- M 1	10%
C10%- M 2	10%
C 10%-M 3	10%

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con la tabla anterior, se observa que el índice de plasticidad de las mezclas de suelo con un 10% de ceniza de cal (muestras N°01, N°02 y N°03) es de 10%, superando el rango permitido para material de afirmado, el cual debe estar comprendido entre 4 y 9%.

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

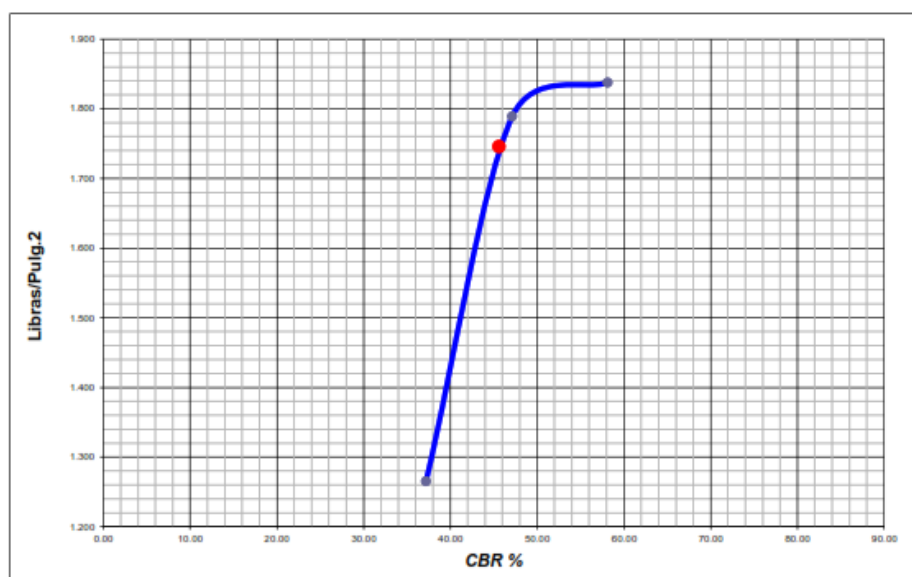
Se ejecuto siguiendo con las reglas del Manual de ensayos de materiales E 132, NTP 339.145 y ASTM D 1883.

Los resultados de la proporción relativa del soporte CBR para las mezclas de suelo con un diez por ciento de ceniza de cal, que pertenecen a las muestras número 01, 02 y 03, se muestran a continuación.

La densidad seca máxima de 1.958 gr/cm³ y el contenido de humedad del 12.45% fueron los valores establecidos antes a través del ensayo de Proctor Modificado con la adición del 10% de ceniza de cal, que se emplearon para las pruebas CBR.

Figura 17

Representación de CBR, Muestra N°01: MP + 10% de ceniza de cal

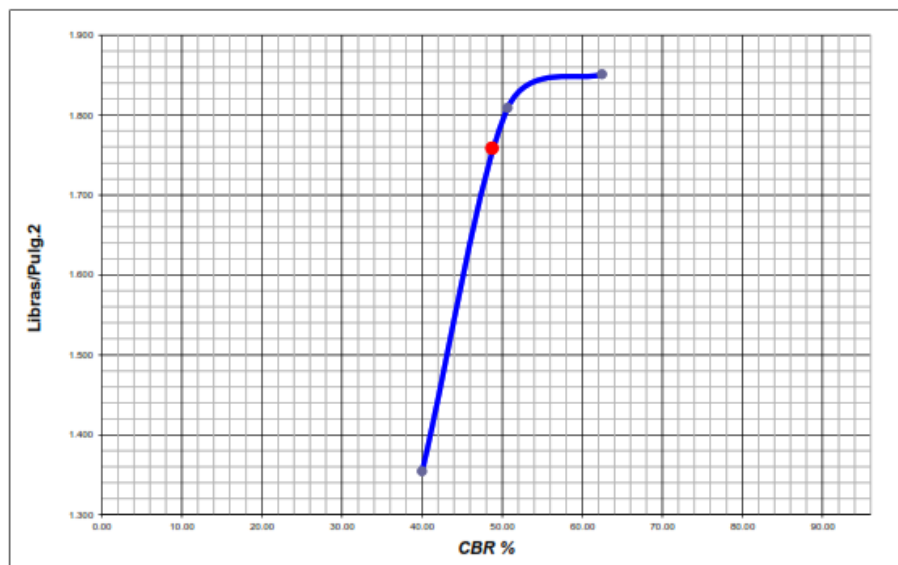


RESULTADOS DEL ENSAYO:	CBR %	DENS
CBR CON 56 GOLPES =	58.13	1.837
CBR CON 25 GOLPES =	47.13	1.789
CBR CON 12 GOLPES =	37.20	1.265
CBR al 100% DE DENS SECA MAX.=	58.13	
CBR al 95% DE DENS SECA MAX.=	45.63	

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 18

Representación de CBR, Muestra N°02: MP + 10% de ceniza de cal

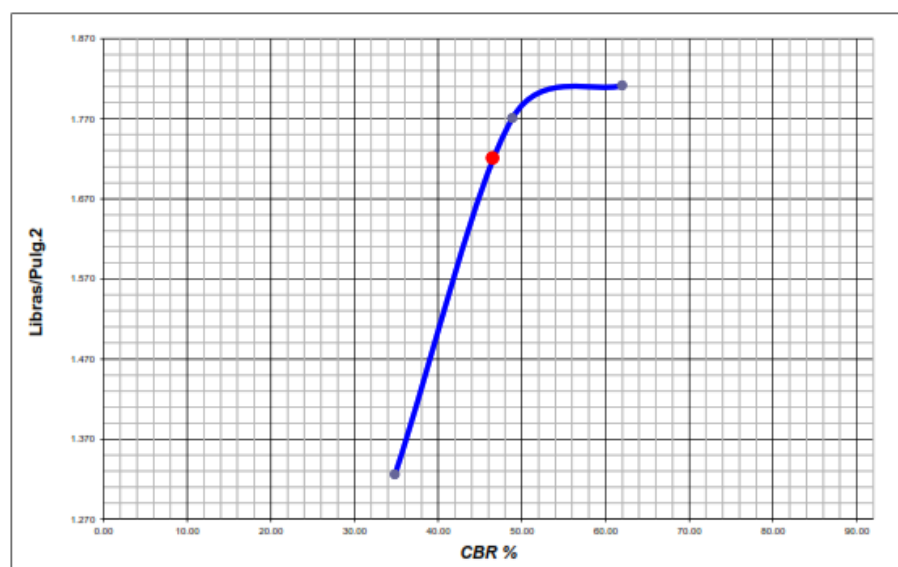


RESULTADOS DEL ENSAYO:	CBR %	DENS
CBR CON 56 GOLPES =	62.47	1.851
CBR CON 25 GOLPES =	50.70	1.809
CBR CON 12 GOLPES =	40.01	1.354
CBR al 100% DE DENS SECA MAX.=	62.47	
CBR al 95% DE DENS SECA MAX.=	48.74	

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 19

Representación de CBR, Muestra N°03: MP + 10% de ceniza de cal



RESULTADOS DEL ENSAYO:	CBR %	DENS
CBR CON 56 GOLPES =	62.00	1.811
CBR CON 25 GOLPES =	48.87	1.771
CBR CON 12 GOLPES =	34.83	1.326
CBR al 100% DE DENS SECA MAX.=	62.00	
CBR al 95% DE DENS SECA MAX.=	46.50	

Fuente: Elaboración Propia.

El gráfico anterior presenta los hallazgos de las pruebas de CBR para las mezclas de suelo con un 10% de ceniza de cal (muestras N°01, N°02 y N°03). Los valores relativos de soporte son 45.6%, 48.7% y 46.5%, respectivamente. Conforme al cuadro N°4.11 del Manual de Carreteras (MTC, 2014), estos valores son de una subrasante clasificada como de categoría excelente porque exceden el 30% de CBR. Asimismo, los resultados satisfacen el valor mínimo de CBR requerido por la sección 301 del Manual de Carreteras (EG, 2018), que es 40%.

4.1.4. MATERIAL PROPIO + 20% DE CENIZA DE CAL

Después de examinar las propiedades del material propio y los hallazgos obtenidos en los ensayos de la ceniza de cal, se realizaron a cabo mezclas experimentales con un 20% de dicha ceniza. Esto se hizo con el propósito de elevar los estándares de calidad del afirmado en caminos sin pavimentar.

LÍMITES DE ATTERBERG

Este ensayo se realizó de acuerdo con las instrucciones del Manual de ensayos de materiales E 110 – E 111, la norma ASTM D 4318 y la NTP 339.129.

Los resultados de las pruebas de límites de Atterberg para las combinaciones de material propio con un 20% de ceniza de cal en las muestras N°01, N°02 y N°03 se presentan a continuación.

Tabla 16

Límites de Atterberg, Muestra N°01, N°02 y N°03: MP + 20% de ceniza de cal

Muestras	Índice de plasticidad
C 20%-M 1	9%
C 20%-M 2	9%
C 20%-M 3	9%

Fuente: Elaboración Propia.

Según la tabla anterior, el índice de plasticidad del suelo con un 20% de ceniza de cal en las muestras N°01, N°02 y N°03 es del 9%, que está dentro del rango permitido para material de afirmado (4 a 9 %).

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

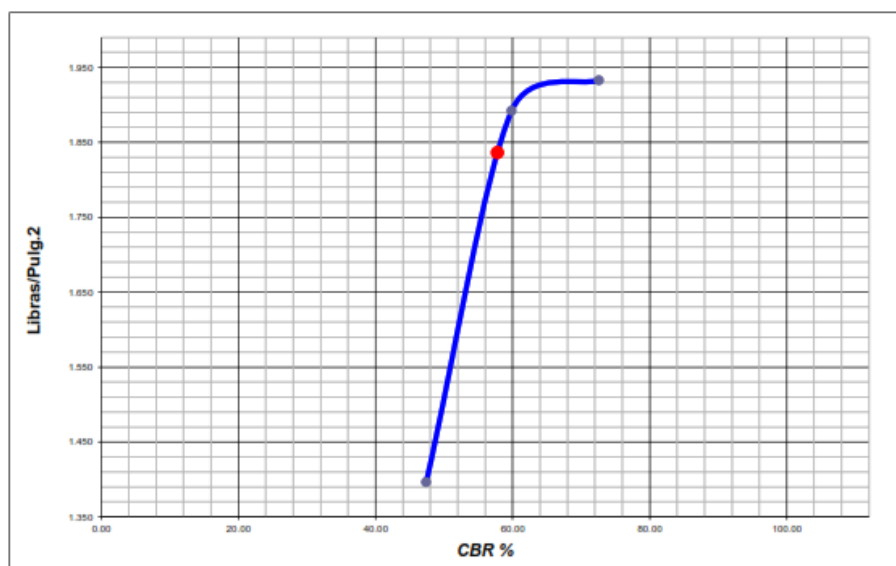
Se desarrolló de acuerdo con las regulaciones ASTM D 1883, NTP 339.145 y el Manual E 132 para ensayos de insumos.

Presentamos los hallazgos del valor de CBR para el material propio mezclado con un 20% de ceniza de cal en las muestras N°01, N°02 y N°03.

Las pruebas de CBR se llevaron a cabo con un contenido de humedad del 11.50% y una densidad seca máxima (MDS) de 1.935 gr/cm³, cifras que se adquirieron a través del ensayo Proctor Modificado realizado sobre el material al que se le agregó el 20% de ceniza de cal.

Figura 20

Gráfico de CBR, Muestra N°01: MP + 20% de ceniza de cal

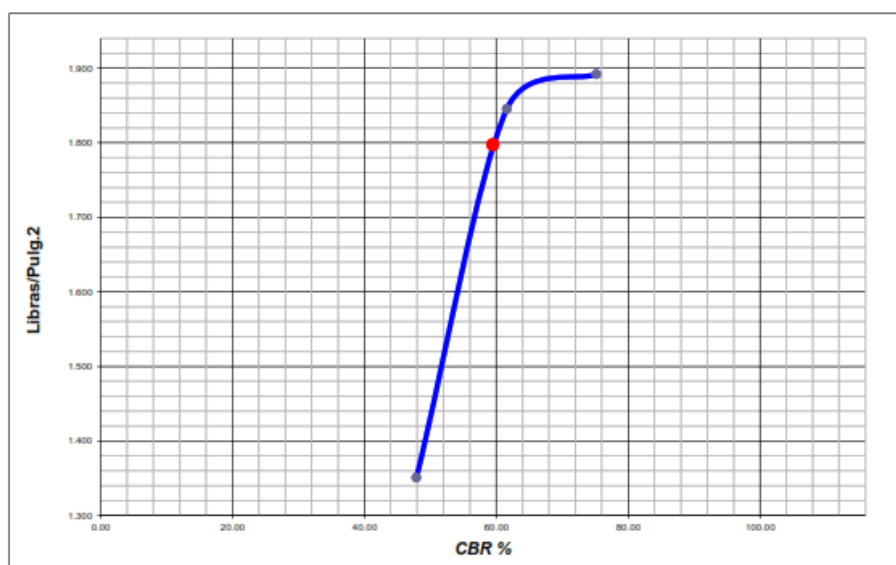


RESULTADOS DEL ENSAYO:	CBR %	DENS
CBR CON 56 GOLPES =	72.60	1.933
CBR CON 25 GOLPES =	59.87	1.892
CBR CON 12 GOLPES =	47.40	1.396
CBR al 100% DE DENS SECA MAX.=	72.60	
CBR al 95% DE DENS SECA MAX.=	57.81	

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 21

Representación de CBR, Muestra N°02: MP + 20% de ceniza de cal

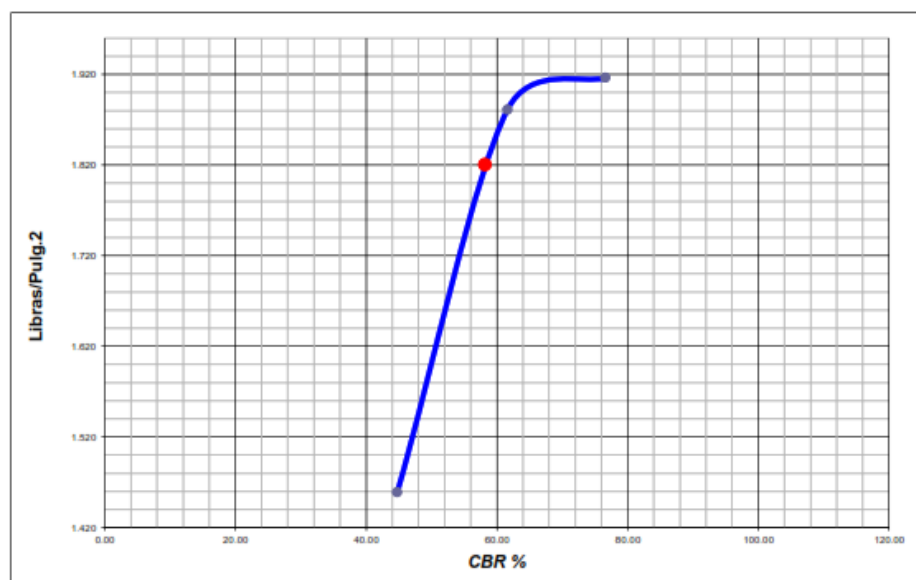


RESULTADOS DEL ENSAYO:		CBR %	DENS
CBR CON 56 GOLPES =		75.20	1.892
CBR CON 25 GOLPES =		61.60	1.845
CBR CON 12 GOLPES =		47.90	1.351
CBR al 100% DE DENS SECA MAX.=		75.20	
CBR al 95% DE DENS SECA MAX.=		59.50	

Fuente. Elaboración Propia.

Figura 22

Representación de CBR, Muestra N°03: MP + 20% de ceniza de cal



RESULTADOS DEL ENSAYO:		CBR %	DENS
CBR CON 56 GOLPES =		76.62	1.916
CBR CON 25 GOLPES =		61.62	1.881
CBR CON 12 GOLPES =		44.76	1.459
CBR al 100% DE DENS SECA MAX.=		76.62	
CBR al 95% DE DENS SECA MAX.=		58.20	

Fuente: Elaboración Propia

Según los resultados hallados en los ensayos de CBR para el material propio mezclado con 20% de ceniza de cal (muestras N°01, N°02 y N°03), los valores de soporte relativo fueron de 57.8%, 59.5% y 58.2%, respectivamente. Según el cuadro N°4.11 del Manual de Carreteras (MTC, 2014), estos valores ubican a las muestras dentro del rango correspondiente a una subrasante de calidad excelente, dado que los valores de CBR superan el 30%. Además, los resultados obtenidos cumplen y exceden el valor mínimo exigido de 40% de CBR establecido en la sección 301 para carreteras afirmadas por el Manual de Carreteras (EG, 2018).

4.1.5. MATERIAL PROPIO + 30% DE CENIZA DE CAL

Tras examinar las propiedades del material propio y los resultados de las pruebas realizadas a la ceniza de cal, fueron ejecutadas combinaciones experimentales que incluían un 30% de ceniza de cal para optimizar los estándares de calidad del afirmado en carreteras sin pavimentar.

LÍMITES DE ATTERBERG

Se determinó cumpliendo con la norma ASTM D 4318, NTP 339.129 y el Manual de Ensayos de Materiales E 110 – E 111.

Los hallazgos de los ensayos de límites Atterberg para las muestras N°01, N°02 y N°03 del material propio mezclado con un 30% de ceniza de cal se muestran a continuación.

Tabla 17

Límites de Atterberg, Muestra N°01, N°02 y N°03: MP + 30% de ceniza de cal

Muestras	Índice de plasticidad
C 30%-M1	8%
C 30%-M2	8%
C 30%-M3	8%

Fuente: Elaboración Propia.

Vemos en la tabla 17, el índice de plasticidad del suelo del material propio combinado con 30% de ceniza de cal es 8%, para las muestras N°01, N°02 y N°03. Este valor se ubica en el rango admitido para material afirmado, que va de 4 a 9%.

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

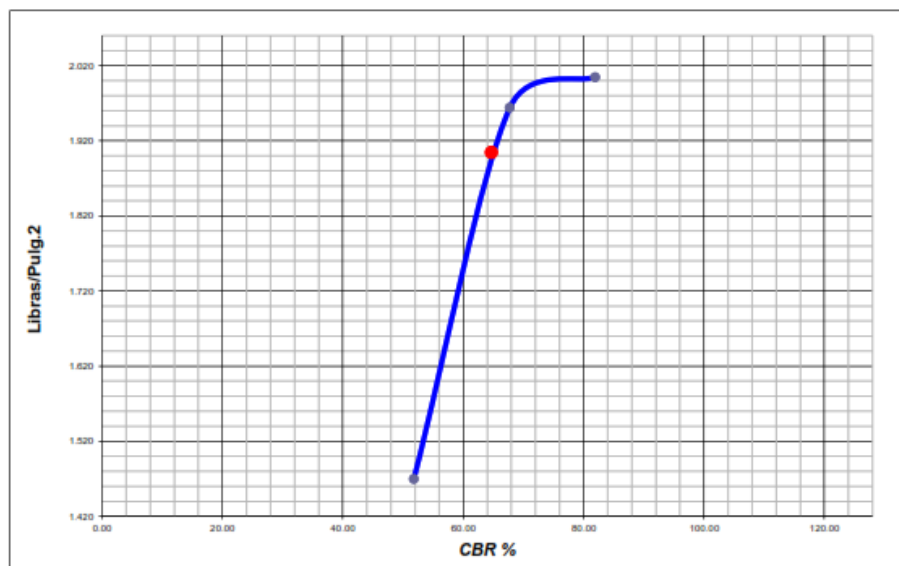
Se determino cumpliendo con el Manual de Ensayos de Materiales E-132, la norma ASTM D1883 y la NTP 339.145.

Presentamos los hallazgos del valor de CBR para el material propio que fue agregado con un 30% de ceniza de cal en las muestras N°01, N°02 y N°03.

Los resultados de la prueba CBR se obtuvieron a partir de un contenido de humedad del 13,20% y una densidad seca máxima (MDS) de 1.924 gr/cm³, que se lograron al aplicar el método Proctor modificado al material con un porcentaje de ceniza de cal del 30%.

Figura 23

Representación de CBR, Muestra N°01: MP + 30% de ceniza de cal

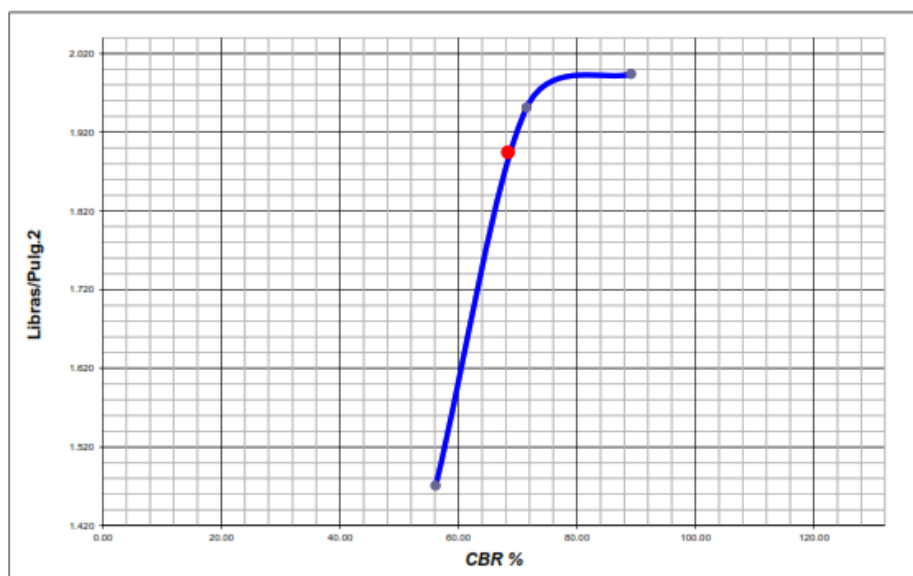


RESULTADOS DEL ENSAYO:	CBR %	DENS
CBR CON 56 GOLPES =	81.94	2.005
CBR CON 25 GOLPES =	67.76	1.964
CBR CON 12 GOLPES =	51.80	1.470
CBR al 100% DE DENS SECA MAX.=	81.94	
CBR al 95% DE DENS SECA MAX.=	64.70	

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 24

Representación de CBR, Muestra N°02: MP + 30% de ceniza de cal

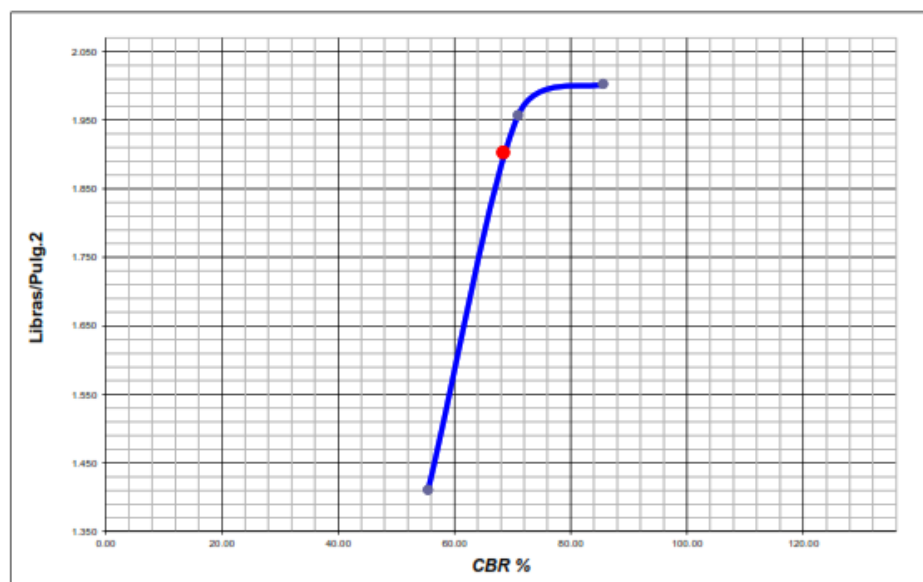


RESULTADOS DEL ENSAYO:		CBR %	DENS
CBR CON 56 GOLPES =		89.20	1.994
CBR CON 25 GOLPES =		71.56	1.951
CBR CON 12 GOLPES =		56.20	1.471
CBR al 100% DE DENS SECA MAX.=		89.20	
CBR al 95% DE DENS SECA MAX.=		68.41	

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 25

Representación de CBR, Muestra N°03: MP + 30% de ceniza de cal



RESULTADOS DEL ENSAYO:		CBR %	DENS
CBR CON 56 GOLPES =		85.60	2.003
CBR CON 25 GOLPES =		70.96	1.957
CBR CON 12 GOLPES =		55.47	1.411
CBR al 100% DE DENS SECA MAX.=		85.60	
CBR al 95% DE DENS SECA MAX.=		68.43	

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores adquiridos después de las pruebas de CBR, que son presentados en la figura previa para el material propio con un 30% de ceniza de cal (muestras N°01, N°02 y N°03), dan como resultado los siguientes valores: 64.7%, 68.41% y 68.43%. Según el cuadro número 4.11 del Manual de Carreteras (MTC, 2014), los datos indican que el material pertenece a la categoría de subrasante excelente, con valores CBR por encima del 30%. Asimismo, de acuerdo con la EG (2018), estos valores satisfacen y exceden el estándar mínimo de calidad que se especifica en la sección 301 para carreteras afirmadas, el cual es un CBR mínimo del 40%.

4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

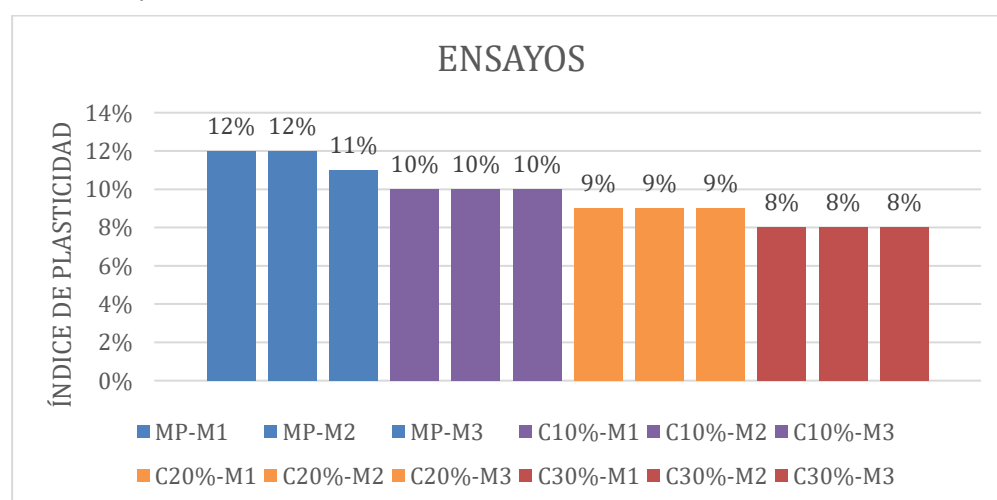
Después de la fase de ensayos, se ofrece el análisis de los resultados que se lograron al estabilizar suelos arcillosos a través de la incorporación de ceniza de cal en vías no pavimentadas, tomando en cuenta las condiciones establecidas en los criterios de calidad (EG, 2018).

4.2.1. ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Para comprobar si el índice de plasticidad se ajusta a los valores que establece el Manual de Carreteras (EG, 2018), una vez terminados los ensayos de límites de Atterberg, se ofrece un resumen a continuación con los hallazgos alcanzados.

Figura 26

Índices de plasticidad



Fuente: Elaboración propia.

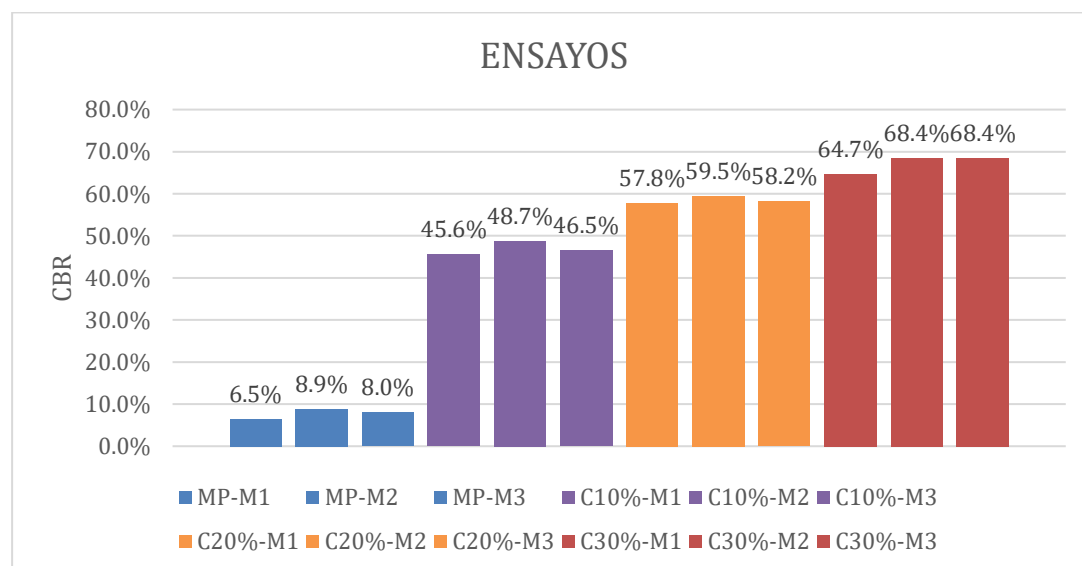
De acuerdo con lo que establece la sección 301 de la (EG, 2013), el índice de plasticidad tiene que situarse entre el 4% y el 9%. La figura anterior muestra que los tres ensayos con material extraído de calicatas tienen valores mayores al 9%. Por lo tanto, este material no es adecuado para el afirmado. Las mezclas de material propio con 10% de ceniza de cal tienen un índice de plasticidad del 10%, lo cual tampoco es apto. Por otro lado, las mezclas que contienen un 20% de ceniza de cal tienen un índice del 9%, mientras que los compuestos con un 30% de ceniza de cal tienen un índice del 8%. En ambos casos, estos índices están dentro del rango permitido para ser utilizados como material de base o afirmado.

4.2.2. ANÁLISIS DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR

Tras la conclusión de las pruebas de CBR y con el propósito de analizar la calidad del material según los límites fijados por el Manual de Carreteras (EG, 2018), se expone un resumen de los resultados logrados.

Figura 27

Valores relativos de soporte CBR



Fuente: Producción propia.

Los criterios establecidos en la sección 301 de la (EG, 2018) estipulan que el valor mínimo CBR para afirmado es 40%. En este contexto, la imagen previa indica que los tres ensayos hechos al material propio tienen valores menores al 10%, lo cual demuestra que es un material que necesita estabilización.

Por otro lado, al adicionar un 10% de ceniza de cal al material propio, los valores de CBR obtenidos superan el 40%, cumpliendo así con los requerimientos de calidad para su uso en afirmado.

De igual manera, las combinaciones con un 20% de ceniza de cal presentan valores de CBR de 57.8%, 59.5% y 58.2%, todos por encima del mínimo requerido, garantizando que el material estabilizado cumple completamente con los criterios de calidad para afirmado.

Finalmente, las mezclas con un 30% de ceniza de cal arrojan valores de CBR de 64.7%, 67.5% y 68.4%, superando ampliamente el límite del 40%, lo que confirma que el material propio con esta adición cumple de manera plena los estándares de calidad para su uso como afirmado.

4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL PLANTEADA

El nivel de estabilización de los suelos cohesivos empleados en las carreteras no pavimentadas de la región Huánuco se eleva considerablemente con la incorporación de cenizas de cal.

A. ÍNDICE DE PLASTICIDAD

A.1. Prueba de normalidad

Se cuenta con un número de datos inferior a 50, por lo que resulta adecuado aplicar la prueba de Shapiro-Wilk, la cual fue ejecutada utilizando el software SPSS.

Hipótesis:

H1: No presentan una distribución estadística normal.

H0: Se tiene una distribución estadística normal

Grado de significación estadística

$$\alpha = 0,05 = 5\%$$

Análisis

Si, $\text{sig} < 0,05$ la H0 se rechaza

Si, $\text{sig} > 0,05$ la H0 se acepta

Informe del valor de significancia

Tabla 18

Prueba de normalidad del Índice de plasticidad de los suelos

Estadístico	Shapiro-Wilk		
		gl	Sig.
Material propio (MP)	0.957	3	0.739
MP+10% ceniza de cal	0.977	3	0.721
MP+20% ceniza de cal	0.746	3	0.054
MP+30% ceniza de cal	0.923	3	0.395

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla anterior, todos los valores de significación en las muestras de suelo estudiadas son mayores que 0.05, según lo indica el test de normalidad Shapiro-Wilk. Por ende, se admite la hipótesis nula (H_0), lo cual valida que los valores del índice de plasticidad de los suelos analizados mantienen una distribución normal.

A.2. Ensayo de homogeneidad de varianzas

Hipótesis:

H_1 : No presentan homocedasticidad.

H_0 : Presentan homocedasticidad.

Grado de significación estadística

$\alpha = 0,05 = 5\%$

Análisis

Si, $\text{sig} < 0,05$ la H_0 se rechaza

Si, $\text{sig} > 0,05$ la H_0 se acepta

Informe del valor de significancia

Tabla 19

Prueba de homogeneidad de varianzas del Índice de plasticidad de los suelos

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	3.154	3	9	0.056
Se basa en la mediana	0.580	3	9	0.675
Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.580	3	3.491	0.675
Se basa en la media recortada	3.675	3	9	0.057

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de la prueba de Levene que se muestra en la tabla previa señala un nivel de significancia de 0,056, que es mayor a 0,05. Por ello, se admite la hipótesis nula (H_0) y validamos que hay homocedasticidad entre los valores del índice de plasticidad de los terrenos.

Se concluye que las muestras presentan un comportamiento paramétrico, basándose en los resultados de las pruebas de homocedasticidad y normalidad. Por lo tanto, la prueba ANOVA de análisis de varianza se utilizará para evaluar las hipótesis.

A.3. Prueba ANOVA

Hipótesis:

H_1 : Al menos un ensayo es distinto a los demás.

H_0 : Los ensayos no son distintos a los demás

Grado de significación estadística

$\alpha = 0,05 = 5\%$

Análisis

Si, $\text{sig} < 0,05$ la H_0 se rechaza

Si, $\text{sig} > 0,05$ la H_0 se acepta

Informe del valor de significancia

Tabla 20

Prueba ANOVA del Índice de plasticidad de los suelos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13.374	3	4.458	19.523	0
Dentro de grupos	1.691	6	0.281		
Total	15.065	9			

Fuente: Elaboración propia.

El análisis ANOVA de la tabla precedente muestra un nivel de significancia de 0,000, que es menor a 0,05. Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula (H_0), la cual plantea que uno de los ensayos difiere de los demás en cuanto al valor del índice de plasticidad del suelo, se rechaza. Con el objetivo de entender completamente el análisis de varianza aplicado a todos los ensayos, se utilizará la Prueba Post-Hoc de HDS Tukey.

A.4. Prueba Post – Hoc de HDS Tukey

Reporte de la post prueba

Tabla 21

Comparaciones múltiples de la prueba HSD Tukey del Cu de los suelos

		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
MP	MP+10%CC	1.16222	0.37997	0.057	-0.0429	2.3892
	MP+20%CC	2.38000	0.37997	0.001	1.2681	3.7057
	MP+30%CC	2.49111	0.37997	0.001	1.3674	3.7002
MP+10%CC	MP	-1.18444	0.37997	0.057	-2.3892	0.0446
	MP+20%CC	1.32112	0.37997	0.032	0.0999	2.5446
	MP+30%CC	1.39000	0.37997	0.022	0.1954	2.6359
MP+20%CC	MP	-2.48000	0.37997	0.001	-3.7156	-1.2694
	MP+10%CC	-1.31556	0.37997	0.032	-2.5447	-0.0999
	MP+30%CC	0.09111	0.37997	0.993	-1.1346	1.3203
MP+30%CC	MP	-2.57222	0.37997	0.001	-3.7001	-1.3654
	MP+10%CC	-1.39000	0.37997	0.022	-2.6359	-0.1895
	MP+20%CC	-0.09111	0.37997	0.993	-1.3203	1.1346

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior evidencia que el nivel de significancia correspondiente a los ensayos del Material Propio (MP) y del MP + 10% de ceniza de cal (CC) es menor a 0,05, lo cual indica que no hay diferencias significativas en sus resultados. Además, en las pruebas de MP+20%CC y MP+30%CC se encontró un nivel de significación inferior a 0,05, lo que señala que no existen diferencias significativas en los resultados. Lo mencionado previamente puede observarse en el título 4.2.1 de esta investigación.

B. CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

B.1. Prueba de normalidad

Se han examinado menos de 50 datos en esta investigación. En consecuencia, se debe aplicar la prueba de Shapiro Wilk, que fue efectuado utilizando el software estadístico SPSS.

Hipótesis:

H1: No presentan una distribución estadística normal.

H0: Se tiene una distribución estadística normal

Grado de significación estadística

$\alpha = 0,05 = 5\%$

Análisis

Si, $\text{sig} < 0,05$ la H_0 se rechaza

Si, $\text{sig} > 0,05$ la H_0 se acepta

Informe del valor de significancia

Tabla 22

Prueba de normalidad del CBR de los suelos

Estadístico	Shapiro-Wilk		
		gl	Sig.
Material propio (MP)	0.889	3	0.385
MP+10% ceniza de cal	0.983	3	0.628
MP+20% ceniza de cal	1.000	3	0.978
MP+30% ceniza de cal	0.988	3	0.845

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra los hallazgos de la evaluación de normalidad de Shapiro-Wilk, señala que la significancia de todas las muestras de suelo analizadas es mayor a 0.05. Por ende, se admite la hipótesis nula (H_0), que indica que los valores de CBR en los terrenos examinados exhiben una distribución normal.

B.2. Ensayo de homogeneidad de varianzas

Hipótesis:

H_1 : No presentan homocedasticidad.

H_0 : Presentan homocedasticidad.

Grado de significación estadística

$$\alpha = 0,05 = 5\%$$

Análisis

Si, $\text{sig} < 0,05$ la H_0 se rechaza

Si, $\text{sig} > 0,05$ la H_0 se acepta

Informe del valor de significancia

Tabla 23

Prueba de homogeneidad de varianzas del valor relativo de soporte CBR

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	0.279	3	9	0.856
Se basa en la mediana	0.045	3	9	0.974
Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.045	3	6.218	0.968
Se basa en la media recortada	0.265	3	9	0.867

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra los valores de la prueba de Levene, el nivel de significancia es 0,856, lo cual excede el valor 0,05. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0), lo que significa que se admite la homocedasticidad entre los valores relativos de soporte CBR de los suelos.

De acuerdo con lo que se concluye de los hallazgos de la prueba de homocedasticidad y normalidad, las muestras presentan un comportamiento de tipo paramétrico. Por lo tanto, para investigar las hipótesis, se empleará el análisis de varianza (ANOVA).

B.3. Prueba ANOVA

Hipótesis:

H_1 : Al menos un ensayo es distinto a los demás.

H_0 : Los ensayos no son distintos a los demás

Grado de significación estadística

$\alpha = 0,05 = 5\%$

Análisis

Si, $\text{sig} < 0,05$ la H_0 se rechaza

Si, $\text{sig} > 0,05$ la H_0 se acepta

Informe del valor de significancia

Tabla 24

Prueba ANOVA del Índice de plasticidad de los suelos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	11786.587	3	3928.862	1135.585	0
Dentro de grupos	30.985	6	5.164		
Total	11817.572	9			

Fuente: Producción propia.

El análisis ANOVA de la tabla precedente muestra un nivel de significancia de 0,000, que es menor a 0,05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0), que afirma que, de acuerdo con el valor relativo del soporte CBR de los terrenos, al menos uno de los ensayos es diferente a los demás. La prueba Post-Hoc de HDS Tukey se llevará a cabo para llevar a cabo un análisis de varianza completo de todos los ensayos.

B.4. Prueba Post – Hoc de HDS Tukey

Reporte de la post prueba

Tabla 25

Comparaciones múltiples de la prueba HSD Tukey del Cu de los suelos

		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
MP	MP+10%CC	-48.02222	1.61038	0.000	-53.9103	-43.9653
	MP+20%CC	-86.31111	1.61038	0.000	-90.4803	-80.3125
	MP+30%CC	-64.02223	1.61038	0.000	-68.1348	-58.9085
MP+10%CC	MP	48.93333	1.61038	0.000	44.0763	54.1809
	MP+20%CC	-35.90000	1.61038	0.000	-41.5690	-31.3520
	MP+30%CC	-15.03333	1.61038	0.000	-20.0801	-9.6584
MP+20%CC	MP	84.83333	1.61038	0.000	80.1652	90.5812
	MP+10%CC	35.90000	1.61038	0.000	30.9870	41.5650
	MP+30%CC	20.95556	1.61038	0.000	16.4085	26.7125
MP+30%CC	MP	64.05556	1.61038	0.000	58.6054	69.1345
	MP+10%CC	14.82222	1.61038	0.000	9.8854	20.0812
	MP+20%CC	-21.35556	1.61038	0.000	-26.7125	-16.3138

Fuente: Elaboración propia.

El nivel de significancia es 0,000, según lo muestra la tabla anterior, que está por debajo de 0.05. Por lo tanto, se indica que existe una diferencia notable entre cada uno de los experimentos ejecutados con el valor relativo del soporte CBR: material propio; material propio con un 10 % de ceniza de cal; material propio con un 20 % de ceniza de cal y material propio con un 30 % de ceniza de cal.

PRUEBA DE HIPÓTESIS

a) Hipótesis Nula, (Ho)

La adición de cenizas de cal no mejora significativamente el nivel de estabilización de los suelos cohesivos utilizados en carreteras no pavimentadas de la región Huánuco.

b) Hipótesis Alterna, (Hi)

La adición de cenizas de cal mejora significativamente el nivel de estabilización de los suelos cohesivos utilizados en carreteras no pavimentadas de la región Huánuco.

Interpretación:

Como observamos en la figura 22 Y 23 vemos que con las combinaciones de material propio + 20% y material propio +30% se tiene un índice de plasticidad dentro del rango permitido para poder utilizar el material final como afirmado y; con las combinaciones de material propio + 10%, material propio + 20% y material propio + 30% se tiene el CBR superior al 40% por lo que se cumple completamente las normas de calidad de CBR para la utilización de afirmado.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Con la investigación se verifica que el uso de ceniza de cal para estabilizar los suelos es muy eficiente ya que se aprecian mejoras en sus características geomecánicas como se muestra en las tablas de esta investigación.

Contrastamos estos resultados con los estudios previos existentes:

De acuerdo con Pareja (2022). El estudio titulado "Estabilización de subrasante con adición de ceniza schinus molle en la trocha carrozable Yanakillca, Provincia Antabamba, Apurímac-2022" además de muestras con un 3%, 5%, 7%, 10% y 13% de adiciones, empleó una muestra de suelo patrón. En los ensayos realizados a estas últimas, cuyos resultados se detallan a continuación, se obtuvieron los siguientes índices de plasticidad: 9.1%, 11.5%, 9%, 11.6%, 9.5% y 8.7%; y las siguientes cifras de CBR: 1.888%, 11.70%, 12.70%, 13.30%, 16.40% y 22.50%. Se concluyó que la mezcla más adecuada para estabilizar el material de la subrasante es la del porcentaje más alto (13%). Al igual que nuestro estudio evidencia que al realizar las mezclas de material propio + 10% de ceniza de cal, material propio + 20% de ceniza de cal y material propio + 30% de ceniza de cal se logra estabilidad el material para afirmado.

En este estudio se concluyó que, de todas las proporciones de ceniza de cal evaluadas, las adiciones del 20% y 30% son las que ofrecen mejores resultados. Estas dos combinaciones permiten consolidar el material propio que tiene un alto contenido de arcillas, para conseguir suelos aptos, índices de plasticidad del 8% y del 9%, y valores de CBR de 57.80%, 59.50%, 58.20% y también de 64.70%, 68.41% y 68.43%.

Según Laos (2022), en su investigación titulada "Efectos de la ceniza de biomasa de palma aceitera en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante, Huánuco 2022", se evaluaron muestras de suelos arcillosos con adiciones de 0%, 15%, 20% y 25% de ceniza de biomasa de palma aceitera. Los parámetros analizados incluyeron plasticidad (límites de Atterberg),

densidad (Densidad Máxima Seca y Contenido Óptimo de Humedad) y capacidad de soporte (CBR). Los hallazgos mostraron variaciones significativas entre los diferentes tratamientos. El CBR aumentó de 1.53% a 22.57%, lo que indica que el material pasó de ser una subrasante deficiente que pasó a clasificarse como de categoría muy buena, incrementando 14 veces su valor inicial. Además, el índice de plasticidad disminuyó, pasando de un valor promedio de 11.62% en las muestras sin adición a 4.23% en las muestras con 15% de ceniza de biomasa de palma aceitera.

En nuestro estudio se concluyó que las adiciones de ceniza de cal del 20% y 30% fueron las más efectivas, ya que permitieron estabilizar el material propio con alto contenido de arcilla, logrando suelos con buena gradación, índices de plasticidad de 9% y 8%, y valores de CBR de 57.80%, 59.50%, 58.20% y 64.70%, 68.41%, 68.43%, respectivamente. De manera similar, en la investigación de Laos (2022), el tratamiento aplicado a suelos arcillosos también mostró mejoras significativas en el CBR y en la reducción del índice de plasticidad, evidenciando que la adición de materiales estabilizantes al suelo arcilloso contribuye a optimizar sus propiedades geotécnicas.

Según Alva (2021), en su tesis titulada “Estabilización de subrasantes blandas con agregados binarios en trochas carrozables, carretera Sandia – Yanahuaya, Puno 2021”, se procuró mejorar el terreno de la carretera Sandia por medio de aditivos que se originan en una cantera de agregados de cerro (CA) y otra que proviene de leche de río (CB). Se llevaron a cabo tres calicatas, cuyos resultados fueron los siguientes: el CBR promedio del suelo natural fue 5%; con la combinación de suelo natural + 10% de CA + 20% de CB, el CBR promedio fue 11.23%; con la mezcla de suelo natural + 15% de CA + 15% de CB, se llegó a un CBR medio de 14.77%; y finalmente, con el compuesto de suelo natural + 20% de CA + 10% de CB, el CBR promedio resultó ser 7.47%. Según la investigación, al mezclar el suelo con 20% de CA y 10% de CB, se produce un aumento en el CBR, que llega a ser de 1.510 gr/cm³.

En nuestra investigación, los valores relativos de soporte CBR de los suelos arcillosos con adición de ceniza de cal al 10%, 20% y 30% aumentaron en promedio a 46,9%, 58,5% y 66,9% respectivamente. Esto demuestra que todas las dosificaciones cumplen con la calidad necesaria, coincidiendo con

los hallazgos de la investigación de Alva, donde la incorporación de aditivos también mejora el CBR del suelo tratado.

CONCLUSIONES

En relación al objetivo general se estableció en la investigación actual que la estabilización más efectiva de suelos arcillosos se logra con la mezcla de ceniza de cal en cantidades del 20% y 30%. Estas mezclas permitieron mejorar significativamente la granulometría del material y reducir los índices de plasticidad a 9% y 8%, respectivamente. Además, los valores de CBR obtenidos fueron de 57.80%, 59.50% y 58.20% para la adición del 20%, y 64.70%, 68.41% y 68.43% para la adición del 30%, cumpliendo con los criterios de calidad establecidos por el Manual de Carreteras.

En relación al objetivo específico 1, la mezcla del material con ceniza de cal en proporciones de 10%, 20% y 30% contribuye a la disminución progresiva del índice de plasticidad de suelos arcillosos, registrando valores de 10%, 9% y 8% respectivamente. Sin embargo, solo las proporciones del 20% y 30% logran cumplir con la calidad exigida para materiales de afirmado, cumpliendo con lo indicado en el Manual de Carreteras.

En relación al objetivo específico 2, el valor relativo de soporte (CBR) mostró un incremento progresivo con el aumento del porcentaje de ceniza de cal, alcanzando promedios de 46.9% con 10%, 58.5% con 20% y 66.9% con 30%. Estos resultados confirman que todas las proporciones analizadas mejoran el valor relativo de soporte del suelo, ubicándose dentro de los rangos aceptables para su uso como material de afirmado.

La ceniza de cal tiene potencial aplicación como estabilizador para suelos cohesivos en la región de Huánuco, ofreciendo una alternativa viable para mejorar las propiedades geotécnicas de los suelos locales en la construcción de infraestructura vial no pavimentada.

La eficacia de la ceniza de cal como insumo permite la optimización del diseño de pavimentos flexibles, reduciendo la necesidad de capas de afirmado de mayor espesor o de materiales granulares costosos, lo que se traduce en una potencial reducción de costos de construcción y mantenimiento de carreteras no pavimentadas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que, tras haber ejecutado los ensayos correspondientes a la ceniza de cal y determinado sus propiedades como material estabilizador para el afirmado, se continúe investigando su aplicación conjunta con suelos de alta plasticidad. El propósito de esta propuesta es evaluar su viabilidad como componente estructural en la conformación de pavimentos flexibles y rígidos, especialmente como material de subbase en vías urbanas.

La ceniza de cal tiene un índice de plasticidad de cero, una resistencia al desgaste de nivel medio y un tamaño máximo de 3/8". Por ende, se sugiere estudiar su empleo como agregado en concretos de baja resistencia no estructural, por ejemplo: los pisos falsos, las aceras y los elementos prefabricados decorativos. Para ello, es necesario llevar a cabo análisis químicos, así como ensayos previos de resistencia a la compresión.

Debido a que existen diversos métodos para estabilizar suelos, se recomienda examinar la posibilidad de estabilizar las cimentaciones de terrenos arcillosos con ceniza de cal, utilizando ensayos de corte directo. El propósito es calcular el ángulo de fricción y la cohesión de la mezcla entre suelo y ceniza de cal.

Dado que la ceniza de cal no tiene plasticidad y su tamaño máximo es de 3/8", se aconseja investigar su empleo como material para cama de apoyo y relleno inicial en la colocación de tuberías para sistemas de agua potable y desagüe, subrayando el bajo costo de compra y el descenso del impacto ambiental, ya que es un residuo acumulado libremente en la comunidad de Sacra Familia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, H., & Bravo, J. (2020). *Evaluación de la ceniza de fondo para la estabilización de suelos arcillosos provenientes de la zona ladrillera del Distrito de San Jerónimo – Cusco* (Tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco, Perú.
- Al-Amoudi, O. S. B., Al-Homid, A. A., Maslehuddin, M., & Saleh, T. A. (2017). Method and mechanisms of soil stabilization using electric arc furnace dust. *Scientific Reports*, 7, Article 46676. <https://doi.org/10.1038/srep46676>
- Arora, S., & Ayyappan, S. (2018). Soil stabilization using industrial waste and lime for subgrade applications. *Construction and Building Materials*, 187, 199–206. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.165>
- Baloochi, H., Aponte, D., & Barra, M. (2020). Soil stabilization using waste paper fly ash: Precautions for its correct use. *Applied Sciences*, 10(23), 8750. <https://doi.org/10.3390/app10238750>
- Canakci, H., Celik, F., & Bizne, M.O.A. (2016). Stabilization of clay using waste beverage can. *Procedia Engineering*, 161, 595–599. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.703>
- Driss, A.A.E., Harichane, K., & Ghrici, M. (2018). *Effet de la chaux sur la stabilisation des propriétés géotechniques d'un sol argileux* [Manuscrito electrónico]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3635881>
- Flórez-Góngora, C.H., Caicedo-Osorio, Z.K., Zárate-Caballero, R., & Contreras-Ortíz, B.A. (2016). Estabilización química de suelos expansivos de San José de Cúcuta (Colombia) usando cenizas volantes. *Respuestas*, 13(2), 19–31. <https://doi.org/10.22463/0122820X.536>
- Góñas Labajos, O., & Saldaña Núñez, J.H. (2020). Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 3(1), 30. <https://doi.org/10.25127/ucni.v3i1.589>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.

- Huamán, J., & Jara, M. (2021). Estabilización de suelos con cenizas volcánicas y cal en zonas altoandinas. *Boletín de la Sociedad de Ingenieros del Perú*, 12(1), 30–38.
- Ingemmet. (2018). *Prospección de recursos de rocas y minerales industriales en la región Pasco*. Lima: Ingemmet.
- Ifediniru, C., & Ekeocha, N.E. (2022). Performance of cement-stabilized weak subgrade for highway embankment construction in Southeast Nigeria. *International Journal of Geo-Engineering*, 13(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s40703-021-00166-z>
- Jandial, M., & Gupta, S. (2020). Soil stabilization using fly ash and ferric chloride. *Journal of Green Engineering*, 10(9), 6176–6187. <https://doi.org/10.35940/ijitee.h6785.069820>
- Jayaprakash, C., Shetty, S., Reddy, D.V., & Istijono, B. (2021). Experimental study on lateritic soil stabilization with waste engine oil and lime. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(10), 102–110.
- Kumar, A., Kumar, A., & Prakash, V. (2016). Stabilization of expansive soil with lime and brick dust. *International Journal of All Research Education and Scientific Methods*, 4(9). http://www.ijaresm.com/uploaded_files/document_file/Ajay_kumarm4fA.pdf
- Linares Chávez, R.R., Aguilar Rojas, M.E., & Rojas de la Puente, E.E. (2021). Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 3(2), 33. <https://doi.org/10.25127/ucni.v3i2.612>
- Llano, E., Ríos, D., & Restrepo, G. (2020). Evaluación de tecnologías para la estabilización de suelos viales empleando intemperismo acelerado: Una estrategia de análisis de impactos sobre la biodiversidad. *TecnoLógicas*, 23(49), 185–199. <https://doi.org/10.22430/22565337.1624>.
- López-Lara, T., Bosco Hernández-Zaragoza, J., Horta-Range, J., Coronado-Márquez, A., & Castaño-Meneses, V.M. (2010). Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 11(3), 159–168. <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/MAY10/lopez.pdf>

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2014). *Manual de suelos y pavimentos*. MTC.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2018). *Glosario de partidas de usos frecuentes*. MTC.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2022). *Plan nacional de infraestructura para la competitividad: Informe técnico vial*. <https://www.gob.pe/mtc>
- Modak, P., Rao, B. H., & Patil, S. R. (2020). Effect of industrial by-products on stabilization of expansive soils: A review. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, 6(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s40891-020-0197-8>
- Omoniyi, T. E., & Akinwumi, I. I. (2019). Geotechnical properties of lateritic soil stabilized with waste ashes. *Construction and Building Materials*, 202, 763–771. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.006>
- Ramaji, A.E. (2012). A review on the soil stabilization using low-cost methods. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(4), 2193–2196. ISSN 1816-157X.
- Ramos Vásquez, J.D., & Lozano Gómez, J.P. (2019). *Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos*. Universidad Católica de Colombia.
- Rahman, M. A., Islam, M. T., & Hossain, M. I. (2021). Sustainable stabilization of clayey subgrade soil using industrial waste ashes: A comparative study. *Transportation Geotechnics*, 30, 100628. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2021.100628>
- Ravichandran, P.T., Prasad, A.S., Krishnan, K.D., & Rajkumar, P.R.K. (2016). Effect of addition of waste tyre crumb rubber on weak soil stabilisation. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(5). <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i5/87259>
- Rivera, J.F., Aguirre-Guerrero, A., Mejía de Gutiérrez, R., & Orobio, A. (2020). Estabilización química de suelos: Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión). *Informador Técnico*, 84(2), 43–67. <https://doi.org/10.23850/22565035.2530>.
- Rodríguez, P. C. A. (2020). Un método simplificado de predicción de hinchamiento de arcillas expansivas debido a cambios de humedad.

Obras y Proyectos, 28, 35–44.
<https://doi.org/10.4067/s071828132020000200035>

- Ta'Negonbadi, B., & Noorzad, R. (2017). Stabilization of clayey soil using lignosulfonate. *Transportation Geotechnics*, 12, 45–55.
<https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2017.08.004>
- Upadhyay, A., & Kaur, S. (2016). Review on soil stabilization using ceramic waste. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3(7), 1748–1750. ISSN 2395-0072.
- Valderrama, S. (2013). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica* (Segunda ed.). Lima: San Marcos.
- Vargas, B. (2020). *Estabilización de un suelo arcilloso con ceniza volcánica para el mejoramiento de subrasante en la progresivo km 5+100 al 6+100 del tramo Asirumi – Rosaspata Huancané*. (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana Unión, Juliaca.
- Vasquez, A. (2018). *Evaluación de la proporción optima con ceniza de cal para la obtención de bloques de concreto tipo NP, elaborados conmaquina semi industrial vibro - compactadora en la ciudad de Cerro de Pasco - 2018*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco.
- Vera, R., & Zambrano, D. (2019). Mejoramiento de suelos arcillosos con adición de ceniza volante en caminos rurales de Junín. *Revista de Ingeniería Civil Peruana*, 5(2), 45–52.
- Wubshet, M., & Tadesse, S. (2014). Stabilization of expansive soil using bagasse ash and lime. *Journal of EEA*, 32, p. 6
- Zaliha, S., Zuber, S., Kamarudin, H., Mustafa, M., Bakri, A., & Binhussain, M. (2014). Review on soil stabilization techniques. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 8(6), 258–265.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Santiago Barrera, M. X. (2026). *Estabilización de suelos cohesivos con ceniza de cal para carreteras no pavimentadas en la carretera departamental Emp.Hu-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 en la región Huánuco*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 01

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 0018-2025-D-FI-UDH

Huánuco, 14 de enero de 2025

Visto, el Oficio N° 1944-2024-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO", presentado por el (la) Bach. **Maryory Xiomara SANTIAGO BARRERA**.

CONSIDERANDO:

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

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

Que, mediante Resolución N° 2057-2024-D-FI-UDH, de fecha 19 de setiembre de 2024, perteneciente a la Bach. **Maryory Xiomara SANTIAGO BARRERA**, se le designó como ASESOR(A) al Mg. William Paolo Taboada Trujillo, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 1944-2024-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO", presentado por el (la) Bach. **Maryory Xiomara SANTIAGO BARRERA**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza (Presidente), Mg. Yenerit Pamela Malpartida Valderrama (Secretario) y Mg. Fatima Rosaria Cecilio Reyes (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

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

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO", presentado por el (la) Bach. **Maryory Xiomara SANTIAGO BARRERA** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

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

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/nto.

ANEXO 02
RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2057-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 19 de setiembre de 2024

Visto, el Oficio N° 1804-2024-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 508955-0000008578, de la Bach. **Maryory Xiomara SANTIAGO BARRERA**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

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

Que, según el Expediente N° 508955-0000008578, presentado por el (la) Bach. **Maryory Xiomara SANTIAGO BARRERA**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. William Paolo Taboada Trujillo, como Asesor de Tesis, y;

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

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

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - **DESIGNAR**, como Asesor de Tesis de la Bach. **Maryory Xiomara SANTIAGO BARRERA** al Mg. William Paolo Taboada Trujillo, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

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

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Jhovani Manzano Lozano
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Mat. y Reg.Acad. – Interesado – Archivo.
BLCR/EJML/nto.

ANEXO 03

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA CARRETERA DEPARTAMENTAL EMP.HU-108 EN EL TRAMO DESDE EL KM 16+000 HASTA EL KM 19+500 EN LA REGIÓN HUÁNUCO”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL: • ¿Cuál será el nivel de estabilización de suelos cohesivos con la adición de ceniza de cal para carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP HU-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 en la región Huánuco?	OBJETIVO GENERAL • Realizar la estabilización de suelos cohesivos con la adición de ceniza de cal para carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP HU-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 en la región Huánuco.	HIPÓTESIS GENERAL HG: La adición de cenizas de cal mejora significativamente el nivel de estabilización de los suelos cohesivos utilizados en carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP HU-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 en la región Huánuco. HIPOTESIS ESPECIFICOS HE1: los suelos cohesivos con la	DEPENDIENTE •Y1: Estabilización de suelos cohesivos INDEPENDIENTE •X1: Cenizas de Cal	• Adición de ceniza en 10%, 20% y 30% • Granulometría • Índice de plasticidad • CBR • Desgaste los ángeles	TIPO DE INVESTIGACIÓN La investigación es de tipo aplicada. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN La investigación es de enfoque cuantitativo. NIVEL DE INVESTIGACIÓN Es una investigación de nivel explicativa. DISEÑO La investigación es de diseño cuasiexperimental.

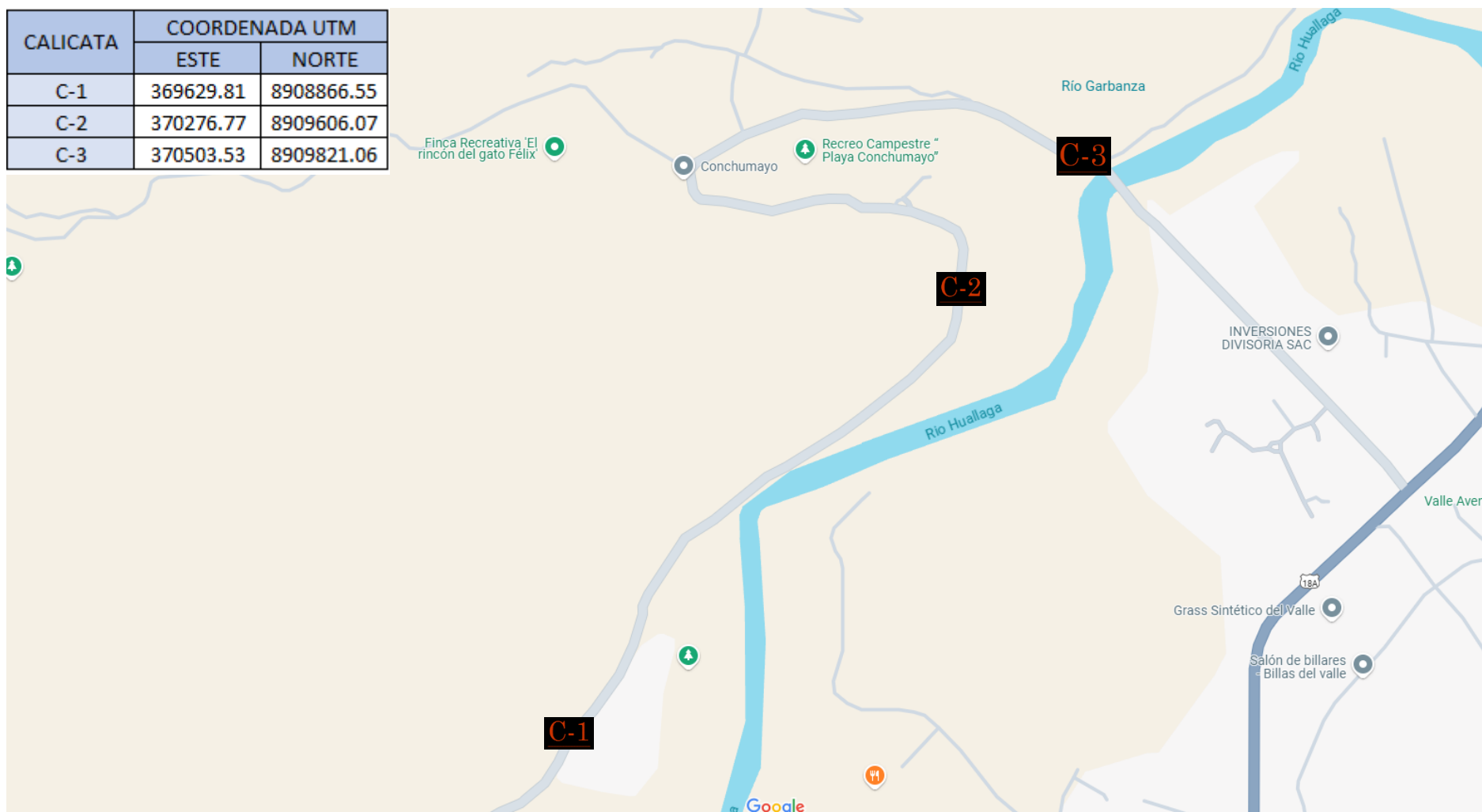
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS		POBLACIÓN
• ¿En qué medida los suelos cohesivos con la adición de ceniza de cal en las proporciones de 10%, 20% y 30% mejora el índice de plasticidad del suelo para carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP HU-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 en la región Huánuco? • ¿En qué medida los suelos cohesivos con la adición de ceniza de cal en las proporciones de 10%, 20% y 30%	• Realizar la estabilización de los suelos cohesivos con la adición de ceniza de cal en las proporciones de 10%, 20% y 30% mejorando el índice de plasticidad del suelo para carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP HU-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 en la región Huánuco. • Realizar la estabilización de los suelos cohesivos con la adición de ceniza de cal en las proporciones de 10%, 20% y 30%	adición de cenizas de cal en las proporciones de 10%, 20% y 30% mejora el índice de plasticidad del suelo para carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP HU-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 en la región Huánuco. HE2: los suelos cohesivos con la adición de cenizas de cal en las proporciones de 10%, 20% y 30% incrementa el valor relativo de soporte CBR del suelo para carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP HU-108 en el tramo desde el km 16+000	Suelos cohesivos del tramo km 16+000 al km 19+500 de la carretera departamental EMP HU-108. MUESTRA 12 unidades experimentales de suelo cohesivo, obtenidas de 3 calicatas del tramo en estudio (km 16+000 al km 19+500), ensayadas con adición de 0%, 10%, 20% y 30% de ceniza de cal.

proporciones de 10%, 20% y 30% incrementa el valor relativo de soporte CBR del suelo para carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP HU-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 en la región Huánuco?	incrementando el valor relativo de soporte CBR del suelo para carreteras no pavimentadas en la carretera departamental EMP HU-108 en el tramo desde el km 16+000 hasta el km 19+500 en la región Huánuco.	hasta el km 19+500 en la región Huánuco.
---	---	--

ANEXO 04

UBICACIÓN SATELITAL DEL LUGAR DE ESTUDIO

CALICATA	COORDENADA UTM	
	ESTE	NORTE
C-1	369629.81	8908866.55
C-2	370276.77	8909606.07
C-3	370503.53	8909821.06



ANEXO 05

PANEL FOTOGRÁFICO



IMAGEN 01: APRECIAMOS LA EXTRACCIÓN DE MUESTRA DE SUELO DE LA CALICATA N°01



IMAGEN 02: APRECIAMOS LA EXTRACCIÓN DE MUESTRA DE SUELO DE LA CALICATA N°02



IMAGEN 03: APRECIAMOS LA EXTRACCIÓN DE MUESTRA DE SUELO DE LA CALICATA N°03



IMAGEN 04: SE PROCEDE AL ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO – ORDENANDO LOS TAMIZES



IMAGEN 05: SE PROCEDE AL ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO – VERTIENDO EL MATERIAL A ENSAYAR



IMAGEN 06: SE PROCEDE AL ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



IMAGEN 07: SE PROCEDE AL ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO – RETIRO DE CADA TAMIZ

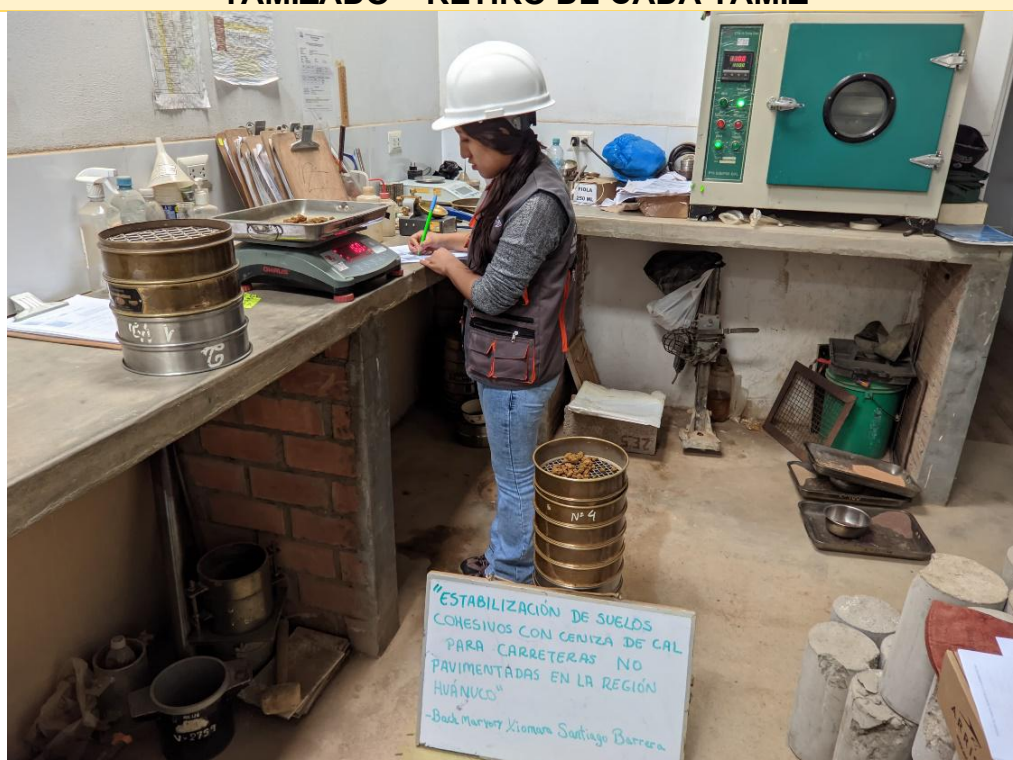


IMAGEN 08: SE PROCEDE AL ENSAYO GRANULOMÉTRICO CON MALLAS – SE OBTIENE EL PESO POR CADA TAMIZ

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

ENCLOSURE Método de ensayo para el análisis granulométrico por tamiz

PROYECTO: ESTRADA

UBICACIÓN: ESTRADA

PROPIETARIO: ESTRADA

INDICIA: ESTRADA

CALCULA: ESTRADA

CANTERA: ESTRADA

DETALLE: ESTRADA

FECHA: 16-11-25

1. N° DE TAMA: 1

2. PESO DE TAMA (g): 29.22

3. MUESTRA HUMEDA (g): 100

4. MUESTRA SECA (g): 100

5. MUESTRA HUMEDA (g): 100

6. MUESTRA SECA (g): 100

7. PESO SECO DE MASA LAVADO

8. IN POR ERROR DE LAVADO

9. IMPOR ERROR DE LAVADO

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO
3"	76.2	
2 1/2"	63.5	
2"	50.8	
1 1/2"	38.1	
1"	25.4	
3/4"	19.05	
1/2"	12.7	
3/8"	9.525	
1/4"	6.35	
No 4	4.75	
No 8	2.6	
No 10	1.18	
No 16	0.85	
No 20	0.85	
No 30	0.425	
No 40	0.3	
No 50	0.25	
No 60	0.15	
No 80	0.15	
No 100	0.074	
No 200	0.000	
CAZOLETA		

IMAGEN 09: SE PROCEDE AL ENSAYO GRANULOMÉTRICO CON MALLAS – REGISTRO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA DURANTE EL ENSAYO



IMAGEN 10: ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO – INICIAMOS EL PROCESO DE COMPACTACIÓN



IMAGEN 11: ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO – LLENADO DEL CILINDRO



IMAGEN 12: ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO – APLICACIÓN DE GOLPES PARA EL COMPACTADO DEL MATERIAL EN EL CILINDRO



IMAGEN 13: ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO – PREPARAMOS EL CILINDRO PARA REALIZAR EL PESADO

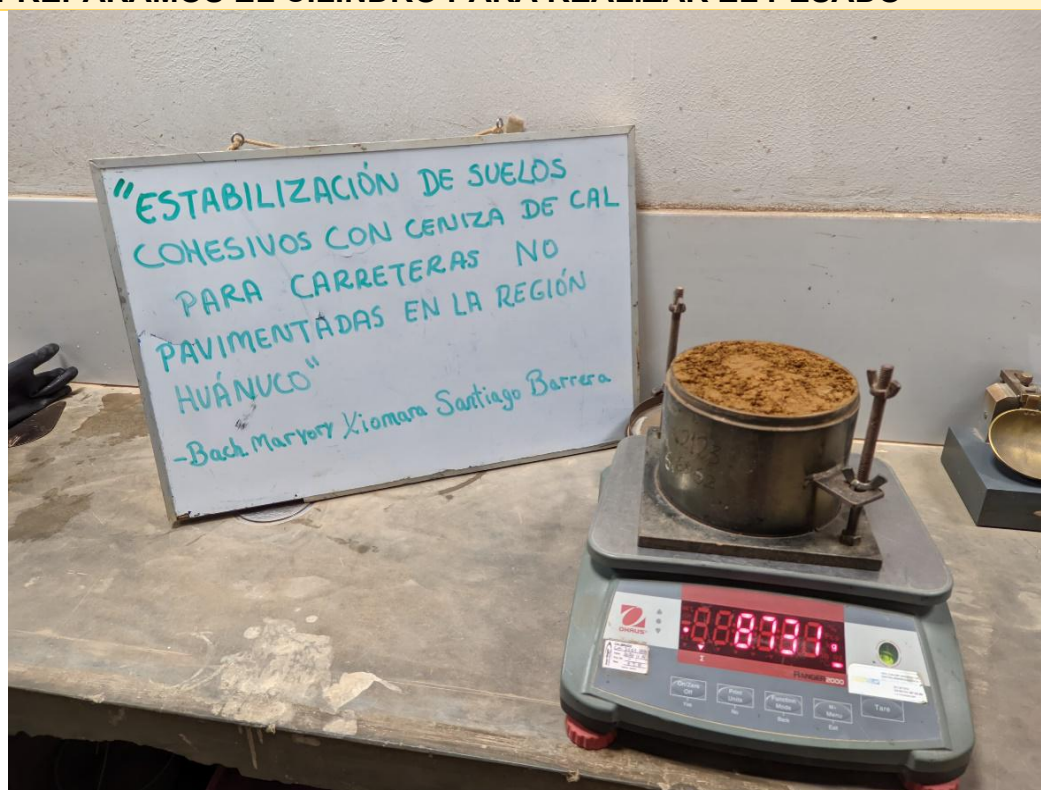


IMAGEN 14: ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO – REALIZAMOS EL PESADO DEL MATERIAL

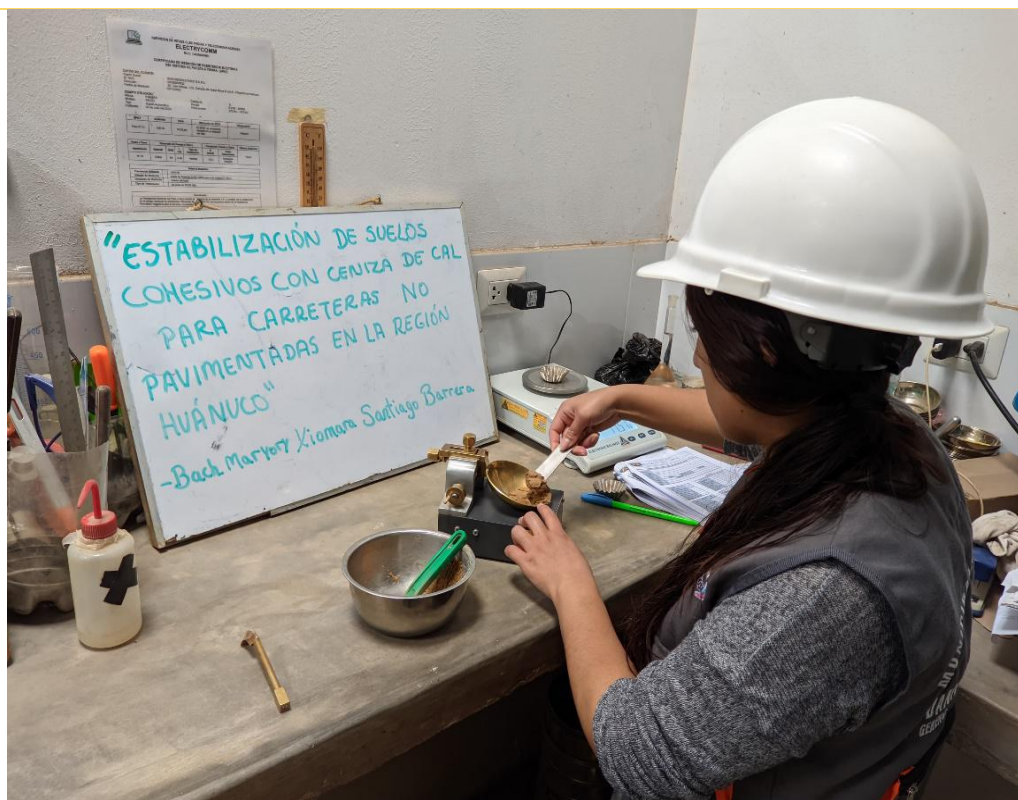


IMAGEN 15: ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG – MEZCLAMOS LA MUESTRA CON AGUA Y COLOCAMOS EN LA CUCHARA DE CASAGRANDE

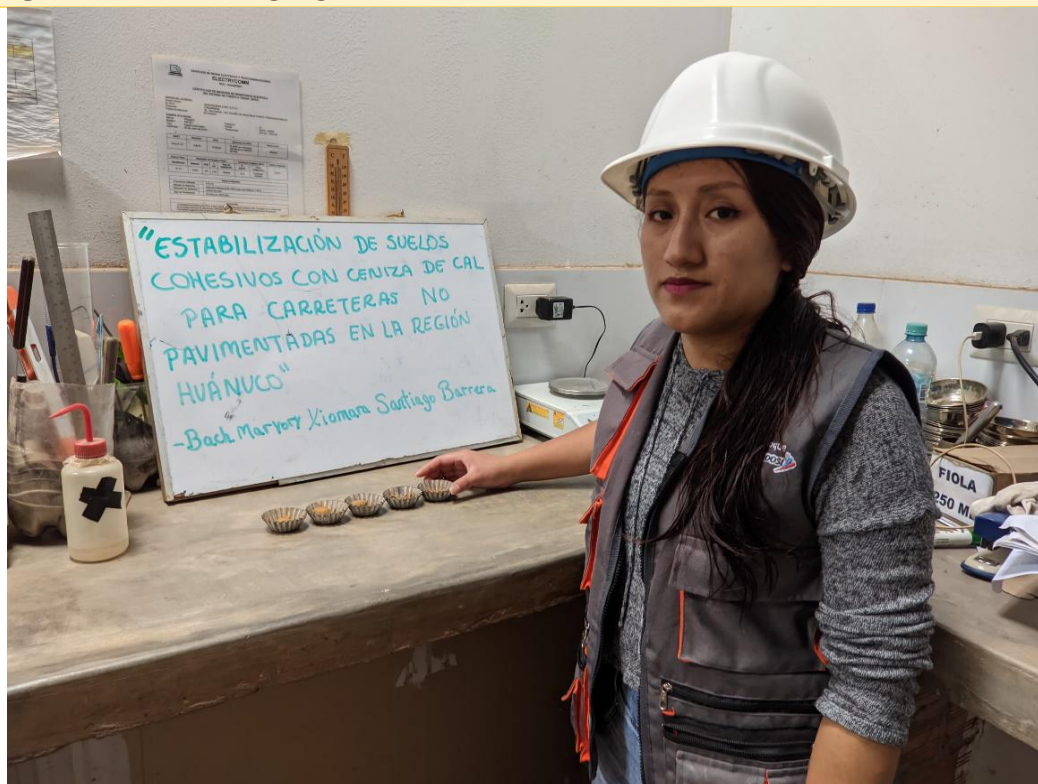


IMAGEN 16: ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG – LLENAMOS LOS RECIPIENTES CON LAS MUESTRAS

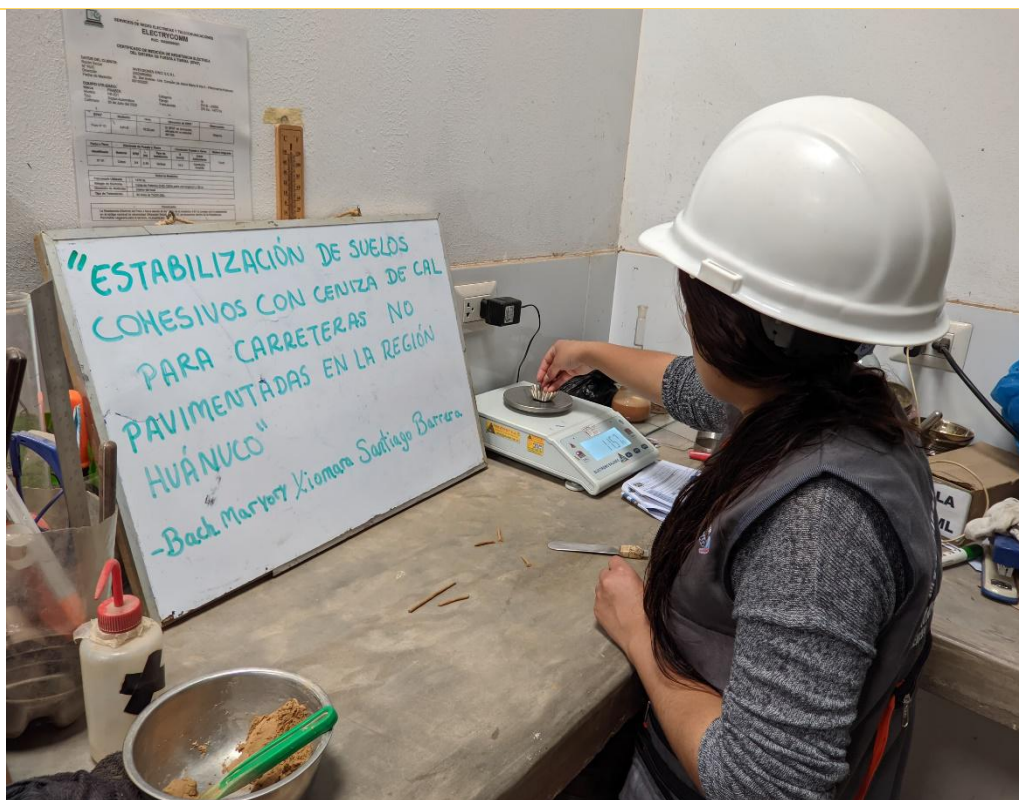


IMAGEN 17: ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG – PESAMOS LAS MUESTRAS

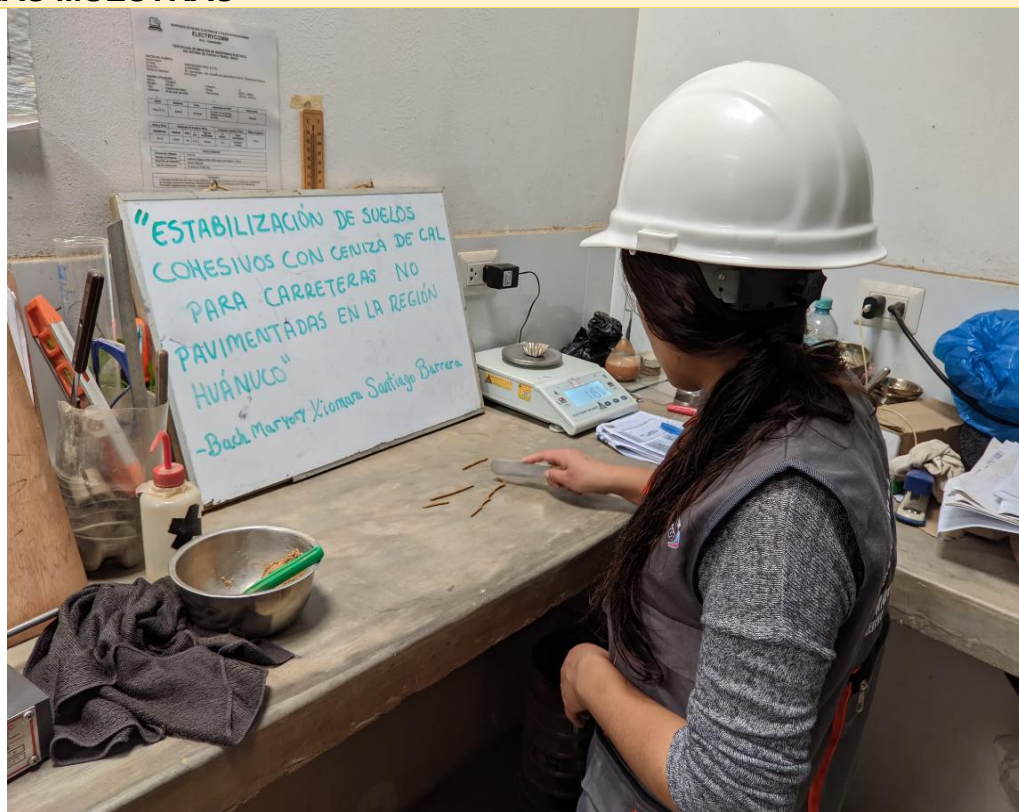


IMAGEN 18: ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG – REALIZACIÓN DE ROLLOS DE LA MUESTRA PARA EL ENSAYO



IMAGEN 19: ENSAYO CBR – PREPARACIÓN DE LA MUESTRA



IMAGEN 20: ENSAYO CBR – COLOCAMOS LA MUESTRA EN LA MAQUINA PARA ENSAYOS CBR

ANEXO 04
FICHAS DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC-3891-2024

Fecha de Emisión : 2024-11-19

Página 1 de 2

1. **Solicitante** : INVERSIONES EHEC S.R.L.
2. **Dirección** : BL. SAN ANDRES MZA. B LOTE. 08 URB. CORAZON DE JESUS HUANUCO - HUANUCO - PILLCO MARCA
3. **Instrumento de medición** : MÁQUINA PARA ENSAYOS CBR

Marca	: NO INDICA
Modelo	: NO INDICA
Modo de Operación	: COMPRESIÓN
Número de Serie	: NO INDICA
Identificación	: CB-01
Procedencia	: NO INDICA
Alcance Máximo	: 5 000 kgf
Alcance Calibrado	: 5 000 kgf
Ubicación	: LABORATORIO

Datos del Dispositivo Indicador

Tipo	: DIGITAL
Marca	: NO INDICA
Modelo	: 315-X8
Número de Serie	: 0077453
Identificación	: NO INDICA
Resolución	: 0,1 kgf
4. **Lugar de Calibración** : LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES EHEC S.R.L.
5. **Fecha de Calibración** : 2024-11-19

6. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación directa, usando el ME-002 "Procedimiento para la Calibración de los Instrumentos de Medida de Fuerza", edición digital 1, CEM - España.

7. Trazabilidad

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales.

Instrumento Patrón	Certificado de Calibración
Sistema de Celda de Carga	CC-3414-2024

8. Condiciones Ambientales de calibración

Temperatura : Inicio : 22,8 °C Final : 22,8 °C
 Humedad : Inicio : 69 % H.R. Final : 69 % H.R.

Los resultados del certificado son válidos solo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

Total Weight & Systems S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o los internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de Total Weight & Systems S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de Total Weight & Systems S.A.C.



[Firma]
 Ricardo Sotomayor Jaime
 Gerente del L.C.

9. Resultados

Indicación del IBC*	Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					
	S ₁ Ascendente	S ₂ Ascendente	S ₃ No Aplica	S ₄ Ascendente	S ₅ No Aplica	Promedio S _{1,2 y 3}
kgf	kgf	kgf	----	kgf	----	kgf
500,0	500,4	502,0	----	501,9	----	501,4
1 000,0	1 000,8	1 003,2	----	1 002,7	----	1 002,2
1 500,0	1 500,6	1 504,2	----	1 503,4	----	1 502,7
2 000,0	2 000,7	2 005,2	----	2 003,0	----	2 003,0
2 500,0	2 501,0	2 505,8	----	2 505,7	----	2 504,2
3 000,0	3 001,6	3 006,4	----	3 005,4	----	3 004,5
3 500,0	3 502,4	3 507,9	----	3 507,4	----	3 505,9
4 000,0	4 003,4	4 010,2	----	4 007,0	----	4 006,9
4 500,0	4 504,2	4 512,2	----	4 509,6	----	4 508,7
5 000,0	5 005,0	5 014,8	----	5 010,8	----	5 010,2

Indicación del IBC*	Errores Relativos				Resolución Relativa a	Incertidumbre Expandida U	
	Indicación q	Repetibilidad b	Reversibilidad v	Accesorios Acces.		kgf	%
kgf	%	%	%	%	%	kgf	%
500,0	-0,280	0,319	----	----	0,20	1,18	0,237
1 000,0	-0,223	0,239	----	----	0,10	1,57	0,157
1 500,0	-0,182	0,240	----	----	0,07	2,25	0,150
2 000,0	-0,148	0,225	----	----	0,05	2,66	0,133
2 500,0	-0,106	0,192	----	----	0,04	3,21	0,129
3 000,0	-0,149	0,160	----	----	0,03	2,98	0,099
3 500,0	-0,168	0,157	----	----	0,03	3,55	0,102
4 000,0	-0,171	0,170	----	----	0,03	3,96	0,099
4 500,0	-0,192	0,177	----	----	0,02	4,74	0,105
5 000,0	-0,204	0,196	----	----	0,02	5,71	0,114

* IBC: Instrumento Bajo Calibración

Coefficiente para el cálculo de la fuerza en función de su deformación y su R².

A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	---	R ²
9,3000E-01	1,0013E+00	-1,8298E-07	6,0502E-11	---	1,0000E+00

Ecuación 1: donde F (kgf) es la fuerza calculada y X (kgf) es el valor de deformación evaluado.

$$F = A_0 + (A_1 \cdot X) + (A_2 \cdot X^2) + (A_3 \cdot X^3)$$

10. Observaciones

- Se emplea la coma (,) como separador decimal.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva en el Instrumento con la indicación "CALIBRADO".

(FIN DEL DOCUMENTO)



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-3562-2024

Requerimiento
6659-2024

Fecha de Emisión
2024-11-19

- 1. SOLICITANTE** : INVERSIONES EHEC S.R.L.
Dirección : Bl. San Andres mz. B lote 08 Urb. Corazón de
Jesús Huanuco - Huanuco - Pillo Marca

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el instrumento calibrado, no pudiendo extenderse a ningún otro instrumento que no haya sido calibrado, así mismo, estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Total Weight & Systems S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de Total Weight & Systems S.A.C.

Los certificados carecen de validez sin la firma y sellos de Total Weight & Systems S.A.C.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

Tipo : ELECTRÓNICA
Clasificación : NO AUTOMÁTICA
Marca : OHAUS
Modelo : NO INDICA
Número de serie : NO INDICA
Identificación : BAL-02
Procedencia : NO INDICA
Capacidad máxima : 30 000 g
Div. de escala (d) : 1 g
Div. de verificación (e) : 10 g
Clase de exactitud : III
Ubicación : LABORATORIO

3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN

Calibrado el 2024-11-19 en LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES EHEC S.R.L.

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

5. TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a patrones nacionales e internacionales.

Patrones Utilizados	Certificado
Pesas M2 de 10 kg	CM-1423-2024
Pesas M2 de 5 kg	CM-1421-2024
Juego de pesas M2	CM-2468-2024
Juego de pesas M1	0012-MPES-C-2024
Pesa M1 de 20 kg	CM-2772-2024

6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

Temperatura Ambiental : De 22,4 °C a 22,8 °C
Humedad Relativa : De 55,8% H.R. a 55,8% H.R.



[Firma]
Ricardo Sotomayor Jaime
Gerente del L.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-3562-2024

7. RESULTADOS

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,4	22,5
Humedad (%)	55,6	55,6

Carga L1 = 15 000,3 g			
I (g)	ΔL (g)	E (g)	
15 002	0,6	1,4	
15 002	0,7	1,5	
15 002	0,6	1,4	
15 002	0,6	1,6	
15 002	0,6	1,4	
15 002	0,7	1,5	
15 002	0,6	1,4	
15 002	0,6	1,4	
15 002	0,6	1,6	
15 002	0,6	1,4	
Emax - Emin = 0,2 g			
emp = 10 g			

Carga L2 = 30 000,8 g			
I (g)	ΔL (g)	E (g)	
30 000	0,4	-0,7	
30 000	0,5	-0,6	
30 000	0,4	-0,7	
30 000	0,4	-0,7	
30 000	0,5	-0,6	
30 000	0,4	-0,7	
30 000	0,5	-0,6	
30 000	0,4	-0,7	
30 000	0,5	-0,6	
30 000	0,4	-0,7	
30 000	0,5	-0,6	
30 000	0,4	-0,7	
Emax - Emin = 0,1 g			
emp = 10 g			

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,5	22,6
Humedad (%)	55,6	55,6

Posición de las Cargas

2	5
1	
3	4

Posición de la carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	10,0	10	0,5	0,0	10 000,2	10 001	0,6	0,5	0,5
2		10	0,4	0,1		10 001	0,5	0,6	0,7
3		10	0,6	-0,1		10 002	0,6	1,5	1,6
4		10	0,6	-0,1		10 002	0,7	1,6	1,7
5		10	0,5	0,0		10 002	0,6	1,5	1,5
Error Máximo Permisible			10 g		Error Máximo Permisible			20 g	



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-3562-2024

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,6	22,6
Humedad (%)	53,0	53,0

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10,0	10	0,7	-0,2						
20,0	20	0,7	-0,2	0,0	20	0,5	0,0	0,2	10
100,0	100	0,6	-0,3	-0,1	100	0,4	0,1	0,3	10
1 000,0	1 000	0,6	-0,1	0,1	1 000	0,6	-0,1	0,1	10
5 000,1	5 000	0,5	-0,1	0,1	5 000	0,5	-0,1	0,1	10
8 000,2	8 000	0,2	0,1	0,3	8 000	0,6	-0,3	-0,1	20
10 000,2	10 001	0,6	0,7	0,9	10 001	0,6	0,7	0,9	20
15 000,3	15 001	0,7	0,5	0,7	15 001	0,4	0,6	1,0	20
18 000,4	18 000	0,4	-0,3	-0,1	18 001	0,5	0,6	0,6	20
20 000,6	20 000	0,5	-0,6	-0,4	20 000	0,6	-0,7	-0,5	20
25 000,7	25 000	0,6	-0,6	-0,6	25 000	0,4	-0,6	-0,4	30
28 000,8	28 000	0,4	-0,7	-0,5	28 000	0,5	-0,6	-0,6	30
30 000,8	30 000	0,3	-0,6	-0,4	30 000	0,3	-0,6	-0,4	30

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).
I : Indicación de la balanza

E : Error del valor de indicación.
Ec : Error en cero.

Ec : Error corregido.
ΔL : Incremento de pesas patrones.

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE LA BALANZA

LECTURA CORREGIDA : $R_{\text{corregida}} = R - 4,11 \times 10^{-9} \times R$

INCERTIDUMBRE : $U_R = 2 \times \sqrt{2,41 \times 10^{-11} \text{ g}^2 + 2,84 \times 10^{-9} \times R^2}$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

La incertidumbre reportada en el presente certificado, U_R , es la incertidumbre expandida de la medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. Generalmente, el valor de la magnitud de medición está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

8. OBSERVACIONES

Ajustar el nivel de la balanza y la indicación de cero antes de cada medición.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

De acuerdo a la NMP-003-2009, el límite inferior de medida para esta balanza no debe ser menor de 20 g

Fin del Documento



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CT-1816-2024

Requerimiento
6093-2024

Fecha de Emisión
2024-11-19

1. SOLICITANTE : INVERSIONES EHEC S.R.L.
Dirección : BL. San Andrés mz. B lote 08 Urb. Corazón De
Jesús Huanuco - Huanuco - Píllco Marca.

2. EQUIPO : HORNO
Marca : PYS EQUIPOS
Modelo : STHX-1A
Número de Serie : 17838
Identificación : NO INDICA
Procedencia : NO INDICA
Ventilación : NATURAL
Temperatura de Trabajo : 110 °C ± 5 °C
Instrumento de Medición del Equipo :

	Tipo	Alcance	Resolución
Termómetro	DIGITAL	De 10 °C a 250 °C	0,1 °C
Controlador	DIGITAL	De 10 °C a 250 °C	0,1 °C

3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN

La calibración se realizó el 2024-11-19 en LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y
ASFALTO DE INVERSIONES EHEC S.R.L.

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó mediante el metodo comparación según el PC-018
2da edición, 2009: "Procedimiento para la Calibración o Caracterización de
Medios Isotermos con Aire como Medio Termostático" publicada por el
SNM/INDECOPI.

5. TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales
del INACAL-DM.

Patrones utilizados	Certificado
Termómetro multicanal de Indicación digital	CT-1052-2024

6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

Temperatura Ambiental : De 24,2 °C a 24,6 °C
Humedad Relativa : De 62,2 % H.R. a 60,1 % H.R.
Tensión Eléctrica : 219,5 V
Posición del Controlador : 110 °C
Posición de la Ventilación : NO APLICA
Carga : Arena de Cantera

Los resultados del presente certificado
sólo son válidos para el objeto
calibrado, no pudiendo extenderse a
ningún otro objeto que no haya sido
calibrado, así mismo, estos resultados
no deben ser utilizados como una
certificación de conformidad con
normas de producto o como certificado
del sistema de calidad de la entidad
que lo produce.

Total Weight & Systems S.A.C. no se
responsabiliza por los perjuicios que
pueda provocar cualquier
interpretación errónea de los resultados
del presente certificado.

Este certificado de calibración sólo
puede ser difundido completamente y
sin modificaciones. Los extractos o
modificaciones requieren la
autorización de Total Weight &
Systems S.A.C.

Los certificados carecen de validez sin
la firma y sello del Laboratorio de
Calibración de Total Weight & Systems
S.A.C.



José Luis Palacios Cubillas
Metrólogo

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CT-1816-2024

7. RESULTADOS

Para la Temperatura de Trabajo de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

t (min)	I (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										Tprom (°C)	Tmax Tmin (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110,0	109,5	109,7	109,9	108,7	109,6	112,0	113,5	113,5	111,8	112,3	111,0	4,8
2	110,0	109,5	110,3	110,5	109,1	109,6	111,9	113,5	113,5	112,7	112,8	111,3	4,4
4	110,0	109,2	110,0	110,2	109,5	110,0	112,5	113,9	113,9	113,9	113,5	111,7	4,7
6	110,0	109,7	110,6	110,8	109,7	110,3	112,7	114,1	114,1	113,1	112,2	111,7	4,4
8	110,0	109,3	110,0	110,1	109,2	109,6	112,2	112,9	112,9	113,3	113,9	111,4	4,7
10	110,0	109,1	109,6	109,9	109,0	109,6	112,0	113,2	113,2	113,1	112,2	111,1	4,2
12	110,0	109,4	110,1	110,2	109,2	109,8	112,0	113,3	113,3	113,7	112,7	111,4	4,5
14	110,0	109,9	110,2	110,4	109,3	110,0	112,3	114,3	114,3	112,0	112,8	111,5	5,0
16	110,0	109,6	110,3	110,5	109,5	110,2	112,3	114,0	114,0	112,2	113,7	111,6	4,5
18	110,0	109,2	109,9	110,2	109,0	109,6	112,4	113,4	113,4	111,9	113,6	111,3	4,6
20	110,0	109,4	109,6	110,0	108,9	109,6	112,1	112,9	112,9	112,8	112,2	111,1	4,0
22	110,0	109,2	110,0	110,1	109,3	109,7	112,1	113,3	113,3	112,8	113,6	111,3	4,4
24	110,0	109,5	110,2	110,4	109,3	110,0	112,4	114,0	114,0	112,2	113,0	111,5	4,7
26	110,0	109,9	110,5	110,6	109,6	110,2	112,5	114,1	114,1	112,4	114,4	111,8	4,8
28	110,0	109,6	110,2	110,3	109,4	109,9	112,2	113,2	113,2	112,3	113,2	111,4	3,8
30	110,0	109,4	109,9	110,1	109,1	109,6	112,2	112,9	112,9	111,8	113,0	111,1	3,9
32	110,0	109,3	110,2	110,3	109,3	109,9	112,2	113,7	113,7	113,1	113,8	111,5	4,5
34	110,0	109,6	110,5	110,6	109,6	110,3	112,4	114,1	114,1	113,5	113,0	111,8	4,5
36	110,0	110,1	110,4	110,5	109,6	110,1	112,5	113,9	113,9	112,3	112,7	111,6	4,3
38	110,0	109,5	110,1	110,2	109,3	109,9	112,5	113,0	113,0	112,2	112,4	111,2	3,7
40	110,0	108,6	109,9	110,0	109,1	109,6	111,9	113,0	113,0	113,0	112,7	111,1	4,2
42	110,0	109,5	110,2	110,3	109,4	109,9	112,2	113,7	113,7	113,4	112,6	111,5	4,3
44	110,0	109,9	110,7	110,8	109,9	110,3	112,6	114,1	114,1	112,1	113,0	111,7	4,2
46	110,0	109,6	110,3	110,3	109,5	110,0	112,4	114,0	114,0	112,3	112,7	111,5	4,5
48	110,0	109,1	110,0	110,1	109,2	109,6	112,1	112,8	112,8	113,1	112,1	111,1	4,0
50	110,0	109,4	109,9	110,1	109,1	109,6	112,1	112,9	112,9	112,9	113,4	111,2	4,3
52	110,0	109,5	110,4	110,5	109,6	110,0	112,4	113,8	113,8	113,3	113,1	111,6	4,3
54	110,0	109,6	110,4	110,6	109,5	110,3	112,5	114,4	114,4	112,4	112,6	111,7	4,9
56	110,0	109,6	110,2	110,5	109,3	110,1	112,6	113,7	113,7	114,4	113,5	111,8	5,1
58	110,0	109,0	109,9	110,0	109,1	109,7	112,2	113,0	113,0	112,5	111,8	111,0	4,0
60	110,0	109,5	110,1	110,3	109,3	109,6	112,1	113,5	113,5	114,1	112,9	111,5	4,8
T.PROM	110,0	109,5	110,2	110,3	109,3	109,9	112,2	113,5	113,5	112,8	112,9	111,4	
T.MAX	110,0	110,1	110,7	110,8	109,9	110,3	112,7	114,4	114,4	114,4	114,4		
T.MIN	110,0	108,6	109,7	109,9	108,7	109,6	111,9	112,8	112,8	111,8	111,6		
DTT	0,0	1,3	1,0	0,9	1,2	0,7	0,8	1,6	1,6	2,6	2,6		



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CT-1816-2024

Para la Temperatura de Trabajo de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Parámetro	Valor ($^{\circ}\text{C}$)	Incertidumbre Expandida ($^{\circ}\text{C}$)
Temperatura Máxima Medida	114,4	0,6
Temperatura Mínima Medida	108,7	0,3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2,6	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	4,2	0,2
Estabilidad Medida ($\pm$)	1,3	0,04
Uniformidad Medida	5,1	0,4

t : Instante de tiempo en minutos.

I : Indicación del termómetro del equipo.

T.MAX : Temperatura máxima.

T.MIN : Temperatura mínima.

DTT : Desviación de temperatura en el tiempo.

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

Tprom : Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.

Para cada posición de medición su "**desviación de temperatura en el tiempo**" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperaturas 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.

La incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del equipo es $0,06\text{ }^{\circ}\text{C}$

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 la mitad de la máxima DTT.

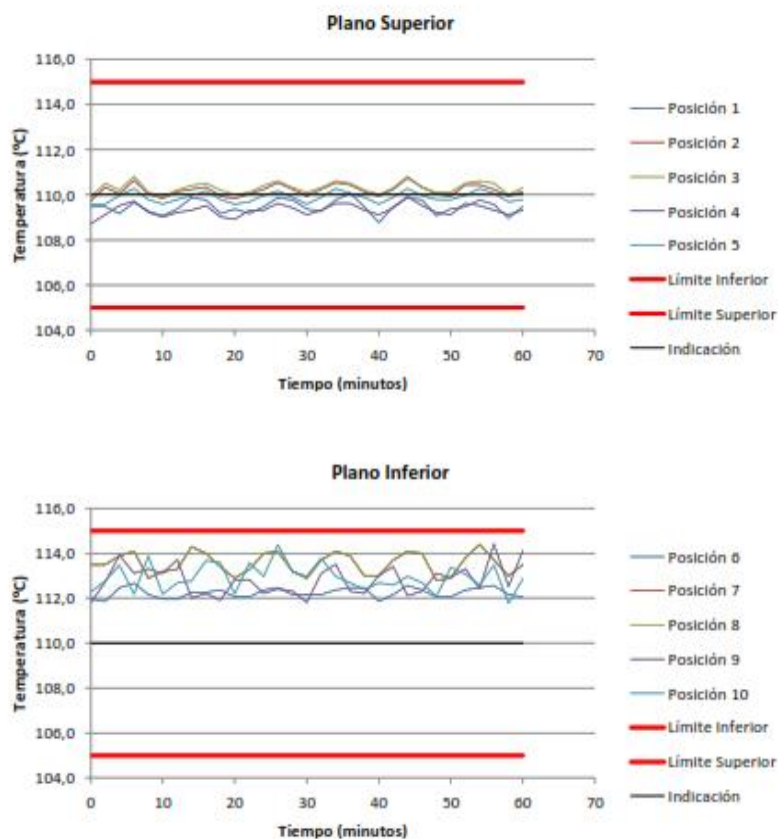
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de la medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. Generalmente, el valor de la magnitud de medición está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.



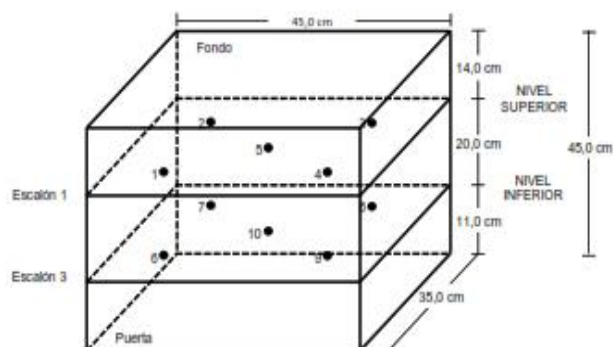
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CT-1816-2024

Gráfica para la Temperatura de Trabajo de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CT-1816-2024

Distribución de los Termopares



Los termopares 5 y 10 se ubicaron en el centro de su respectivo nivel.

Los termopares del 1 al 5 se ubicaron a 7,0 cm por encima del nivel superior.

Los termopares del 6 al 10 se ubicaron a 1,5 cm por debajo del nivel inferior.

Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 9 se ubicaron a 7,0 cm de las paredes laterales y a 7,0 cm de frente y fondo del medio isoterma.



8. OBSERVACIONES

Para fines de identificación se colocó una etiqueta con la indicación CALIBRADO en el equipo.

El tiempo de estabilización fue de 120 minutos, contados a partir del cierre de la puerta y encendido del equipo.

Fin del Documento



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-3563-2024

Requerimiento
0009-2024

Fecha de Emisión
2024-11-19

1. **SOLICITANTE** : INVERSIONES EHEC S.R.L.
Dirección : Bl. San Andres mz. B lote 08 Urb. Corazón de
Jesús Huanuco - Huanuco - Pillo Marca

2. **INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : BALANZA

Tipo : ELECTRÓNICA
Clasificación : NO AUTOMÁTICA
Marca : PERUTEST
Modelo : WT6002GJ
Número de serie : 210318002
Identificación : NO INDICA
Procedencia : NO INDICA
Capacidad máxima : 600 g
Div. de escala (d) : 10 mg
Div. de verificación (e) : 10 mg
Clase de exactitud : II
Ubicación : LABORATORIO

3. **FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN**

Calibrado el 2024-11-19 en LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE
INVERSIONES EHEC S.R.L.

4. **MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-
011 4ta Edición, 2010: "Procedimiento para la calibración de balanzas de
funcionamiento no automático clase I y clase II" del INDECOPI.

5. **TRAZABILIDAD**

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a patrones nacionales e
internacionales.

Patrones Utilizados	Certificado
Juego de pesas M1	0012-MPES-C-2024
Juego de pesas F1	PE24-C-0444

6. **CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**

Temperatura Ambiental : De 23,5 °C a 23,9 °C
Humedad Relativa : De 50,3% H.R. a 53,1% H.R.

Los resultados del presente certificado
sólo son válidos para el instrumento
calibrado, no pudiendo extenderse a
ningún otro instrumento que no haya
sido calibrado, así mismo, estos
resultados no deben ser utilizados
como una certificación de conformidad
con normas de producto o como
certificado del sistema de calidad de la
entidad que lo produce.

Total Weight & Systems S.A.C. no se
responsabiliza por los perjuicios que
pueda provocar cualquier
interpretación errónea de los resultados
del presente certificado.

Este certificado de calibración sólo
puede ser difundido completamente y
sin modificaciones. Los extractos o
modificaciones requieren la
autorización de Total Weight &
Systems S.A.C.

Los certificados carecen de validez sin
la firma y sellos de Total Weight &
Systems S.A.C.



Ricardo Sotomayor Jaime
Gerente del L.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-3563-2024

7. RESULTADOS

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	23,5	23,7
Humedad (%)	53,1	53,1

Carga L1 = 300,000 g			
I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
300,00	6	-1	
300,00	4	1	
300,00	6	-1	
300,00	7	-2	
300,00	6	-3	
300,00	5	0	
300,00	6	-1	
300,00	6	-3	
300,00	7	-2	
300,00	6	-1	
Emax - Emin =		4	mg
emp =		30	mg

Carga L2 = 600,000 g			
I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
599,99	3	-8	
599,99	4	-9	
599,99	5	-10	
599,99	3	-8	
599,99	5	-10	
599,99	4	-9	
599,99	5	-10	
599,99	3	-8	
599,99	3	-8	
599,99	5	-10	
Emax - Emin =		2	mg
emp =		30	mg

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	23,7	23,6
Humedad (%)	53,1	51,7

Posición de las Cargas



Posición de la carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	0,100	0,10	5	0	200,000	200,01	4	11	11
2		0,10	4	1		200,02	7	16	17
3		0,10	6	-3		200,01	6	7	10
4		0,10	7	-2		200,01	5	10	12
5		0,10	6	-1		200,01	6	9	10
Error Máximo Permisible			10	mg	Error Máximo Permisible			20	mg



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-3563-2024

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	23,8	23,9
Humedad (%)	50,0	49,0

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± emp (mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,100	0,10	8	-3						
0,200	0,20	7	-2	1	0,20	8	-3	0	10
10,000	10,00	6	-1	2	10,00	7	-2	1	10
50,000	50,00	8	-3	0	50,00	4	1	4	10
100,000	100,00	7	-2	1	100,00	5	0	3	20
150,000	150,00	5	0	3	150,00	8	-1	2	20
200,000	200,01	6	9	12	200,01	6	9	12	20
250,000	250,01	6	9	12	250,01	8	7	10	30
300,000	300,01	6	9	12	300,01	7	8	11	30
350,000	350,01	5	10	13	350,01	8	7	10	30
400,000	400,01	8	7	10	400,01	7	8	11	30
500,000	500,00	7	-2	1	500,00	8	-3	0	30
600,000	599,99	7	-12	-9	599,99	7	-12	-9	30

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).

I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de indicación.

Ec : Error en cero.

Ec : Error corregido.

ΔL : Incremento de pesas patrones.

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE LA BALANZA

LECTURA CORREGIDA	:	$R_{\text{corregida}} = R - 2,53 \times 10^{-3} \times R$
INCERTIDUMBRE	:	$U_R = 2 \times \sqrt{1,96 \times 10^{-1} \text{ mg}^2 + 1,50 \times 10^{-9} \times R^2}$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en mg

La incertidumbre reportada en el presente certificado, U_R , es la incertidumbre expandida de la medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. Generalmente, el valor de la magnitud de medición está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

8. OBSERVACIONES

Ajustar el nivel de la balanza y la indicación de cero antes de cada medición.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

De acuerdo a la NMP-003-2009, el límite inferior de medida para esta balanza no debe ser menor de 0,2 g

Fin del Documento



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC-3900-2024

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN : 2024-11-19

1. SOLICITANTE : INVERSIONES EHEC S.R.L.

DIRECCIÓN : BL. SAN ANDRES MZA. B LOTE. 08 URB. CORAZON DE JESUS HUANUCO -
HUANUCO - PILLCO MARCA

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CAZUELA CASAGRANDE MANUAL

MARCA : PERUTEST

PROCEDENCIA : PERÚ

MODELO : PT-CO

IDENTIFICACIÓN : NO INDICA

NÚMERO DE SERIE : 138

TIPO : NO APLICA

ALCANCE DE : NO APLICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

DIV. DE ESCALA : NO APLICA

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2024-11-19

3. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN

Procedimiento de calibración Comparación directa con patrones calibrados.

4. LUGAR DE INSPECCIÓN

La calibración se realizó en el LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES EHEC S.R.L.
BL. SAN ANDRES MZA. B LOTE. 08 URB. CORAZON DE JESUS HUANUCO - HUANUCO - PILLCO MARCA

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura °C	25,4 °C	25,4 °C
Humedad Relativa %HR	49%	49%

6. TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa del Servicio Nacional de Metrología INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de INACAL	Termohigrómetro	LH - 006 - 2024
Patrones de referencia de TOTAL WEIGHT	Juego de Pesas	CM - 0163 - 2024
Patrones de referencia de TOTAL WEIGHT	Pie de Rey Digital	CL - 1001 - 2024

7. OBSERVACIONES

(*) Serie indicado en una etiqueta adherida al equipo.

El equipo cumple con la norma INV E125-07 / ASTM D 4318 / NTC 4630



Ricardo Sotomayor Jaime
Gerente del L.C.

8. RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Peso de la copa y el soporte	227,09	g
Espesor de la copa	2,34	mm
Profundidad de la copa	25,22	mm
Altura de la base	47,36	mm
Ancho de la base	120,54	mm
Longitud de la base	146,29	mm

FIN DEL DOCUMENTO



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC-3891-2024

Fecha de Emisión : 2024-11-19

Página 1 de 2

1. **Solicitante** : INVERSIONES EHEC S.R.L.
2. **Dirección** : BL. SAN ANDRES MZA. B LOTE. 08 URB. CORAZON DE JESUS HUANUCO - HUANUCO - PILLCO MARCA
3. **Instrumento de medición** : MÁQUINA PARA ENSAYOS CBR
 - Marca : NO INDICA
 - Modelo : NO INDICA
 - Modo de Operación : COMPRESIÓN
 - Número de Serie : NO INDICA
 - Identificación : CB-01
 - Procedencia : NO INDICA
 - Alcance Máximo : 3 000 kgf
 - Alcance Calibrado : 3 000 kgf
 - Ubicación : LABORATORIO
4. **Lugar de Calibración** : LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES EHEC S.R.L.
5. **Fecha de Calibración** : 2024-11-19

6. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación directa, usando el ME-002 "Procedimiento para la Calibración de los Instrumentos de Medida de Fuerza", edición digital 1, CEM - España.

7. Trazabilidad

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales.

Instrumento Patrón	Certificado de Calibración
Sistema de Celda de Carga	CC-3414-2024

8. Condiciones Ambientales de calibración

Temperatura : Inicio : 22,8 °C Final : 22,8 °C
 Humedad : Inicio : 69 % H.R. Final : 69 % H.R.

Los resultados del certificado son válidos solo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

Total Weight & Systems S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o los internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de Total Weight & Systems S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de Total Weight & Systems S.A.C.



[Firma]

Ricardo Solomayor Jaime
Gerente del L.C.

9. Resultados

Indicación del IBC*	Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					
	S ₁ Ascendente	S ₂ Ascendente	S ₁ ⁺ No Aplica	S ₃ Ascendente	S ₄ No Aplica	Promedio S _{1,2 y 3}
kgf	kgf	kgf	----	kgf	----	kgf
500,0	500,4	502,0	----	501,9	----	501,4
1 000,0	1 000,8	1 003,2	----	1 002,7	----	1 002,2
1 500,0	1 500,6	1 504,2	----	1 503,4	----	1 502,7
2 000,0	2 000,7	2 005,2	----	2 003,0	----	2 003,0
2 500,0	2 501,0	2 505,8	----	2 505,7	----	2 504,2
3 000,0	3 001,6	3 006,4	----	3 005,4	----	3 004,5
3 500,0	3 502,4	3 507,9	----	3 507,4	----	3 505,9
4 000,0	4 003,4	4 010,2	----	4 007,0	----	4 006,9
4 500,0	4 504,2	4 512,2	----	4 509,6	----	4 508,7
5 000,0	5 005,0	5 014,8	----	5 010,8	----	5 010,2

Indicación del IBC*	Errores Relativos				Resolución Relativa a	Incertidumbre Expandida U	
	Indicación q	Repetibilidad b	Reversibilidad v	Accesorios Acces.			
kgf	%	%	%	%	%	kgf	%
500,0	-0,286	0,319	----	----	0,20	1,18	0,237
1 000,0	-0,223	0,239	----	----	0,10	1,57	0,157
1 500,0	-0,182	0,240	----	----	0,07	2,25	0,150
2 000,0	-0,148	0,225	----	----	0,05	2,66	0,133
2 500,0	-0,106	0,192	----	----	0,04	3,21	0,129
3 000,0	-0,149	0,160	----	----	0,03	2,98	0,099
3 500,0	-0,168	0,157	----	----	0,03	3,55	0,102
4 000,0	-0,171	0,170	----	----	0,03	3,96	0,099
4 500,0	-0,192	0,177	----	----	0,02	4,74	0,105
5 000,0	-0,204	0,196	----	----	0,02	5,71	0,114

* IBC: Instrumento Bajo Calibración

Coefficiente para el cálculo de la fuerza en función de su deformación y su R².

A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	---	R ²
9,3000E-01	1,0013E+00	-1,8298E-07	6,0502E-11	---	1,0000E+00

Ecuación 1: donde F (kgf) es la fuerza calculada y X (kgf) es el valor de deformación evaluado.

$$F = A_0 + (A_1 \cdot X) + (A_2 \cdot X^2) + (A_3 \cdot X^3)$$

10. Observaciones

- Se emplea la coma (,) como separador decimal.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva en el Instrumento con la Indicación "CALIBRADO".

(FIN DEL DOCUMENTO)



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-3562-2024

Requerimiento
0008-2024

Fecha de Emisión
2024-11-19

- 1. SOLICITANTE** : INVERSIONES EHEC S.R.L.
Dirección : Bl. San Andres mz. B lote 08 Urb. Corazón de
Jesús Huanuco - Huanuco - Pillo Marca

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el instrumento calibrado, no pudiendo extenderse a ningún otro instrumento que no haya sido calibrado, así mismo, estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Total Weight & Systems S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de Total Weight & Systems S.A.C.

Los certificados carecen de validez sin la firma y sellos de Total Weight & Systems S.A.C.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

Tipo : ELECTRÓNICA
Clasificación : NO AUTOMÁTICA
Marca : OHAUS
Modelo : NO INDICA
Número de serie : NO INDICA
Identificación : BAL-02
Procedencia : NO INDICA
Capacidad máxima : 30 000 g
Div. de escala (d) : 1 g
Div. de verificación (e) : 10 g
Clase de exactitud : III
Ubicación : LABORATORIO

3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN

Calibrado el 2024-11-19 en LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE
INVERSIONES EHEC S.R.L.

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

5. TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a patrones nacionales e internacionales.

Patrones Utilizados	Certificado
Pesas M2 de 10 kg	CM-1422-2024
Pesas M2 de 5 kg	CM-1421-2024
Juego de pesas M2	CM-2466-2024
Juego de pesas M1	0012-MPES-C-2024
Pesa M1 de 20 kg	CM-2772-2024

6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

Temperatura Ambiental : De 22,4 °C a 22,8 °C
Humedad Relativa : De 55,8% H.R. a 55,8% H.R.



Ricardo Solomayor Jaime
Gerente del L.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-3562-2024

7. RESULTADOS

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,4	22,5
Humedad (%)	55,6	55,6

Carga L1 = 15 000,3 g			
I (g)	ΔL (g)	E (g)	
15 002	0,6	1,4	
15 002	0,7	1,5	
15 002	0,6	1,4	
15 002	0,6	1,6	
15 002	0,6	1,4	
15 002	0,7	1,5	
15 002	0,6	1,4	
15 002	0,6	1,4	
15 002	0,6	1,6	
15 002	0,6	1,4	
Emax - Emin = 0,2 g			
emp = 10 g			

Carga L2 = 30 000,8 g			
I (g)	ΔL (g)	E (g)	
30 000	0,4	-0,7	
30 000	0,5	-0,6	
30 000	0,4	-0,7	
30 000	0,4	-0,7	
30 000	0,5	-0,6	
30 000	0,4	-0,7	
30 000	0,5	-0,6	
30 000	0,4	-0,7	
30 000	0,5	-0,6	
30 000	0,4	-0,7	
Emax - Emin = 0,1 g			
emp = 10 g			

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,5	22,6
Humedad (%)	55,6	55,6

Posición de las Cargas

2	1	5
3		4

Posición de la carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	10,0	10	0,5	0,0	10 000,2	10 001	0,6	0,5	0,5
2		10	0,4	0,1		10 001	0,5	0,6	0,7
3		10	0,6	-0,1		10 002	0,6	1,5	1,6
4		10	0,6	-0,1		10 002	0,7	1,6	1,7
5		10	0,5	0,0		10 002	0,6	1,5	1,5
Error Máximo Permisible			10 g		Error Máximo Permisible			20 g	



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-3562-2024

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,6	22,6
Humedad (%)	53,0	53,0

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10,0	10	0,7	-0,2						
20,0	20	0,7	-0,2	0,0	20	0,5	0,0	0,2	10
100,0	100	0,5	-0,3	-0,1	100	0,4	0,1	0,3	10
1 000,0	1 000	0,5	-0,1	0,1	1 000	0,5	-0,1	0,1	10
5 000,1	5 000	0,5	-0,1	0,1	5 000	0,5	-0,1	0,1	10
8 000,2	8 000	0,2	0,1	0,3	8 000	0,5	-0,3	-0,1	20
10 000,2	10 001	0,5	0,7	0,9	10 001	0,5	0,7	0,9	20
15 000,3	15 001	0,7	0,5	0,7	15 001	0,4	0,5	1,0	20
18 000,4	18 000	0,4	-0,3	-0,1	18 001	0,5	0,5	0,5	20
20 000,6	20 000	0,5	-0,6	-0,4	20 000	0,5	-0,7	-0,5	20
25 000,7	25 000	0,5	-0,5	-0,5	25 000	0,4	-0,5	-0,4	30
28 000,8	28 000	0,4	-0,7	-0,5	28 000	0,5	-0,5	-0,5	30
30 000,8	30 000	0,3	-0,5	-0,4	30 000	0,3	-0,5	-0,4	30

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).
I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de indicación.
Ec : Error en cero.

Ec : Error corregido.
ΔL : Incremento de pesas patrónes.

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE LA BALANZA

LECTURA CORREGIDA : $R_{\text{corregida}} = R - 4,11 \times 10^{-6} \times R$

INCERTIDUMBRE : $U_R = 2 \times \sqrt{2,41 \times 10^{-11} \text{ g}^2 + 2,84 \times 10^{-9} \times R^2}$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

La incertidumbre reportada en el presente certificado, U_R , es la incertidumbre expandida de la medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. Generalmente, el valor de la magnitud de medición está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

8. OBSERVACIONES

Ajustar el nivel de la balanza y la Indicación de cero antes de cada medición.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la Indicación "CALIBRADO".

De acuerdo a la NMP-003-2009, el límite inferior de medida para esta balanza no debe ser menor de 20 g

Fin del Documento



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CT-1816-2024

Requerimiento
0093-2024

Fecha de Emisión
2024-11-19

- 1. SOLICITANTE** : INVERSIONES EHEC S.R.L.
Dirección : BL. San Andrés mz. B lote 08 Urb. Corazón De
Jesús Huanuco - Huanuco - Píllco Marca.

- 2. EQUIPO** : HORNO
Marca : PYS EQUIPOS
Modelo : STHX-1A
Número de Serie : 17838
Identificación : NO INDICA
Procedencia : NO INDICA
Ventilación : NATURAL
Temperatura de Trabajo : 110 °C ± 5 °C
Instrumento de Medición del Equipo :

	Tipo	Alcance	Resolución
Termómetro	DIGITAL	De 10 °C a 250 °C	0,1 °C
Controlador	DIGITAL	De 10 °C a 250 °C	0,1 °C

3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN

La calibración se realizó el 2024-11-19 en LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES EHEC S.R.L.

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó mediante el método comparación según el PC-018 2da edición, 2009: "Procedimiento para la Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con Aire como Medio Termostático" publicada por el SNM/INDECOPI.

5. TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM.

Patrones utilizados	Certificado
Termómetro multicanal de Indicación digital	CT-1062-2024

6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

- Temperatura Ambiental : De 24,2 °C a 24,6 °C
Humedad Relativa : De 62,2 % H.R. a 60,1 % H.R.
Tensión Eléctrica : 219,5 V
Posición del Controlador : 110 °C
Posición de la Ventilación : NO APLICA
Carga : Arena de Cantera

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el objeto calibrado, no pudiendo extenderse a ningún otro objeto que no haya sido calibrado, así mismo, estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Total Weight & Systems S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de Total Weight & Systems S.A.C.

Los certificados carecen de validez sin la firma y sello del Laboratorio de Calibración de Total Weight & Systems S.A.C.



[Firma manuscrita]

José Luis Palacios Cubillas
Metrólogo

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CT-1816-2024

7. RESULTADOS

Para la Temperatura de Trabajo de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

t (min)	I (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										Tprom (°C)	Tmáx-Tmín (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110,0	109,5	109,7	109,9	109,7	109,6	112,0	113,5	113,5	111,8	112,3	111,0	4,8
2	110,0	109,5	110,3	110,5	109,1	109,6	111,9	113,5	113,5	112,7	112,8	111,3	4,4
4	110,0	109,2	110,0	110,2	109,5	110,0	112,5	113,9	113,9	113,9	113,5	111,7	4,7
6	110,0	109,7	110,6	110,6	109,7	110,3	112,7	114,1	114,1	113,1	112,2	111,7	4,4
8	110,0	109,3	110,0	110,1	109,2	109,6	112,2	112,9	112,9	113,3	113,9	111,4	4,7
10	110,0	109,1	109,6	109,9	109,0	109,6	112,0	113,2	113,2	113,1	112,2	111,1	4,2
12	110,0	109,4	110,1	110,2	109,2	109,6	112,0	113,3	113,3	113,7	112,7	111,4	4,5
14	110,0	109,9	110,2	110,4	109,3	110,0	112,3	114,3	114,3	112,0	112,6	111,5	5,0
16	110,0	109,6	110,3	110,5	109,5	110,2	112,3	114,0	114,0	112,2	113,7	111,6	4,5
18	110,0	109,2	109,9	110,2	109,0	109,6	112,4	113,4	113,4	111,9	113,6	111,3	4,6
20	110,0	109,4	109,6	110,0	109,9	109,6	112,1	112,9	112,9	112,6	112,2	111,1	4,0
22	110,0	109,2	110,0	110,1	109,3	109,7	112,1	113,3	113,3	112,6	113,6	111,3	4,4
24	110,0	109,5	110,2	110,4	109,3	110,0	112,4	114,0	114,0	112,2	113,0	111,5	4,7
26	110,0	109,9	110,5	110,6	109,6	110,2	112,5	114,1	114,1	112,4	114,4	111,6	4,8
28	110,0	109,6	110,2	110,3	109,4	109,9	112,2	113,2	113,2	112,3	113,2	111,4	3,8
30	110,0	109,4	109,9	110,1	109,1	109,6	112,2	112,9	112,9	111,6	113,0	111,1	3,9
32	110,0	109,3	110,2	110,3	109,3	109,9	112,2	113,7	113,7	113,1	113,8	111,5	4,5
34	110,0	109,6	110,5	110,6	109,6	110,3	112,4	114,1	114,1	113,5	113,0	111,6	4,5
36	110,0	110,1	110,4	110,5	109,6	110,1	112,5	113,9	113,9	112,3	112,7	111,6	4,3
38	110,0	109,5	110,1	110,2	109,3	109,9	112,5	113,0	113,0	112,2	112,4	111,2	3,7
40	110,0	109,6	109,9	110,0	109,1	109,6	111,9	113,0	113,0	113,0	112,7	111,1	4,2
42	110,0	109,5	110,2	110,3	109,4	109,9	112,2	113,7	113,7	113,4	112,6	111,5	4,3
44	110,0	109,9	110,7	110,6	109,9	110,3	112,6	114,1	114,1	112,1	113,0	111,7	4,2
46	110,0	109,6	110,3	110,3	109,5	110,0	112,4	114,0	114,0	112,3	112,7	111,5	4,5
48	110,0	109,1	110,0	110,1	109,2	109,6	112,1	112,8	112,8	113,1	112,1	111,1	4,0
50	110,0	109,4	109,9	110,1	109,1	109,6	112,1	112,9	112,9	112,9	113,4	111,2	4,3
52	110,0	109,5	110,4	110,5	109,6	110,0	112,4	113,6	113,6	113,3	113,1	111,6	4,3
54	110,0	109,6	110,4	110,6	109,5	110,3	112,5	114,4	114,4	112,4	112,6	111,7	4,9
56	110,0	109,6	110,2	110,5	109,3	110,1	112,6	113,7	113,7	114,4	113,5	111,6	5,1
58	110,0	109,0	109,9	110,0	109,1	109,7	112,2	113,0	113,0	112,5	111,8	111,0	4,0
60	110,0	109,5	110,1	110,3	109,3	109,6	112,1	113,5	113,5	114,1	112,9	111,5	4,8
T.PROM	110,0	109,5	110,2	110,3	109,3	109,9	112,2	113,5	113,5	112,6	112,9	111,4	
T.MAX	110,0	110,1	110,7	110,6	109,9	110,3	112,7	114,4	114,4	114,4	114,4		
T.MIN	110,0	109,6	109,7	109,9	109,7	109,6	111,9	112,6	112,6	111,6	111,6		
DTT	0,0	1,3	1,0	0,9	1,2	0,7	0,8	1,6	1,6	2,6	2,6		



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CT-1816-2024

Para la Temperatura de Trabajo de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Parámetro	Valor ($^{\circ}\text{C}$)	Incertidumbre Expandida ($^{\circ}\text{C}$)
Temperatura Máxima Medida	114,4	0,6
Temperatura Mínima Medida	108,7	0,3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2,6	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	4,2	0,2
Estabilidad Medida ($\pm$)	1,3	0,04
Uniformidad Medida	5,1	0,4

t : Instante de tiempo en minutos.

I : Indicación del termómetro del equipo.

T.MAX : Temperatura máxima.

T.MIN : Temperatura mínima.

DTT : Desviación de temperatura en el tiempo.

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

Tprom : Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.

Para cada posición de medición su "**desviación de temperatura en el tiempo**" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperaturas 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.

La Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del equipo es $0,06\text{ }^{\circ}\text{C}$

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 la mitad de la máxima DTT.

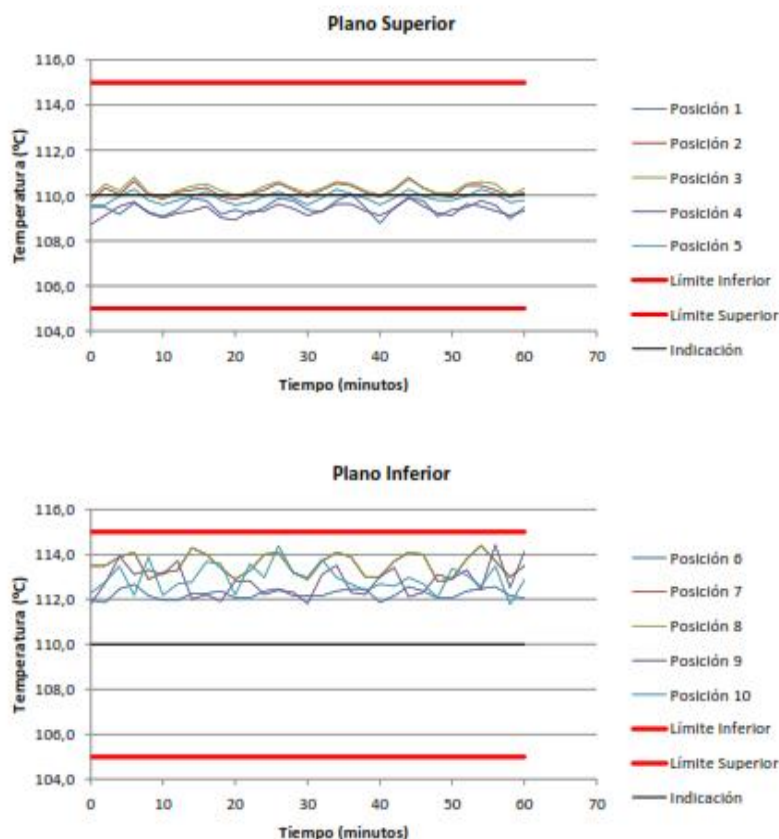
La Incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre expandida de la medición que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. Generalmente, el valor de la magnitud de medición está dentro del intervalo de los valores determinados con la Incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.



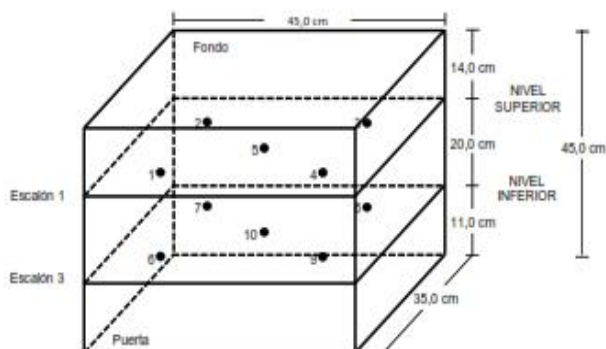
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CT-1816-2024

Gráfica para la Temperatura de Trabajo de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CT-1816-2024

Distribución de los Termopares



Los termopares 5 y 10 se ubicaron en el centro de su respectivo nivel.

Los termopares del 1 al 5 se ubicaron a 7,0 cm por encima del nivel superior.

Los termopares del 6 al 10 se ubicaron a 1,5 cm por debajo del nivel inferior.

Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 9 se ubicaron a 7,0 cm de las paredes laterales y a 7,0 cm de frente y fondo del medio isoterma.



8. OBSERVACIONES

Para fines de identificación se colocó una etiqueta con la indicación CALIBRADO en el equipo.

El tiempo de estabilización fue de 120 minutos, contados a partir del cierre de la puerta y encendido del equipo.

Fin del Documento



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-3563-2024

Requerimiento
0009-2024

Fecha de Emisión
2024-11-19

- 1. SOLICITANTE** : INVERSIONES EHEC S.R.L.
Dirección : Bl. San Andres mz. B lote 08 Urb. Corazón de
Jesús Huanuco - Huanuco - Pillo Marca

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el instrumento calibrado, no pudiendo extenderse a ningún otro instrumento que no haya sido calibrado, así mismo, estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Total Weight & Systems S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de Total Weight & Systems S.A.C.

Los certificados carecen de validez sin la firma y sellos de Total Weight & Systems S.A.C.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

Tipo : ELECTRÓNICA
Clasificación : NO AUTOMÁTICA
Marca : PERUTEST
Modelo : WT6002GJ
Número de serie : 210318002
Identificación : NO INDICA
Procedencia : NO INDICA
Capacidad máxima : 600 g
Div. de escala (d) : 10 mg
Div. de verificación (e) : 10 mg
Clase de exactitud : II
Ubicación : LABORATORIO

3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN

Calibrado el 2024-11-19 en LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES EHEC S.R.L.

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II" del INDECOPI.

5. TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a patrones nacionales e internacionales.

Patrones Utilizados	Certificado
Juego de pesas M1	0012-MPES-C-2024
Juego de pesas F1	PE24-C-0444

6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

Temperatura Ambiental : De 23,5 °C a 23,9 °C
Humedad Relativa : De 50,3% H.R. a 53,1% H.R.



Ricardo Solomayor Jaime
Gerente del L.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-3563-2024

7. RESULTADOS

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	23,5	23,7
Humedad (%)	53,1	53,1

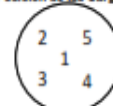
Carga L1 = 300,000 g			
I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
300,00	6	-1	
300,00	4	1	
300,00	6	-1	
300,00	7	-2	
300,00	6	-3	
300,00	5	0	
300,00	6	-1	
300,00	6	-3	
300,00	7	-2	
300,00	6	-1	
Emax - Emin = 4 mg			
emp = 30 mg			

Carga L2 = 600,000 g			
I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
599,99	3	-6	
599,99	4	-9	
599,99	5	-10	
599,99	3	-6	
599,99	5	-10	
599,99	4	-9	
599,99	5	-10	
599,99	3	-6	
599,99	3	-6	
599,99	5	-10	
599,99	5	-10	
Emax - Emin = 2 mg			
emp = 30 mg			

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	23,7	23,6
Humedad (%)	53,1	51,7

Posición de las Cargas



Posición de la carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	0,100	0,10	5	0	200,000	200,01	4	11	11
2		0,10	4	1		200,02	7	16	17
3		0,10	6	-3		200,01	6	7	10
4		0,10	7	-2		200,01	5	10	12
5		0,10	6	-1		200,01	6	9	10
Error Máximo Permisible			10 mg		Error Máximo Permisible			20 mg	



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-3563-2024

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	23,6	23,9
Humedad (%)	50,0	49,0

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± emp (mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,100	0,10	8	-3						
0,200	0,20	7	-2	1	0,20	8	-3	0	10
10,000	10,00	6	-1	2	10,00	7	-2	1	10
50,000	50,00	6	-3	0	50,00	4	1	4	10
100,000	100,00	7	-2	1	100,00	5	0	3	20
150,000	150,00	5	0	3	150,00	6	-1	2	20
200,000	200,01	6	9	12	200,01	6	9	12	20
250,000	250,01	6	9	12	250,01	6	7	10	30
300,000	300,01	6	9	12	300,01	7	8	11	30
350,000	350,01	5	10	13	350,01	8	7	10	30
400,000	400,01	6	7	10	400,01	7	8	11	30
500,000	500,00	7	-2	1	500,00	8	-3	0	30
600,000	599,99	7	-12	-9	599,99	7	-12	-9	30

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).

E : Error del valor de indicación.

Ec : Error corregido.

I : Indicación de la balanza.

Ec : Error en cero.

ΔL : Incremento de pesas patrones.

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE LA BALANZA

LECTURA CORREGIDA : $R_{\text{corregida}} = R - 2,53 \times 10^{-3} \times R$

INCERTIDUMBRE : $U_R = 2 \times \sqrt{1,96 \times 10^{-1} \text{ mg}^2 + 1,50 \times 10^{-3} \times R^2}$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en mg

La incertidumbre reportada en el presente certificado, U_R , es la incertidumbre expandida de la medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. Generalmente, el valor de la magnitud de medición está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

8. OBSERVACIONES

Ajustar el nivel de la balanza y la indicación de cero antes de cada medición.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

De acuerdo a la NMP-003-2009, el límite inferior de medida para esta balanza no debe ser menor de 0,2 g

Fin del Documento



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº CC-3900-2024

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN : 2024-11-19

1. SOLICITANTE : INVERSIONES EHEC S.R.L.

DIRECCIÓN : BL. SAN ANDRES MZA. B LOTE. 08 URB. CORAZON DE JESUS HUANUCO -
HUANUCO - PILLCO MARCA

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CAZUELA CASAGRANDE MANUAL

MARCA : PERUTEST

MODELO : PT-CO

NÚMERO DE SERIE : 135

ALCANCE DE : NO APLICA

DIV. DE ESCALA : NO APLICA

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2024-11-19

PROCEDENCIA : PERÚ

IDENTIFICACIÓN : NO INDICA

TIPO : NO APLICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

3. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN

Procedimiento de calibración Comparación directa con patrones calibrados.

4. LUGAR DE INSPECCIÓN

La calibración se realizó en el LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INVERSIONES EHEC S.R.L.
BL. SAN ANDRES MZA. B LOTE. 08 URB. CORAZON DE JESUS HUANUCO - HUANUCO - PILLCO MARCA

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura °C	25,4 °C	25,4 °C
Humedad Relativa %HR	49%	49%

6. TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa del Servicio Nacional de Metrología INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de INACAL	Termohigrómetro	LH - 006 - 2024
Patrones de referencia de TOTAL WEIGHT	Juego de Pesas	CM - 0183 - 2024
Patrones de referencia de TOTAL WEIGHT	Pie de Rey Digital	CL - 1001 - 2024

7. OBSERVACIONES

(*) Serie indicado en una etiqueta adherida al equipo.

El equipo cumple con la norma INV E125-07 / ASTM D 4315 / NTC 4630



[Firma]
Ricardo Sotomayor Jaime
Gerente del L.C.

8. RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Peso de la copa y el soporte	227,89	g
Espesor de la copa	2,34	mm
Profundidad de la copa	25,22	mm
Altura de la base	47,38	mm
Ancho de la base	120,54	mm
Longitud de la base	140,29	mm

FIN DEL DOCUMENTO



ANEXO 05
ENSAYOS DE LABORATORIO



INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

ESTUDIO DE SUELOS, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN - ESTUDIOS
GEOLOGICOS

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"				
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO				
TESISTA:	BACH. MARYORY XOMARA SANTIAGO BARRERA				
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	E-1	PROGRESIVA:	10+400
DETALLE:	MUESTRA PATRÓN				
FECHA:	FEBRERO DEL 2025				
PESO INICIAL:	2138.3 Gr.	% DE HUMEDAD :	8.98%	MUESTRA HUMEDA INICIAL:	1220.7 Gr.
FRACCIÓN:	2138.3 Gr.			MUESTRA SECA INICIAL:	1120.1 Gr.
TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.5	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	77.20	3.61	3.61	96.39
1"	25.4	120.50	5.64	9.25	90.75
3/4"	19.05	62.70	2.93	12.18	87.82
1/2"	12.7	166.70	7.80	19.97	80.03
3/8"	9.525	151.20	7.07	27.04	72.96
1/4"	6.35	152.40	7.13	34.17	65.83
No 4	4.75	156.80	7.33	41.50	58.50
No 8	2.5	299.70	14.02	55.52	44.48
No 10	2	97.40	4.56	60.08	39.92
No 16	1.18	203.50	9.52	69.59	30.41
No 20	0.85	127.40	5.96	75.55	24.45
No 30	0.6	90.60	4.24	79.79	20.21
No 40	0.425	78.50	3.67	83.46	16.54
No 50	0.3	70.30	3.29	86.75	13.25
No 60	0.25	30.70	1.44	88.19	11.81
No 80	0.18	30.40	1.42	89.60	10.40
No 100	0.15	33.10	1.55	91.15	8.85
No 200	0.075	50.50	2.36	93.51	6.49
CAZOLETA	0.000	138.7	6.49	100.00	0.00
TOTAL		2138.3	100.00		
Clasificación AASHTO					
Material granular					
Excelente a bueno como subgrado					
A-2-6 (6) Grava y arena arcillosa o limosa					
Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)					
Suelo de partículas gruesas (Nomenclatura con símbolo doble).					
Arena bien graduada con arcilla con grava SW SC					
Granulometría					

MARYORY XOMARA SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leobardo Villanueva Alai
 CIP. 70830

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"		
UBICACIÓN:	REGION HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA		
CALICATA:	C-1	PROGRESIVA:	16+462
ESTRATO:	E-1	ESPESOR DEL ESTRATO:	1.50 m
DETALLE:	MUESTRA PATRON		
FECHA:	FEBRERO DEL 2025		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

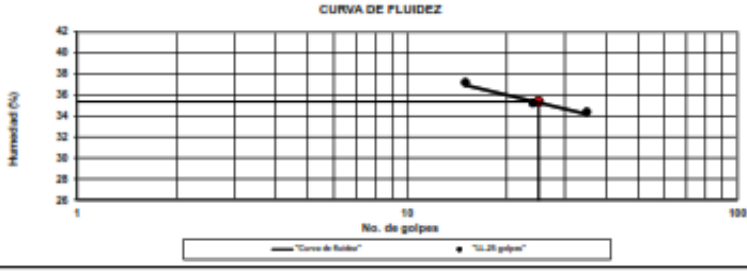
N° DE GOLPES	35	24	15
Suelo Húmedo + Tarro	28.30	27.62	29.24
Suelo seco + Tarro	23.97	23.34	24.39
Peso de Tarro	11.40	11.16	11.33
Peso del Agua	4.32	4.29	4.85
Peso de Suelo Seco	12.57	12.17	13.05
HUMEDAD %	34.38	35.22	37.19

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02
Suelo Húmedo + Tarro	18.38	18.13
Suelo seco + Tarro	17.05	16.83
Peso de Tarro	11.22	11.17
Peso del Agua	1.33	1.30
Peso de Suelo Seco	5.83	5.67
HUMEDAD %	22.86	22.93

DETALLE	RESULTADOS	
Límite líquido LL	35.36	%
Límite plástico LP	22.90	%
Índice plasticidad IP	12.46	%

CURVA DE FLUIDEZ




 Mario S. Barrera
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leivides Villanueva Albal
 CIP: 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390



INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MAXIMA COMPACTADA						
PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"					
UBICACION:	REGION HUÁNUCO					
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA					
CALICATA:	C-1		ESTRATO :		E-1	
PROFUNDIDAD:	1.50 m					
DETALLE:	MUESTRA PATRON					
FECHA:	FEBRERO DEL 2025					
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	gr.	8835	9285	10229	9677	8976
PESO DEL MOLDE	gr.	5095.00	5095.00	5095.00	5095.00	5095.00
PESO MUESTRA HUMEDA	gr.	3739.87	4190.63	5134.24	4582.82	3881.59
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	2505.79	2872.99	3606.96	3090.66	2457.16
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.78	2.00	2.45	2.18	1.85
N° DE TARA	1					
DETERMINACIÓN	HUMEDAD					
PESO MUEST. HUMEDA + TARA	gr.	439.9	423.9	442.3	437.9	449.3
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	397.6	390.6	393.0	374.6	379.1
PESO DE LA TARA	gr.	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr.	42.30	43.30	49.30	63.30	70.20
PESO MUESTRA SECA	gr.	387.60	382.60	385.00	366.60	369.10
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	10.94	11.37	12.85	17.24	19.02
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.19	1.37	1.72	1.47	1.17

GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO

Densidad Máxima Seca:	1.758	gr/cm ³
Humedad Óptima:	14.81	%
Densidad Máxima húmeda:	2.018	gr/cm ³

Maryory Xiomara Santiago Barrera
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leóides Villanueva Albal
 CIP: 71639

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"											
UBICACION:	REGION HUÁNUCO											
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA											
CALCATA:	C-1ESTRATO :E-1											
PROFUNDIDAD:	1.50 m											
DETALLE:	MUESTRA PATRON											
FECHA:	FEBRERO DEL 2025											
MOLDE:	4				5				6			
N. GOLPES.	56				23				12			
CONDICION	EN SUPERIOR		SUBERGO		EN SUPERIOR		SUBERGO		EN SUPERIOR		SUBERGO	
Peso del molde + suelo humedo	15465		10569		10493		10734		9596		9592	
Peso del molde	6095		6095		6227		6227		6335		6335	
Peso del suelo humedo	4370		4474		4266		4507		3261		3257	
Volumen del molde	2120		2120		2113		2113		2113		2113	
Densidad humeda	2.05		2.11		2.02		2.13		1.54		1.58	
Humedad	14.80%				14.80%				14.79%			
Densidad seca	1.79%				1.73%				1.50%			
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo humedo	355.5	341.8			385.6	342.8			347.8	352.9		
Peso tara + suelo seco	310.6	297.7			335.9	295.6			303.0	307.4		
Peso del agua	45.90	44.10	0.00	0.00	49.70	44.20	0.00	0.00	44.80	45.50	0.00	0.00
Peso de los solidos	315.60	297.70	0.00	0.00	335.90	295.60	0.00	0.00	303.00	307.40	0.00	0.00
Humedad	14.75	14.81			14.80	14.80			14.79	14.80		
Humedad	14.80%				14.80%				14.79%			

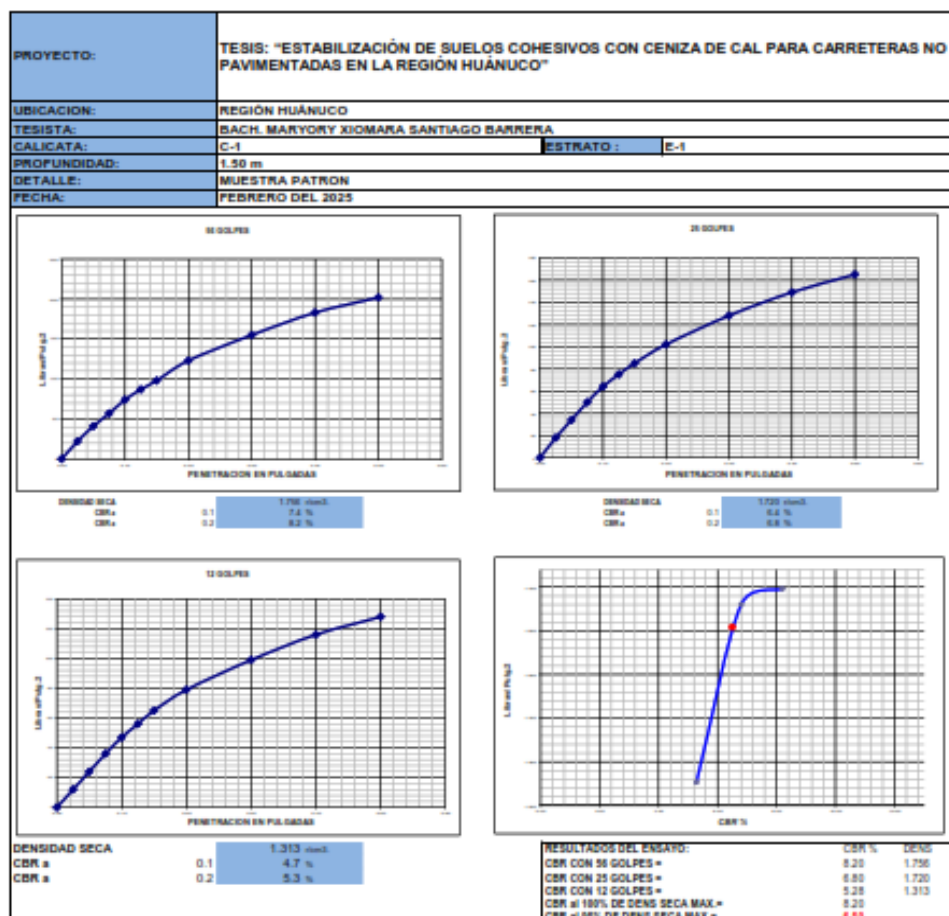
FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
24/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
25/02/2025	08:00 p.m.	24	12	0.12	0.10	18	0.18	0.15	24	0.24	0.21
26/02/2025	08:00 p.m.	48	18	0.18	0.14	21	0.21	0.18	48	0.48	0.45
27/02/2025	08:00 p.m.	72	21	0.21	0.16	29	0.29	0.25	74	0.74	0.64
28/02/2025	08:00 p.m.	96	29	0.29	0.20	34	0.34	0.29	89	0.89	0.79

PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01			LECTURA DIAL	MUESTRA N° 02			LECTURA DIAL	MUESTRA N° 03		
		LIBRAS	Lb/Pulg. 2.			LIBRAS	Lb/Pulg. 2.			LIBRAS	Lb/Pulg. 2.	
0.00	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0
0.03	7	15.4	22.8	22.8	9	16.2	24.6	24.6	8	15.4	22.8	22.8
0.05	12	122.7	25.9	25.9	10	103.0	31.9	31.9	7	75.5	22.8	22.8
0.08	17	171.9	33.3	33.3	15	158.9	39.3	39.3	11	107.9	39.3	39.3
0.10	22	220.0	41.6	41.6	18	205.4	48.2	48.2	14	148.0	48.2	48.2
0.13	26	264.8	50.9	50.9	22	252.1	59.0	59.0	17	188.0	59.0	59.0
0.15	30	309.3	59.2	59.2	25	293.9	67.9	67.9	19	230.3	67.9	67.9
0.20	37	368.1	72.8	72.8	30	354.7	82.6	82.6	24	292.6	82.6	82.6
0.30	46	460.2	101.6	101.6	35	453.5	109.5	109.5	30	395.6	109.5	109.5
0.40	55	548.0	124.7	124.7	45	547.0	140.0	140.0	38	547.5	140.0	140.0
0.50	65	638.9	151.8	151.8	55	639.9	168.6	168.6	48	639.7	168.6	168.6

[Firma]
MARIO SANCHEZ VILLANUEVA
TECNICO LABORATORISTA

[Firma]
Ing. Leides Villanueva Alar
CIP. 76839

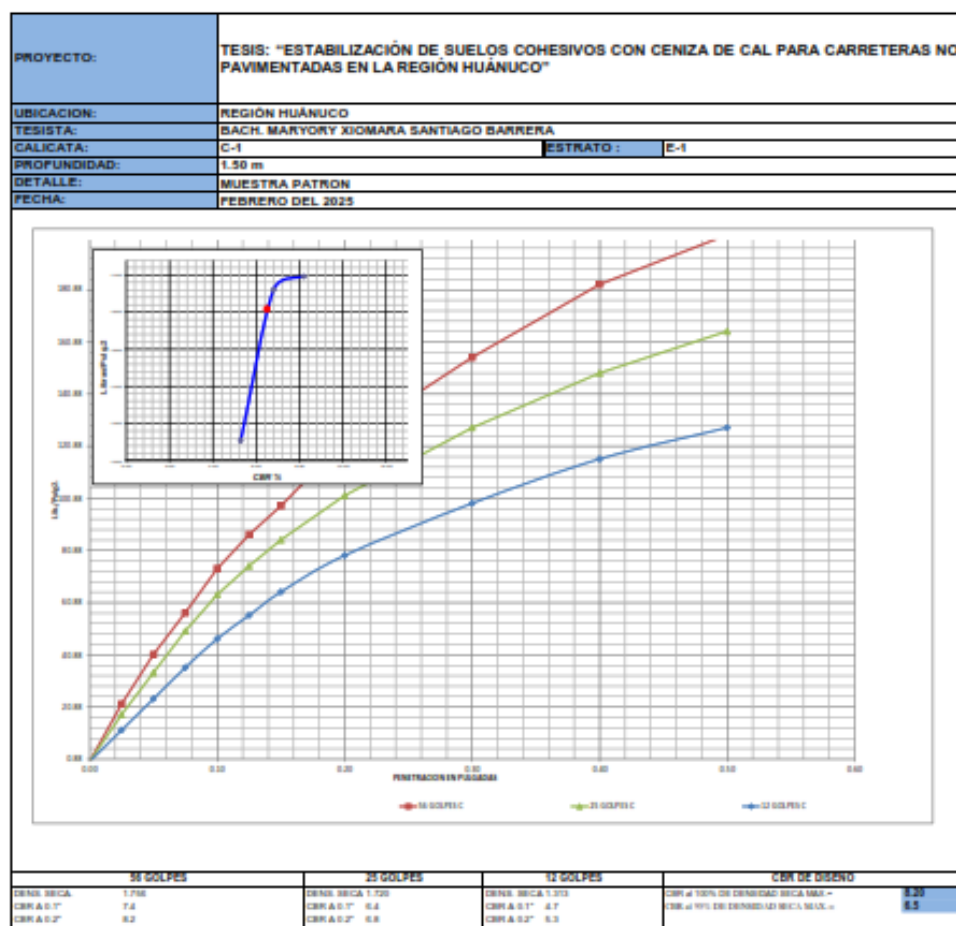
URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANOUCO / CEL: MOVISTAR:
920093390




Mario S. BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA


Ing. Leóides Villanueva Abad
 CIP. 75839

URB. SAN ANDRÉS MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390




Mario Santiago Barrera
 TÉCNICO LABORATORISTA


Ing. Leticia Villanueva Albal
 CIP: 78639

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"																												
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO																												
TESISTA:	SACH. MARYORY XIMARA SANTIAGO BARRERA																												
CALICATA:	C-2	ESTRATO:	C-1	PROGRESIVA:	17+520	ESPEJOR DEL ESTRATO:	1.50 m																						
DETALLE:	MUESTRA PATRON																												
FECHA:	FEBRERO DEL 2025																												
PESO INICIAL:	1985.4 Gr.		% DE HUMEDAD:	7.74%		MUESTRA HUMEDA INICIAL:	1267.8 Gr.																						
FRACCIÓN:	1985.4 Gr.					MUESTRA SECA INICIAL:	1176.7 Gr.																						
TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DETALLES Y DESCRIPCION																							
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00	Material granular equivalente a: 92.63%																							
2 1/2"	63.5	0.00	0.00	0.00	100.00																								
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00																								
1 1/2"	38.1	62.50	3.15	3.15	96.85																								
1"	25.4	115.70	5.83	8.98	91.02																								
3/4"	19.05	85.20	4.29	13.27	86.73																								
1/2"	12.7	171.20	8.62	21.89	78.11																								
3/8"	9.525	161.30	8.12	30.01	69.99																								
1/4"	6.35	142.90	7.20	37.21	62.79																								
No 4	4.75	131.70	6.63	43.85	56.15																								
No 8	2.5	204.20	10.29	54.13	45.87	Observaciones: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">Modulo de finesa (MF)</td> <td style="width: 30%;">3.66</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido LL</td> <td>36.11</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico LP</td> <td>23.21</td> </tr> <tr> <td>Índice plasticidad IP</td> <td>12.89</td> </tr> <tr> <td>Pasa tamiz N° 4 (5mm):</td> <td>56.15 %</td> </tr> <tr> <td>Pasa tamiz N° 200 (0.075 mm):</td> <td>7.37 %</td> </tr> <tr> <td>D60:</td> <td>5.66 mm</td> </tr> <tr> <td>D30:</td> <td>1.15 mm</td> </tr> <tr> <td>D10 (diámetro efectivo):</td> <td>0.23 mm</td> </tr> <tr> <td>Coefficiente de uniformidad (Cu):</td> <td>24.40</td> </tr> <tr> <td>Grado de curvatura (Cc):</td> <td>1.00</td> </tr> </table>		Modulo de finesa (MF)	3.66	Límite líquido LL	36.11	Límite plástico LP	23.21	Índice plasticidad IP	12.89	Pasa tamiz N° 4 (5mm):	56.15 %	Pasa tamiz N° 200 (0.075 mm):	7.37 %	D60:	5.66 mm	D30:	1.15 mm	D10 (diámetro efectivo):	0.23 mm	Coefficiente de uniformidad (Cu):	24.40	Grado de curvatura (Cc):	1.00
Modulo de finesa (MF)	3.66																												
Límite líquido LL	36.11																												
Límite plástico LP	23.21																												
Índice plasticidad IP	12.89																												
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	56.15 %																												
Pasa tamiz N° 200 (0.075 mm):	7.37 %																												
D60:	5.66 mm																												
D30:	1.15 mm																												
D10 (diámetro efectivo):	0.23 mm																												
Coefficiente de uniformidad (Cu):	24.40																												
Grado de curvatura (Cc):	1.00																												
No 10	2	105.30	5.30	59.43	40.57																								
No 16	1.18	199.30	10.04	69.47	30.53																								
No 20	0.85	121.40	6.11	75.59	24.41																								
No 30	0.6	85.60	4.31	79.90	20.10																								
No 40	0.425	86.30	4.45	84.35	15.65																								
No 50	0.3	65.40	3.29	87.64	12.36																								
No 60	0.25	35.80	1.80	89.44	10.56																								
No 80	0.18	45.20	2.28	91.72	8.28																								
No 100	0.15	5.60	0.43	92.15	7.85																								
No 200	0.075	9.40	0.47	92.63	7.37																								
CAPLETA	0.000	166.6	7.37	92.63	0.00																								
TOTAL		1985.4	100.00																										

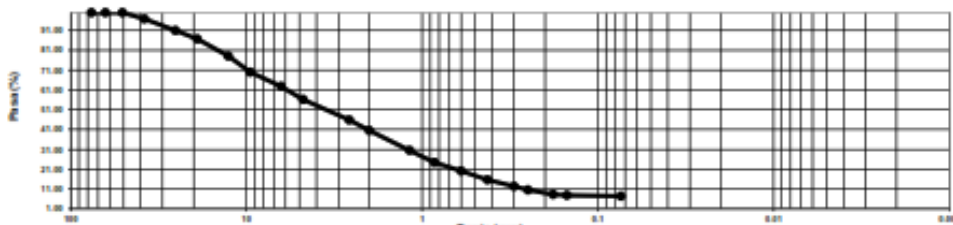
Calificación AASTO

Material granular:
Excelente a bueno como subgrado
A-2-6 (0) Grava y arena arcillosa o limosa

Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Suelo de partículas gruesas (Nomenclatura con símbolo doble):
Arena bien graduada con arcilla con grava SW 50

Granulometría




 Maryory Ximara Santiago Barrera
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leslie Villanueva Albal
 CAP. 78139

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANOUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"		
UBICACION:	REGION HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA		
CALICATA:	C-2	PROGRESIVA:	17+520
ESTRATO:	E-1	ESPEJOR DEL ESTRATO:	1.50 m
DETALLE:	MUESTRA PATRON		
FECHA:	FEBRERO DEL 2025		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

N° DE GOLPES	36	23	16
Suelo Húmedo + Tarro	25.85	25.50	27.68
Suelo seco + Tarro	22.15	21.75	23.18
Peso de Tarro	11.48	11.40	11.40
Peso del Agua	3.70	3.75	4.49
Peso de Suelo Seco	10.67	10.35	11.78
HUMEDAD %	34.68	36.20	38.14

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02
Suelo Húmedo + Tarro	17.64	18.11
Suelo seco + Tarro	16.46	16.78
Peso de Tarro	11.22	11.22
Peso del Agua	1.18	1.32
Peso de Suelo Seco	5.24	5.57
HUMEDAD %	22.62	23.80

DETALLE	RESULTADOS	
Límite líquido LL	36.11	%
Límite plástico LP	23.21	%
Índice plasticidad IP	12.89	%

CURVA DE FLUIDEZ

Humedad (%)

No. de golpes

----- "Curva de Renda" • "LL, LP golpes"


Mario S. Córdova
 TÉCNICO LABORATORISTA

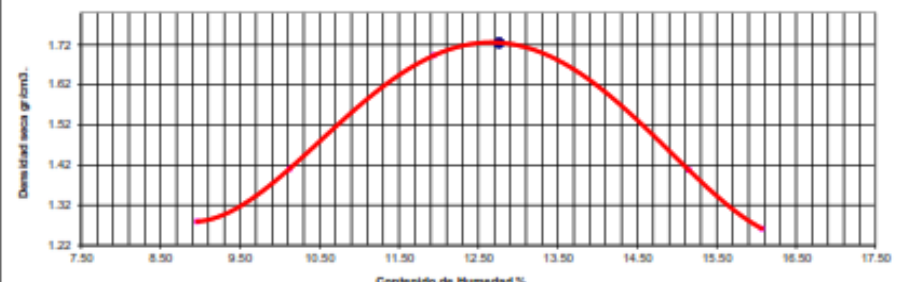


Ing. Leivides Yllanero Albal
 CIP. 78838

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO						
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MAXIMA COMPACTADA						
PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"					
UBICACION:	REGION HUÁNUCO					
TESISTA:	BACH. MARYORY KIOMARA SANTIAGO BARRERA					
CALICATA:	C-2	ESTRATO :		E-1		
PROFUNDIDAD:	1.50 m					
DETALLE:	MUESTRA PATRON					
FECHA:	FEBRERO DEL 2025					
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	gr.	8990	9326	10043	9466	9139
PESO DEL MOLDE	gr.	6065.00	6065.00	6065.00	6065.00	6065.00
PESO MUESTRA HUMEDA	gr.	2925.12	3260.72	3978.04	3400.97	3073.89
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3.	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	2084.63	2261.06	2553.91	2253.49	2046.39
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm3.	1.39	1.55	1.89	1.62	1.46
N° DE TARA		1	2	3	4	5
DETERMINACION		HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD
PESO MUEST. HUMEDA + TARA	gr.	308.8	490.8	302.8	305.9	316.1
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	466.3	445.7	449.1	439.3	444.8
PESO DE LA TARA	gr.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DEL AGUA	gr.	41.77	45.10	53.60	66.56	71.43
PESO MUESTRA SECA	gr.	466.27	445.67	449.15	439.33	444.63
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	8.96	10.12	11.93	15.15	16.07
DENSIDAD SECA	gr/cm3.	1.28	1.41	1.89	1.41	1.26

GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO



Densidad seca gr/cm3.

Contenido de Humedad %

Densidad Máxima Seca:	1.725	gr/cm3.
Humedad Optima:	12.76	%
Densidad Máxima húmeda:	1.945	gr/cm3.

[Signature]
MARYORY KIOMARA SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA

[Signature]
Ing. Leivider Yllimare Albal
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390



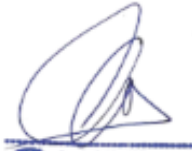
INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"											
UBICACION:	REGION HUÁNUCO											
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA											
CALICATA:	C-2			ESTRATO:			E-1					
PROFUNDIDAD:	1.50 m											
DETALLE:	MUESTRA PATRON											
FECHA:	FEBRERO DEL 2025											
MUESTRA:	13				14				15			
N. GOLPES:	58				25				12			
CONDICION	EN HUMEDAD		HUMEDADO		EN HUMEDAD		HUMEDADO		EN HUMEDAD		HUMEDADO	
Peso del molde + suelo humedo	11255		12180		11866		12171		11085		11358	
Peso del molde	7782		7782		7759		7759		7753		7753	
Peso del suelo humedo	4194		4418		4107		4412		3312		3605	
Volumen del suelo	2124		2124		2120		2120		2130		2130	
Densidad humeda	1.97		2.08		1.94		2.08		1.55		1.69	
Humedad	12.73%				12.72%				12.74%			
Densidad seca	1.733				1.679				1.597			
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo humedo	325.6	389.5			311.7	341.2			327.8	339.8		
Peso tara + suelo seco	271.1	345.5			276.5	302.7			268.6	293.2		
Peso del agua	34.50	44.00	0.00	0.00	35.20	38.50	0.00	0.00	37.00	37.40	0.00	0.00
Peso de los solidos	271.10	345.50	0.00	0.00	276.50	302.70	0.00	0.00	295.60	293.20	0.00	0.00
humedad	12.73	12.74			12.73	12.72			12.73	12.76		
Promedio de humedad	12.73%				12.72%				12.74%			

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		
				mm.	%		mm.	%		mm.	%	
04/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
05/02/2025	08:00 p.m.	24	14	0.14	0.12	22	0.22	0.10	41	0.41	0.35	
06/02/2025	08:00 p.m.	48	21	0.21	0.18	32	0.32	0.27	69	0.69	0.58	
07/02/2025	08:00 p.m.	72	29	0.29	0.25	41	0.41	0.35	79	0.79	0.67	
08/02/2025	08:00 p.m.	96	40	0.40	0.34	68	0.68	0.58	92	0.92	0.79	

PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01		LECTURA DIAL	MUESTRA N° 02		LECTURA DIAL	MUESTRA N° 03	
		LIBRAS	Lb/Pulg.2		LIBRAS	Lb/Pulg.2		LIBRAS	Lb/Pulg.2
0.00	0	55	5.9	0	0	55	0	0	0
0.03	10	75.8	76.9	10.0	6	77.6	76.9	5	56.0
0.05	18	176.8	76.9	19.0	14	123.3	57.8	10	99.7
0.08	25	256.3	65.3	23.0	20	269.9	57.7	15	156.6
0.10	32	351.7	201.6	29.0	28	251.7	65.6	19	215.8
0.13	37	375.7	120.2	33.0	35	261.0	201.0	23	236.3
0.16	43	407.8	140.8	38.0	34	388.8	110.8	26	265.8
0.20	52	525.9	151.5	42	525.9	141.5	141.0	32	525.2
0.30	87	677.7	220.9	55	524.9	143.3	143.0	40	607.7
0.40	116	786.2	242.7	64	676.8	112.9	112.0	47	675.1
0.50	147	869.0	269.0	70	766.0	133.0	133.0	55	838.0


Mario Santiago Naranjo
TECNICO LABORATORISTA

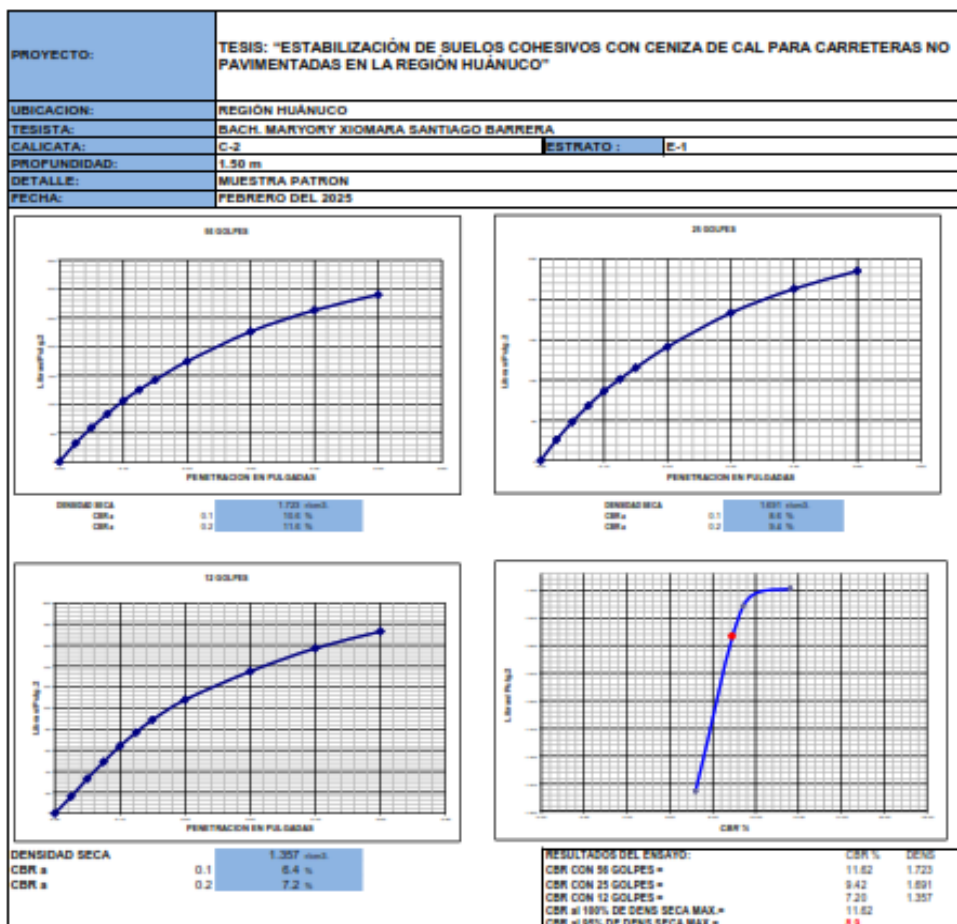

Ing. Leifredo Villanueva Albal
CIP: 75839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANO / CEL: MOVISTAR:
920093390



INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

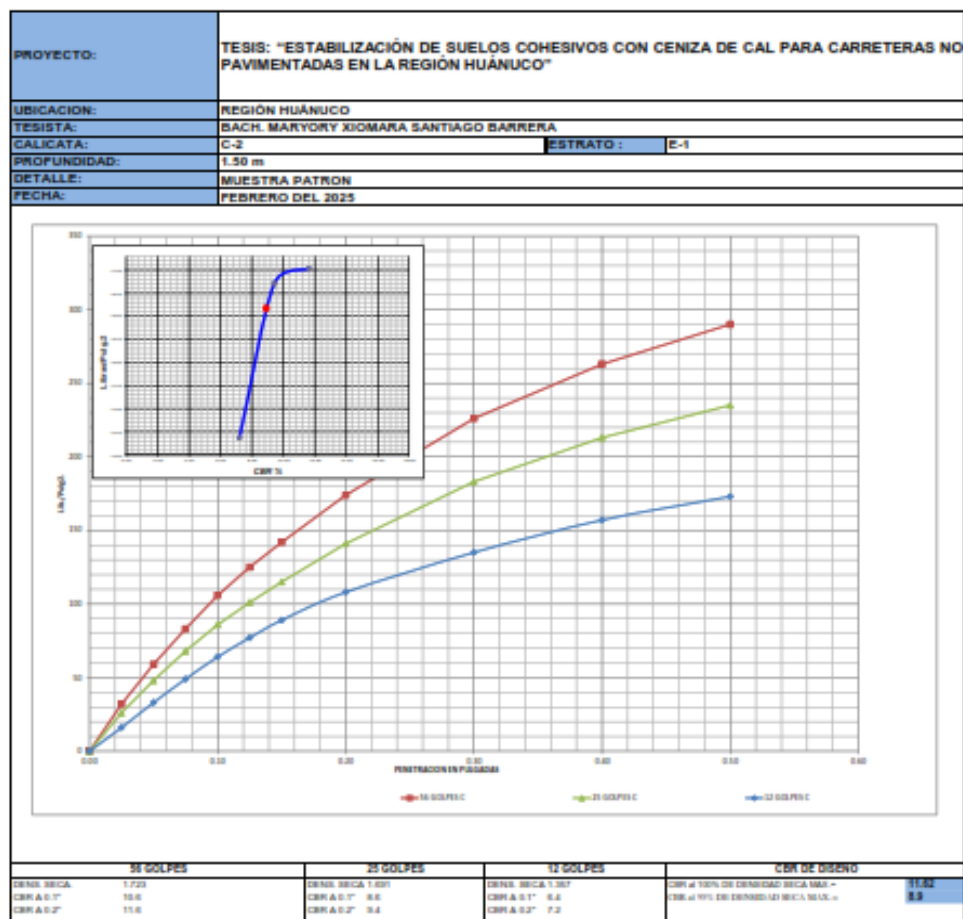
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION



Martín Santiago Barrera
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leidy Villanueva Alai
 CIP. 75839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
920093390




Mario S. S. S.
 TÉCNICO LABORATORISTA


Ing. Leirides Villanueva Chai
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRÉS MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"						
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO						
TESISTA:	BACH. MARYORY XIMARA SANTIAGO BARRERA						
CALICATA:	C-3	ESTRATO:	E-1	PROGRESIVA:	16+790	ESPESOR DEL ESTRATO:	1.50 m
DETALLE:	MUESTRA PATRON						
FECHA:	FEBRERO DEL 2025						
PESO INICIAL:	2351.8 Gr.		% DE HUMEDAD:	8.18%		MUESTRA HUMEDA INICIAL:	1233.2 Gr.
FRACCION:	2351.8 Gr.					MUESTRA SECA INICIAL:	1139.9 Gr.
TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DETALLES Y DESCRIPCION	
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00	Material granular equivalente a: 94.71%	
2 1/2"	63.5	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.1	81.20	3.45	3.45	96.55		
1"	25.4	132.50	5.63	9.09	90.91		
3/4"	19.05	115.90	4.93	14.01	85.99		
1/2"	12.7	174.50	7.42	21.43	78.57		
3/8"	9.525	162.50	6.91	28.34	71.66		
1/4"	6.35	164.30	6.99	35.33	64.67		
No 4	4.75	162.70	6.92	42.25	57.75		
No 6	2.5	314.80	13.39	55.63	44.37	Observaciones : Modulo de fluencia (MP): 5.81 Límite líquido LL: 34.28 Límite plástico LP: 22.75 Índice plasticidad IP: 11.52 Pasa tamiz N° 4 (5mm): 57.75 % Pasa tamiz N° 200 (0.075 mm): 5.29 % D60: 5.28 mm D30: 1.14 mm D10 (diámetro efectivo): 0.21 mm Coeficiente de uniformidad (Cu): 24.99 Grado de curvatura (Cc): 1.16	
No 10	2	105.90	4.50	60.14	39.86		
No 16	1.18	215.40	9.16	69.30	30.70		
No 20	0.85	131.70	5.60	74.90	25.10		
No 30	0.6	99.50	4.23	79.13	20.87		
No 40	0.425	85.20	3.62	82.75	17.25		
No 50	0.3	84.20	3.58	86.33	13.67		
No 60	0.25	51.40	2.19	88.52	11.48		
No 80	0.18	62.90	2.67	91.19	8.81		
No 100	0.15	41.20	1.75	92.94	7.06		
No 200	0.075	41.60	1.77	94.71	5.29		
CAZOLETA	0.000	124.4	5.29	100.00	0.00		
TOTAL		2351.8	100.00				

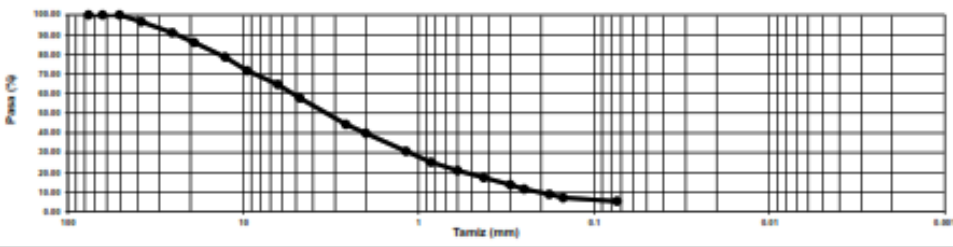
Clasificación AASHTO

Material granular
Excelente a bueno como subgrado
A-2-6 (0) Grava y arena arcillosa o limosa

Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Suelo de partículas gruesas. (Nomenclatura con símbolo doble).
Arena bien graduada con arcilla con grava SW SC

Granulometría




 MARIO SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leónidas Villanueva Abad
 CIP. 75839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"		
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA		
CALICATA:	C-3	PROGRESIVA:	18+790
ESTRATO:	E-1	ESPEJOR DEL ESTRATO:	1.50 m
DETALLE:	MUESTRA PATRON		
FECHA:	FEBRERO DEL 2025		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

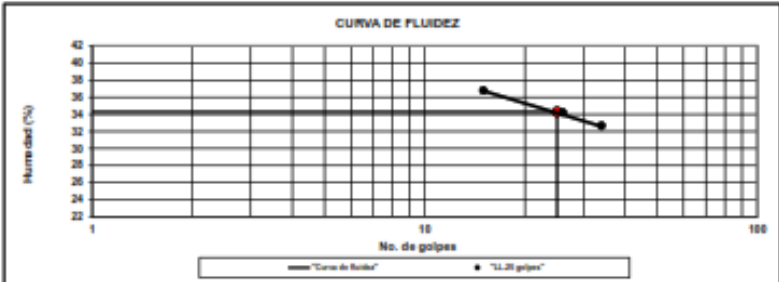
N° DE GOLPES	34	26	15
Suelo Húmedo + Tarro	27.16	30.47	26.25
Suelo seco + Tarro	23.30	25.62	22.18
Peso de Tarro	11.47	11.46	11.11
Peso del Agua	3.86	4.85	4.07
Peso de Suelo Seco	11.83	14.17	11.07
HUMEDAD %	32.67	34.21	36.78

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02
Suelo Húmedo + Tarro	18.06	17.63
Suelo seco + Tarro	16.79	16.46
Peso de Tarro	11.28	11.25
Peso del Agua	1.27	1.17
Peso de Suelo Seco	5.91	5.21
HUMEDAD %	23.04	22.47

DETALLE	RESULTADOS	
Límite líquido LL	34.28	%
Límite plástico LP	22.75	%
Índice plasticidad IP	11.52	%

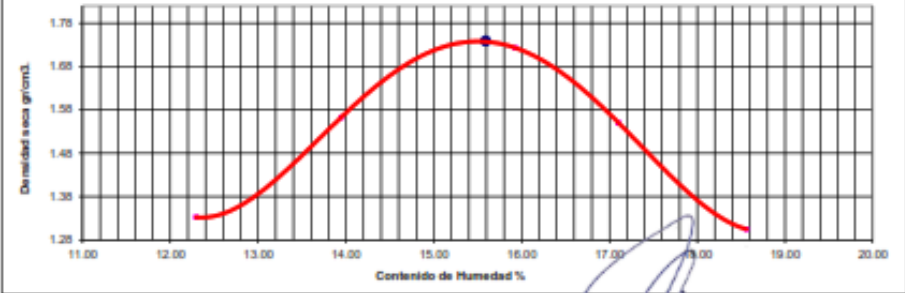
CURVA DE FLUIDEZ




 Mario S. Castillo V.
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leoberto Villanueva Abad
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MAXIMA COMPACTADA																																																																																																																				
PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"																																																																																																																			
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO																																																																																																																			
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA																																																																																																																			
CALICATA:	C-3	ESTRATO :		E-1																																																																																																																
PROFUNDIDAD:	1.50 m																																																																																																																			
DETALLE:	MUESTRA PATRON																																																																																																																			
FECHA:	FEBRERO DEL 2025																																																																																																																			
RESUMEN DE DATOS:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE</td> <td>gr</td> <td>8206</td> <td>8882</td> <td>10258</td> <td>8877</td> <td>9312</td> </tr> <tr> <td>RESO DEL MOLDE</td> <td>gr</td> <td>6065.66</td> <td>6665.66</td> <td>6665.66</td> <td>6665.66</td> <td>6665.66</td> </tr> <tr> <td>RESO MUESTRA HUMEDA</td> <td>gr</td> <td>2140.34</td> <td>2216.34</td> <td>3592.34</td> <td>2211.34</td> <td>2646.34</td> </tr> <tr> <td>VOLUMEN DEL MOLDE</td> <td>cm³</td> <td>2099.96</td> <td>2099.96</td> <td>2099.96</td> <td>2099.96</td> <td>2099.96</td> </tr> <tr> <td>RESO DE LA MUESTRA SECA</td> <td>gr</td> <td>2796.77</td> <td>3279.39</td> <td>3816.79</td> <td>3254.96</td> <td>2738.92</td> </tr> <tr> <td>DENSIDAD HUMEDA</td> <td>gr/cm³</td> <td>1.09</td> <td>1.78</td> <td>2.88</td> <td>1.82</td> <td>1.55</td> </tr> <tr> <td>Nº DE TARA</td> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>DETERMINACIÓN</td> <td></td> <td>HUMEDAD</td> <td>HUMEDAD</td> <td>HUMEDAD</td> <td>HUMEDAD</td> <td>HUMEDAD</td> </tr> <tr> <td>RESO MUEST. HUMEDA + TARA</td> <td>gr</td> <td>483.7</td> <td>616.7</td> <td>551.3</td> <td>545.7</td> <td>552.3</td> </tr> <tr> <td>RESO MUESTRA SECA + TARA</td> <td>gr</td> <td>430.7</td> <td>541.3</td> <td>475.5</td> <td>466.6</td> <td>465.8</td> </tr> <tr> <td>RESO DE LA TARA</td> <td>gr</td> <td>8.00</td> <td>8.00</td> <td>8.80</td> <td>8.00</td> <td>8.80</td> </tr> <tr> <td>RESO DEL AGUA</td> <td>gr</td> <td>52.95</td> <td>75.47</td> <td>75.75</td> <td>79.70</td> <td>86.47</td> </tr> <tr> <td>RESO MUESTRA SECA</td> <td>gr</td> <td>438.74</td> <td>541.28</td> <td>475.53</td> <td>466.63</td> <td>465.06</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD</td> <td>%</td> <td>12.29</td> <td>13.84</td> <td>15.89</td> <td>17.18</td> <td>18.58</td> </tr> <tr> <td>DENSIDAD SECA</td> <td>gr/cm³</td> <td>1.53</td> <td>1.56</td> <td>1.72</td> <td>1.65</td> <td>1.39</td> </tr> </tbody> </table>						1	2	3	4	5	RESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	gr	8206	8882	10258	8877	9312	RESO DEL MOLDE	gr	6065.66	6665.66	6665.66	6665.66	6665.66	RESO MUESTRA HUMEDA	gr	2140.34	2216.34	3592.34	2211.34	2646.34	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2099.96	2099.96	2099.96	2099.96	2099.96	RESO DE LA MUESTRA SECA	gr	2796.77	3279.39	3816.79	3254.96	2738.92	DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.09	1.78	2.88	1.82	1.55	Nº DE TARA		1	2	3	4	5	DETERMINACIÓN		HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	RESO MUEST. HUMEDA + TARA	gr	483.7	616.7	551.3	545.7	552.3	RESO MUESTRA SECA + TARA	gr	430.7	541.3	475.5	466.6	465.8	RESO DE LA TARA	gr	8.00	8.00	8.80	8.00	8.80	RESO DEL AGUA	gr	52.95	75.47	75.75	79.70	86.47	RESO MUESTRA SECA	gr	438.74	541.28	475.53	466.63	465.06	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	12.29	13.84	15.89	17.18	18.58	DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.53	1.56	1.72	1.65	1.39
	1	2	3	4	5																																																																																																															
RESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	gr	8206	8882	10258	8877	9312																																																																																																														
RESO DEL MOLDE	gr	6065.66	6665.66	6665.66	6665.66	6665.66																																																																																																														
RESO MUESTRA HUMEDA	gr	2140.34	2216.34	3592.34	2211.34	2646.34																																																																																																														
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2099.96	2099.96	2099.96	2099.96	2099.96																																																																																																														
RESO DE LA MUESTRA SECA	gr	2796.77	3279.39	3816.79	3254.96	2738.92																																																																																																														
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.09	1.78	2.88	1.82	1.55																																																																																																														
Nº DE TARA		1	2	3	4	5																																																																																																														
DETERMINACIÓN		HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD																																																																																																														
RESO MUEST. HUMEDA + TARA	gr	483.7	616.7	551.3	545.7	552.3																																																																																																														
RESO MUESTRA SECA + TARA	gr	430.7	541.3	475.5	466.6	465.8																																																																																																														
RESO DE LA TARA	gr	8.00	8.00	8.80	8.00	8.80																																																																																																														
RESO DEL AGUA	gr	52.95	75.47	75.75	79.70	86.47																																																																																																														
RESO MUESTRA SECA	gr	438.74	541.28	475.53	466.63	465.06																																																																																																														
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	12.29	13.84	15.89	17.18	18.58																																																																																																														
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.53	1.56	1.72	1.65	1.39																																																																																																														
GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO 																																																																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <tbody> <tr> <td>Densidad Máxima Seca:</td> <td>1.730 gr/cm³</td> </tr> <tr> <td>Humedad Óptima:</td> <td>15.59 %</td> </tr> <tr> <td>Densidad Máxima húmeda:</td> <td>2.910 gr/cm³</td> </tr> </tbody> </table>						Densidad Máxima Seca:	1.730 gr/cm ³	Humedad Óptima:	15.59 %	Densidad Máxima húmeda:	2.910 gr/cm ³																																																																																																									
Densidad Máxima Seca:	1.730 gr/cm ³																																																																																																																			
Humedad Óptima:	15.59 %																																																																																																																			
Densidad Máxima húmeda:	2.910 gr/cm ³																																																																																																																			
 Ing. Leidy Villanueva Alar CIP: 78839																																																																																																																				


Mario S. Casagustia Nolasco
TÉCNICO LABORATORISTA



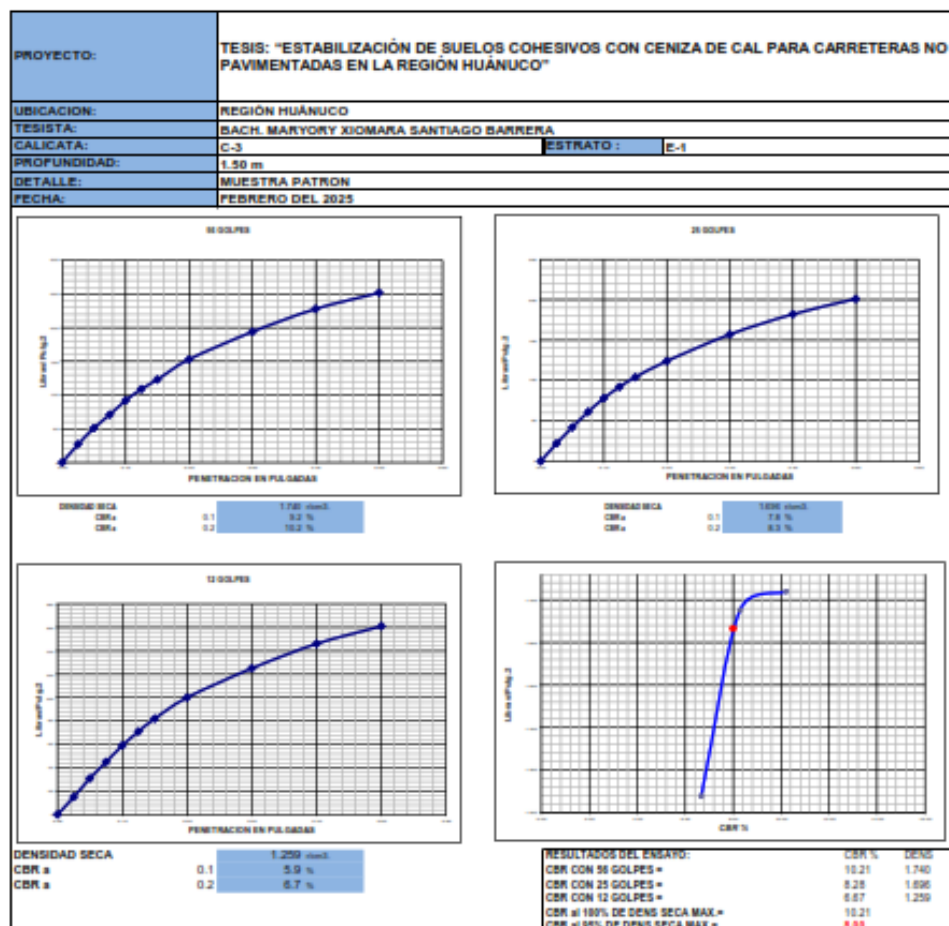
INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"																																																																																									
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO																																																																																									
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA																																																																																									
CALICATA:	C-3			ESTRATO :			E-1																																																																																			
PROFUNDIDAD:	1.50 m																																																																																									
DETALLE:	MUESTRA PATRON																																																																																									
FECHA:	FEBRERO DEL 2025																																																																																									
MOLDE:	7				8				9																																																																																	
N. GOLPES:	56				25				12																																																																																	
CONDICION	EN SUBMOLDE		SUBMOLDEO		EN SUBMOLDE		SUBMOLDEO		EN SUBMOLDE		SUBMOLDEO																																																																															
Peso del molde + suelo humedo	10519		10531		11788		12202		9659		9546																																																																															
Peso del molde	6074		6074		7533		7533		6506		6506																																																																															
Peso del suelo humedo	4445		4457		4255		4669		3153		3040																																																																															
Volumen del molde	2157		2157		2119		2119		2135		2135																																																																															
Densidad humeda	2.06		2.07		2.01		2.20		1.49		1.56																																																																															
Humedad	15.38%				15.76%				15.38%																																																																																	
Densidad seca	1.789				1.676				1.299																																																																																	
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																														
Peso tara + suelo humedo	361.7	359.1			341.9	328.7			308.9	341.8																																																																																
Peso tara + suelo seco	304.3	310.7			295.8	284.5			267.3	295.5																																																																																
Peso del agua	47.40	48.40	0.00	0.00	46.10	44.20	0.00	0.00	41.60	46.30	0.00	0.00																																																																														
Peso de los solidos	304.30	310.70	0.00	0.00	295.80	284.50	0.00	0.00	267.30	295.50	0.00	0.00																																																																														
humedad	15.58	15.58			15.58	15.54			15.56	15.83																																																																																
Humedad	15.58%				15.58%				15.58%																																																																																	
<table><tr><th rowspan="2">FECHA</th><th rowspan="2">HORA</th><th rowspan="2">TEMPO</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th></tr><tr><th>mm</th><th>%</th><th>mm</th><th>%</th><th>mm</th><th>%</th></tr><tr><td>04/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>04/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>24</td><td>30</td><td>0.30</td><td>0.09</td><td>18</td><td>0.18</td><td>0.35</td><td>34</td><td>0.34</td><td>0.29</td></tr><tr><td>04/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>48</td><td>19</td><td>0.19</td><td>0.16</td><td>26</td><td>0.26</td><td>0.22</td><td>52</td><td>0.52</td><td>0.45</td></tr><tr><td>07/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>72</td><td>27</td><td>0.27</td><td>0.23</td><td>38</td><td>0.38</td><td>0.33</td><td>71</td><td>0.71</td><td>0.61</td></tr><tr><td>08/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>96</td><td>35</td><td>0.35</td><td>0.30</td><td>51</td><td>0.51</td><td>0.44</td><td>89</td><td>0.89</td><td>0.76</td></tr></table>													FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		mm	%	mm	%	mm	%	04/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	04/02/2025	08:00 p.m.	24	30	0.30	0.09	18	0.18	0.35	34	0.34	0.29	04/02/2025	08:00 p.m.	48	19	0.19	0.16	26	0.26	0.22	52	0.52	0.45	07/02/2025	08:00 p.m.	72	27	0.27	0.23	38	0.38	0.33	71	0.71	0.61	08/02/2025	08:00 p.m.	96	35	0.35	0.30	51	0.51	0.44	89	0.89	0.76
FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION																																																																																
				mm	%		mm	%		mm	%																																																																															
04/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00																																																																															
04/02/2025	08:00 p.m.	24	30	0.30	0.09	18	0.18	0.35	34	0.34	0.29																																																																															
04/02/2025	08:00 p.m.	48	19	0.19	0.16	26	0.26	0.22	52	0.52	0.45																																																																															
07/02/2025	08:00 p.m.	72	27	0.27	0.23	38	0.38	0.33	71	0.71	0.61																																																																															
08/02/2025	08:00 p.m.	96	35	0.35	0.30	51	0.51	0.44	89	0.89	0.76																																																																															
PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01		LECTURA DIAL	MUESTRA N° 02		LECTURA DIAL	MUESTRA N° 03																																																																																		
		LIBRAS	Lib/Fulg.3.		LIBRAS	Lib/Fulg.3.		LIBRAS	Lib/Fulg.3.																																																																																	
0.00	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0																																																																																
0.03	3	05.7	07.5	7.0	7	06.2	08.6	10.0	4	06.7	08.9																																																																															
0.05	10	103.2	105.1	70.0	13	136.0	140.9	100.0	9	100.9	106.9																																																																															
0.08	21	216.9	219.9	70.0	18	196.4	201.9	100.0	14	176.1	181.9																																																																															
0.10	27	271.9	275.9	70.0	23	231.9	237.9	100.0	18	217.6	223.9																																																																															
0.13	33	336.9	339.9	100.0	27	275.9	281.9	100.0	21	255.9	261.9																																																																															
0.15	37	361.7	367.6	100.0	31	310.9	316.9	100.0	25	286.7	292.6																																																																															
0.20	46	409.6	416.2	100.0	37	372.7	378.2	100.0	30	339.9	345.9																																																																															
0.30	58	582.3	589.1	100.0	47	471.3	477.1	100.0	37	476.3	483.9																																																																															
0.40	68	686.9	693.9	100.0	54	546.7	552.2	100.0	44	536.1	543.9																																																																															
0.50	75	753.9	759.9	100.0	60	603.9	609.9	100.0	48	602.9	609.9																																																																															

MARIO S. S. S. S.
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leivier Villanueva Alar
 CAP. 78839

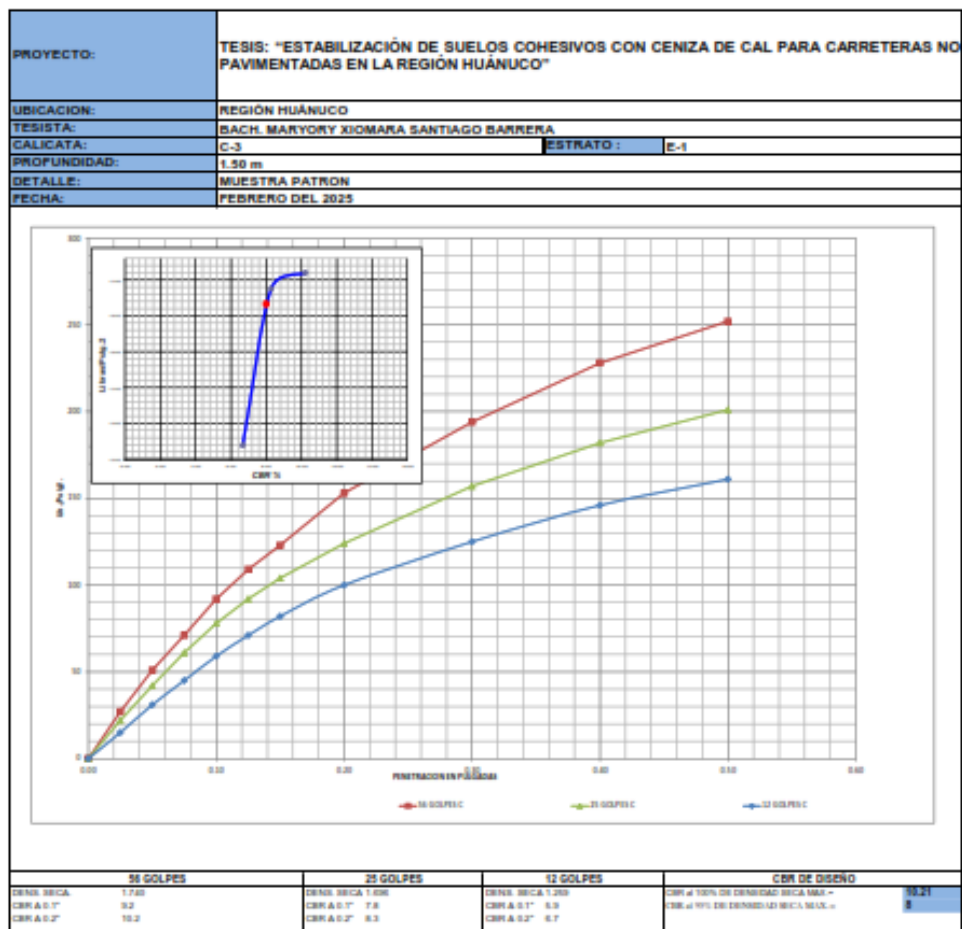
URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390




 Mario S. SANCHEZ
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leidy Villanueva Albal
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390




 MARYORY Xiomara SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leticia Villanueva Alai
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRÉS MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. MARYORY Xiomara SANTIAGO BARRERA		
MUESTRA:	M-1	PROGRESIVA:	-
ESTRATO:	-	ESPEJOR DEL ESTRATO:	-
DETALLE:	MUESTRA DE CENIZAS DE CAL		
FECHA:	FEBRERO DEL 2025		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

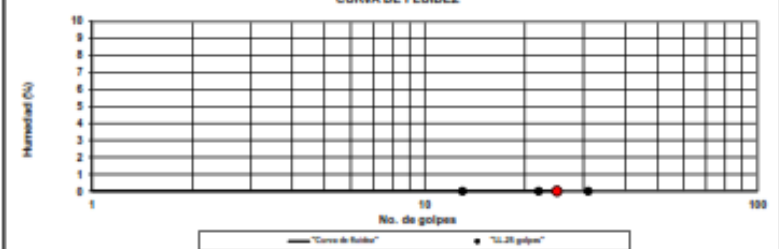
N° DE GOLPES			
Suelo Húmedo + Tarro		NP	
Suelo seco + Tarro			
Peso de Tarro			
Peso del Agua			
Peso de Suelo Seco			
HUMEDAD %			

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA			
Suelo Húmedo + Tarro		NP	
Suelo seco + Tarro			
Peso de Tarro			
Peso del Agua			
Peso de Suelo Seco			
HUMEDAD %			

DETALLE	RESULTADOS		
Límite líquido LL	NP	%	
Límite plástico LP	NP	%	
Índice plasticidad IP	NP	%	

CURVA DE FLUIDEZ

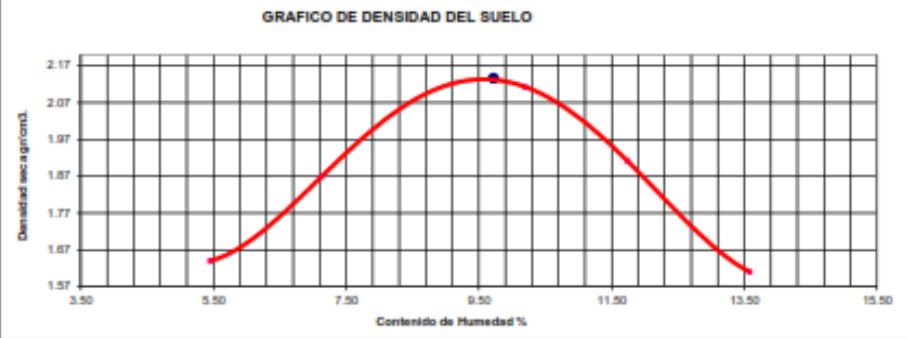


----- "Curva de fluidez" ● "10-25 golpes"


 Martín S. SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leobidas Villanueva Albal
 CIP. 70839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA																																																																																																					
PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"																																																																																																				
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO																																																																																																				
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA																																																																																																				
MUESTRA:	M-1	ESTRATO:	-																																																																																																		
PROFUNDIDAD:	-																																																																																																				
DETALLE:	MUESTRA DE CENIZAS DE CAL																																																																																																				
FECHA:	FEBRERO DEL 2025																																																																																																				
RESUMEN DE DATOS:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE</td> <td>9695</td> <td>10285</td> <td>10951</td> <td>10548</td> <td>9964</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL MOLDE</td> <td>5055.00</td> <td>5055.00</td> <td>5055.00</td> <td>5055.00</td> <td>5055.00</td> </tr> <tr> <td>PESO MUESTRA HUMEDA</td> <td>3629.77</td> <td>4200.45</td> <td>4886.10</td> <td>4483.15</td> <td>3838.60</td> </tr> <tr> <td>VOLUMEN DEL MOLDE</td> <td>2099.00</td> <td>2099.00</td> <td>2099.00</td> <td>2099.00</td> <td>2099.00</td> </tr> <tr> <td>PESO DE LA MUESTRA SECA</td> <td>3442.12</td> <td>3921.06</td> <td>4433.92</td> <td>4012.28</td> <td>3379.64</td> </tr> <tr> <td>DENSIDAD HUMEDA</td> <td>1.73</td> <td>2.00</td> <td>2.33</td> <td>2.14</td> <td>1.83</td> </tr> <tr> <td>Nº DE TARA</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>DETERMINACIÓN</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>PESO MUEST. HUMEDA + TARA</td> <td>365.5</td> <td>355.2</td> <td>368.3</td> <td>365.3</td> <td>375.8</td> </tr> <tr> <td>PESO MUESTRA SECA + TARA</td> <td>346.5</td> <td>331.6</td> <td>334.2</td> <td>326.9</td> <td>336.9</td> </tr> <tr> <td>PESO DE LA TARA</td> <td>8.00</td> <td>8.00</td> <td>8.00</td> <td>8.00</td> <td>8.00</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL AGUA</td> <td>18.81</td> <td>23.63</td> <td>34.00</td> <td>38.36</td> <td>44.92</td> </tr> <tr> <td>PESO MUESTRA SECA</td> <td>246.94</td> <td>321.61</td> <td>324.20</td> <td>326.89</td> <td>330.83</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD</td> <td>%</td> <td>7.13</td> <td>10.20</td> <td>11.74</td> <td>13.58</td> </tr> <tr> <td>DENSIDAD SECA</td> <td>gr/cm³</td> <td>1.84</td> <td>1.87</td> <td>2.11</td> <td>1.91</td> </tr> </tbody> </table>						1	2	3	4	5	PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	9695	10285	10951	10548	9964	PESO DEL MOLDE	5055.00	5055.00	5055.00	5055.00	5055.00	PESO MUESTRA HUMEDA	3629.77	4200.45	4886.10	4483.15	3838.60	VOLUMEN DEL MOLDE	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00	PESO DE LA MUESTRA SECA	3442.12	3921.06	4433.92	4012.28	3379.64	DENSIDAD HUMEDA	1.73	2.00	2.33	2.14	1.83	Nº DE TARA						DETERMINACIÓN						PESO MUEST. HUMEDA + TARA	365.5	355.2	368.3	365.3	375.8	PESO MUESTRA SECA + TARA	346.5	331.6	334.2	326.9	336.9	PESO DE LA TARA	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	PESO DEL AGUA	18.81	23.63	34.00	38.36	44.92	PESO MUESTRA SECA	246.94	321.61	324.20	326.89	330.83	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	7.13	10.20	11.74	13.58	DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.84	1.87	2.11	1.91
	1	2	3	4	5																																																																																																
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	9695	10285	10951	10548	9964																																																																																																
PESO DEL MOLDE	5055.00	5055.00	5055.00	5055.00	5055.00																																																																																																
PESO MUESTRA HUMEDA	3629.77	4200.45	4886.10	4483.15	3838.60																																																																																																
VOLUMEN DEL MOLDE	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00																																																																																																
PESO DE LA MUESTRA SECA	3442.12	3921.06	4433.92	4012.28	3379.64																																																																																																
DENSIDAD HUMEDA	1.73	2.00	2.33	2.14	1.83																																																																																																
Nº DE TARA																																																																																																					
DETERMINACIÓN																																																																																																					
PESO MUEST. HUMEDA + TARA	365.5	355.2	368.3	365.3	375.8																																																																																																
PESO MUESTRA SECA + TARA	346.5	331.6	334.2	326.9	336.9																																																																																																
PESO DE LA TARA	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00																																																																																																
PESO DEL AGUA	18.81	23.63	34.00	38.36	44.92																																																																																																
PESO MUESTRA SECA	246.94	321.61	324.20	326.89	330.83																																																																																																
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	7.13	10.20	11.74	13.58																																																																																																
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.84	1.87	2.11	1.91																																																																																																
GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO																																																																																																					
Densidad Máxima Seca:	2.136 gr/cm ³																																																																																																				
Humedad Optima:	9.72 %																																																																																																				
Densidad Máxima húmeda:	2.344 gr/cm ³																																																																																																				


Mario S. S. S.
 TÉCNICO LABORATORISTA


Ing. Leoberto Villanueva Abad
 CIP. 78039

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390



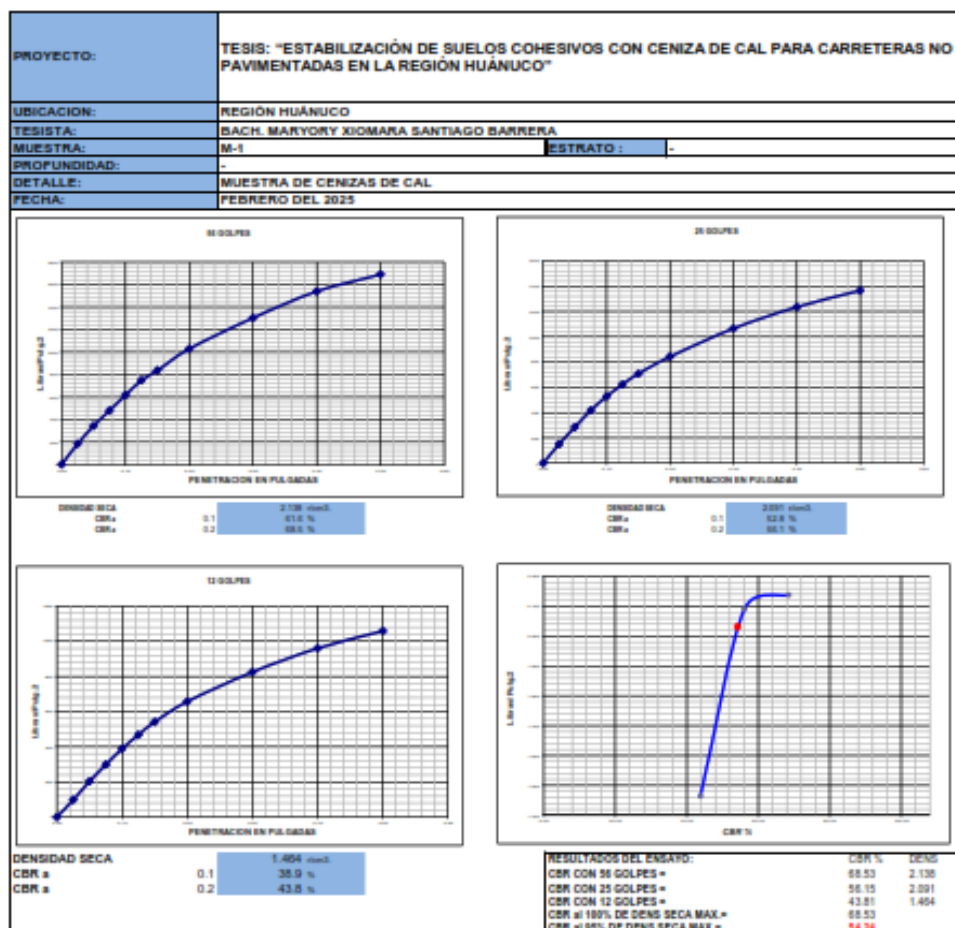
INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"																																																																																																																																																																																
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO																																																																																																																																																																																
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA																																																																																																																																																																																
MUESTRA:	M-1 ESTRATO : -																																																																																																																																																																																
PROFUNDIDAD:	-																																																																																																																																																																																
DETALLE:	MUESTRA DE CENIZAS DE CAL																																																																																																																																																																																
FECHA:	FEBRERO DEL 2025																																																																																																																																																																																
MOLDE:	4				5				6																																																																																																																																																																								
N. GOLPES:	56				25				12																																																																																																																																																																								
CONDICION	EN SUMERGIDO		SUBERGIDO		EN SUMERGIDO		SUBERGIDO		EN SUMERGIDO		SUBERGIDO																																																																																																																																																																						
Peso del molde + suelo humedo	11291		11400		11291		11351		3885		10130																																																																																																																																																																						
Peso del molde	8096		8096		8227		8227		8330		8330																																																																																																																																																																						
Peso del suelo humedo	3195		3304		3064		3124		3046		3054																																																																																																																																																																						
Volumen del molde	2120		2120		2113		2113		2113		2113																																																																																																																																																																						
Densidad humeda	2.45		2.50		2.40		2.52		1.85		1.82																																																																																																																																																																						
Humedad	12.75%																																																																																																																																																																																
Densidad seca	2.070																																																																																																																																																																																
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																																																																																																					
Peso tara + suelo humedo	356.6	301.6			384.9	374.1			352.7	358.1																																																																																																																																																																							
Peso tara + suelo seco	316.1	267.5			341.4	331.8			312.8	317.8																																																																																																																																																																							
Peso del agua	40.50	34.10	0.00	0.00	43.50	42.30	0.00	0.00	39.90	40.30	0.00	0.00																																																																																																																																																																					
Peso de los solidos	316.10	267.50	0.00	0.00	341.40	331.80	0.00	0.00	312.80	317.80	0.00	0.00																																																																																																																																																																					
humedad	12.73	12.75			12.74	12.75			12.76	12.75																																																																																																																																																																							
Humedad	12.74%				12.75%				12.75%																																																																																																																																																																								
<table><tr><th>FECHA</th><th>HORA</th><th>TEMPO</th><th>LECTURA DML</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th>LECTURA DML</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th>LECTURA DML</th><th colspan="2">EXPANSION</th></tr><tr><th></th><th></th><th></th><th></th><th>mm</th><th>%</th><th></th><th>mm</th><th>%</th><th></th><th>mm</th><th>%</th></tr><tr><td>31/01/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>01/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>24</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>11</td><td>0.11</td><td>0.09</td></tr><tr><td>02/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>48</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>11</td><td>0.11</td><td>0.09</td><td>14</td><td>0.14</td><td>0.12</td></tr><tr><td>03/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>72</td><td>5</td><td>0.05</td><td>0.04</td><td>16</td><td>0.16</td><td>0.14</td><td>15</td><td>0.15</td><td>0.15</td></tr><tr><td>04/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>96</td><td>6</td><td>0.06</td><td>0.07</td><td>21</td><td>0.21</td><td>0.18</td><td>32</td><td>0.32</td><td>0.27</td></tr></table>													FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DML	EXPANSION		LECTURA DML	EXPANSION		LECTURA DML	EXPANSION						mm	%		mm	%		mm	%	31/01/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	01/02/2025	08:00 p.m.	24	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	11	0.11	0.09	02/02/2025	08:00 p.m.	48	0	0.00	0.00	11	0.11	0.09	14	0.14	0.12	03/02/2025	08:00 p.m.	72	5	0.05	0.04	16	0.16	0.14	15	0.15	0.15	04/02/2025	08:00 p.m.	96	6	0.06	0.07	21	0.21	0.18	32	0.32	0.27																																																																																	
FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DML	EXPANSION		LECTURA DML	EXPANSION		LECTURA DML	EXPANSION																																																																																																																																																																							
				mm	%		mm	%		mm	%																																																																																																																																																																						
31/01/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00																																																																																																																																																																						
01/02/2025	08:00 p.m.	24	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	11	0.11	0.09																																																																																																																																																																						
02/02/2025	08:00 p.m.	48	0	0.00	0.00	11	0.11	0.09	14	0.14	0.12																																																																																																																																																																						
03/02/2025	08:00 p.m.	72	5	0.05	0.04	16	0.16	0.14	15	0.15	0.15																																																																																																																																																																						
04/02/2025	08:00 p.m.	96	6	0.06	0.07	21	0.21	0.18	32	0.32	0.27																																																																																																																																																																						
<table><tr><th rowspan="2">PENETR. PLO.</th><th rowspan="2">LECTURA DML</th><th colspan="3">MUESTRA N° 01</th><th rowspan="2">LECTURA DML</th><th colspan="3">MUESTRA N° 02</th><th rowspan="2">LECTURA DML</th><th colspan="3">MUESTRA N° 03</th></tr><tr><th>LIBRAS</th><th colspan="2">Lb/Pulg. 2</th><th>LIBRAS</th><th colspan="2">Lb/Pulg. 2</th><th>LIBRAS</th><th colspan="2">Lb/Pulg. 2</th></tr><tr><td>0.00</td><td>0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0</td></tr><tr><td>0.03</td><td>55</td><td>100.0</td><td>103.7</td><td>103.0</td><td>55</td><td>100.0</td><td>103.7</td><td>100.0</td><td>20</td><td>100.0</td><td>101.9</td><td>100.0</td></tr><tr><td>0.06</td><td>100</td><td>1007.0</td><td>1021.0</td><td>1011.0</td><td>85</td><td>1014.0</td><td>1041.7</td><td>1001.0</td><td>51</td><td>1006.0</td><td>1021.7</td><td>1001.0</td></tr><tr><td>0.09</td><td>143</td><td>1439.0</td><td>1470.0</td><td>1450.0</td><td>128</td><td>1439.0</td><td>1461.7</td><td>1427.0</td><td>80</td><td>1401.0</td><td>1429.7</td><td>1400.0</td></tr><tr><td>0.10</td><td>184</td><td>1849.0</td><td>1869.0</td><td>1850.0</td><td>158</td><td>1849.0</td><td>1869.0</td><td>1850.0</td><td>118</td><td>1847.0</td><td>1869.0</td><td>1850.0</td></tr><tr><td>0.13</td><td>223</td><td>2249.0</td><td>2267.0</td><td>2247.0</td><td>186</td><td>2249.0</td><td>2267.0</td><td>2247.0</td><td>146</td><td>2249.0</td><td>2267.0</td><td>2247.0</td></tr><tr><td>0.15</td><td>249</td><td>2499.0</td><td>2509.0</td><td>2490.0</td><td>211</td><td>2499.0</td><td>2509.0</td><td>2490.0</td><td>161</td><td>2499.0</td><td>2509.0</td><td>2490.0</td></tr><tr><td>0.20</td><td>307</td><td>3069.0</td><td>3087.0</td><td>3060.0</td><td>242</td><td>3069.0</td><td>3087.0</td><td>3060.0</td><td>196</td><td>3069.0</td><td>3087.0</td><td>3060.0</td></tr><tr><td>0.30</td><td>396</td><td>3969.0</td><td>3987.0</td><td>3960.0</td><td>315</td><td>3969.0</td><td>3987.0</td><td>3960.0</td><td>247</td><td>3969.0</td><td>3987.0</td><td>3960.0</td></tr><tr><td>0.40</td><td>485</td><td>4859.0</td><td>4877.0</td><td>4850.0</td><td>385</td><td>4859.0</td><td>4877.0</td><td>4850.0</td><td>287</td><td>4859.0</td><td>4877.0</td><td>4850.0</td></tr><tr><td>0.50</td><td>569</td><td>5699.0</td><td>5717.0</td><td>5690.0</td><td>458</td><td>5699.0</td><td>5717.0</td><td>5690.0</td><td>319</td><td>5699.0</td><td>5717.0</td><td>5690.0</td></tr></table>													PENETR. PLO.	LECTURA DML	MUESTRA N° 01			LECTURA DML	MUESTRA N° 02			LECTURA DML	MUESTRA N° 03			LIBRAS	Lb/Pulg. 2		LIBRAS	Lb/Pulg. 2		LIBRAS	Lb/Pulg. 2		0.00	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.03	55	100.0	103.7	103.0	55	100.0	103.7	100.0	20	100.0	101.9	100.0	0.06	100	1007.0	1021.0	1011.0	85	1014.0	1041.7	1001.0	51	1006.0	1021.7	1001.0	0.09	143	1439.0	1470.0	1450.0	128	1439.0	1461.7	1427.0	80	1401.0	1429.7	1400.0	0.10	184	1849.0	1869.0	1850.0	158	1849.0	1869.0	1850.0	118	1847.0	1869.0	1850.0	0.13	223	2249.0	2267.0	2247.0	186	2249.0	2267.0	2247.0	146	2249.0	2267.0	2247.0	0.15	249	2499.0	2509.0	2490.0	211	2499.0	2509.0	2490.0	161	2499.0	2509.0	2490.0	0.20	307	3069.0	3087.0	3060.0	242	3069.0	3087.0	3060.0	196	3069.0	3087.0	3060.0	0.30	396	3969.0	3987.0	3960.0	315	3969.0	3987.0	3960.0	247	3969.0	3987.0	3960.0	0.40	485	4859.0	4877.0	4850.0	385	4859.0	4877.0	4850.0	287	4859.0	4877.0	4850.0	0.50	569	5699.0	5717.0	5690.0	458	5699.0	5717.0	5690.0	319	5699.0	5717.0	5690.0
PENETR. PLO.	LECTURA DML	MUESTRA N° 01			LECTURA DML	MUESTRA N° 02			LECTURA DML	MUESTRA N° 03																																																																																																																																																																							
		LIBRAS	Lb/Pulg. 2			LIBRAS	Lb/Pulg. 2			LIBRAS	Lb/Pulg. 2																																																																																																																																																																						
0.00	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0																																																																																																																																																																					
0.03	55	100.0	103.7	103.0	55	100.0	103.7	100.0	20	100.0	101.9	100.0																																																																																																																																																																					
0.06	100	1007.0	1021.0	1011.0	85	1014.0	1041.7	1001.0	51	1006.0	1021.7	1001.0																																																																																																																																																																					
0.09	143	1439.0	1470.0	1450.0	128	1439.0	1461.7	1427.0	80	1401.0	1429.7	1400.0																																																																																																																																																																					
0.10	184	1849.0	1869.0	1850.0	158	1849.0	1869.0	1850.0	118	1847.0	1869.0	1850.0																																																																																																																																																																					
0.13	223	2249.0	2267.0	2247.0	186	2249.0	2267.0	2247.0	146	2249.0	2267.0	2247.0																																																																																																																																																																					
0.15	249	2499.0	2509.0	2490.0	211	2499.0	2509.0	2490.0	161	2499.0	2509.0	2490.0																																																																																																																																																																					
0.20	307	3069.0	3087.0	3060.0	242	3069.0	3087.0	3060.0	196	3069.0	3087.0	3060.0																																																																																																																																																																					
0.30	396	3969.0	3987.0	3960.0	315	3969.0	3987.0	3960.0	247	3969.0	3987.0	3960.0																																																																																																																																																																					
0.40	485	4859.0	4877.0	4850.0	385	4859.0	4877.0	4850.0	287	4859.0	4877.0	4850.0																																																																																																																																																																					
0.50	569	5699.0	5717.0	5690.0	458	5699.0	5717.0	5690.0	319	5699.0	5717.0	5690.0																																																																																																																																																																					

Mario Sarmiento Naranjo
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leodilys Villanueva Albal
 CIP: 78020

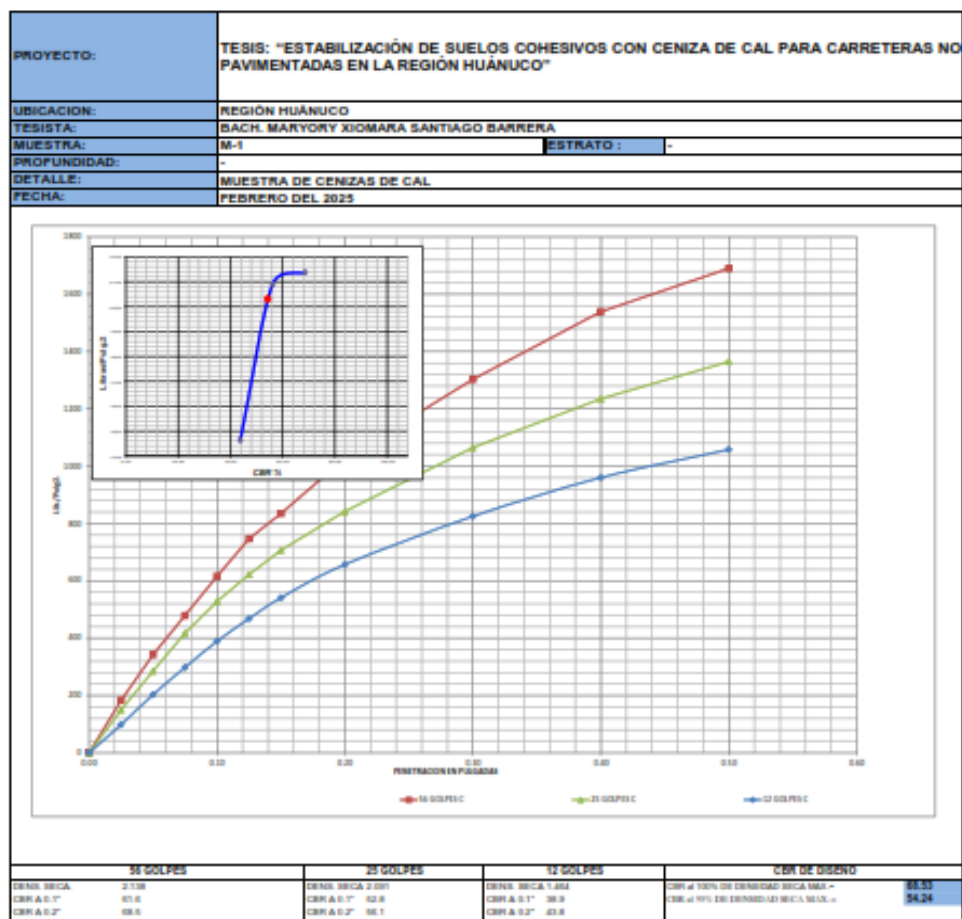
URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390




 MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leoberto Villanueva Añel
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANOUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390




Mario S. Barrera
 TÉCNICO LABORATORISTA


Ing. Leobardo Villanueva Albal
 CIP. 78628

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"		
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. MARYORY XOMARA SANTIAGO BARRERA		
MUESTRA:	M-2	PROGRESIVA:	-
ESTRATO:	-	ESPEJOR DEL ESTRATO:	-
DETALLE:	MUESTRA DE CENIZAS DE CAL		
FECHA:	FEBRERO DEL 2025		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

N° DE GOLPES					
Suelo Húmedo + Tarro			NP		
Suelo seco + Tarro					
Peso de Tarro					
Peso del Agua					
Peso de Suelo Seco					
HUMEDAD %					

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA					
Suelo Húmedo + Tarro			NP		
Suelo seco + Tarro					
Peso de Tarro					
Peso del Agua					
Peso de Suelo Seco					
HUMEDAD %					

DETALLE	RESULTADOS	
Límite líquido LL	N	%
Límite plástico LP	N	%
Índice plasticidad IP	N	%

CURVA DE FLUIDEZ



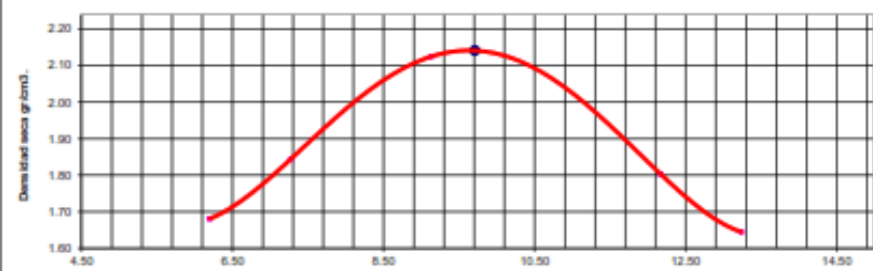

 MARYORY XOMARA SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leivides Villanueva Albal
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MAXIMA COMPACTADA						
PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"					
UBICACION:	REGION HUÁNUCO					
TESISTA:	BACH. MARYORY XIDMARA SANTIAGO BARRERA					
MUESTRA:	M-2	ESTRATO :				
PROFUNDIDAD:	-					
DETALLE:	MUESTRA DE CENIZAS DE CAL					
FECHA:	FEBRERO DEL 2025					
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	gr.	9911	10218	10933	10319	9974
PESO DEL MOLDE	gr.	8953.00	8953.00	8953.00	8953.00	8953.00
PESO MUESTRA HUMEDA	gr.	3746.27	4153.36	4988.33	4244.96	3999.63
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	3527.63	3871.77	4461.64	3794.29	3451.62
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.78	1.98	2.32	2.02	1.86
N° DE TARA						
DETERMINACION						
PESO MUEST. HUMEDA + TARA	gr.	349.7	337.6	346.1	348.6	355.5
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	332.2	314.7	317.2	310.2	314.8
PESO DE LA TARA	gr.	6.09	6.00	6.09	6.00	6.00
PESO DEL AGUA	gr.	30.41	22.99	28.90	37.76	41.57
PESO MUESTRA SECA	gr.	329.29	304.70	317.15	318.22	313.96
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	6.20	7.27	9.13	12.17	13.24
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.68	1.84	2.13	1.80	1.64

GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO



Densidad Máxima Seca:	2.142 gr/cm ³
Humedad Optima:	9.11 %
Densidad Máxima húmeda:	2.350 gr/cm ³


MARIO SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA

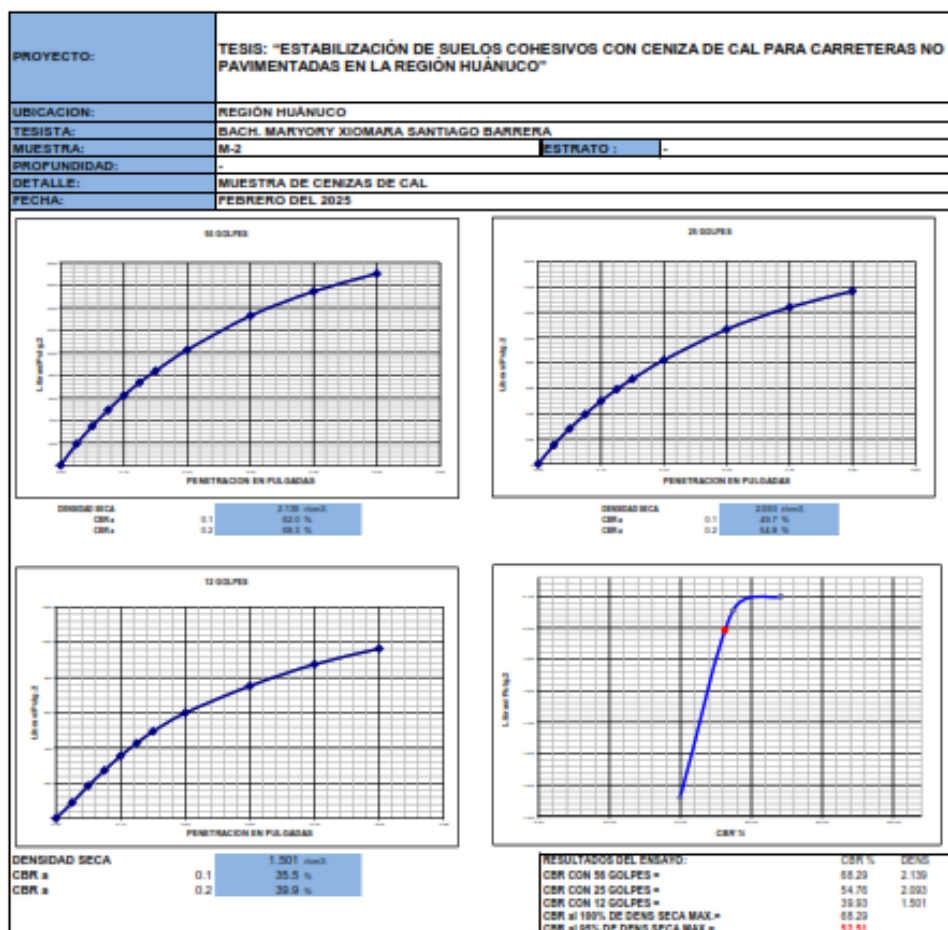

Ing. Leónidas Villanueva Albal
 CIP. 78639

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANOUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"																																																																																									
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO																																																																																									
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA																																																																																									
MUESTRA:	M-2			ESTRATO :			-																																																																																			
PROFUNDIDAD:	-																																																																																									
DETALLE:	MUESTRA DE CENIZAS DE CAL																																																																																									
FECHA:	FEBRERO DEL 2025																																																																																									
MUESTRA:	13				14				15																																																																																	
N. GOLPES:	56				25				12																																																																																	
CONDICION	SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO																																																																															
Peso del molde + suelo humedo	12884		13125		12781		13089		11256		11658																																																																															
Peso del molde	7762		7762		7759		7759		7753		7753																																																																															
Peso del suelo humedo	5122		5363		5023		5330		3503		3905																																																																															
Volumen del suelo	2124		2124		2120		2120		2130		2130																																																																															
Densidad humeda	2.41		2.53		2.36		2.51		1.69		1.83																																																																															
Humedad	11.30%				11.30%				11.29%																																																																																	
Densidad seca	2.09				2.09				1.90																																																																																	
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																														
Peso tara + suelo humedo	324.9	335.1			375.8	385.2			341.7	355.2																																																																																
Peso tara + suelo seco	291.9	301.1			333.2	325.1			307.6	319.2																																																																																
Peso del agua	33.00	34.00	0.00	0.00	37.60	37.10	0.00	0.00	34.10	36.00	0.00	0.00																																																																														
Peso de los solidos	291.90	301.10	0.00	0.00	333.20	325.10	0.00	0.00	307.60	319.20	0.00	0.00																																																																														
humedad	11.31	11.29			11.28	11.31			11.30	11.28																																																																																
Promedio de humedad	11.20%				11.20%				11.29%																																																																																	
<table><tr><th rowspan="2">FECHA</th><th rowspan="2">HORA</th><th rowspan="2">TEMPO</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th></tr><tr><th>mm</th><th>%</th><th>mm</th><th>%</th><th>mm</th><th>%</th></tr><tr><td>31/01/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>01/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>24</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>8</td><td>0.08</td><td>0.07</td><td>12</td><td>0.12</td><td>0.10</td></tr><tr><td>02/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>48</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>10</td><td>0.10</td><td>0.09</td><td>16</td><td>0.16</td><td>0.13</td></tr><tr><td>03/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>72</td><td>4</td><td>0.04</td><td>0.03</td><td>15</td><td>0.15</td><td>0.13</td><td>12</td><td>0.12</td><td>0.10</td></tr><tr><td>04/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>96</td><td>9</td><td>0.09</td><td>0.08</td><td>22</td><td>0.22</td><td>0.19</td><td>30</td><td>0.30</td><td>0.26</td></tr></table>													FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		mm	%	mm	%	mm	%	31/01/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	01/02/2025	08:00 p.m.	24	0	0.00	0.00	8	0.08	0.07	12	0.12	0.10	02/02/2025	08:00 p.m.	48	0	0.00	0.00	10	0.10	0.09	16	0.16	0.13	03/02/2025	08:00 p.m.	72	4	0.04	0.03	15	0.15	0.13	12	0.12	0.10	04/02/2025	08:00 p.m.	96	9	0.09	0.08	22	0.22	0.19	30	0.30	0.26
FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION																																																																																
				mm	%		mm	%		mm	%																																																																															
31/01/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00																																																																															
01/02/2025	08:00 p.m.	24	0	0.00	0.00	8	0.08	0.07	12	0.12	0.10																																																																															
02/02/2025	08:00 p.m.	48	0	0.00	0.00	10	0.10	0.09	16	0.16	0.13																																																																															
03/02/2025	08:00 p.m.	72	4	0.04	0.03	15	0.15	0.13	12	0.12	0.10																																																																															
04/02/2025	08:00 p.m.	96	9	0.09	0.08	22	0.22	0.19	30	0.30	0.26																																																																															
PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01		LECTURA DIAL	MUESTRA N° 02		LECTURA DIAL	MUESTRA N° 03																																																																																		
		LIBRAS	1/4 Pulg. 2		LIBRAS	1/4 Pulg. 2		LIBRAS	1/4 Pulg. 2																																																																																	
0.00	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0																																																																																
0.03	55	762.7	187.6	189.0	40	293.2	136.6	139.0	27	267.9	99.2	101.0																																																																														
0.05	103	1099.9	536.3	536.0	83	632.9	277.6	276.0	55	556.5	193.0	193.0																																																																														
0.08	147	1475.6	596.9	474.0	115	1179.9	595.9	595.0	81	819.1	271.7	273.0																																																																														
0.10	185	1863.2	620.6	620.0	149	1473.3	677.4	677.0	106	1063.7	316.6	313.0																																																																														
0.13	225	2287.6	735.0	736.0	178	1759.9	786.0	786.0	128	1286.5	374.0	377.0																																																																														
0.16	265	2336.6	836.6	847.0	220	1814.6	876.0	871.0	167	1422.6	432.0	432.0																																																																														
0.20	306	2405.1	1032.6	1032.0	245	2344.9	923.9	923.0	179	1786.9	506.0	506.0																																																																														
0.30	397	2962.0	1257.9	1327.0	318	3193.9	1064.9	1064.0	225	2320.6	711.9	712.0																																																																														
0.40	481	3635.3	1543.7	1544.0	370	3713.9	1237.6	1236.0	281	3623.6	874.9	874.0																																																																														
0.50	559	4387.6	1763.9	1762.0	430	4390.1	1363.0	1363.0	330	4387.0	964.0	964.0																																																																														


Mario S. Cordero
TÉCNICO LABORATORISTA

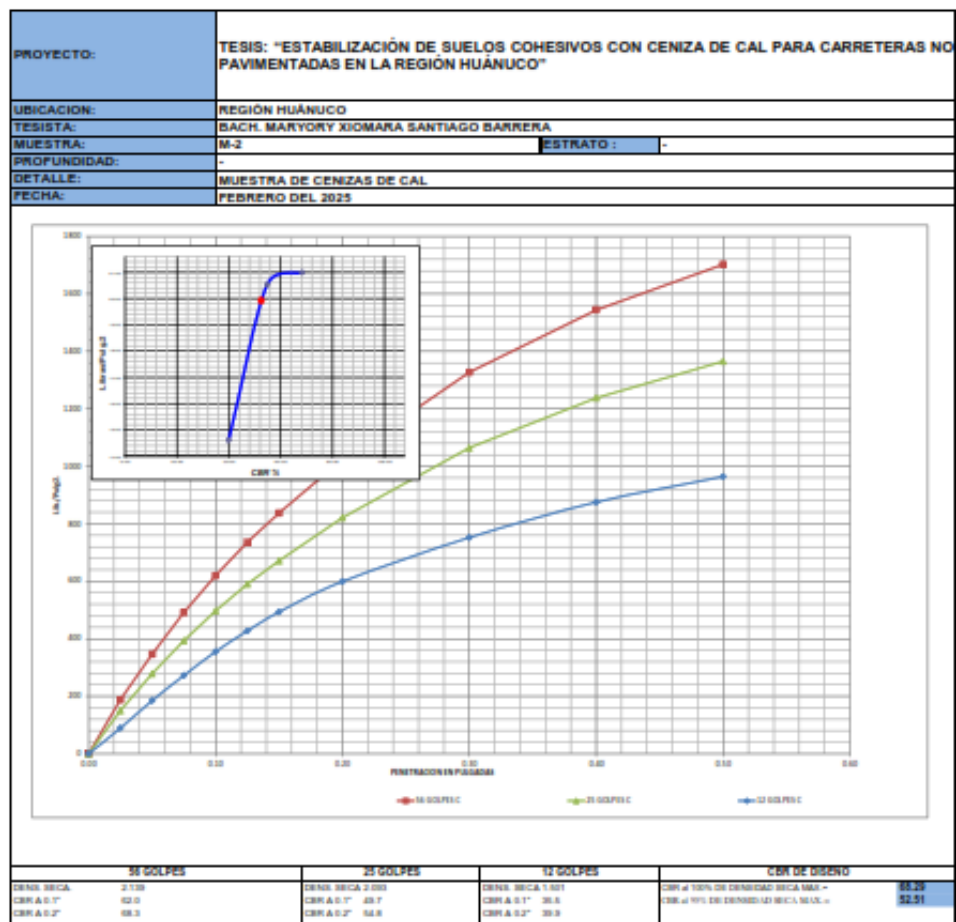

Ing. Leifred Villaverde Alai
CIP. 75839




Mario S. S. S.
 TÉCNICO LABORATORISTA


Ing. Leobardo Villanueva Abad
 CIP: 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
920093390




 Mario S. Castañeda N. P.
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leidy Villanueva Abad
 CIP. 75839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANO / CEL. MOVISTAR:
 920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"		
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA		
CALICATA:	C-1	PROGRESIVA:	16+465
ESTRATO:	E-1	ESPESOR DEL ESTRATO:	1.50 m
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 10% DE CENIZAS DE CAL		
FECHA:	FEBRERO DEL 2025		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

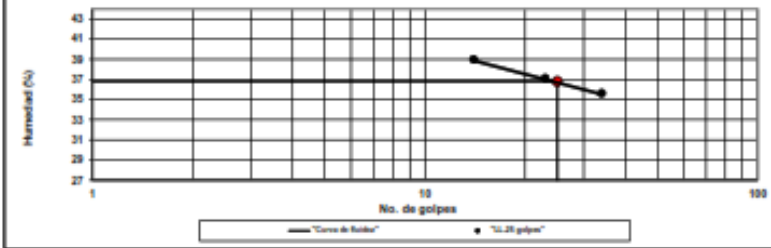
N° DE GOLPES	34	23	14
Suelo Húmedo + Tarro	28.37	27.73	29.36
Suelo seco + Tarro	23.91	23.24	24.29
Peso de Tarro	11.39	11.15	11.32
Peso del Agua	4.46	4.49	5.06
Peso de Suelo Seco	12.52	12.10	12.98
HUMEDAD %	35.63	37.13	38.99

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02
Suelo Húmedo + Tarro	18.48	18.22
Suelo seco + Tarro	16.94	16.77
Peso de Tarro	11.12	11.08
Peso del Agua	1.54	1.45
Peso de Suelo Seco	5.81	5.69
HUMEDAD %	26.55	25.44

DETALLE	RESULTADOS	
Límite líquido LL	36.80	%
Límite plástico LP	25.99	%
Índice plasticidad IP	10.81	%

CURVA DE FLUIDEZ



— "Curva de Fluidos" • "10, 20 golpes"


Mario Santiago Barrera
 TÉCNICO LABORATORISTA


Ing. Leivides Yllanes Albal
 CIP. 78639

URB. SAN ANDRÉS MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390



INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA						
PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"					
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO					
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA					
CALICATA:	C-1	ESTRATO:				E-1
PROFUNDIDAD:	1.50 m					
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 10% DE CENIZAS DE CAL					
FECHA:	FEBRERO DEL 2025					
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	g	9992	9467	9994	9719	9125
PESO DEL MOLDE	g	5095.00	5095.00	5095.00	5095.00	5095.00
PESO MUESTRA HUMEDA	g	2216.97	2452.38	2898.59	3654.25	3580.35
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00
PESO DE LA MUESTRA SECA	g	2091.91	2089.16	2506.67	3179.92	2827.46
DENSIDAD HUMEDA	g/cm ³	1.39	1.62	1.86	1.74	1.46
Nº DE TARA		1	2	3	4	5
DETERMINACIÓN		HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD
PESO MUEST. HUMEDA + TARA	g	375.7	363.7	389.7	374.6	393.6
PESO MUESTRA SECA + TARA	g	345.4	330.2	332.7	325.5	329.4
PESO DE LA TARA	g	6.09	6.00	6.06	6.00	6.00
PESO DEL AGUA	g	30.29	33.59	36.00	49.15	54.27
PESO MUESTRA SECA	g	345.42	330.16	332.73	325.46	323.36
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	8.77	10.17	11.11	14.92	16.49
DENSIDAD SECA	g/cm ³	1.28	1.47	1.67	1.51	1.25

GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO

Densidad Máxima Seca:	1.837 g/cm ³
Humedad Óptima:	12.76 %
Densidad Máxima húmeda:	2.071 g/cm ³

Mario S. SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leidy Villanueva Alai
 CAP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANOUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390



INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"																																																																																																																																									
UBICACION:	REGION HUÁNUCO																																																																																																																																									
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA																																																																																																																																									
CALICATA:	C-1			ESTRATO :			E-1																																																																																																																																			
PROFUNDIDAD:	1.50 m																																																																																																																																									
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 10% DE CENIZAS DE CAL																																																																																																																																									
FECHA:	FEBRERO DEL 2025																																																																																																																																									
MOLDE:	4				5				6																																																																																																																																	
N. GOLPES.	56				25				12																																																																																																																																	
CONDICION	EN HUMEDOS		SECO		EN HUMEDOS		SECO		EN HUMEDOS		SECO																																																																																																																															
Peso del molde + suelo humedo	10560		10662		10550		10603		8403		8024																																																																																																																															
Peso del molde	6026		6026		6227		6227		6339		6339																																																																																																																															
Peso del suelo humedo	4454		4586		4322		4576		3864		3785																																																																																																																															
Volumen del molde	2120		2120		2113		2113		2113		2113																																																																																																																															
Densidad humeda	2.11		2.15		2.05		2.17		1.85		1.59																																																																																																																															
Humedad	12.75%				12.75%				12.75%																																																																																																																																	
Densidad seca	1.877				1.769				1.505																																																																																																																																	
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																																																														
Peso tara + suelo humedo	358.6	351.6			354.9	374.1			352.7	358.1																																																																																																																																
Peso tara + suelo seco	318.1	287.5			341.4	331.8			312.8	317.6																																																																																																																																
Peso del agua	40.50	64.10	0.00	0.00	13.50	42.30	0.00	0.00	39.90	40.50	0.00	0.00																																																																																																																														
Peso de los solidos	318.10	287.50	0.00	0.00	341.40	331.80	0.00	0.00	312.80	317.60	0.00	0.00																																																																																																																														
humedad	12.73	12.75			12.74	12.75			12.76	12.75																																																																																																																																
Humedad	12.74%			12.75%			12.75%																																																																																																																																			
<table><tr><th>FECHA</th><th>HORA</th><th>TIEMPO</th><th>LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th>LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th>LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th></tr><tr><th></th><th></th><th></th><th></th><th>mm</th><th>%</th><th></th><th>mm</th><th>%</th><th></th><th>mm</th><th>%</th></tr><tr><td>09/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>10/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>24</td><td>12</td><td>0.12</td><td>0.10</td><td>18</td><td>0.18</td><td>0.16</td><td>24</td><td>0.24</td><td>0.21</td></tr><tr><td>11/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>48</td><td>36</td><td>0.36</td><td>0.14</td><td>21</td><td>0.21</td><td>0.16</td><td>36</td><td>0.36</td><td>0.48</td></tr><tr><td>12/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>72</td><td>21</td><td>0.21</td><td>0.16</td><td>29</td><td>0.29</td><td>0.25</td><td>74</td><td>0.74</td><td>0.64</td></tr><tr><td>13/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>96</td><td>39</td><td>0.39</td><td>0.26</td><td>34</td><td>0.34</td><td>0.29</td><td>85</td><td>0.85</td><td>0.73</td></tr></table>													FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION						mm	%		mm	%		mm	%	09/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	10/02/2025	08:00 p.m.	24	12	0.12	0.10	18	0.18	0.16	24	0.24	0.21	11/02/2025	08:00 p.m.	48	36	0.36	0.14	21	0.21	0.16	36	0.36	0.48	12/02/2025	08:00 p.m.	72	21	0.21	0.16	29	0.29	0.25	74	0.74	0.64	13/02/2025	08:00 p.m.	96	39	0.39	0.26	34	0.34	0.29	85	0.85	0.73																																										
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION																																																																																																																																
				mm	%		mm	%		mm	%																																																																																																																															
09/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00																																																																																																																															
10/02/2025	08:00 p.m.	24	12	0.12	0.10	18	0.18	0.16	24	0.24	0.21																																																																																																																															
11/02/2025	08:00 p.m.	48	36	0.36	0.14	21	0.21	0.16	36	0.36	0.48																																																																																																																															
12/02/2025	08:00 p.m.	72	21	0.21	0.16	29	0.29	0.25	74	0.74	0.64																																																																																																																															
13/02/2025	08:00 p.m.	96	39	0.39	0.26	34	0.34	0.29	85	0.85	0.73																																																																																																																															
<table><tr><th rowspan="2">PENETR. FOLIO</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">MUESTRA Nº 01</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">MUESTRA Nº 02</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">MUESTRA Nº 03</th></tr><tr><th>LIBRAS</th><th>LaPulg 2</th><th>LIBRAS</th><th>LaPulg 2</th><th>LIBRAS</th><th>LaPulg 2</th></tr><tr><td>0.00</td><td>0</td><td>59</td><td>0.9</td><td>0</td><td>59</td><td>0.9</td><td>0</td><td>59</td><td>0.9</td></tr><tr><td>0.03</td><td>46</td><td>262.9</td><td>170.0</td><td>110.0</td><td>56</td><td>276.7</td><td>123.0</td><td>225</td><td>229.5</td></tr><tr><td>0.05</td><td>87</td><td>271.0</td><td>259.0</td><td>270.0</td><td>71</td><td>280.0</td><td>226.5</td><td>51</td><td>280.0</td></tr><tr><td>0.08</td><td>122</td><td>289.0</td><td>356.0</td><td>357.0</td><td>104</td><td>289.0</td><td>350.0</td><td>76</td><td>289.0</td></tr><tr><td>0.10</td><td>156</td><td>298.0</td><td>451.0</td><td>450.0</td><td>132</td><td>299.0</td><td>445.0</td><td>99</td><td>299.0</td></tr><tr><td>0.13</td><td>189</td><td>307.0</td><td>541.0</td><td>539.0</td><td>156</td><td>308.0</td><td>530.0</td><td>119</td><td>308.0</td></tr><tr><td>0.15</td><td>212</td><td>315.0</td><td>609.0</td><td>609.0</td><td>177</td><td>315.0</td><td>605.0</td><td>137</td><td>315.0</td></tr><tr><td>0.20</td><td>261</td><td>330.0</td><td>877.0</td><td>875.0</td><td>211</td><td>330.0</td><td>867.0</td><td>167</td><td>330.0</td></tr><tr><td>0.30</td><td>330</td><td>351.0</td><td>1160.0</td><td>1160.0</td><td>267</td><td>350.0</td><td>1090.0</td><td>200</td><td>350.0</td></tr><tr><td>0.40</td><td>392</td><td>369.0</td><td>1460.0</td><td>1460.0</td><td>325</td><td>369.0</td><td>1387.0</td><td>247</td><td>369.0</td></tr><tr><td>0.50</td><td>429</td><td>389.0</td><td>1733.0</td><td>1730.0</td><td>342</td><td>389.0</td><td>1660.0</td><td>265</td><td>389.0</td></tr></table>													PENETR. FOLIO	LECTURA DIAL	MUESTRA Nº 01		LECTURA DIAL	MUESTRA Nº 02		LECTURA DIAL	MUESTRA Nº 03		LIBRAS	LaPulg 2	LIBRAS	LaPulg 2	LIBRAS	LaPulg 2	0.00	0	59	0.9	0	59	0.9	0	59	0.9	0.03	46	262.9	170.0	110.0	56	276.7	123.0	225	229.5	0.05	87	271.0	259.0	270.0	71	280.0	226.5	51	280.0	0.08	122	289.0	356.0	357.0	104	289.0	350.0	76	289.0	0.10	156	298.0	451.0	450.0	132	299.0	445.0	99	299.0	0.13	189	307.0	541.0	539.0	156	308.0	530.0	119	308.0	0.15	212	315.0	609.0	609.0	177	315.0	605.0	137	315.0	0.20	261	330.0	877.0	875.0	211	330.0	867.0	167	330.0	0.30	330	351.0	1160.0	1160.0	267	350.0	1090.0	200	350.0	0.40	392	369.0	1460.0	1460.0	325	369.0	1387.0	247	369.0	0.50	429	389.0	1733.0	1730.0	342	389.0	1660.0	265	389.0
PENETR. FOLIO	LECTURA DIAL	MUESTRA Nº 01		LECTURA DIAL	MUESTRA Nº 02		LECTURA DIAL	MUESTRA Nº 03																																																																																																																																		
		LIBRAS	LaPulg 2		LIBRAS	LaPulg 2		LIBRAS	LaPulg 2																																																																																																																																	
0.00	0	59	0.9	0	59	0.9	0	59	0.9																																																																																																																																	
0.03	46	262.9	170.0	110.0	56	276.7	123.0	225	229.5																																																																																																																																	
0.05	87	271.0	259.0	270.0	71	280.0	226.5	51	280.0																																																																																																																																	
0.08	122	289.0	356.0	357.0	104	289.0	350.0	76	289.0																																																																																																																																	
0.10	156	298.0	451.0	450.0	132	299.0	445.0	99	299.0																																																																																																																																	
0.13	189	307.0	541.0	539.0	156	308.0	530.0	119	308.0																																																																																																																																	
0.15	212	315.0	609.0	609.0	177	315.0	605.0	137	315.0																																																																																																																																	
0.20	261	330.0	877.0	875.0	211	330.0	867.0	167	330.0																																																																																																																																	
0.30	330	351.0	1160.0	1160.0	267	350.0	1090.0	200	350.0																																																																																																																																	
0.40	392	369.0	1460.0	1460.0	325	369.0	1387.0	247	369.0																																																																																																																																	
0.50	429	389.0	1733.0	1730.0	342	389.0	1660.0	265	389.0																																																																																																																																	

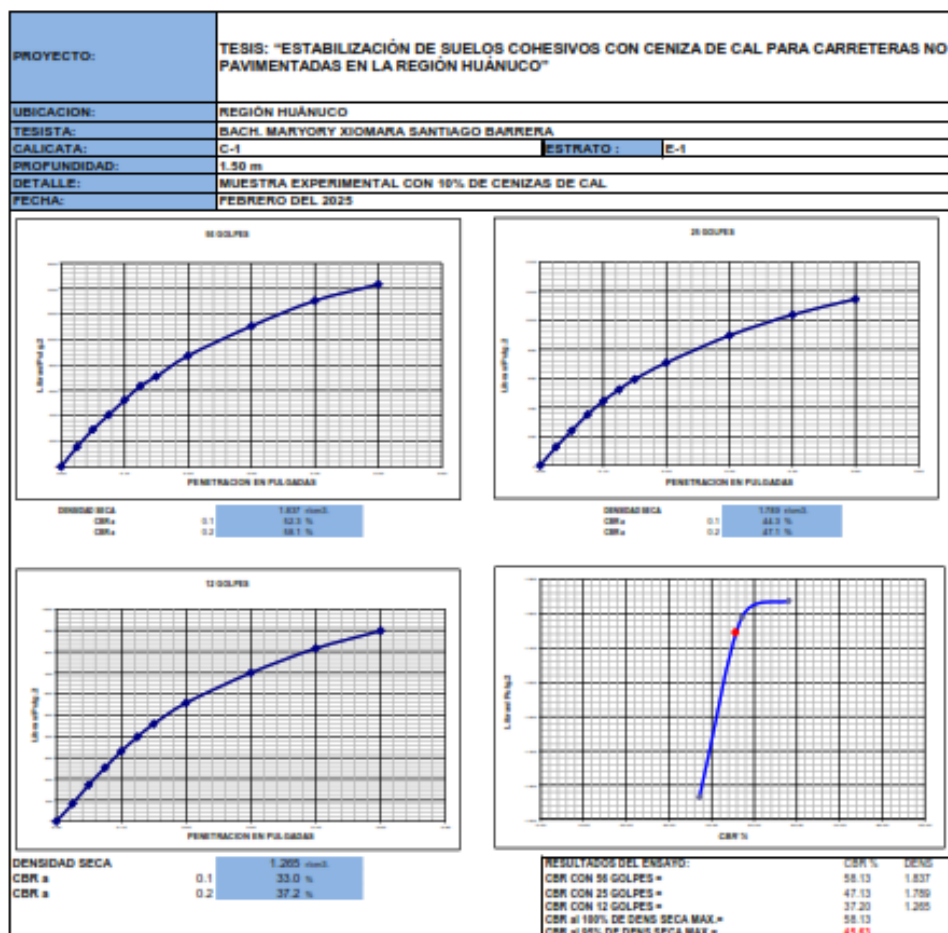
Mario S. S. S.
TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leivides Villanueva Albal
CIP. 78838

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
920093390



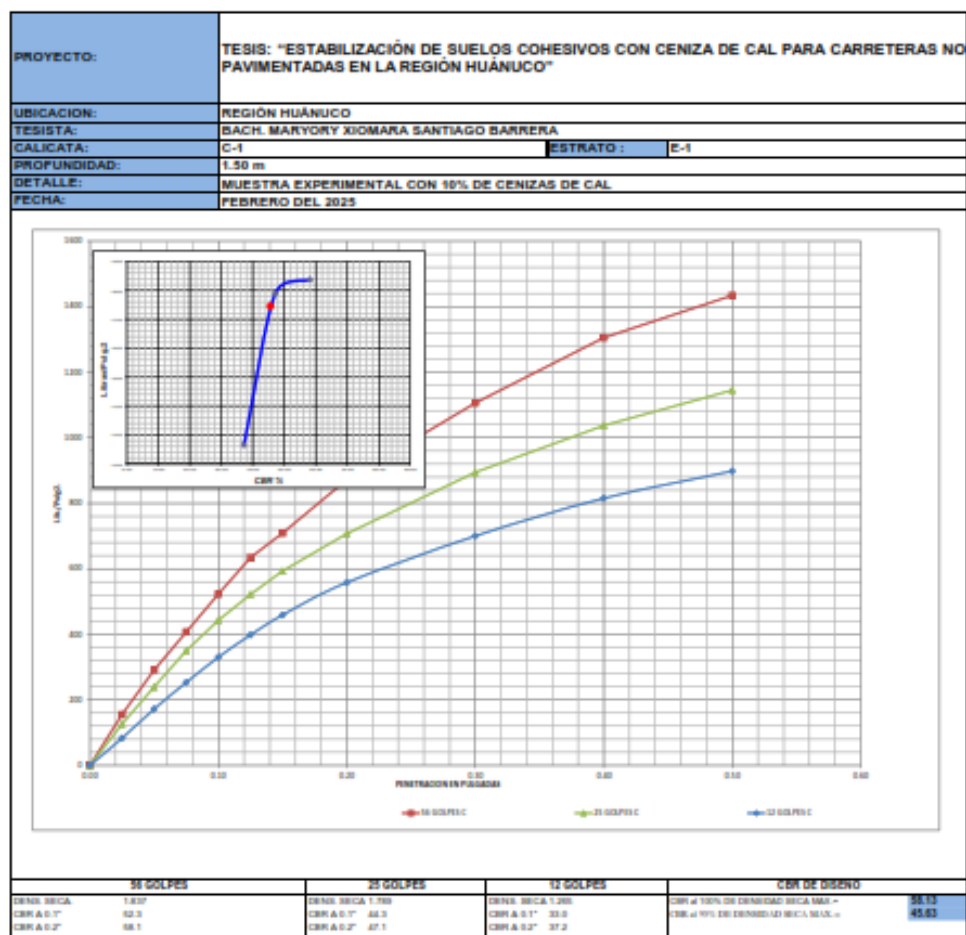
INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION



Mario S. Barrera
 TECNICO LABORATORISTA

Ing. Leidy Villanueva Abad
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390




 Mario S. Barrera V.
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leobardo Villanueva Albal
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390



INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"		
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. MARYORY XOMARA SANTIAGO BARRERA		
CALICATA:	C-1	PROGRESIVA:	16+460
ESTRATO:	E-1	ESPESOR DEL ESTRATO:	1.50 m
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 20% DE CENIZAS DE CAL		
FECHA:	FEBRERO DEL 2025		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

N° DE GOLPES	34	22	14
Suelo Húmedo + Tarro	25.93	25.00	27.81
Suelo seco + Tarro	22.07	21.67	23.07
Peso de Tarro	11.47	11.38	11.38
Peso del Agua	3.86	3.92	4.74
Peso de Suelo Seco	10.61	10.29	11.69
HUMEDAD %	36.38	38.11	40.53

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02
Suelo Húmedo + Tarro	17.82	18.24
Suelo seco + Tarro	16.30	16.67
Peso de Tarro	11.04	11.09
Peso del Agua	1.52	1.57
Peso de Suelo Seco	5.25	5.58
HUMEDAD %	28.98	28.21

DETALLE	RESULTADOS	
Límite líquido LL	37.71	%
Límite plástico LP	28.59	%
Índice plasticidad IP	9.12	%

CURVA DE FLUIDEZ

— "Curva de Fluides" • "14, 22 golpes"

MARIO SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leidy Vilaverde Alvarado
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390



INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MAXIMA COMPACTADA						
PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"					
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO					
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA					
CALICATA:	C-1	ESTRATO:			E-1	
PROFUNDIDAD:	1.50 m					
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 20% DE CENIZAS DE CAL					
FECHA:	FEBRERO DEL 2023					
RESO MUESTRA HUMEDA * MOLDE	gr	8089	8466	10054	8551	9239
RESO DEL MOLDE	gr	6065.86	6065.86	6065.86	6065.86	6065.86
RESO MUESTRA HUMEDA	gr	2023.22	2400.83	3988.53	2485.65	3174.52
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2099.66	2099.66	2099.66	2099.66	2099.66
RESO DE LA MUESTRA SECA	gr	2088.84	2126.82	2533.22	2084.82	2284.29
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.44	1.62	1.89	1.66	1.51
Nº DE TARA DETERMINACION		1	2	3	4	5
RESO MUEST. HUMEDA * TARA	gr	346.3	324.3	349.7	344.6	352.1
RESO MUESTRA SECA * TARA	gr	321.6	307.4	308.8	303.6	306.6
RESO DE LA TARA	gr	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
RESO DEL AGUA	gr	24.78	26.96	39.93	41.63	45.45
RESO MUESTRA SECA	gr	321.56	307.35	309.75	302.98	306.63
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	7.68	8.77	12.89	13.74	14.82
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.34	1.48	1.68	1.46	1.32

GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO

Densidad Máxima Seca:	1.935 gr/cm ³
Humedad Optima:	11.31 %
Densidad Máxima húmeda:	2.154 gr/cm ³

MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leivis Villegas Alvar
 CIP. 70639

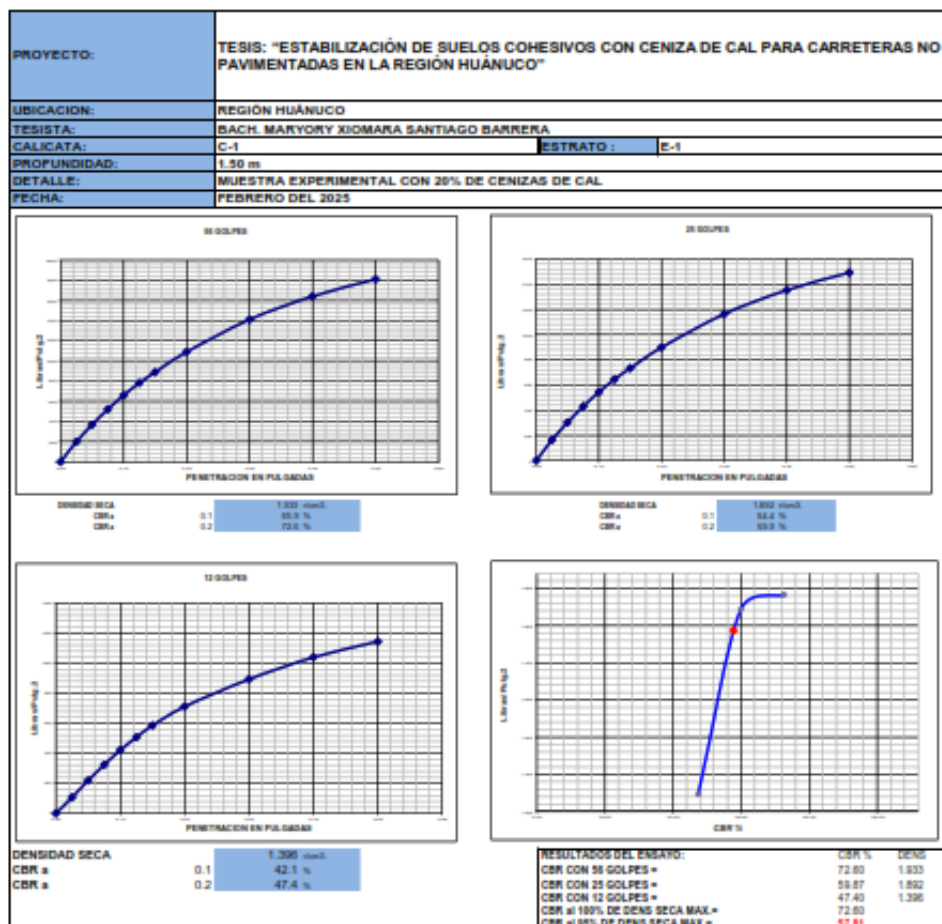
URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"																																																																																																																																									
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO																																																																																																																																									
TESISTA:	BACH. MAYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA																																																																																																																																									
CALICATA:	C-1				ESTRATO :				E-1																																																																																																																																	
PROFUNDIDAD:	1.50 m																																																																																																																																									
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 20% DE CENIZAS DE CAL																																																																																																																																									
FECHA:	FEBRERO DEL 2025																																																																																																																																									
MUESTRA:	13				14				15																																																																																																																																	
N. GOLPES.	56				25				12																																																																																																																																	
CONDICION	EN SUBERSON		SUBERSON		EN SUBERSON		SUBERSON		EN SUBERSON		SUBERSON																																																																																																																															
Peso del molde + suelo humedo	12390		12822		12281		12597		11196		11401																																																																																																																															
Peso del molde	7752		7752		7759		7759		7753		7753																																																																																																																															
Peso del suelo humedo	4628		4861		4522		4838		3443		3648																																																																																																																															
Volumen del suelo	2126		2126		2120		2120		2130		2130																																																																																																																															
Densidad humeda	2.15		2.28		2.13		2.28		1.57		1.71																																																																																																																															
Humedad	11.30%				11.30%				11.29%																																																																																																																																	
Densidad seca	1.955				1.955				1.955																																																																																																																																	
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																																																														
Peso tara + suelo humedo	324.9	335.1			375.8	385.2			341.7	355.2																																																																																																																																
Peso tara + suelo seco	291.9	301.1			332.2	328.1			307.8	318.2																																																																																																																																
Peso del agua	33.00	34.00	0.00	0.00	37.60	37.90	0.00	0.00	34.70	36.00	0.00	0.00																																																																																																																														
Peso de los solidos	291.90	301.10	0.00	0.00	332.20	328.10	0.00	0.00	307.00	319.20	0.00	0.00																																																																																																																														
humedad	11.31	11.29			11.28	11.31			11.30	11.28																																																																																																																																
Promedio de humedad	11.30%				11.30%				11.29%																																																																																																																																	
<table><tr><th rowspan="2">FECHA</th><th rowspan="2">HORA</th><th rowspan="2">TEMPO</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th></tr><tr><th>mm</th><th>%</th><th>mm</th><th>%</th><th>mm</th><th>%</th></tr><tr><td>09/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>10/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>24</td><td>12</td><td>0.12</td><td>0.10</td><td>18</td><td>0.18</td><td>0.15</td><td>24</td><td>0.24</td><td>0.21</td></tr><tr><td>11/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>48</td><td>36</td><td>0.36</td><td>0.34</td><td>21</td><td>0.21</td><td>0.18</td><td>36</td><td>0.36</td><td>0.48</td></tr><tr><td>12/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>72</td><td>21</td><td>0.21</td><td>0.18</td><td>28</td><td>0.28</td><td>0.25</td><td>74</td><td>0.74</td><td>0.64</td></tr><tr><td>13/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>96</td><td>29</td><td>0.29</td><td>0.25</td><td>34</td><td>0.34</td><td>0.29</td><td>85</td><td>0.85</td><td>0.73</td></tr></table>													FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		mm	%	mm	%	mm	%	09/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	10/02/2025	08:00 p.m.	24	12	0.12	0.10	18	0.18	0.15	24	0.24	0.21	11/02/2025	08:00 p.m.	48	36	0.36	0.34	21	0.21	0.18	36	0.36	0.48	12/02/2025	08:00 p.m.	72	21	0.21	0.18	28	0.28	0.25	74	0.74	0.64	13/02/2025	08:00 p.m.	96	29	0.29	0.25	34	0.34	0.29	85	0.85	0.73																																																
FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION																																																																																																																																
				mm	%		mm	%		mm	%																																																																																																																															
09/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00																																																																																																																															
10/02/2025	08:00 p.m.	24	12	0.12	0.10	18	0.18	0.15	24	0.24	0.21																																																																																																																															
11/02/2025	08:00 p.m.	48	36	0.36	0.34	21	0.21	0.18	36	0.36	0.48																																																																																																																															
12/02/2025	08:00 p.m.	72	21	0.21	0.18	28	0.28	0.25	74	0.74	0.64																																																																																																																															
13/02/2025	08:00 p.m.	96	29	0.29	0.25	34	0.34	0.29	85	0.85	0.73																																																																																																																															
<table><tr><th rowspan="2">PENETR. PILO.</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">MUESTRA N°01</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">MUESTRA N°02</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">MUESTRA N°03</th></tr><tr><th>LIBRAS</th><th>1/4 Polg 2.</th><th>LIBRAS</th><th>1/4 Polg 2.</th><th>LIBRAS</th><th>1/4 Polg 2.</th></tr><tr><td>0.00</td><td>0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr><tr><td>0.02</td><td>60</td><td>106.5</td><td>109.0</td><td>61</td><td>105.2</td><td>106.2</td><td>62</td><td>107.6</td><td>109.0</td></tr><tr><td>0.05</td><td>110</td><td>139.0</td><td>140.0</td><td>91</td><td>100.0</td><td>100.0</td><td>95</td><td>108.0</td><td>110.0</td></tr><tr><td>0.06</td><td>156</td><td>176.0</td><td>177.0</td><td>126</td><td>128.0</td><td>129.0</td><td>130</td><td>161.0</td><td>163.0</td></tr><tr><td>0.10</td><td>197</td><td>217.0</td><td>219.0</td><td>162</td><td>161.0</td><td>162.0</td><td>178</td><td>200.0</td><td>203.0</td></tr><tr><td>0.13</td><td>234</td><td>256.0</td><td>257.0</td><td>183</td><td>175.0</td><td>176.0</td><td>193</td><td>220.0</td><td>223.0</td></tr><tr><td>0.15</td><td>268</td><td>288.0</td><td>289.0</td><td>219</td><td>208.0</td><td>209.0</td><td>225</td><td>253.0</td><td>256.0</td></tr><tr><td>0.20</td><td>325</td><td>336.0</td><td>337.0</td><td>265</td><td>245.0</td><td>246.0</td><td>272</td><td>300.0</td><td>303.0</td></tr><tr><td>0.30</td><td>423</td><td>430.0</td><td>431.0</td><td>345</td><td>320.0</td><td>321.0</td><td>367</td><td>367.0</td><td>369.0</td></tr><tr><td>0.40</td><td>495</td><td>492.0</td><td>493.0</td><td>424</td><td>395.0</td><td>396.0</td><td>430</td><td>410.0</td><td>413.0</td></tr><tr><td>0.50</td><td>541</td><td>528.0</td><td>529.0</td><td>445</td><td>415.0</td><td>416.0</td><td>462</td><td>435.0</td><td>438.0</td></tr></table>													PENETR. PILO.	LECTURA DIAL	MUESTRA N°01		LECTURA DIAL	MUESTRA N°02		LECTURA DIAL	MUESTRA N°03		LIBRAS	1/4 Polg 2.	LIBRAS	1/4 Polg 2.	LIBRAS	1/4 Polg 2.	0.00	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.02	60	106.5	109.0	61	105.2	106.2	62	107.6	109.0	0.05	110	139.0	140.0	91	100.0	100.0	95	108.0	110.0	0.06	156	176.0	177.0	126	128.0	129.0	130	161.0	163.0	0.10	197	217.0	219.0	162	161.0	162.0	178	200.0	203.0	0.13	234	256.0	257.0	183	175.0	176.0	193	220.0	223.0	0.15	268	288.0	289.0	219	208.0	209.0	225	253.0	256.0	0.20	325	336.0	337.0	265	245.0	246.0	272	300.0	303.0	0.30	423	430.0	431.0	345	320.0	321.0	367	367.0	369.0	0.40	495	492.0	493.0	424	395.0	396.0	430	410.0	413.0	0.50	541	528.0	529.0	445	415.0	416.0	462	435.0	438.0
PENETR. PILO.	LECTURA DIAL	MUESTRA N°01		LECTURA DIAL	MUESTRA N°02		LECTURA DIAL	MUESTRA N°03																																																																																																																																		
		LIBRAS	1/4 Polg 2.		LIBRAS	1/4 Polg 2.		LIBRAS	1/4 Polg 2.																																																																																																																																	
0.00	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0																																																																																																																																	
0.02	60	106.5	109.0	61	105.2	106.2	62	107.6	109.0																																																																																																																																	
0.05	110	139.0	140.0	91	100.0	100.0	95	108.0	110.0																																																																																																																																	
0.06	156	176.0	177.0	126	128.0	129.0	130	161.0	163.0																																																																																																																																	
0.10	197	217.0	219.0	162	161.0	162.0	178	200.0	203.0																																																																																																																																	
0.13	234	256.0	257.0	183	175.0	176.0	193	220.0	223.0																																																																																																																																	
0.15	268	288.0	289.0	219	208.0	209.0	225	253.0	256.0																																																																																																																																	
0.20	325	336.0	337.0	265	245.0	246.0	272	300.0	303.0																																																																																																																																	
0.30	423	430.0	431.0	345	320.0	321.0	367	367.0	369.0																																																																																																																																	
0.40	495	492.0	493.0	424	395.0	396.0	430	410.0	413.0																																																																																																																																	
0.50	541	528.0	529.0	445	415.0	416.0	462	435.0	438.0																																																																																																																																	


Mario S. CONTRERAS VILLANO
TÉCNICO LABORATORISTA


Ing. Leidy Villanueva Albal
CIP. 78839

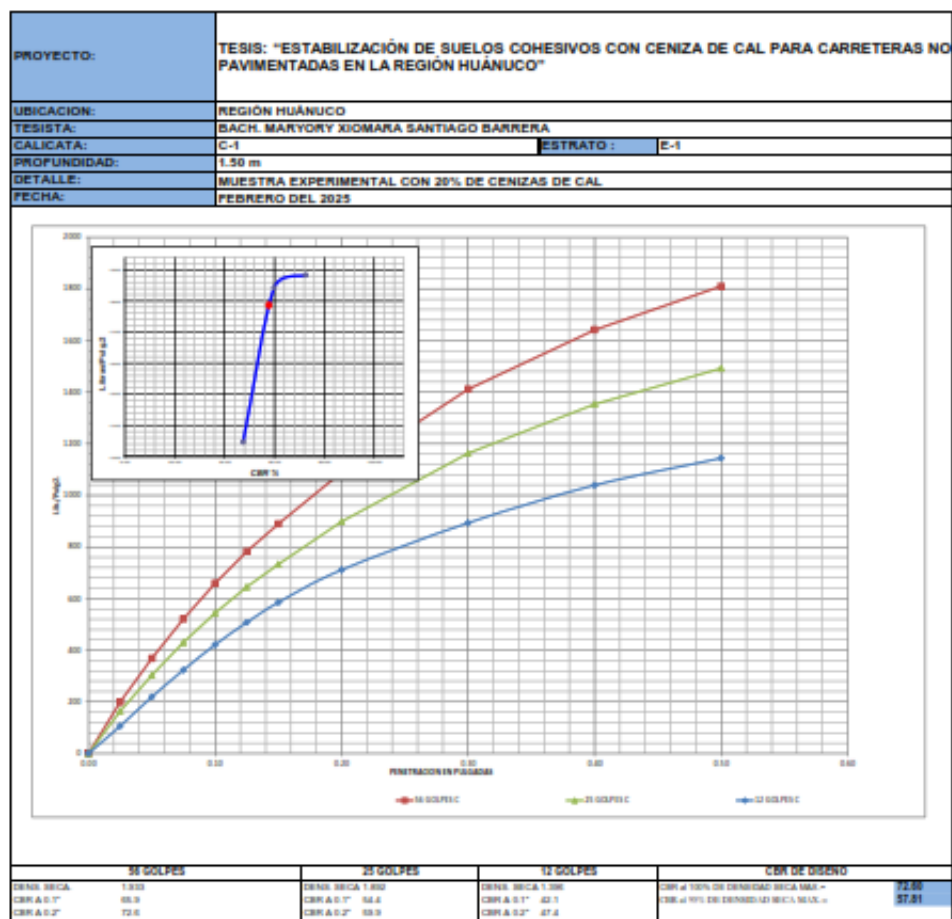
URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANOUCO / CEL: MOVISTAR:
920093390




 Mario S. Barrera
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leobardo Villanueva Abad
 CAP. 79839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANOUCO / CEL: MOVISTAR:
920093390




 MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA
 TECNICO LABORATORISTA


 Ing. Leidy Vilaverde Alvarado
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"		
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. MARYORY XOMARA SANTIAGO BARRERA		
CALICATA:	C-1	PROGRESIVA:	16+460
ESTRATO:	E-1	ESPESOR DEL ESTRATO:	1.50 m
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 30% DE CENIZAS DE CAL		
FECHA:	FEBRERO DEL 2025		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

N° DE GOLPES	34	22	13
Suelo Húmedo + Tarro	27.35	30.72	26.42
Suelo seco + Tarro	23.14	25.41	22.04
Peso de Tarro	11.43	11.42	11.09
Peso del Agua	4.21	5.31	4.38
Peso de Suelo Seco	11.70	13.99	10.95
HUMEDAD %	35.97	37.98	40.04

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02
Suelo Húmedo + Tarro	18.20	17.81
Suelo seco + Tarro	16.65	16.30
Peso de Tarro	11.13	11.07
Peso del Agua	1.55	1.52
Peso de Suelo Seco	5.52	5.22
HUMEDAD %	28.13	29.01

DETALLE	RESULTADOS	
Límite líquido LL	37.33	%
Límite plástico LP	28.57	%
Índice plasticidad IP	8.76	%

CURVA DE FLUIDEZ



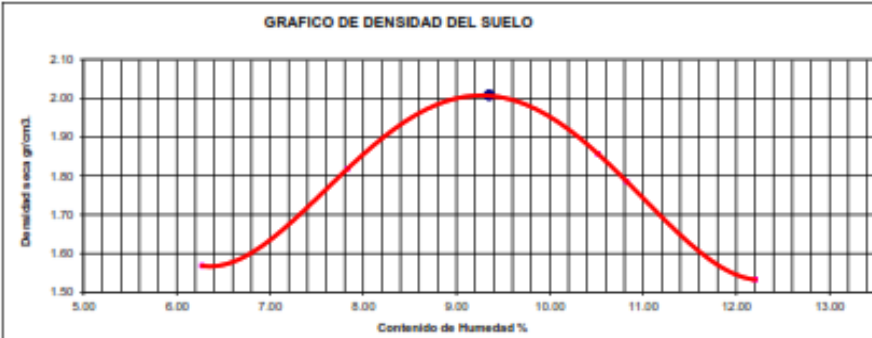

MARIO SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA


 **Ing. Leónidas Villanueva Abad**
 CIP. 78838

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO						
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA						
PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"					
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO					
TESISTA:	BACH. MARYORY XIDMARA SANTIAGO BARRERA					
CALICATA:	C-1	ESTRATO :		E-1		
PROFUNDIDAD:	1.50 m					
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 30% DE CENIZAS DE CAL					
FECHA:	FEBRERO DEL 2025					
PESO MUESTRA HUMEDA * MOLDE	gr.	3263	10182	10372	10219	9674
PESO DEL MOLDE	gr.	8005.00	8005.00	8005.00	8005.00	8005.00
PESO MUESTRA HUMEDA	gr.	3487.84	4116.85	4306.57	4153.83	3868.52
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3.	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	3291.22	3817.77	3896.74	3747.96	3216.02
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm3.	1.67	1.96	2.05	1.98	1.72
N° DE TARA		1	2	3	4	5
DETERMINACIÓN		HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD
PESO MUEST. HUMEDA * TARA	gr.	310.8	396.3	356.9	350.7	354.9
PESO MUESTRA SECA * TARA	gr.	292.5	387.5	322.9	316.4	316.3
PESO DE LA TARA	gr.	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr.	18.34	28.79	33.96	34.25	38.61
PESO MUESTRA SECA	gr.	292.48	387.54	322.89	316.45	316.33
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	6.27	7.83	10.52	10.82	12.30
DENSIDAD SECA	gr/cm3.	1.57	1.82	1.86	1.79	1.53

GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO



Densidad Máxima Seca:	2.006 gr/cm3.
Humedad Optima:	9.35 %
Densidad Máxima húmeda:	2.196 gr/cm3.


Mario Sotomayor
TÉCNICO LABORATORISTA

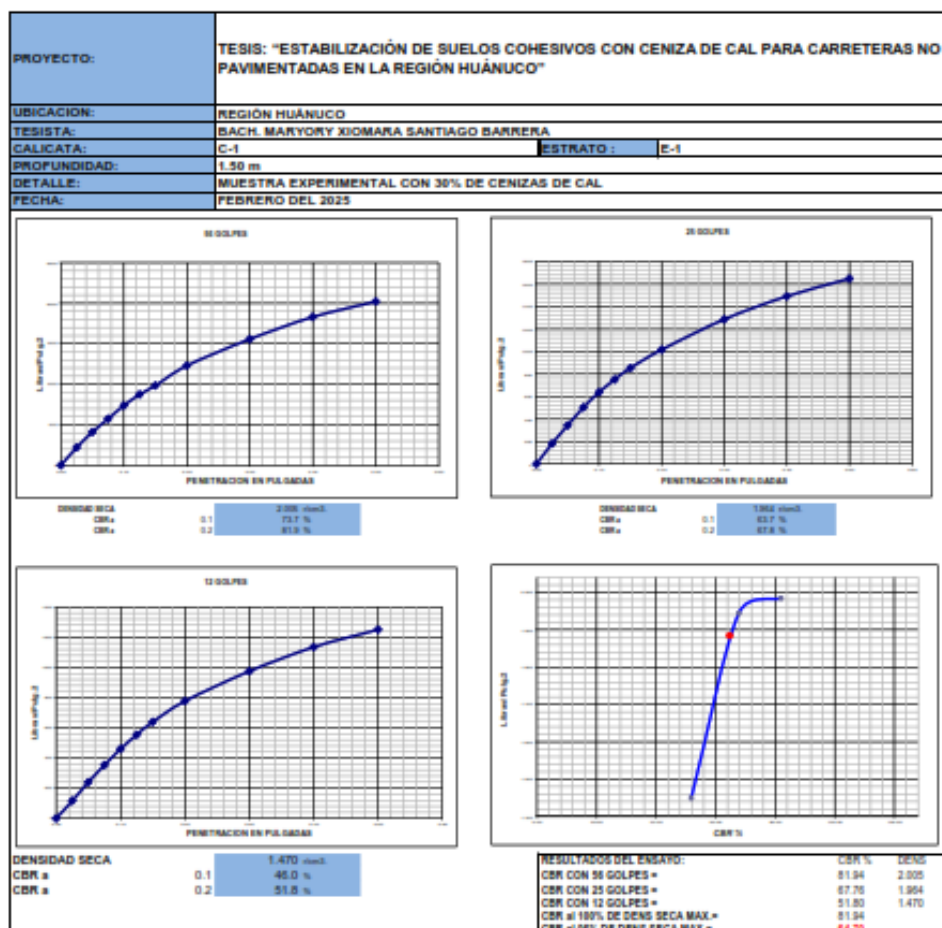

Ing. Leinides Villanueva
CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANOUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"																																																																																																																																																																																	
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO																																																																																																																																																																																	
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA																																																																																																																																																																																	
CALICATA:	C-1ESTRATO :E-1																																																																																																																																																																																	
PROFUNDIDAD:	1.50 m																																																																																																																																																																																	
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 30% DE CENIZAS DE CAL																																																																																																																																																																																	
FECHA:	FEBRERO DEL 2025																																																																																																																																																																																	
MOLDE:	7				8				9																																																																																																																																																																									
N. GOLPES:	56				25				12																																																																																																																																																																									
CONDICION	EN HUMEDAD		SECA		EN HUMEDAD		SECA		EN HUMEDAD		SECA																																																																																																																																																																							
Peso del molde + suelo humedo	10543		10555		12124		12551		8957		10128																																																																																																																																																																							
Peso del molde	6074		6074		7533		7533		6506		6506																																																																																																																																																																							
Peso del suelo humedo	4769		4781		4591		5018		3451		3622																																																																																																																																																																							
Volumen del molde	2157		2157		2119		2119		2135		2135																																																																																																																																																																							
Densidad humeda	2.21		2.22		2.17		2.37		1.62		1.70																																																																																																																																																																							
Humedad	9.34%				9.35%				9.35%																																																																																																																																																																									
Densidad seca	2.009				2.062				1.670																																																																																																																																																																									
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																																																																																																						
Peso tara + suelo humedo	389.8	389.1			342.7	322.2			305.6	321.7																																																																																																																																																																								
Peso tara + suelo seco	336.2	340.5			313.5	295.2			297.8	303.3																																																																																																																																																																								
Peso del agua	31.66	32.60	0.00	0.00	29.25	27.70	0.00	0.00	27.86	28.46	0.00	0.00																																																																																																																																																																						
Peso de los solidos	336.20	349.55	0.00	0.00	313.50	295.25	0.00	0.00	297.80	303.30	0.00	0.00																																																																																																																																																																						
Humedad	9.34	9.33			9.31	9.38			9.34	9.36																																																																																																																																																																								
Humedad	9.34%				9.35%				9.35%																																																																																																																																																																									
<table><tr><th rowspan="2">FECHA</th><th rowspan="2">HORA</th><th rowspan="2">TEMPO</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th></tr><tr><th>mm</th><th>%</th><th>mm</th><th>%</th><th>mm</th><th>%</th></tr><tr><td>09/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>10/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>24</td><td>12</td><td>0.12</td><td>0.10</td><td>18</td><td>0.18</td><td>0.15</td><td>24</td><td>0.24</td><td>0.21</td></tr><tr><td>11/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>48</td><td>18</td><td>0.18</td><td>0.14</td><td>21</td><td>0.21</td><td>0.18</td><td>30</td><td>0.30</td><td>0.48</td></tr><tr><td>12/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>72</td><td>21</td><td>0.21</td><td>0.18</td><td>28</td><td>0.28</td><td>0.25</td><td>71</td><td>0.71</td><td>0.64</td></tr><tr><td>13/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>96</td><td>29</td><td>0.29</td><td>0.25</td><td>34</td><td>0.34</td><td>0.29</td><td>85</td><td>0.85</td><td>0.73</td></tr></table>													FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		mm	%	mm	%	mm	%	09/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	10/02/2025	08:00 p.m.	24	12	0.12	0.10	18	0.18	0.15	24	0.24	0.21	11/02/2025	08:00 p.m.	48	18	0.18	0.14	21	0.21	0.18	30	0.30	0.48	12/02/2025	08:00 p.m.	72	21	0.21	0.18	28	0.28	0.25	71	0.71	0.64	13/02/2025	08:00 p.m.	96	29	0.29	0.25	34	0.34	0.29	85	0.85	0.73																																																																																								
FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION																																																																																																																																																																								
				mm	%		mm	%		mm	%																																																																																																																																																																							
09/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00																																																																																																																																																																							
10/02/2025	08:00 p.m.	24	12	0.12	0.10	18	0.18	0.15	24	0.24	0.21																																																																																																																																																																							
11/02/2025	08:00 p.m.	48	18	0.18	0.14	21	0.21	0.18	30	0.30	0.48																																																																																																																																																																							
12/02/2025	08:00 p.m.	72	21	0.21	0.18	28	0.28	0.25	71	0.71	0.64																																																																																																																																																																							
13/02/2025	08:00 p.m.	96	29	0.29	0.25	34	0.34	0.29	85	0.85	0.73																																																																																																																																																																							
<table><tr><th rowspan="2">PENETR. PULG.</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="4">MUESTRA N° 01</th><th colspan="4">MUESTRA N° 02</th><th colspan="4">MUESTRA N° 03</th></tr><tr><th>LIBRAS</th><th>kg</th><th>LIBRAS</th><th>kg</th><th>LIBRAS</th><th>kg</th><th>LIBRAS</th><th>kg</th><th>LIBRAS</th><th>kg</th><th>LIBRAS</th><th>kg</th></tr><tr><td>0.00</td><td>0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0.02</td><td>85</td><td>105.3</td><td>47.8</td><td>117.0</td><td>53</td><td>121.8</td><td>55.6</td><td>131.0</td><td>59</td><td>137.2</td><td>61.7</td><td>146.0</td><td>66.3</td></tr><tr><td>0.05</td><td>122</td><td>152.1</td><td>69.1</td><td>169.0</td><td>76.5</td><td>180.6</td><td>82.3</td><td>188.0</td><td>85</td><td>216.9</td><td>98.4</td><td>235.0</td><td>106.6</td></tr><tr><td>0.08</td><td>171</td><td>209.6</td><td>95.0</td><td>216.0</td><td>98</td><td>238.5</td><td>108.2</td><td>259.0</td><td>117</td><td>287.9</td><td>130.6</td><td>319.0</td><td>144.3</td></tr><tr><td>0.10</td><td>220</td><td>255.6</td><td>116.3</td><td>271.0</td><td>123</td><td>293.6</td><td>133.3</td><td>317.0</td><td>142</td><td>356.6</td><td>161.8</td><td>395.0</td><td>179.1</td></tr><tr><td>0.15</td><td>281</td><td>326.1</td><td>148.0</td><td>376.0</td><td>170</td><td>423.6</td><td>192.3</td><td>456.0</td><td>207</td><td>506.6</td><td>229.8</td><td>565.0</td><td>256.3</td></tr><tr><td>0.18</td><td>304</td><td>349.6</td><td>158.5</td><td>405.0</td><td>184</td><td>456.6</td><td>207.3</td><td>505.0</td><td>229</td><td>567.0</td><td>257.0</td><td>625.0</td><td>283.5</td></tr><tr><td>0.20</td><td>327</td><td>367.6</td><td>166.8</td><td>435.0</td><td>197</td><td>486.6</td><td>220.8</td><td>534.0</td><td>242</td><td>606.6</td><td>275.3</td><td>675.0</td><td>306.2</td></tr><tr><td>0.30</td><td>465</td><td>507.6</td><td>230.3</td><td>597.0</td><td>271</td><td>667.6</td><td>303.3</td><td>736.0</td><td>334</td><td>805.6</td><td>365.8</td><td>895.0</td><td>406.0</td></tr><tr><td>0.40</td><td>617</td><td>696.6</td><td>316.0</td><td>795.0</td><td>359</td><td>885.6</td><td>400.8</td><td>1015.0</td><td>460</td><td>1086.6</td><td>492.8</td><td>1215.0</td><td>553.5</td></tr></table>													PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01				MUESTRA N° 02				MUESTRA N° 03				LIBRAS	kg	LIBRAS	kg	LIBRAS	kg	LIBRAS	kg	LIBRAS	kg	LIBRAS	kg	0.00	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0	0.02	85	105.3	47.8	117.0	53	121.8	55.6	131.0	59	137.2	61.7	146.0	66.3	0.05	122	152.1	69.1	169.0	76.5	180.6	82.3	188.0	85	216.9	98.4	235.0	106.6	0.08	171	209.6	95.0	216.0	98	238.5	108.2	259.0	117	287.9	130.6	319.0	144.3	0.10	220	255.6	116.3	271.0	123	293.6	133.3	317.0	142	356.6	161.8	395.0	179.1	0.15	281	326.1	148.0	376.0	170	423.6	192.3	456.0	207	506.6	229.8	565.0	256.3	0.18	304	349.6	158.5	405.0	184	456.6	207.3	505.0	229	567.0	257.0	625.0	283.5	0.20	327	367.6	166.8	435.0	197	486.6	220.8	534.0	242	606.6	275.3	675.0	306.2	0.30	465	507.6	230.3	597.0	271	667.6	303.3	736.0	334	805.6	365.8	895.0	406.0	0.40	617	696.6	316.0	795.0	359	885.6	400.8	1015.0	460	1086.6	492.8	1215.0	553.5
PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01				MUESTRA N° 02				MUESTRA N° 03																																																																																																																																																																								
		LIBRAS	kg	LIBRAS	kg	LIBRAS	kg	LIBRAS	kg	LIBRAS	kg	LIBRAS	kg																																																																																																																																																																					
0.00	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0																																																																																																																																																																					
0.02	85	105.3	47.8	117.0	53	121.8	55.6	131.0	59	137.2	61.7	146.0	66.3																																																																																																																																																																					
0.05	122	152.1	69.1	169.0	76.5	180.6	82.3	188.0	85	216.9	98.4	235.0	106.6																																																																																																																																																																					
0.08	171	209.6	95.0	216.0	98	238.5	108.2	259.0	117	287.9	130.6	319.0	144.3																																																																																																																																																																					
0.10	220	255.6	116.3	271.0	123	293.6	133.3	317.0	142	356.6	161.8	395.0	179.1																																																																																																																																																																					
0.15	281	326.1	148.0	376.0	170	423.6	192.3	456.0	207	506.6	229.8	565.0	256.3																																																																																																																																																																					
0.18	304	349.6	158.5	405.0	184	456.6	207.3	505.0	229	567.0	257.0	625.0	283.5																																																																																																																																																																					
0.20	327	367.6	166.8	435.0	197	486.6	220.8	534.0	242	606.6	275.3	675.0	306.2																																																																																																																																																																					
0.30	465	507.6	230.3	597.0	271	667.6	303.3	736.0	334	805.6	365.8	895.0	406.0																																																																																																																																																																					
0.40	617	696.6	316.0	795.0	359	885.6	400.8	1015.0	460	1086.6	492.8	1215.0	553.5																																																																																																																																																																					

Mario S. SANCHEZ
MARIO SANCHEZ SANCHEZ
TÉCNICO LABORATORISTA

Ang. Leinier Villanueva Alai
Ang. Leinier Villanueva Alai
CIP. 78830



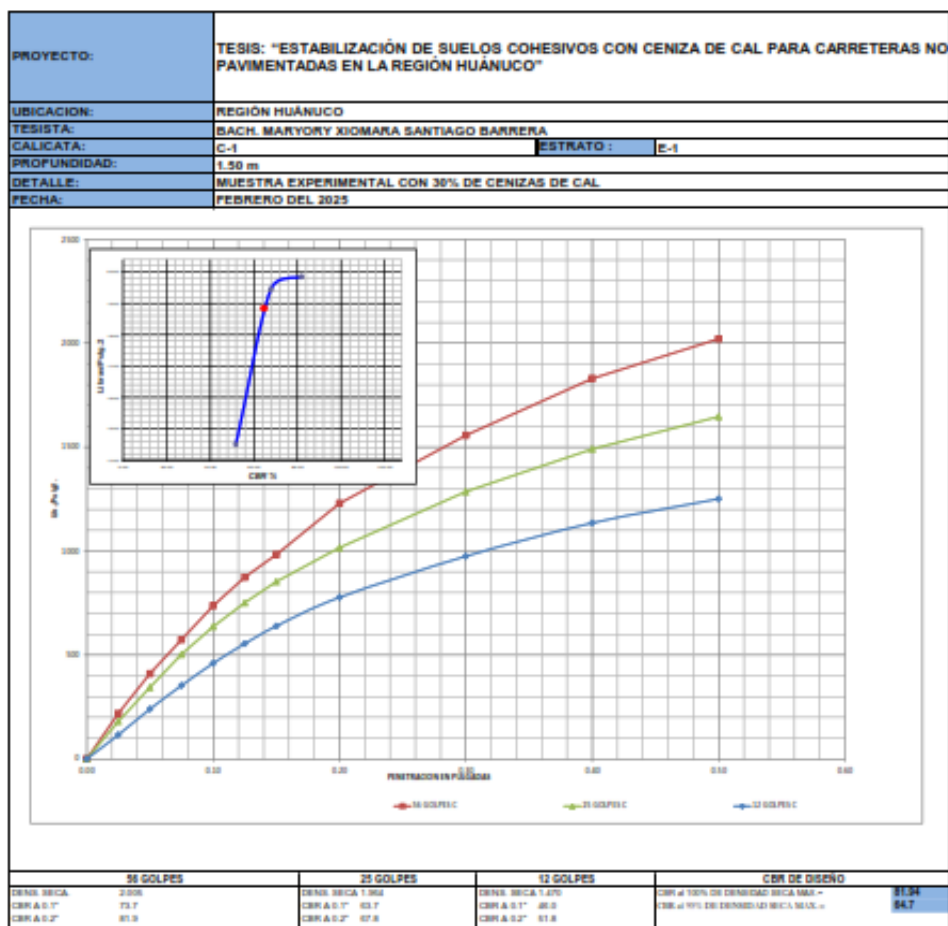

 MARIO S. S. S.
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leidy Vilaverde Alaj
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
920093390



INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION



Mario S. Camacho Naranjo
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leónidas Villanueva Albal
 CIP. 79839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"		
UBICACIÓN:	REGION HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA		
CALICATA:	C-2	PROGRESIVA:	17+528
ESTRATO:	E-1	ESPEJOR DEL ESTRATO:	1.50 m
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 10% DE CENIZAS DE CAL		
FECHA:	FEBRERO DEL 2025		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 433

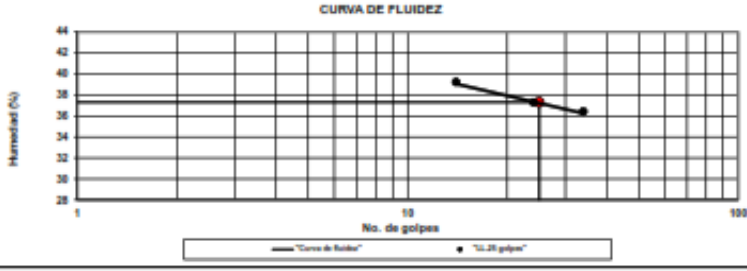
N° DE GOLPES	34	24	14
Suelo Húmedo + Tarro	28.42	27.74	29.37
Suelo seco + Tarro	23.87	23.23	24.28
Peso de Tarro	11.38	11.15	11.31
Peso del Agua	4.55	4.51	5.09
Peso de Suelo Seco	12.49	12.09	12.97
HUMEDAD %	36.42	37.29	39.23

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02
Suelo Húmedo + Tarro	18.52	18.25
Suelo seco + Tarro	16.92	16.72
Peso de Tarro	11.08	11.05
Peso del Agua	1.60	1.53
Peso de Suelo Seco	5.84	5.67
HUMEDAD %	27.32	26.96

DETALLE	RESULTADOS	
Límite líquido LL	37.31	%
Límite plástico LP	27.14	%
Índice plasticidad IP	10.17	%

CURVA DE FLUIDEZ



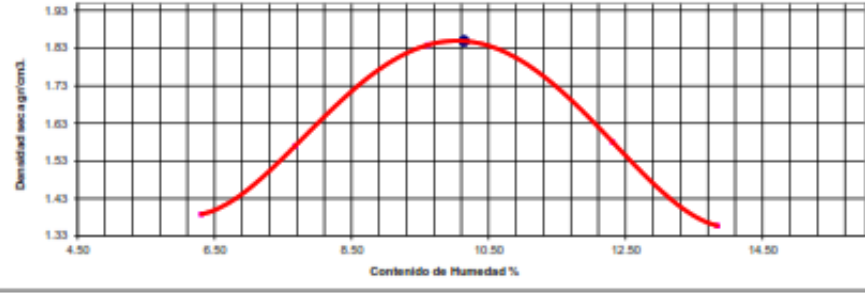

 Mario S. Castillo
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leivis Villanueva Abad
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
920093390

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA						
PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"					
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO					
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA					
CALICATA:	C-2	ESTRATO:			E-1	
PROFUNDIDAD:	1.50 m					
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 10% DE CENIZAS DE CAL					
FECHA:	FEBRERO DEL 2025					
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	gr.	9163	8615	16294	9789	8319
PESO DEL MOLDE	gr.	8052.08	8052.08	8052.08	8052.08	8052.08
PESO MUESTRA HUMEDA	gr.	2098.31	2059.44	4228.24	3724.18	3244.88
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	2914.58	3297.28	3858.60	3315.84	2856.22
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.48	1.69	2.01	1.77	1.55
N° DE TARA		1	2	3	4	5
DETERMINACIÓN		HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD
PESO MUEST. HUMEDA + TARA	gr.	394.4	372.2	381.8	382.7	382.5
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	361.8	345.6	348.3	346.7	344.8
PESO DE LA TARA	gr.	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr.	22.88	26.84	33.47	41.88	47.71
PESO MUESTRA SECA	gr.	384.82	345.64	346.34	348.72	344.83
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	6.30	7.68	9.61	12.31	13.84
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.39	1.57	1.84	1.58	1.36

GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO



Densidad Máxima Seca:	1.849	gr/cm ³
Humedad Óptima:	10.14	%
Densidad Máxima húmeda:	2.036	gr/cm ³

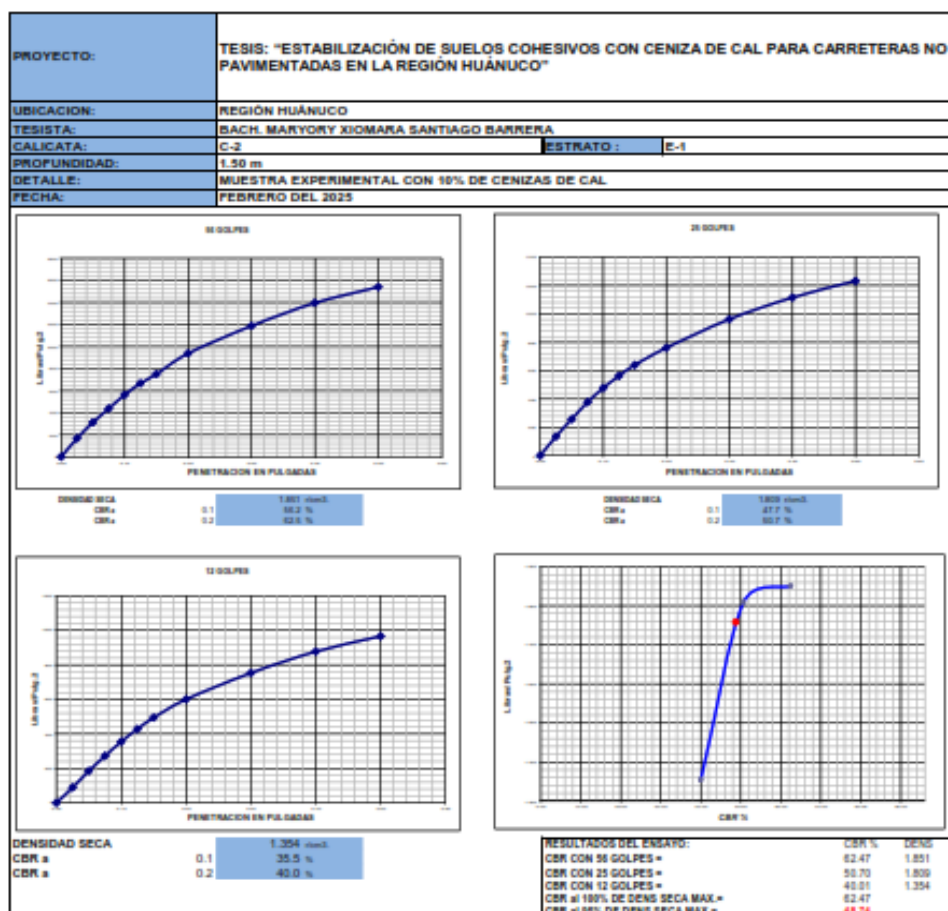

 Mario S. Castillo N. 1010
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leidy Vilaverde Albal
 CIP. 78828

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"																																																																																																																																																													
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO																																																																																																																																																													
TESISTA:	BACH. MARYORY XIMARA SANTIAGO BARRERA																																																																																																																																																													
CALICATA:	C-2			ESTRATO :			E-1																																																																																																																																																							
PROFUNDIDAD:	1.50 m																																																																																																																																																													
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 10% DE CENIZAS DE CAL																																																																																																																																																													
FECHA:	FEBRERO DEL 2025																																																																																																																																																													
MOLDE:	4				5				6																																																																																																																																																					
N. GOLPES:	56				25				12																																																																																																																																																					
CONDICION	EN SUBSIDIO		SUBSIDIO		EN SUBSIDIO		SUBSIDIO		EN SUBSIDIO		SUBSIDIO																																																																																																																																																			
Peso del molde + suelo humedo	10453		10205		10480		10721		10223		10118																																																																																																																																																			
Peso del molde	6096		6096		6227		6227		6339		6339																																																																																																																																																			
Peso del suelo humedo	4357		4109		4253		4494		3884		3779																																																																																																																																																			
Volumen del molde	2120		2120		2113		2113		2113		2113																																																																																																																																																			
Densidad humeda	2.06		2.27		2.01		2.13		1.91		1.85																																																																																																																																																			
Humedad	10.13%				10.13%				10.13%																																																																																																																																																					
Densidad seca	1.901				1.901				1.901																																																																																																																																																					
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																																																																																		
Peso tara + suelo humedo	346.6	356.9			355.2	341.9			355.9	363.4																																																																																																																																																				
Peso tara + suelo seco	314.9	325.6			322.5	310.5			320.4	330.5																																																																																																																																																				
Peso del agua	31.65	31.30	0.00	0.00	32.70	31.40	0.00	0.00	35.50	32.90	0.00	0.00																																																																																																																																																		
Peso de los solidos	314.90	325.80	0.00	0.00	322.50	310.50	0.00	0.00	320.40	330.00	0.00	0.00																																																																																																																																																		
humedad	10.13	10.16			10.14	10.11			10.13	10.12																																																																																																																																																				
Humedad	10.14%				10.13%				10.13%																																																																																																																																																					
<table><tr><th>FECHA</th><th>HORA</th><th>TEMPO</th><th>LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th>LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th>LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>mm</td><td>%</td><td></td><td>mm</td><td>%</td><td></td><td>mm</td><td>%</td></tr><tr><td>13/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>14/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>24</td><td>17</td><td>0.12</td><td>0.10</td><td>18</td><td>0.18</td><td>0.15</td><td>24</td><td>0.24</td><td>0.21</td></tr><tr><td>15/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>48</td><td>36</td><td>0.18</td><td>0.14</td><td>31</td><td>0.21</td><td>0.16</td><td>50</td><td>0.50</td><td>0.48</td></tr><tr><td>16/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>72</td><td>21</td><td>0.21</td><td>0.16</td><td>29</td><td>0.29</td><td>0.25</td><td>74</td><td>0.74</td><td>0.64</td></tr><tr><td>17/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>96</td><td>29</td><td>0.29</td><td>0.25</td><td>34</td><td>0.34</td><td>0.29</td><td>85</td><td>0.85</td><td>0.73</td></tr></table>													FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION						mm	%		mm	%		mm	%	13/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	14/02/2025	08:00 p.m.	24	17	0.12	0.10	18	0.18	0.15	24	0.24	0.21	15/02/2025	08:00 p.m.	48	36	0.18	0.14	31	0.21	0.16	50	0.50	0.48	16/02/2025	08:00 p.m.	72	21	0.21	0.16	29	0.29	0.25	74	0.74	0.64	17/02/2025	08:00 p.m.	96	29	0.29	0.25	34	0.34	0.29	85	0.85	0.73																																																														
FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION																																																																																																																																																				
				mm	%		mm	%		mm	%																																																																																																																																																			
13/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00																																																																																																																																																			
14/02/2025	08:00 p.m.	24	17	0.12	0.10	18	0.18	0.15	24	0.24	0.21																																																																																																																																																			
15/02/2025	08:00 p.m.	48	36	0.18	0.14	31	0.21	0.16	50	0.50	0.48																																																																																																																																																			
16/02/2025	08:00 p.m.	72	21	0.21	0.16	29	0.29	0.25	74	0.74	0.64																																																																																																																																																			
17/02/2025	08:00 p.m.	96	29	0.29	0.25	34	0.34	0.29	85	0.85	0.73																																																																																																																																																			
<table><tr><th rowspan="2">PUNTE PULG.</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">MUESTRA N° 01</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">MUESTRA N° 02</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">MUESTRA N° 03</th></tr><tr><th>LIBRAS</th><th>lb/Pulg.2</th><th>LIBRAS</th><th>lb/Pulg.2</th><th>LIBRAS</th><th>lb/Pulg.2</th></tr><tr><td>0.00</td><td>0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr><tr><td>0.03</td><td>30</td><td>699.6</td><td>146.0</td><td>147.0</td><td>40</td><td>897.6</td><td>171.3</td><td>171.0</td><td>27</td><td>245.2</td><td>49.4</td></tr><tr><td>0.06</td><td>60</td><td>1399.2</td><td>292.0</td><td>292.0</td><td>77</td><td>1795.2</td><td>342.6</td><td>342.0</td><td>55</td><td>490.5</td><td>98.8</td></tr><tr><td>0.09</td><td>90</td><td>2098.8</td><td>438.0</td><td>437.0</td><td>112</td><td>2596.8</td><td>513.9</td><td>513.0</td><td>91</td><td>835.7</td><td>167.2</td></tr><tr><td>0.10</td><td>108</td><td>2638.4</td><td>540.0</td><td>539.0</td><td>142</td><td>3196.8</td><td>647.6</td><td>647.0</td><td>100</td><td>900.0</td><td>180.0</td></tr><tr><td>0.13</td><td>138</td><td>3598.8</td><td>720.0</td><td>719.0</td><td>188</td><td>4238.4</td><td>861.9</td><td>861.0</td><td>138</td><td>1231.8</td><td>246.4</td></tr><tr><td>0.16</td><td>168</td><td>4559.2</td><td>910.0</td><td>909.0</td><td>235</td><td>5279.2</td><td>1076.5</td><td>1076.0</td><td>167</td><td>1500.7</td><td>300.1</td></tr><tr><td>0.20</td><td>204</td><td>5638.8</td><td>1154.0</td><td>1153.0</td><td>277</td><td>6319.2</td><td>1294.8</td><td>1294.0</td><td>179</td><td>1800.9</td><td>360.2</td></tr><tr><td>0.20</td><td>204</td><td>5638.4</td><td>1154.0</td><td>1153.0</td><td>287</td><td>6460.8</td><td>1334.0</td><td>1334.0</td><td>179</td><td>1800.9</td><td>360.2</td></tr><tr><td>0.40</td><td>417</td><td>11276.8</td><td>2308.0</td><td>2307.0</td><td>573</td><td>12719.2</td><td>2553.8</td><td>2553.0</td><td>358</td><td>3601.8</td><td>720.4</td></tr><tr><td>0.50</td><td>505</td><td>14096.0</td><td>2819.0</td><td>2818.0</td><td>705</td><td>15679.2</td><td>3135.8</td><td>3135.0</td><td>459</td><td>4067.9</td><td>813.6</td></tr></table>													PUNTE PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01		LECTURA DIAL	MUESTRA N° 02		LECTURA DIAL	MUESTRA N° 03		LIBRAS	lb/Pulg.2	LIBRAS	lb/Pulg.2	LIBRAS	lb/Pulg.2	0.00	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.03	30	699.6	146.0	147.0	40	897.6	171.3	171.0	27	245.2	49.4	0.06	60	1399.2	292.0	292.0	77	1795.2	342.6	342.0	55	490.5	98.8	0.09	90	2098.8	438.0	437.0	112	2596.8	513.9	513.0	91	835.7	167.2	0.10	108	2638.4	540.0	539.0	142	3196.8	647.6	647.0	100	900.0	180.0	0.13	138	3598.8	720.0	719.0	188	4238.4	861.9	861.0	138	1231.8	246.4	0.16	168	4559.2	910.0	909.0	235	5279.2	1076.5	1076.0	167	1500.7	300.1	0.20	204	5638.8	1154.0	1153.0	277	6319.2	1294.8	1294.0	179	1800.9	360.2	0.20	204	5638.4	1154.0	1153.0	287	6460.8	1334.0	1334.0	179	1800.9	360.2	0.40	417	11276.8	2308.0	2307.0	573	12719.2	2553.8	2553.0	358	3601.8	720.4	0.50	505	14096.0	2819.0	2818.0	705	15679.2	3135.8	3135.0	459	4067.9	813.6
PUNTE PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01		LECTURA DIAL	MUESTRA N° 02		LECTURA DIAL	MUESTRA N° 03																																																																																																																																																						
		LIBRAS	lb/Pulg.2		LIBRAS	lb/Pulg.2		LIBRAS	lb/Pulg.2																																																																																																																																																					
0.00	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0																																																																																																																																																					
0.03	30	699.6	146.0	147.0	40	897.6	171.3	171.0	27	245.2	49.4																																																																																																																																																			
0.06	60	1399.2	292.0	292.0	77	1795.2	342.6	342.0	55	490.5	98.8																																																																																																																																																			
0.09	90	2098.8	438.0	437.0	112	2596.8	513.9	513.0	91	835.7	167.2																																																																																																																																																			
0.10	108	2638.4	540.0	539.0	142	3196.8	647.6	647.0	100	900.0	180.0																																																																																																																																																			
0.13	138	3598.8	720.0	719.0	188	4238.4	861.9	861.0	138	1231.8	246.4																																																																																																																																																			
0.16	168	4559.2	910.0	909.0	235	5279.2	1076.5	1076.0	167	1500.7	300.1																																																																																																																																																			
0.20	204	5638.8	1154.0	1153.0	277	6319.2	1294.8	1294.0	179	1800.9	360.2																																																																																																																																																			
0.20	204	5638.4	1154.0	1153.0	287	6460.8	1334.0	1334.0	179	1800.9	360.2																																																																																																																																																			
0.40	417	11276.8	2308.0	2307.0	573	12719.2	2553.8	2553.0	358	3601.8	720.4																																																																																																																																																			
0.50	505	14096.0	2819.0	2818.0	705	15679.2	3135.8	3135.0	459	4067.9	813.6																																																																																																																																																			

Maryory Ximara Santiago Barrera
MARTO SANCHEZ N. P. 10115
TÉCNICO LABORATORISTA

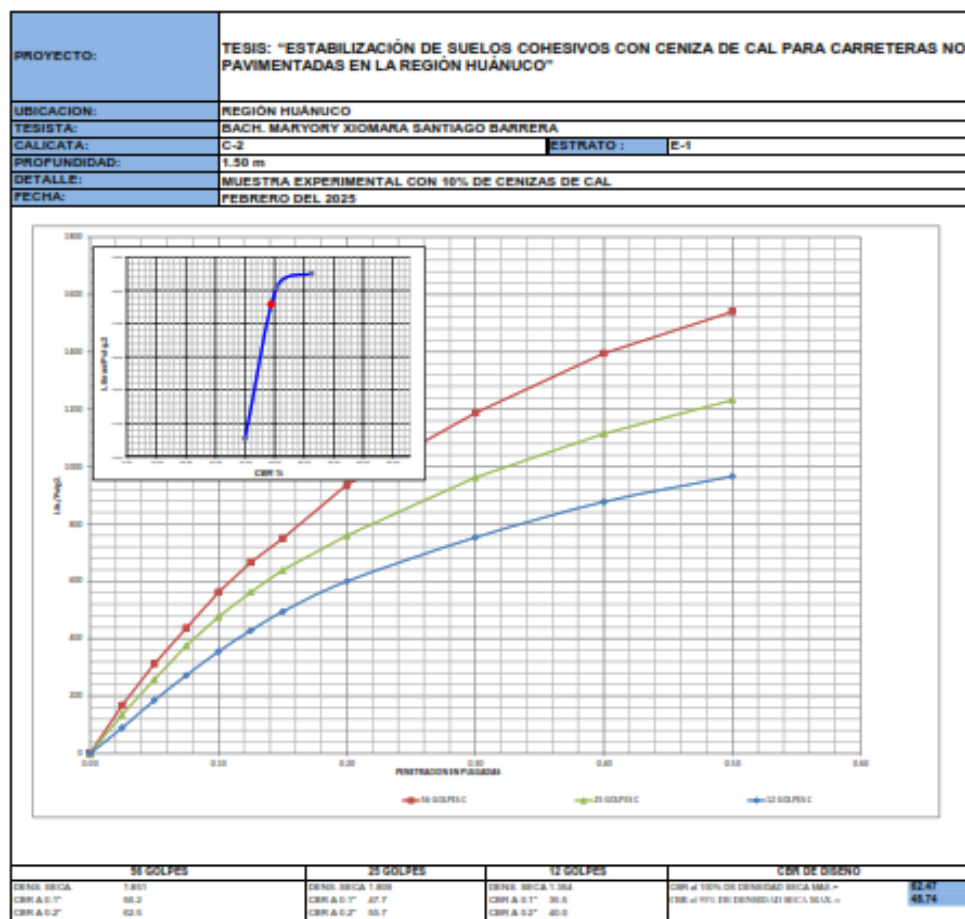
Ing. Leivides Villanueva Albal
CIP. 75839




 Mario S. Barrera
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leidy Vilanova
 CIP. 75839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390




Mario Santiago Barrera
 TÉCNICO LABORATORISTA


Ing. Leoberto Villanueva Albal
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRÉS MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"		
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. MARYORY XOMARA SANTIAGO BARRERA		
CALICATA:	C-2	PROGRESIVA:	17+520
ESTRATO:	E-1	ESPESOR DEL ESTRATO:	1.50 m
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 20% DE CENIZAS DE CAL		
FECHA:	FEBRERO DEL 2025		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

N° DE GOLPES	34	23	14
Suelo Húmedo + Tarro	25.95	25.60	27.79
Suelo seco + Tarro	22.06	21.67	23.09
Peso de Tarro	11.46	11.38	11.38
Peso del Agua	3.89	3.92	4.70
Peso de Suelo Seco	10.60	10.29	11.71
HUMEDAD %	36.72	38.11	40.13

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02
Suelo Húmedo + Tarro	17.77	18.25
Suelo seco + Tarro	16.33	16.65
Peso de Tarro	11.09	11.07
Peso del Agua	1.44	1.60
Peso de Suelo Seco	5.25	5.58
HUMEDAD %	27.45	28.75

DETALLE	RESULTADOS	
Limite líquido LL	37.86	%
Limite plástico LP	28.10	%
Índice plasticidad IP	9.76	%

CURVA DE FLUIDEZ




 Mario S. Cruz
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Levis Villegas Alai
 CIP. 75839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANOUCO / CEL: MOVISTAR:
920093390

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MAXIMA COMPACTADA						
PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"					
UBICACION:	REGION HUÁNUCO					
TESISTA:	BACH. MARYORY KIOMARA SANTIAGO BARRERA					
CALICATA:	C-2	ESTRATO:		E-1		
PROFUNDIDAD:	1.50 m					
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 20% DE CENIZAS DE CAL					
FECHA:	FEBRERO DEL 2025					
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	gr.	9300	9619	10118	9782	9417
PESO DEL MOLDE	gr.	8665.98	8665.98	8665.00	8665.98	8665.98
PESO MUESTRA HUMEDA	gr.	3234.67	3552.93	4052.59	3717.12	3351.87
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	3066.56	3336.64	3667.09	3336.34	2981.93
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.54	1.69	1.93	1.77	1.60
N° DE TARA						
DETERMINACION		1 HUMEDAD	2 HUMEDAD	3 HUMEDAD	4 HUMEDAD	5 HUMEDAD
PESO MUEST. HUMEDA + TARA	gr.	333.7	322.2	317.9	332.1	339.3
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	316.6	309.6	304.9	309.3	301.9
PESO DE LA TARA	gr.	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09
PESO DEL AGUA	gr.	17.14	19.61	32.67	33.94	37.45
PESO MUESTRA SECA	gr.	316.58	302.59	304.95	298.28	291.86
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.42	6.48	10.51	11.35	12.41
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.46	1.50	1.75	1.59	1.42

GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO



Densidad Máxima Seca:	1.893 gr/cm ³
Humedad Optima:	9.05 %
Densidad Máxima húmeda:	2.064 gr/cm ³


 MARYORY KIOMARA SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA

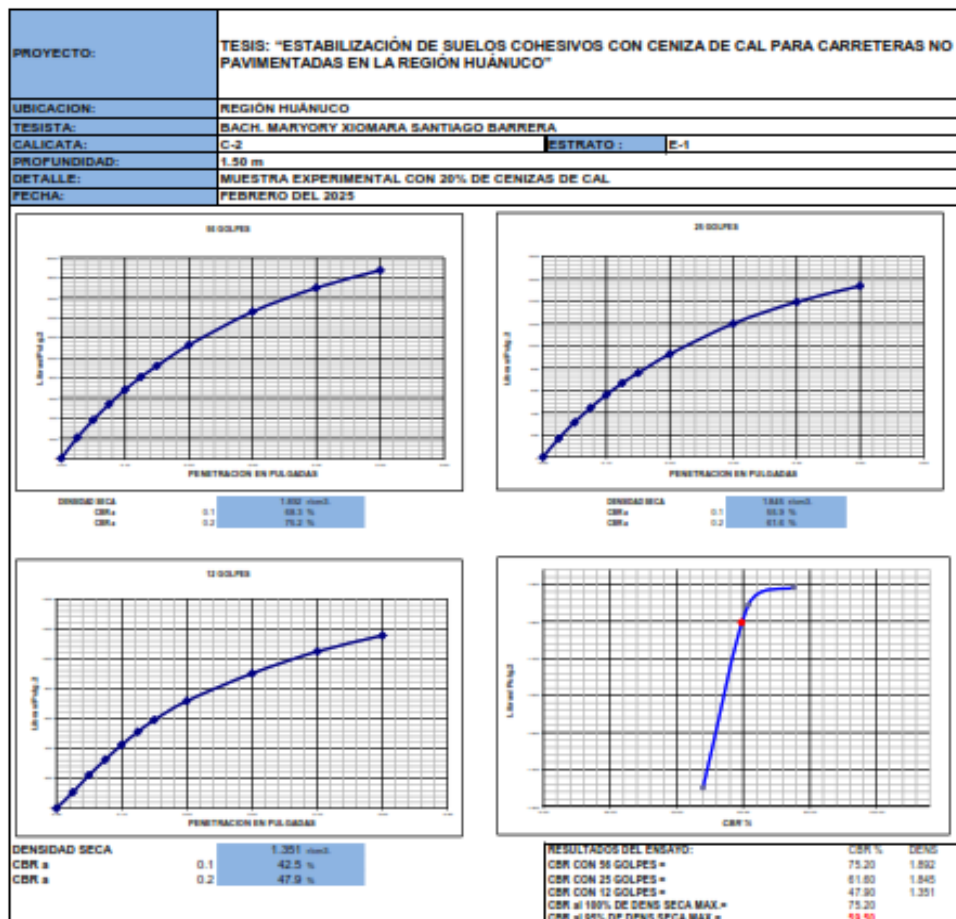

 Ing. Leónidas Villanueva Albal
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"																																																																																																																																																															
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO																																																																																																																																																															
TESISTA:	BACH. MARYORY XOMARA SANTIAGO BARRERA																																																																																																																																																															
CALICATA:	C-2				ESTRATO :				E-1																																																																																																																																																							
PROFUNDIDAD:	1.50 m																																																																																																																																																															
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 20% DE CENIZAS DE CAL																																																																																																																																																															
FECHA:	FEBRERO DEL 2025																																																																																																																																																															
MUESTRA:	13				14				15																																																																																																																																																							
N. GOLPES.	56				25				12																																																																																																																																																							
CONDICION	SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO																																																																																																																																																					
Peso del molde + suelo humedo	12179		12407		12059		12368		10916		11206																																																																																																																																																					
Peso del molde	7762		7762		7759		7759		7753		7753																																																																																																																																																					
Peso del suelo humedo	4417		4645		4300		4609		3163		3453																																																																																																																																																					
Volumen del suelo	2126		2126		2120		2120		2130		2130																																																																																																																																																					
Densidad humeda	2.08		2.19		2.03		2.17		1.48		1.62																																																																																																																																																					
Humedad																																																																																																																																																																
Densidad seca																																																																																																																																																																
IDENTIFICACION DE TARA																																																																																																																																																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																																																																																				
Peso tara + suelo humedo	358.1	354.7			344.8	374.9			358.2	329.4																																																																																																																																																						
Peso tara + suelo seco	355.1	334.5			316.2	343.9			328.5	302.1																																																																																																																																																						
Peso del agua	33.00	20.20	0.00	0.00	28.60	31.00	0.00	0.00	29.70	27.30	0.00	0.00																																																																																																																																																				
Peso de los solidos	365.10	334.50	0.00	0.00	316.20	343.90	0.00	0.00	328.50	302.10	0.00	0.00																																																																																																																																																				
humedad	9.04	6.03			9.04	9.01			9.04	9.04																																																																																																																																																						
Promedio de humedad	9.03%			9.03%			9.04%			9.04%																																																																																																																																																						
<table><tr><th rowspan="2">FECHA</th><th rowspan="2">HORA</th><th rowspan="2">TEMPO</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th></tr><tr><th>mm</th><th>%</th><th>mm</th><th>%</th><th>mm</th><th>%</th></tr><tr><td>13/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>14/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>24</td><td>12</td><td>0.12</td><td>0.10</td><td>18</td><td>0.18</td><td>0.15</td><td>24</td><td>0.24</td><td>0.21</td></tr><tr><td>15/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>48</td><td>36</td><td>0.16</td><td>0.14</td><td>21</td><td>0.21</td><td>0.18</td><td>36</td><td>0.36</td><td>0.34</td></tr><tr><td>16/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>72</td><td>21</td><td>0.21</td><td>0.18</td><td>20</td><td>0.20</td><td>0.20</td><td>74</td><td>0.74</td><td>0.64</td></tr><tr><td>17/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>96</td><td>22</td><td>0.22</td><td>0.20</td><td>24</td><td>0.24</td><td>0.20</td><td>84</td><td>0.84</td><td>0.73</td></tr></table>													FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		mm	%	mm	%	mm	%	13/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	14/02/2025	08:00 p.m.	24	12	0.12	0.10	18	0.18	0.15	24	0.24	0.21	15/02/2025	08:00 p.m.	48	36	0.16	0.14	21	0.21	0.18	36	0.36	0.34	16/02/2025	08:00 p.m.	72	21	0.21	0.18	20	0.20	0.20	74	0.74	0.64	17/02/2025	08:00 p.m.	96	22	0.22	0.20	24	0.24	0.20	84	0.84	0.73																																																																						
FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION																																																																																																																																																						
				mm	%		mm	%		mm	%																																																																																																																																																					
13/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00																																																																																																																																																					
14/02/2025	08:00 p.m.	24	12	0.12	0.10	18	0.18	0.15	24	0.24	0.21																																																																																																																																																					
15/02/2025	08:00 p.m.	48	36	0.16	0.14	21	0.21	0.18	36	0.36	0.34																																																																																																																																																					
16/02/2025	08:00 p.m.	72	21	0.21	0.18	20	0.20	0.20	74	0.74	0.64																																																																																																																																																					
17/02/2025	08:00 p.m.	96	22	0.22	0.20	24	0.24	0.20	84	0.84	0.73																																																																																																																																																					
<table><tr><th rowspan="2">PENETR. PULG.</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">MUESTRA N° 01</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">MUESTRA N° 02</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">MUESTRA N° 03</th></tr><tr><th>LIBRAS</th><th>LaPulg.2</th><th>LIBRAS</th><th>LaPulg.2</th><th>LIBRAS</th><th>LaPulg.2</th></tr><tr><td>0.00</td><td>0</td><td>80</td><td>9.6</td><td>0</td><td>0</td><td>80</td><td>9.6</td><td>0</td><td>0</td><td>80</td><td>9.6</td></tr><tr><td>0.03</td><td>32</td><td>107.6</td><td>12.91</td><td>106.9</td><td>11</td><td>107.6</td><td>12.91</td><td>107.9</td><td>12</td><td>108.9</td><td>13.07</td></tr><tr><td>0.05</td><td>114</td><td>1151.6</td><td>138.19</td><td>1161.9</td><td>33</td><td>1151.6</td><td>138.19</td><td>1152.9</td><td>36</td><td>1154.9</td><td>139.59</td></tr><tr><td>0.08</td><td>161</td><td>1120.9</td><td>134.51</td><td>1180.9</td><td>132</td><td>1127.9</td><td>135.34</td><td>1187.9</td><td>37</td><td>1173.9</td><td>140.26</td></tr><tr><td>0.10</td><td>204</td><td>1160.9</td><td>139.11</td><td>1181.9</td><td>167</td><td>1176.9</td><td>141.11</td><td>1190.9</td><td>127</td><td>1176.9</td><td>140.26</td></tr><tr><td>0.13</td><td>242</td><td>1186.9</td><td>142.21</td><td>1180.9</td><td>198</td><td>1196.9</td><td>143.64</td><td>1184.9</td><td>153</td><td>1196.9</td><td>143.64</td></tr><tr><td>0.15</td><td>275</td><td>1203.6</td><td>144.43</td><td>1211.9</td><td>225</td><td>1223.9</td><td>146.67</td><td>1199.9</td><td>177</td><td>1212.9</td><td>145.36</td></tr><tr><td>0.20</td><td>332</td><td>1269.9</td><td>154.71</td><td>1236.9</td><td>270</td><td>1279.9</td><td>154.39</td><td>1244.9</td><td>219</td><td>1269.9</td><td>154.71</td></tr><tr><td>0.30</td><td>437</td><td>1480.9</td><td>177.61</td><td>1364.9</td><td>355</td><td>1399.9</td><td>167.49</td><td>1377.9</td><td>283</td><td>1399.9</td><td>167.49</td></tr><tr><td>0.40</td><td>508</td><td>1696.9</td><td>203.63</td><td>1499.9</td><td>435</td><td>1576.9</td><td>194.57</td><td>1499.9</td><td>314</td><td>1586.9</td><td>185.83</td></tr><tr><td>0.50</td><td>590</td><td>1919.9</td><td>229.99</td><td>1673.9</td><td>492</td><td>1809.9</td><td>218.69</td><td>1673.9</td><td>345</td><td>1809.9</td><td>218.69</td></tr></table>													PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01		LECTURA DIAL	MUESTRA N° 02		LECTURA DIAL	MUESTRA N° 03		LIBRAS	LaPulg.2	LIBRAS	LaPulg.2	LIBRAS	LaPulg.2	0.00	0	80	9.6	0	0	80	9.6	0	0	80	9.6	0.03	32	107.6	12.91	106.9	11	107.6	12.91	107.9	12	108.9	13.07	0.05	114	1151.6	138.19	1161.9	33	1151.6	138.19	1152.9	36	1154.9	139.59	0.08	161	1120.9	134.51	1180.9	132	1127.9	135.34	1187.9	37	1173.9	140.26	0.10	204	1160.9	139.11	1181.9	167	1176.9	141.11	1190.9	127	1176.9	140.26	0.13	242	1186.9	142.21	1180.9	198	1196.9	143.64	1184.9	153	1196.9	143.64	0.15	275	1203.6	144.43	1211.9	225	1223.9	146.67	1199.9	177	1212.9	145.36	0.20	332	1269.9	154.71	1236.9	270	1279.9	154.39	1244.9	219	1269.9	154.71	0.30	437	1480.9	177.61	1364.9	355	1399.9	167.49	1377.9	283	1399.9	167.49	0.40	508	1696.9	203.63	1499.9	435	1576.9	194.57	1499.9	314	1586.9	185.83	0.50	590	1919.9	229.99	1673.9	492	1809.9	218.69	1673.9	345	1809.9	218.69
PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01		LECTURA DIAL	MUESTRA N° 02		LECTURA DIAL	MUESTRA N° 03																																																																																																																																																								
		LIBRAS	LaPulg.2		LIBRAS	LaPulg.2		LIBRAS	LaPulg.2																																																																																																																																																							
0.00	0	80	9.6	0	0	80	9.6	0	0	80	9.6																																																																																																																																																					
0.03	32	107.6	12.91	106.9	11	107.6	12.91	107.9	12	108.9	13.07																																																																																																																																																					
0.05	114	1151.6	138.19	1161.9	33	1151.6	138.19	1152.9	36	1154.9	139.59																																																																																																																																																					
0.08	161	1120.9	134.51	1180.9	132	1127.9	135.34	1187.9	37	1173.9	140.26																																																																																																																																																					
0.10	204	1160.9	139.11	1181.9	167	1176.9	141.11	1190.9	127	1176.9	140.26																																																																																																																																																					
0.13	242	1186.9	142.21	1180.9	198	1196.9	143.64	1184.9	153	1196.9	143.64																																																																																																																																																					
0.15	275	1203.6	144.43	1211.9	225	1223.9	146.67	1199.9	177	1212.9	145.36																																																																																																																																																					
0.20	332	1269.9	154.71	1236.9	270	1279.9	154.39	1244.9	219	1269.9	154.71																																																																																																																																																					
0.30	437	1480.9	177.61	1364.9	355	1399.9	167.49	1377.9	283	1399.9	167.49																																																																																																																																																					
0.40	508	1696.9	203.63	1499.9	435	1576.9	194.57	1499.9	314	1586.9	185.83																																																																																																																																																					
0.50	590	1919.9	229.99	1673.9	492	1809.9	218.69	1673.9	345	1809.9	218.69																																																																																																																																																					

[Firma]
MARIO S. SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA

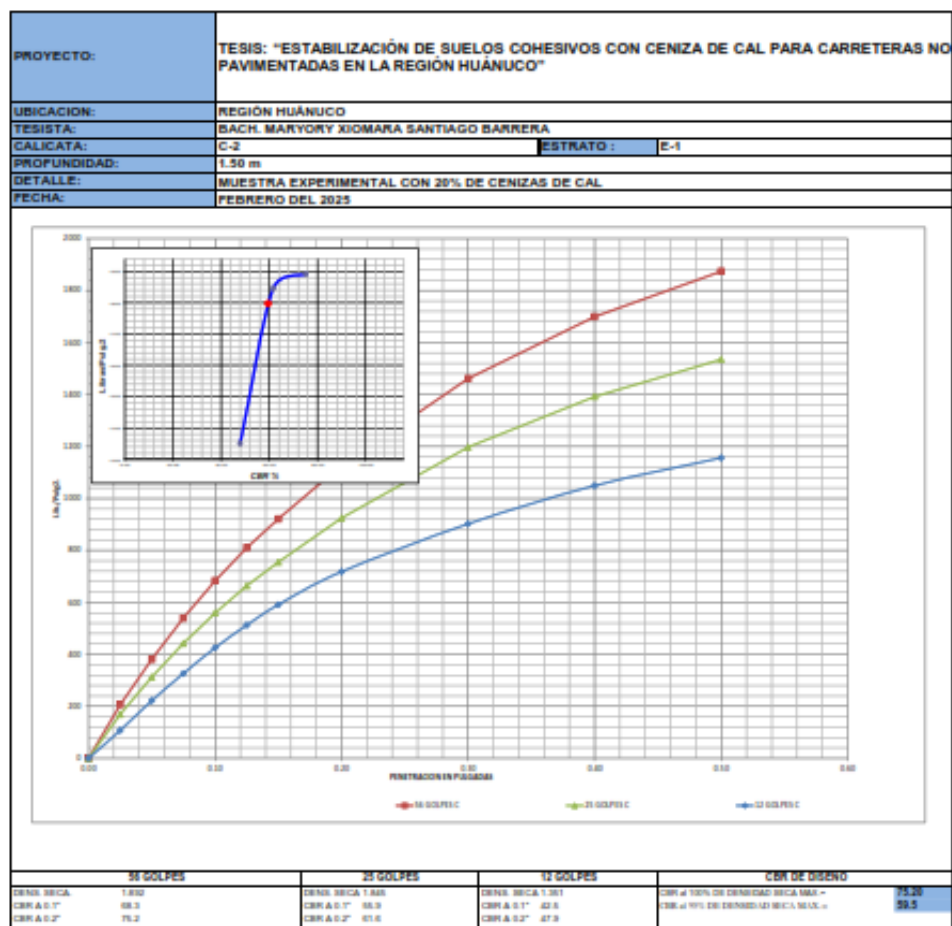
[Firma]
Ing. Leivier Villanueva Chai
 CIP. 75839




Mario Santiago
 TÉCNICO LABORATORISTA


Ing. Leoberto Villanueva Abad
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390




 MARIO SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leoberto Villanueva Albal
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGION HUANUCO"		
UBICACION:	REGION HUANUCO		
TESISTA:	SACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA		
CALICATA:	C-3	PROGRESIVA:	17+320
ESTRATO:	E-1	ESPEJOR DEL ESTRATO:	1.50 m
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 30% DE CENIZAS DE CAL		
FECHA:	FEBRERO DEL 2025		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

N° DE GOLPES	34	24	13
Suelo Húmedo + Tarro	27.40	30.75	26.45
Suelo seco + Tarro	23.10	25.39	22.01
Peso de Tarro	11.43	11.41	11.08
Peso del Agua	4.30	5.30	4.44
Peso de Suelo Seco	11.67	13.98	10.93
HUMEDAD %	36.87	38.36	40.63

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02
Suelo Húmedo + Tarro	18.23	17.85
Suelo seco + Tarro	16.62	16.26
Peso de Tarro	11.10	11.04
Peso del Agua	1.61	1.59
Peso de Suelo Seco	5.52	5.23
HUMEDAD %	29.14	30.41

DETALLE	RESULTADOS	
Límite líquido LL	38.12	%
Límite plástico LP	29.78	%
Índice plasticidad IP	8.34	%

CURVA DE FLUIDEZ




 MARTA SANCHEZ MORA
 TECNICO LABORATORISTA


 Ing. Leidy Villegas Alar
 CIP. 72839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MAXIMA COMPACTADA						
PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"					
UBICACION:	REGION HUÁNUCO					
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA					
CALCATA:	C-2	ESTRATO:			E-1	
PROFUNDIDAD:	1.50 m					
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 30% DE CENIZAS DE CAL					
FECHA:	FEBRERO DEL 2025					
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	gr.	3500	10054	10492	10029	9618
PESO DEL MOLDE	gr.	8055.00	8055.00	8055.00	8055.00	8055.00
PESO MUESTRA HUMEDA	gr.	3435.14	3998.83	4427.31	4034.10	3545.30
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	3296.84	3780.26	4154.43	3719.96	3236.69
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.64	1.90	2.11	1.92	1.69
H/ DE TARA		1	2	3	4	5
DETERMINACIÓN		HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD
PESO MUEST. HUMEDA + TARA	gr.	299.3	379.5	336.7	335.6	336.7
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	286.2	359.6	316.0	309.7	309.5
PESO DE LA TARA	gr.	6.03	6.00	6.05	6.00	6.00
PESO DEL AGUA	gr.	12.98	19.85	20.75	26.15	36.14
PESO MUESTRA SECA	gr.	286.20	359.65	315.96	309.65	309.54
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.52	5.52	6.57	8.44	9.74
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.57	1.80	1.98	1.77	1.54

GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO



Densidad Máxima Seca:	1.995 gr/cm ³
Humedad Optima:	7.03 %
Densidad Máxima húmeda:	2.135 gr/cm ³


 MARIO S. RODRÍGUEZ
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leobardo Villanueva Alai
 CAP. 78839

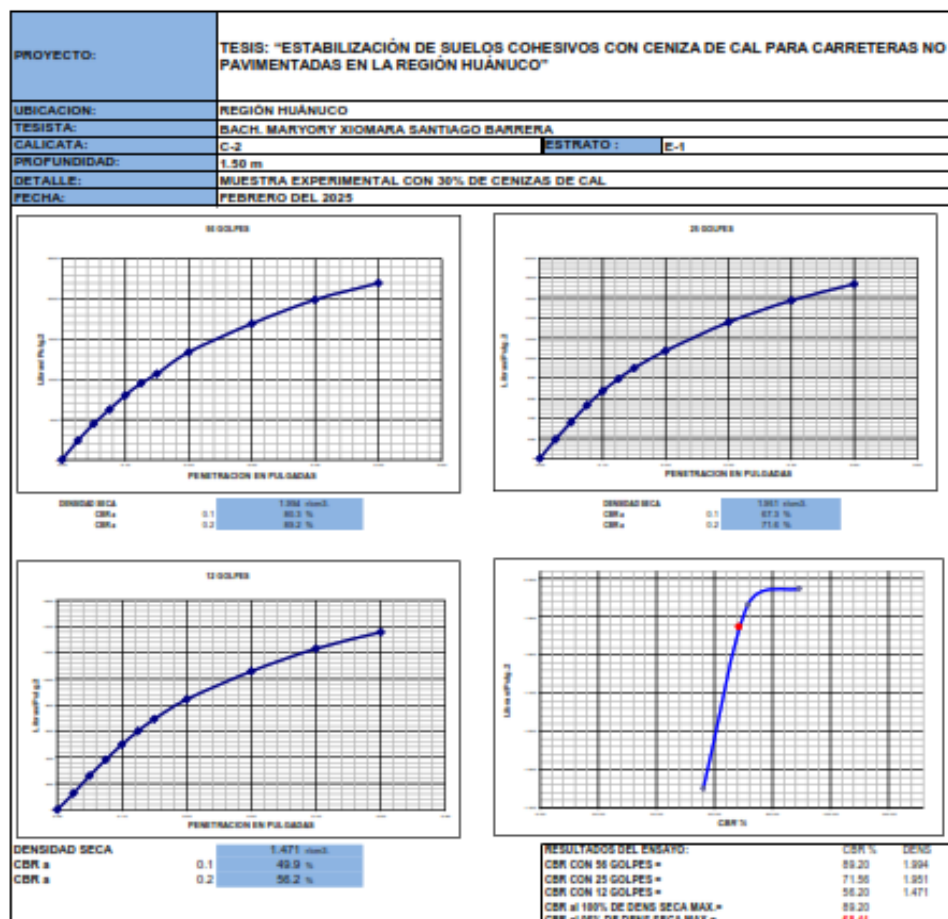
URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"																																																																																															
UBICACION:	REGION HUÁNUCO																																																																																															
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA																																																																																															
CALICATA:	C-2			ESTRATO :			E-1																																																																																									
PROFUNDIDAD:	1.50 m																																																																																															
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 30% DE CENIZAS DE CAL																																																																																															
FECHA:	FEBRERO DEL 2025																																																																																															
MOLDE:	7				8				9																																																																																							
N. GOLPES:	56				25				12																																																																																							
CONDICION	EN SUMINJOR		SUMERIDO		EN SUMINJOR		SUMERIDO		EN SUMINJOR		SUMERIDO																																																																																					
Peso del molde + suelo humedo	10700		10710		11880		12400		9883		10042																																																																																					
Peso del molde	6074		6074		7533		7533		6506		6506																																																																																					
Peso del suelo humedo	4626		4636		4447		4870		3377		3536																																																																																					
Volumen del molde	2157		2157		2119		2119		2135		2135																																																																																					
Densidad humeda	2.14		2.15		2.10		2.30		1.56		1.66																																																																																					
Humedad	7.69%				7.69%				7.69%																																																																																							
Densidad seca	1.994				1.991				1.471																																																																																							
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																				
Peso tara + suelo humedo	326.1	319.7			315.3	309.7			361.7	353.6																																																																																						
Peso tara + suelo seco	304.7	298.7			294.6	289.4			328.7	320.4																																																																																						
Peso del agua	21.40	21.00	0.00	0.00	20.70	20.30	0.00	0.00	33.00	33.20	0.00	0.00																																																																																				
Peso de los solidos	304.70	298.70	0.00	0.00	294.60	289.40	0.00	0.00	328.70	320.40	0.00	0.00																																																																																				
humedad	7.02	7.03			7.03	7.01			7.90	7.92																																																																																						
Humedad	7.03%			7.02%			7.01%																																																																																									
<table><tr><th>FECHA</th><th>HORA</th><th>TEMPO</th><th>LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th>LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th>LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th></tr><tr><th></th><th></th><th></th><th></th><th>mm</th><th>%</th><th></th><th>mm</th><th>%</th><th></th><th>mm</th><th>%</th></tr><tr><td>15/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>16/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>24</td><td>12</td><td>0.12</td><td>0.10</td><td>18</td><td>0.18</td><td>0.15</td><td>24</td><td>0.24</td><td>0.21</td></tr><tr><td>16/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>48</td><td>36</td><td>0.36</td><td>0.34</td><td>21</td><td>0.21</td><td>0.38</td><td>50</td><td>0.50</td><td>0.48</td></tr><tr><td>16/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>72</td><td>21</td><td>0.21</td><td>0.18</td><td>29</td><td>0.29</td><td>0.25</td><td>74</td><td>0.74</td><td>0.64</td></tr><tr><td>17/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>96</td><td>29</td><td>0.29</td><td>0.25</td><td>34</td><td>0.34</td><td>0.29</td><td>85</td><td>0.85</td><td>0.73</td></tr></table>													FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION						mm	%		mm	%		mm	%	15/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	16/02/2025	08:00 p.m.	24	12	0.12	0.10	18	0.18	0.15	24	0.24	0.21	16/02/2025	08:00 p.m.	48	36	0.36	0.34	21	0.21	0.38	50	0.50	0.48	16/02/2025	08:00 p.m.	72	21	0.21	0.18	29	0.29	0.25	74	0.74	0.64	17/02/2025	08:00 p.m.	96	29	0.29	0.25	34	0.34	0.29	85	0.85	0.73
FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION																																																																																						
				mm	%		mm	%		mm	%																																																																																					
15/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00																																																																																					
16/02/2025	08:00 p.m.	24	12	0.12	0.10	18	0.18	0.15	24	0.24	0.21																																																																																					
16/02/2025	08:00 p.m.	48	36	0.36	0.34	21	0.21	0.38	50	0.50	0.48																																																																																					
16/02/2025	08:00 p.m.	72	21	0.21	0.18	29	0.29	0.25	74	0.74	0.64																																																																																					
17/02/2025	08:00 p.m.	96	29	0.29	0.25	34	0.34	0.29	85	0.85	0.73																																																																																					
PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA Nº 01			LECTURA DIAL	MUESTRA Nº 02			LECTURA DIAL	MUESTRA Nº 03																																																																																						
		LIBRAS	Lbf/Pulg. 2			LIBRAS	Lbf/Pulg. 2			LIBRAS	Lbf/Pulg. 2																																																																																					
0.00	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0																																																																																				
0.03	71	715.4	127.6	139.0	77	772.2	128.7	141.0	78	776.7	127.6	139.0																																																																																				
0.05	133	1337.6	223.9	243.0	138	1386.9	242.6	263.0	178	1765.0	293.0	316.0																																																																																				
0.08	186	1875.7	323.2	351.0	159	1593.2	271.1	291.0	114	1127.8	182.0	199.0																																																																																				
0.10	240	2407.6	407.6	440.0	207	2070.6	371.3	421.0	149	1497.7	249.2	270.0																																																																																				
0.15	394	3939.6	661.9	711.0	237	2376.7	409.0	450.0	180	1800.6	293.0	316.0																																																																																				
0.18	450	4500.9	758.1	821.0	260	2590.9	461.6	503.0	207	2066.0	333.0	360.0																																																																																				
0.20	496	4954.0	842.0	910.0	321	3206.1	535.0	581.0	257	2566.0	418.0	450.0																																																																																				
0.30	706	7050.0	1192.5	1290.0	450	4507.5	751.0	810.0	318	3175.0	515.0	550.0																																																																																				
0.40	905	8996.8	1593.6	1740.0	470	4705.5	793.6	855.0	369	3696.8	611.2	650.0																																																																																				
0.50	1057	10599.0	1849.7	2000.0	520	5207.8	878.9	950.0	405	4056.7	676.0	725.0																																																																																				


 Mario S. Córdova Naranjo
 INGENIERO CIVIL


 Ing. Leidy Villegas Albal
 CIP. 78639

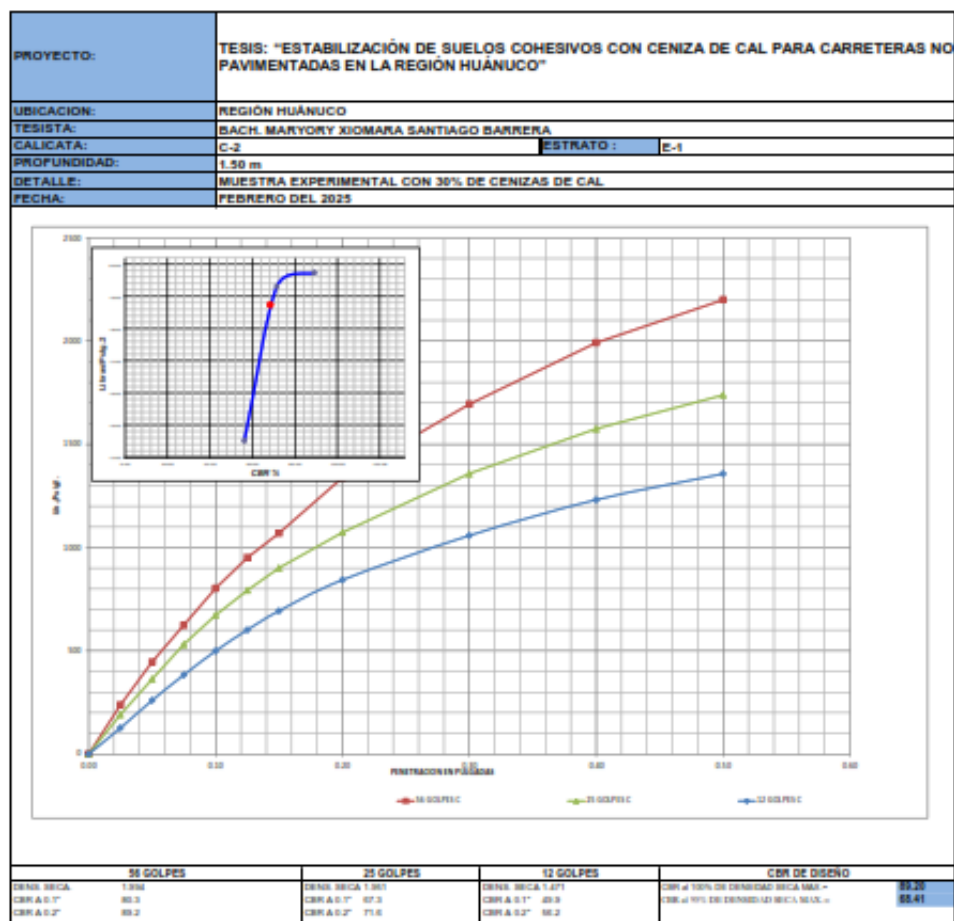
URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANOUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390




 Mario Santiago Naranjo
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leivides Villanueva Alai
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANOUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390




Mario Santiago Barrera
 TÉCNICO LABORATORISTA


Ing. Leivier Villaverde
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"		
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. MARYORY XOMARA SANTIAGO BARRERA		
CALICATA:	C-3	PROGRESIVA:	18+790
ESTRATO:	E-1	ESPESOR DEL ESTRATO:	1.50 m
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 10% DE CENIZAS DE CAL		
FECHA:	FEBRERO DEL 2023		

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

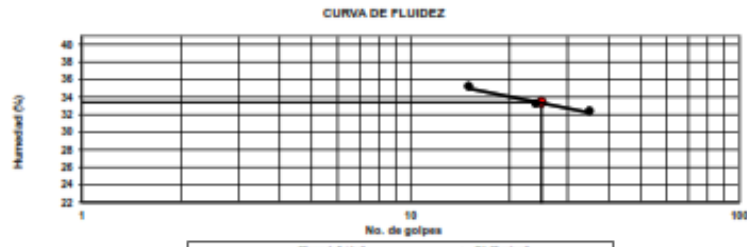
N° DE GOLPES	35	24	15
Suelo Húmedo + Tarro	28.18	27.51	29.12
Suelo seco + Tarro	24.07	23.43	24.48
Peso de Tarro	11.42	11.18	11.35
Peso del Agua	4.10	4.07	4.63
Peso de Suelo Seco	12.65	12.25	13.14
HUMEDAD %	32.44	33.26	35.25

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02
Suelo Húmedo + Tarro	18.39	18.14
Suelo seco + Tarro	17.04	16.83
Peso de Tarro	11.20	11.16
Peso del Agua	1.36	1.31
Peso de Suelo Seco	5.83	5.67
HUMEDAD %	23.24	23.16

DETALLE	RESULTADOS	
Límite líquido LL	33.41	%
Límite plástico LP	23.20	%
Índice plasticidad IP	10.21	%

CURVA DE FLUIDEZ




Mario S. CONTRERAS NÚÑEZ
 TÉCNICO LABORATORISTA



Ing. Leifred Villanueva Albal
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390



INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MAXIMA COMPACTADA						
PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"					
UBICACION:	REGION HUÁNUCO					
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA					
CALICATA:	C-3	ESTRATO:			E-1	
PROFUNDIDAD:	1.50 m					
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 10% DE CENIZAS DE CAL					
FECHA:	FEBRERO DEL 2025					
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	gr	9090	9486	10293	9739	9144
PESO DEL MOLDE	gr	6055.00	6055.00	6055.00	6055.00	6055.00
PESO MUESTRA HUMEDA	gr	2934.91	3421.86	4228.30	3673.65	3078.57
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr	2687.52	3090.31	3708.93	3181.35	2625.87
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.40	1.63	2.01	1.75	1.47
Nº DE TARA		1	2	3	4	5
DETERMINACIÓN		HUMEDAD		HUMEDAD		HUMEDAD
PESO MUEST. HUMEDA + TARA	gr	442.9	429.1	445.4	441.2	453.5
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr	405.5	387.6	396.6	382.1	386.7
PESO DE LA TARA	gr	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DEL AGUA	gr	37.33	41.51	54.70	59.13	66.81
PESO MUESTRA SECA	gr	405.54	387.62	396.65	382.11	386.71
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	9.21	10.71	14.00	15.47	17.28
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.28	1.47	1.77	1.52	1.25

GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO

Densidad Máxima Seca:	1.811 gr/cm ³
Humedad Optima:	13.31 %
Densidad Máxima húmeda:	2.052 gr/cm ³

Martín Sánchez
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leidy Villegas Abad
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANOUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"											
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO											
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA											
CALICATA:	C-3						ESTRATO :		E-1			
PROFUNDIDAD:	1.50 m											
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 15% DE CENIZAS DE CAL											
FECHA:	FEBRERO DEL 2023											
MOLDE:	4				5				6			
N. GOLPES:	56				25				12			
CONDICION	SIN SUBIRLO		SUBIRLO		SIN SUBIRLO		SUBIRLO		SIN SUBIRLO		SUBIRLO	
Peso del molde + suelo humedo	10525		10628		10542		10796		9570		9563	
Peso del molde	6096		6096		6227		6227		6239		6239	
Peso del suelo humedo	4429		4532		4315		4569		3331		3324	
Volumen del molde	2120		2120		2113		2113		2113		2113	
Densidad humeda	2.09		2.14		2.04		2.16		1.53		1.57	
Humedad	13.29%				13.39%				13.39%			
Densidad seca	1.931				1.773				1.399			
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo humedo	325.7	306.6			388.4	331.6			314.9	332.4		
Peso tara + suelo seco	287.5	270.8			342.8	292.7			278.0	293.3		
Peso del agua	38.20	35.80	0.00	0.00	45.60	38.90	0.00	0.00	36.90	39.10	0.00	0.00
Peso de los solidos	287.50	270.80	0.00	0.00	342.80	292.70	0.00	0.00	278.00	293.30	0.00	0.00
Humedad	13.29	13.29			13.39	13.29			13.27	13.33		
Humedad	13.29%				13.39%				13.39%			

FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
17/02/2023	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
18/02/2023	08:00 p.m.	24	12	0.12	0.10	18	0.18	0.15	24	0.24	0.21
19/02/2023	08:00 p.m.	48	36	0.36	0.14	21	0.21	0.35	50	0.50	0.48
20/02/2023	08:00 p.m.	72	21	0.21	0.18	29	0.29	0.25	74	0.74	0.64
21/02/2023	08:00 p.m.	96	29	0.29	0.25	34	0.34	0.29	85	0.85	0.73

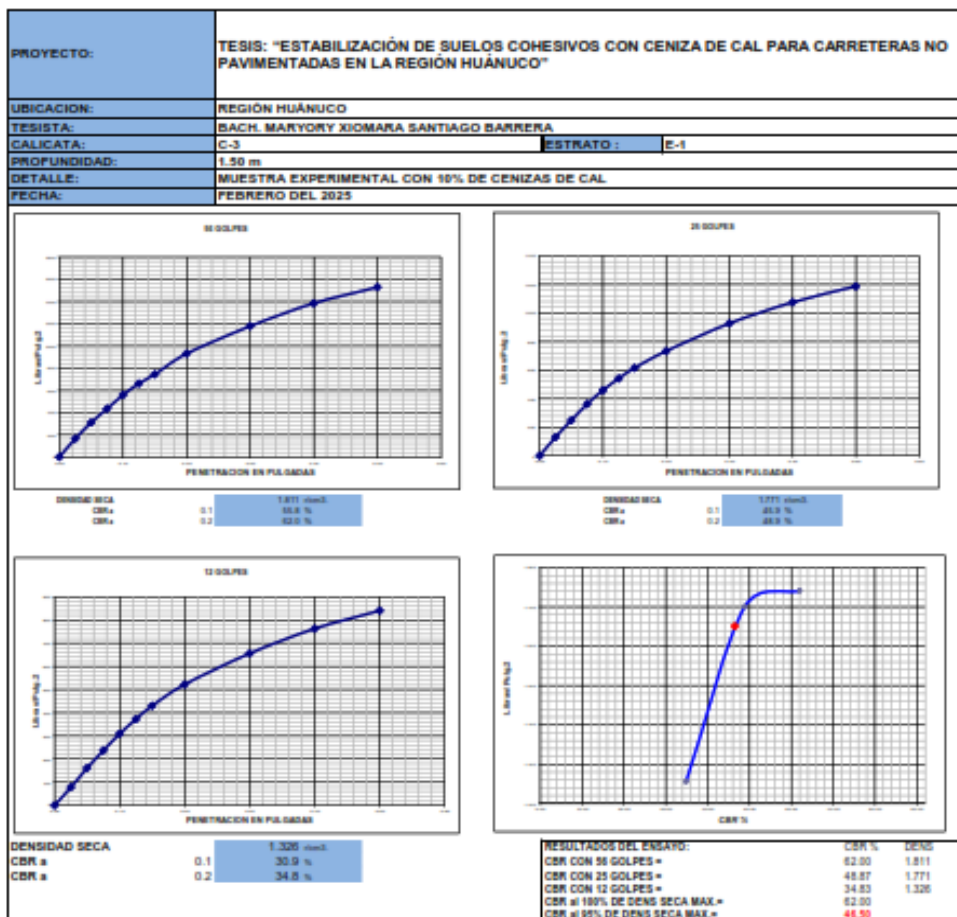
PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01			LECTURA DIAL	MUESTRA N° 02			LECTURA DIAL	MUESTRA N° 03		
		LEERAS	1/4 Pulg. ±			LEERAS	1/4 Pulg. ±			LEERAS	1/4 Pulg. ±	
0.00	0	50	0.0	0	0	50	0.0	0	0	50	0.0	0
0.03	49	495.9	143.8	143.8	89	496.3	150.2	150.0	23	493.3	147.8	146.0
0.06	83	499.8	149.9	149.0	74	512.9	157.6	158.0	48	495.3	144.3	143.0
0.09	130	499.7	153.9	154.0	108	4997.3	162.3	162.0	71	511.3	157.1	157.0
0.10	167	4979.6	167.6	168.0	137	4979.6	169.6	169.0	92	508.3	160.6	160.0
0.13	198	4980.9	168.9	169.0	182	4983.6	171.3	171.0	111	5117.9	173.6	173.0
0.15	222	5131.6	173.6	174.0	194	4983.3	173.3	173.0	129	5109.2	171.7	170.0
0.20	278	5180.9	180.6	180.0	239	5187.6	183.6	183.0	188	5160.6	183.0	182.0
0.30	367	5189.6	187.6	187.0	277	5179.6	186.6	187.0	198	5186.6	187.0	186.0
0.40	414	5189.6	188.6	189.0	321	5179.7	187.6	187.0	229	5189.9	189.0	188.0
0.50	457	5189.3	189.3	189.0	355	5179.3	187.3	187.0	261	5173.2	183.3	183.0

[Firma]
MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA

[Firma]
Ing. Leinier Villanueva Albal
 CIP. 78629



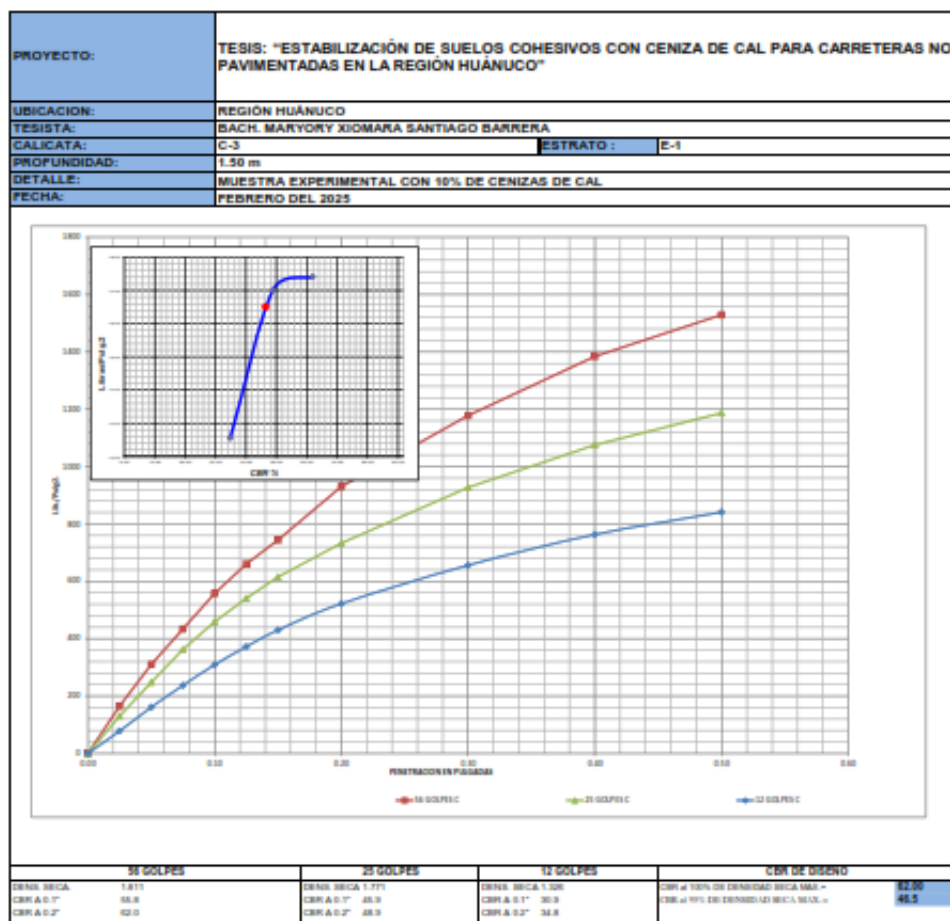
INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN



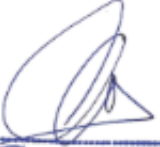
MARYORY XIMARA SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leideles Yllaneses Alai
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390




 Mario S. Castañeda
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leidy Yllanes Albal
 CIP. 73639

URB. SAN ANDRÉS MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"		
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA		
CALICATA:	C-3	PROGRESIVA:	18+790
ESTRATO:	E-1	ESPESOR DEL ESTRATO:	1.50 m
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 20% DE CENIZAS DE CAL		
FECHA:	FEBRERO DEL 2025		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

N° DE GOLPES	34	23	14
Suelo Húmedo + Tarro	23.79	25.46	27.64
Suelo seco + Tarro	22.19	21.79	23.21
Peso de Tarro	11.49	11.41	11.40
Peso del Agua	3.60	3.67	4.43
Peso de Suelo Seco	10.70	10.38	11.81
HUMEDAD %	33.67	35.34	37.56

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02
Suelo Húmedo + Tarro	17.72	18.15
Suelo seco + Tarro	16.39	16.75
Peso de Tarro	11.14	11.18
Peso del Agua	1.33	1.40
Peso de Suelo Seco	5.24	5.57
HUMEDAD %	25.44	25.20

DETALLE	RESULTADOS	
Límite líquido LL	35.00	%
Límite plástico LP	25.32	%
Índice plasticidad IP	9.68	%

CURVA DE FLUIDEZ




 Mario S. CORDERO VILLANUEVA
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leivis Villanueva Albal
 CIP. 76839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MAXIMA COMPACTADA						
PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"					
UBICACION:	REGION HUÁNUCO					
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA					
CALICATA:	C-3	ESTRATO :		E-1		
PROFUNDIDAD:	1.50 m.					
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 20% DE CENIZAS DE CAL					
FECHA:	FEBRERO DEL 2025					
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	gr.	8277	9662	10383	8749	9436
PESO DEL MOLDE	gr.	6065.00	6065.00	6065.00	6065.00	6065.00
PESO MUESTRA HUMEDA	gr.	2211.98	2596.89	4317.53	2683.51	3369.40
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	2081.22	2327.21	3882.18	3258.48	2948.09
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.53	1.71	2.06	1.75	1.60
N° DE TARA DETERMINACION		1 HUMEDAD	2 HUMEDAD	3 HUMEDAD	4 HUMEDAD	5 HUMEDAD
PESO MUEST. HUMEDA + TARA	gr.	335.2	323.6	336.3	333.6	346.8
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	313.2	299.4	301.7	295.1	308.7
PESO DE LA TARA	gr.	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
PESO DEL AGUA	gr.	21.99	24.27	34.62	38.49	42.17
PESO MUESTRA SECA	gr.	313.20	299.37	301.70	295.11	308.68
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	7.02	8.11	11.47	13.04	14.12
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.43	1.59	1.85	1.55	1.40

GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO



Densidad Máxima Seca:	1.917	gr/cm ³ .
Humedad Óptima:	10.58	%
Densidad Máxima húmeda:	2.120	gr/cm ³ .


 Maryory Xiomara Santiago Barrera
 TÉCNICO LABORATORISTA

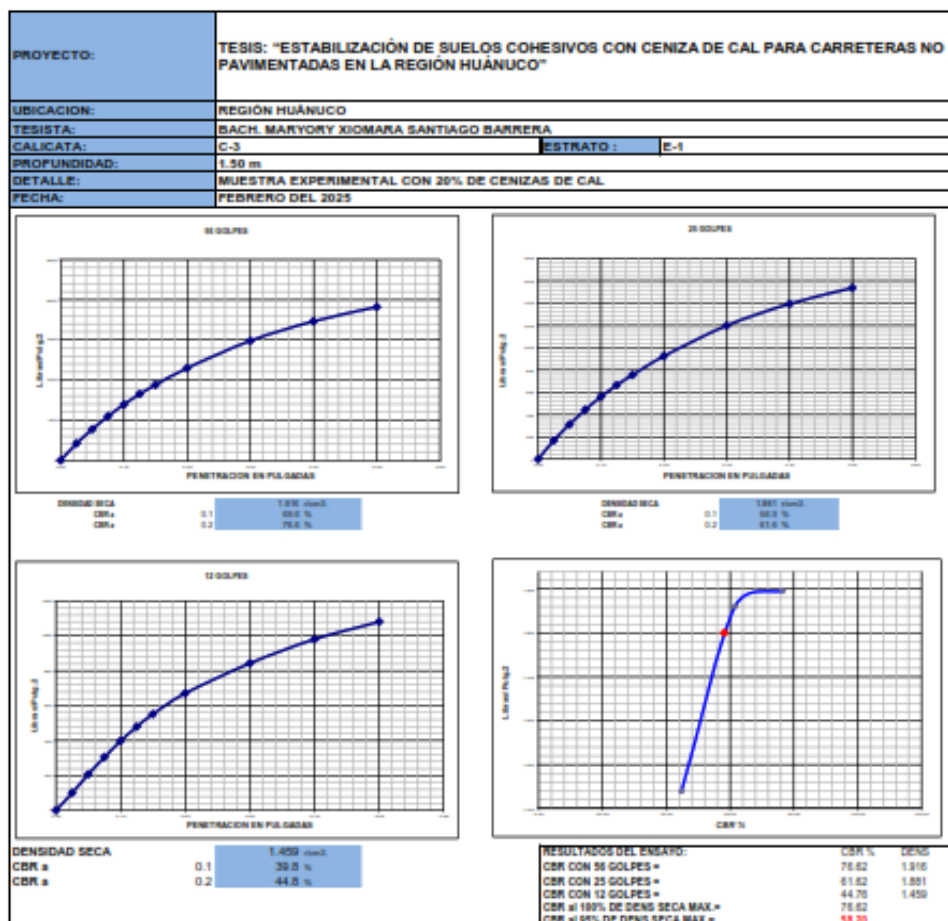

 Ing. Leivides Villanueva Alai
 CIP. 75839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

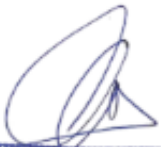
PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"																																																																																																																																																			
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO																																																																																																																																																			
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA																																																																																																																																																			
CALICATA:	C-3			ESTRATO :			E-1																																																																																																																																													
PROFUNDIDAD:	1.50 m																																																																																																																																																			
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 20% DE CENIZAS DE CAL																																																																																																																																																			
FECHA:	FEBRERO DEL 2025																																																																																																																																																			
MUESTRA:	13				14				15																																																																																																																																											
N. GOLPES.	56				25				12																																																																																																																																											
CONDICION	EN SUBSIDIO		SUBSIDIO		EN SUBSIDIO		SUBSIDIO		EN SUBSIDIO		SUBSIDIO																																																																																																																																									
Peso del molde + suelo humedo	12312		12544		12218		12533		11225		11525																																																																																																																																									
Peso del molde	7752		7752		7759		7759		7753		7753																																																																																																																																									
Peso del suelo humedo	4550		4792		4459		4774		3475		3772																																																																																																																																									
Volumen del suelo	2124		2124		2120		2120		2130		2130																																																																																																																																									
Densidad humeda	2.14		2.25		2.10		2.25		1.63		1.77																																																																																																																																									
Humedad	10.55%				10.56%				10.56%																																																																																																																																											
Densidad seca	1.934				1.931				1.877																																																																																																																																											
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																																																																								
Peso tara + suelo humedo	304.8	330.4			308.4	318.7			305.5	311.2																																																																																																																																										
Peso tara + suelo seco	275.7	298.9			281.3	289.2			280.0	281.4																																																																																																																																										
Peso del agua	29.10	31.50	0.00	0.00	27.10	30.50	0.00	0.00	25.50	29.80	0.00	0.00																																																																																																																																								
Peso de los solidos	275.70	298.90	0.00	0.00	281.30	289.20	0.00	0.00	280.00	281.40	0.00	0.00																																																																																																																																								
humedad	10.55	10.54			10.55	10.55			10.54	10.59																																																																																																																																										
Promedio de humedad	10.55%				10.56%				10.56%																																																																																																																																											
<table><tr><th rowspan="2">FECHA</th><th rowspan="2">HORA</th><th rowspan="2">TEMPO</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">EXPANSION</th></tr><tr><th>mm</th><th>%</th><th>mm</th><th>%</th><th>mm</th><th>%</th></tr><tr><td>17/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>18/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>24</td><td>12</td><td>0.12</td><td>0.10</td><td>18</td><td>0.18</td><td>0.15</td><td>24</td><td>0.24</td><td>0.21</td></tr><tr><td>19/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>48</td><td>36</td><td>0.36</td><td>0.34</td><td>21</td><td>0.21</td><td>0.18</td><td>36</td><td>0.36</td><td>0.48</td></tr><tr><td>20/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>72</td><td>21</td><td>0.21</td><td>0.18</td><td>29</td><td>0.29</td><td>0.25</td><td>74</td><td>0.74</td><td>0.64</td></tr><tr><td>21/02/2025</td><td>08:00 p.m.</td><td>96</td><td>29</td><td>0.29</td><td>0.25</td><td>34</td><td>0.34</td><td>0.29</td><td>85</td><td>0.85</td><td>0.73</td></tr></table>													FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		mm	%	mm	%	mm	%	17/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	18/02/2025	08:00 p.m.	24	12	0.12	0.10	18	0.18	0.15	24	0.24	0.21	19/02/2025	08:00 p.m.	48	36	0.36	0.34	21	0.21	0.18	36	0.36	0.48	20/02/2025	08:00 p.m.	72	21	0.21	0.18	29	0.29	0.25	74	0.74	0.64	21/02/2025	08:00 p.m.	96	29	0.29	0.25	34	0.34	0.29	85	0.85	0.73																																																										
FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION																																																																																																																																										
				mm	%		mm	%		mm	%																																																																																																																																									
17/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00																																																																																																																																									
18/02/2025	08:00 p.m.	24	12	0.12	0.10	18	0.18	0.15	24	0.24	0.21																																																																																																																																									
19/02/2025	08:00 p.m.	48	36	0.36	0.34	21	0.21	0.18	36	0.36	0.48																																																																																																																																									
20/02/2025	08:00 p.m.	72	21	0.21	0.18	29	0.29	0.25	74	0.74	0.64																																																																																																																																									
21/02/2025	08:00 p.m.	96	29	0.29	0.25	34	0.34	0.29	85	0.85	0.73																																																																																																																																									
<table><tr><th rowspan="2">PENETR. FUG.</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">MUESTRA N° 01</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">MUESTRA N° 02</th><th rowspan="2">LECTURA DIAL</th><th colspan="2">MUESTRA N° 03</th></tr><tr><th>LIBRAS</th><th>LaPulg.2</th><th>LIBRAS</th><th>LaPulg.2</th><th>LIBRAS</th><th>LaPulg.2</th></tr><tr><td>0.00</td><td>0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr><tr><td>0.03</td><td>83</td><td>411.9</td><td>108.0</td><td>108.0</td><td>33</td><td>307.7</td><td>147.0</td><td>30</td><td>299.9</td><td>100.0</td></tr><tr><td>0.05</td><td>118</td><td>1147.6</td><td>308.0</td><td>308.0</td><td>83</td><td>977.6</td><td>312.0</td><td>82</td><td>821.6</td><td>287.0</td></tr><tr><td>0.08</td><td>184</td><td>1425.0</td><td>368.0</td><td>368.0</td><td>132</td><td>1227.9</td><td>422.0</td><td>91</td><td>913.0</td><td>350.0</td></tr><tr><td>0.10</td><td>208</td><td>1688.0</td><td>436.0</td><td>436.0</td><td>167</td><td>1579.6</td><td>509.0</td><td>119</td><td>1100.7</td><td>417.0</td></tr><tr><td>0.13</td><td>247</td><td>2476.6</td><td>628.0</td><td>628.0</td><td>198</td><td>2091.9</td><td>648.0</td><td>143</td><td>1339.6</td><td>479.0</td></tr><tr><td>0.15</td><td>280</td><td>2844.9</td><td>738.0</td><td>738.0</td><td>226</td><td>2443.9</td><td>738.0</td><td>168</td><td>1676.6</td><td>543.0</td></tr><tr><td>0.20</td><td>343</td><td>3487.0</td><td>1129.0</td><td>1129.0</td><td>270</td><td>2773.0</td><td>934.0</td><td>201</td><td>2064.9</td><td>671.0</td></tr><tr><td>0.30</td><td>445</td><td>4487.0</td><td>1489.0</td><td>1489.0</td><td>350</td><td>3593.0</td><td>1199.0</td><td>254</td><td>2508.0</td><td>813.0</td></tr><tr><td>0.40</td><td>517</td><td>5290.9</td><td>1732.0</td><td>1732.0</td><td>418</td><td>4279.0</td><td>1394.0</td><td>293</td><td>2902.9</td><td>934.0</td></tr><tr><td>0.50</td><td>571</td><td>5780.1</td><td>1938.0</td><td>1938.0</td><td>459</td><td>4608.7</td><td>1564.0</td><td>323</td><td>3202.9</td><td>1060.0</td></tr></table>													PENETR. FUG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01		LECTURA DIAL	MUESTRA N° 02		LECTURA DIAL	MUESTRA N° 03		LIBRAS	LaPulg.2	LIBRAS	LaPulg.2	LIBRAS	LaPulg.2	0.00	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.03	83	411.9	108.0	108.0	33	307.7	147.0	30	299.9	100.0	0.05	118	1147.6	308.0	308.0	83	977.6	312.0	82	821.6	287.0	0.08	184	1425.0	368.0	368.0	132	1227.9	422.0	91	913.0	350.0	0.10	208	1688.0	436.0	436.0	167	1579.6	509.0	119	1100.7	417.0	0.13	247	2476.6	628.0	628.0	198	2091.9	648.0	143	1339.6	479.0	0.15	280	2844.9	738.0	738.0	226	2443.9	738.0	168	1676.6	543.0	0.20	343	3487.0	1129.0	1129.0	270	2773.0	934.0	201	2064.9	671.0	0.30	445	4487.0	1489.0	1489.0	350	3593.0	1199.0	254	2508.0	813.0	0.40	517	5290.9	1732.0	1732.0	418	4279.0	1394.0	293	2902.9	934.0	0.50	571	5780.1	1938.0	1938.0	459	4608.7	1564.0	323	3202.9	1060.0
PENETR. FUG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01		LECTURA DIAL	MUESTRA N° 02		LECTURA DIAL	MUESTRA N° 03																																																																																																																																												
		LIBRAS	LaPulg.2		LIBRAS	LaPulg.2		LIBRAS	LaPulg.2																																																																																																																																											
0.00	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0																																																																																																																																											
0.03	83	411.9	108.0	108.0	33	307.7	147.0	30	299.9	100.0																																																																																																																																										
0.05	118	1147.6	308.0	308.0	83	977.6	312.0	82	821.6	287.0																																																																																																																																										
0.08	184	1425.0	368.0	368.0	132	1227.9	422.0	91	913.0	350.0																																																																																																																																										
0.10	208	1688.0	436.0	436.0	167	1579.6	509.0	119	1100.7	417.0																																																																																																																																										
0.13	247	2476.6	628.0	628.0	198	2091.9	648.0	143	1339.6	479.0																																																																																																																																										
0.15	280	2844.9	738.0	738.0	226	2443.9	738.0	168	1676.6	543.0																																																																																																																																										
0.20	343	3487.0	1129.0	1129.0	270	2773.0	934.0	201	2064.9	671.0																																																																																																																																										
0.30	445	4487.0	1489.0	1489.0	350	3593.0	1199.0	254	2508.0	813.0																																																																																																																																										
0.40	517	5290.9	1732.0	1732.0	418	4279.0	1394.0	293	2902.9	934.0																																																																																																																																										
0.50	571	5780.1	1938.0	1938.0	459	4608.7	1564.0	323	3202.9	1060.0																																																																																																																																										

[Firma]
MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA

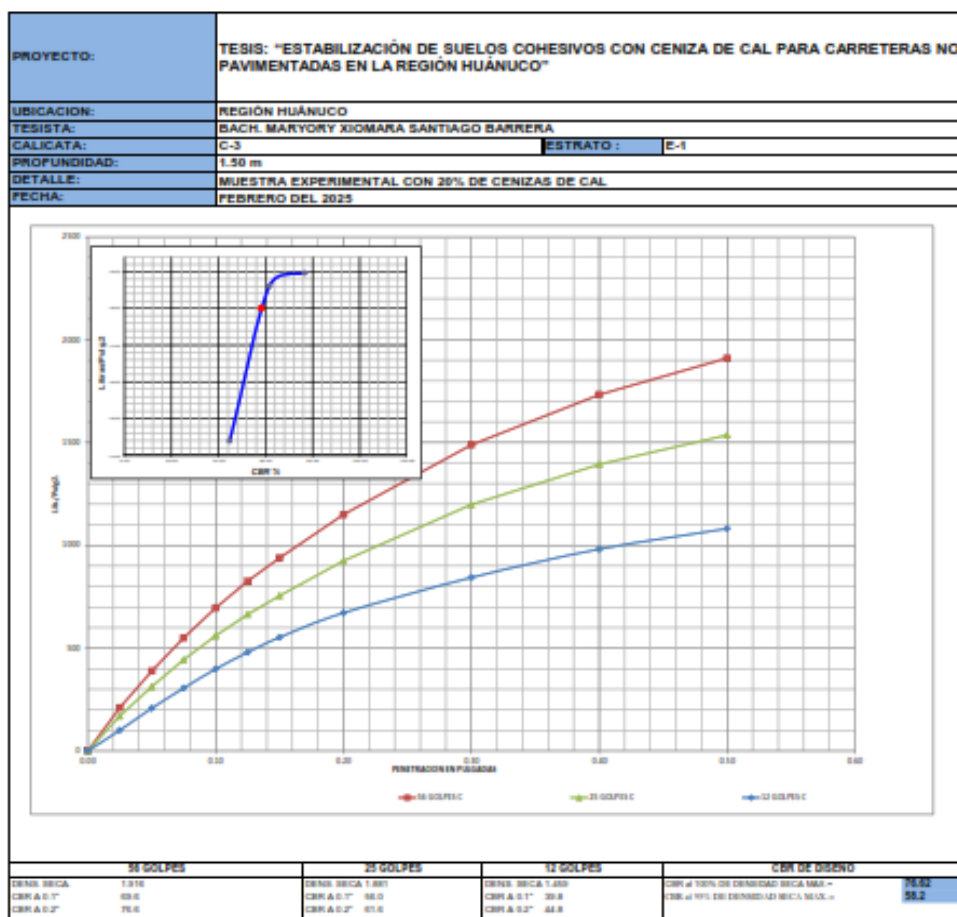
[Firma]
Ing. Leobardo Villanueva Albal
 CIP. 79839




 Mario Santiago Barrera
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leidy Vilaverde Alvar
 CIP. 75839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANOUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390




 MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leobidas Villanueva Abad
 CIP. 78629

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANOUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. MARYORY KIOMARA SANTIAGO BARRERA		
CALICATA:	C-3	PROGRESIVA:	18+790
ESTRATO:	E-1	ESPEJOR DEL ESTRATO:	1.50 m
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 30% DE CENIZAS DE CAL		
FECHA:	FEBRERO DEL 2025		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

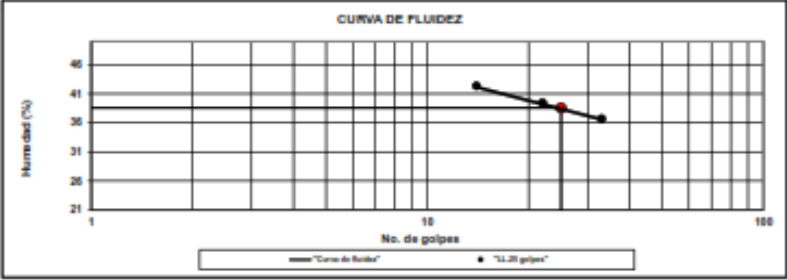
N° DE GOLPES	33	22	14
Suelo Húmedo + Tarro	27.39	30.82	26.54
Suelo seco + Tarro	23.10	25.33	21.94
Peso de Tarro	11.43	11.40	11.07
Peso del Agua	4.29	5.49	4.60
Peso de Suelo Seco	11.68	13.93	10.87
HUMEDAD %	36.70	39.43	42.33

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02
Suelo Húmedo + Tarro	18.25	17.84
Suelo seco + Tarro	16.61	16.27
Peso de Tarro	11.09	11.05
Peso del Agua	1.64	1.57
Peso de Suelo Seco	5.52	5.23
HUMEDAD %	29.69	30.06

DETALLE	RESULTADOS	
Límite líquido LL	38.55	%
Límite plástico LP	29.88	%
Índice plasticidad IP	8.67	%

CURVA DE FLUIDEZ




 MARIO S. CORTÉS NÚÑEZ
 TÉCNICO LABORATORISTA


 Ing. Leidy Villanueva Albal
 CIP. 78639

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390



INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA																																																																																											
PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"																																																																																										
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO																																																																																										
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA																																																																																										
CALICATA:	C-3 ESTRATO : E-1																																																																																										
PROFUNDIDAD:	1.50 m																																																																																										
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 30% DE CENIZAS DE CAL																																																																																										
FECHA:	FEBRERO DEL 2025																																																																																										
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE PESO DEL MOLDE PESO MUESTRA HUMEDA VOLUMEN DEL MOLDE PESO DE LA MUESTRA SECA DENSIDAD HUMEDA N° DE TARA DETERMINACIÓN PESO MUEST. HUMEDA + TARA PESO MUESTRA SECA + TARA PESO DE LA TARA PESO DEL AGUA PESO MUESTRA SECA CONTENIDO DE HUMEDAD DENSIDAD SECA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>gr</td> <td>9.352</td> <td>9849</td> <td>18215</td> <td>19112</td> <td>9206</td> </tr> <tr> <td>gr</td> <td>6095.00</td> <td>6095.00</td> <td>6095.00</td> <td>6095.00</td> <td>6095.00</td> </tr> <tr> <td>gr</td> <td>3296.89</td> <td>3594.37</td> <td>4256.24</td> <td>4647.32</td> <td>3441.04</td> </tr> <tr> <td>cm³</td> <td>2099.00</td> <td>2099.00</td> <td>2099.00</td> <td>2099.00</td> <td>2099.00</td> </tr> <tr> <td>gr</td> <td>3106.58</td> <td>3343.75</td> <td>3926.22</td> <td>3646.98</td> <td>3065.83</td> </tr> <tr> <td>gr/cm³</td> <td>1.57</td> <td>1.71</td> <td>2.02</td> <td>1.93</td> <td>1.64</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="5" style="text-align: center;">HUMEDAD</td> </tr> <tr> <td>gr</td> <td>392.6</td> <td>497.4</td> <td>441.3</td> <td>443.0</td> <td>448.3</td> </tr> <tr> <td>gr</td> <td>399.2</td> <td>484.8</td> <td>497.6</td> <td>399.5</td> <td>389.3</td> </tr> <tr> <td>gr</td> <td>8.00</td> <td>8.00</td> <td>8.00</td> <td>8.00</td> <td>8.00</td> </tr> <tr> <td>gr</td> <td>23.58</td> <td>33.39</td> <td>33.64</td> <td>43.49</td> <td>48.99</td> </tr> <tr> <td>gr</td> <td>369.23</td> <td>463.99</td> <td>407.62</td> <td>399.49</td> <td>399.34</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>8.33</td> <td>7.20</td> <td>8.33</td> <td>10.00</td> <td>12.27</td> </tr> <tr> <td>gr/cm³</td> <td>1.48</td> <td>1.59</td> <td>1.87</td> <td>1.74</td> <td>1.46</td> </tr> </table>	gr	9.352	9849	18215	19112	9206	gr	6095.00	6095.00	6095.00	6095.00	6095.00	gr	3296.89	3594.37	4256.24	4647.32	3441.04	cm ³	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00	gr	3106.58	3343.75	3926.22	3646.98	3065.83	gr/cm ³	1.57	1.71	2.02	1.93	1.64		1	2	3	4	5		HUMEDAD					gr	392.6	497.4	441.3	443.0	448.3	gr	399.2	484.8	497.6	399.5	389.3	gr	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	gr	23.58	33.39	33.64	43.49	48.99	gr	369.23	463.99	407.62	399.49	399.34	%	8.33	7.20	8.33	10.00	12.27	gr/cm ³	1.48	1.59	1.87	1.74	1.46
gr	9.352	9849	18215	19112	9206																																																																																						
gr	6095.00	6095.00	6095.00	6095.00	6095.00																																																																																						
gr	3296.89	3594.37	4256.24	4647.32	3441.04																																																																																						
cm ³	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00	2099.00																																																																																						
gr	3106.58	3343.75	3926.22	3646.98	3065.83																																																																																						
gr/cm ³	1.57	1.71	2.02	1.93	1.64																																																																																						
	1	2	3	4	5																																																																																						
	HUMEDAD																																																																																										
gr	392.6	497.4	441.3	443.0	448.3																																																																																						
gr	399.2	484.8	497.6	399.5	389.3																																																																																						
gr	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00																																																																																						
gr	23.58	33.39	33.64	43.49	48.99																																																																																						
gr	369.23	463.99	407.62	399.49	399.34																																																																																						
%	8.33	7.20	8.33	10.00	12.27																																																																																						
gr/cm ³	1.48	1.59	1.87	1.74	1.46																																																																																						
GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Densidad Máxima Seca:</td> <td>2.002 gr/cm³</td> </tr> <tr> <td>Humedad Óptima:</td> <td>9.39 %</td> </tr> <tr> <td>Densidad Máxima húmeda:</td> <td>2.190 gr/cm³</td> </tr> </table>		Densidad Máxima Seca:	2.002 gr/cm ³	Humedad Óptima:	9.39 %	Densidad Máxima húmeda:	2.190 gr/cm ³																																																																																				
Densidad Máxima Seca:	2.002 gr/cm ³																																																																																										
Humedad Óptima:	9.39 %																																																																																										
Densidad Máxima húmeda:	2.190 gr/cm ³																																																																																										

MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leivides Yllanes Alai
 CIP. 78830

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390



INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZA DE CAL PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO"
UBICACION:	REGIÓN HUÁNUCO
TESISTA:	BACH. MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA
CALICATA:	C-3 ESTRATO: E-1
PROFUNDIDAD:	1.50 m
DETALLE:	MUESTRA EXPERIMENTAL CON 30% DE CENIZAS DE CAL
FECHA:	FEBRERO DEL 2025

MOLDE.	7		8		9	
N. GOLPES.	56		25		12	
CONDICION	EN SUMERG.	SUMERGIDO	EN SUMERG.	SUMERGIDO	EN SUMERG.	SUMERGIDO
Peso del molde + suelo humedo	1094.1	1085.3	1210.9	1253.5	982.9	991.9
Peso del molde	607.4	607.4	753.3	753.3	650.6	650.6
Peso del suelo humedo	478.7	477.9	457.6	500.2	332.3	341.3
Volumen del molde	2157	2157	2119	2119	2135	2135
Densidad humeda	2.21	2.22	2.16	2.36	1.56	1.63
Humedad	15.30%		15.30%		15.30%	
Densidad seca	2.009		2.007		2.003	
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6
Peso tara + suelo humedo	350.4	355.7			355.2	351.6
Peso tara + suelo seco	347.8	354.3			354.7	353.2
Peso del agua	32.60	31.40	0.00	0.00	30.50	28.40
Peso de los solidos	347.80	354.30	0.00	0.00	324.20	303.20
humedad	9.37	8.39			9.39	9.37
Humedad	9.38%		9.38%		9.37%	

FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
17/02/2025	08:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
18/02/2025	08:00 p.m.	24	12	0.12	0.10	18	0.18	0.15	24	0.24	0.21
19/02/2025	08:00 p.m.	48	36	0.36	0.34	21	0.21	0.18	36	0.36	0.34
20/02/2025	08:00 p.m.	72	21	0.21	0.18	28	0.28	0.25	74	0.74	0.64
21/02/2025	08:00 p.m.	96	39	0.39	0.35	34	0.34	0.29	85	0.85	0.73

PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N°01		LECTURA DIAL	MUESTRA N°02		LECTURA DIAL	MUESTRA N°03	
		LIBRAS	kg/Pulg.2		LIBRAS	kg/Pulg.2		LIBRAS	kg/Pulg.2
0.00	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
0.03	60	26.8	120.0	67	30.3	137.0	27	121.8	122.0
0.05	120	53.6	240.0	107	48.5	219.0	77	239.0	242.0
0.08	179	80.5	360.0	157	70.0	317.0	113	319.0	319.0
0.10	238	107.4	480.0	199	89.0	400.0	147	429.0	429.0
0.13	273	123.1	513.0	235	106.7	480.0	177	519.0	519.0
0.15	307	138.8	547.0	267	120.3	547.0	204	580.0	580.0
0.20	384	173.9	696.0	318	143.8	654.0	249	709.0	712.0
0.30	498	225.4	895.0	402	182.8	834.0	312	899.0	899.0
0.40	571	256.1	1017.0	486	219.0	984.0	363	1068.0	1068.0
0.50	621	278.6	1112.0	519	235.0	1059.0	408	1188.0	1188.0

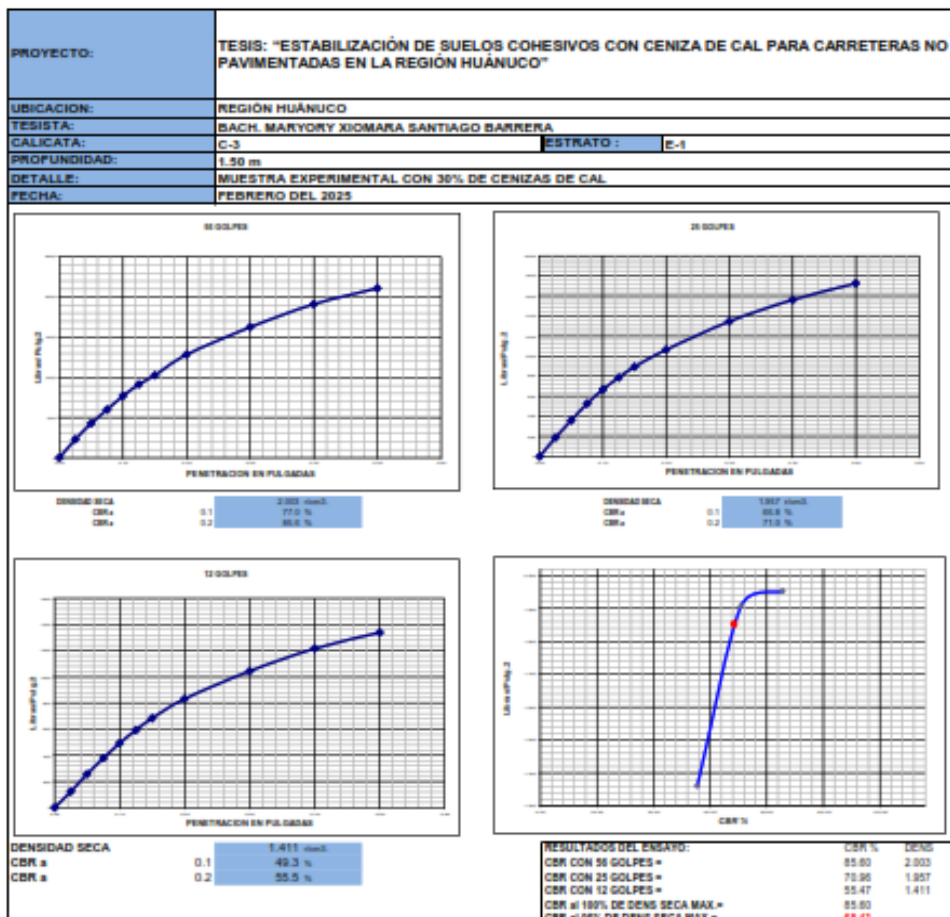
MARYORY XIOMARA SANTIAGO BARRERA
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leivides Villanueva Albal
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390



INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION



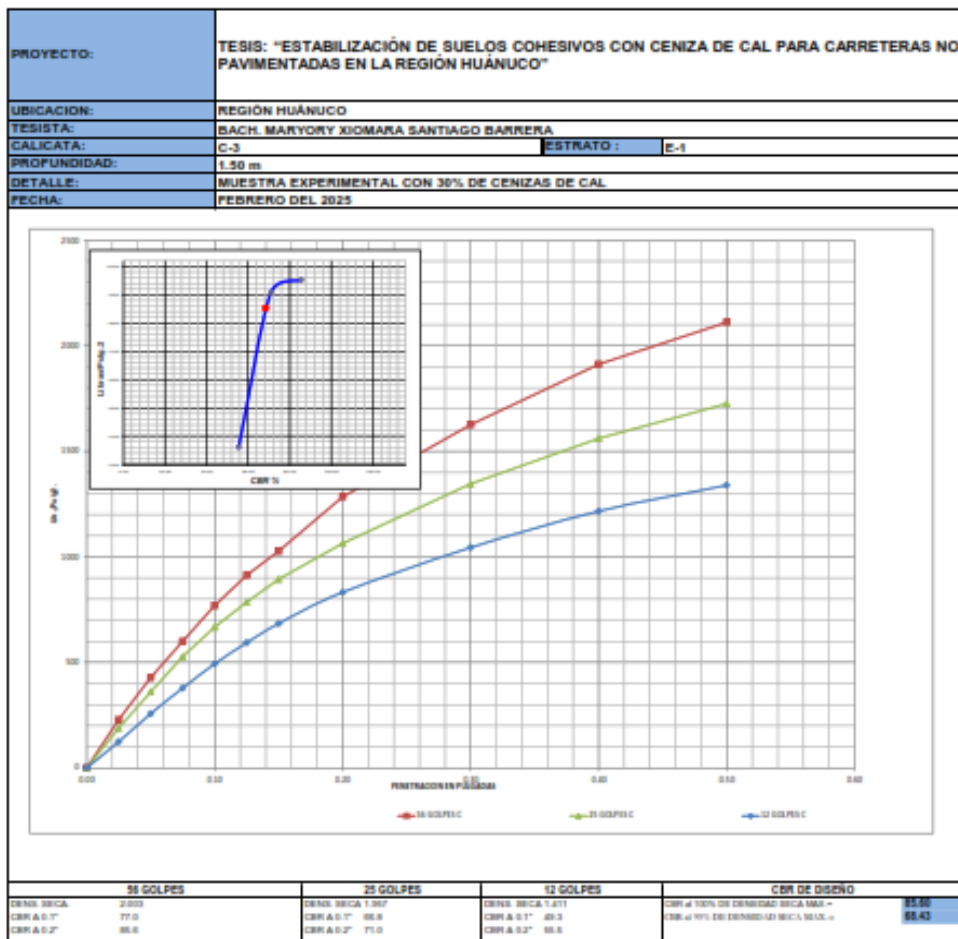
Mario S. Santiago Barrera
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leidy Vilaverde Abad
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANOUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390



INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION



Mario S. Sandoval
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leivides Villanueva Albal
 CIP. 76838

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO / CEL: MOVISTAR:
 920093390